

VITRALAB

Leonardo da Vinci Programme
LLP/LDV/TOI/2009/SK/93100530

Příručka CNC programování (Vitalab_Title)

Doc. Type: Internal Working Document (Vitalab_Paragraph_1)
Authors: Name and surname of authors without titles (Vitalab_Paragraph_1)
Version: version number – 1.0 (Vitalab_Paragraph_1)

Place, Month, Year (Vitalab_Paragraph_centered)

Distribution:

Vitalab

Consortium

partners

1. Definice

Číslicově řízené výrobní stroje (CNC) jsou charakteristické tím, že ovládání pracovních a pomocných funkcí stroje je prováděno řídicím systémem pomocí vytvořeného programu. Informace jsou v programu zapsány pomocí alfanumerických znaků. Vlastní program je dán posloupností oddělených skupin znaků, které se nazývají bloky nebo věty. Program je určen pro řízení silových prvků stroje a zaručuje, aby proběhla výroba součástí.

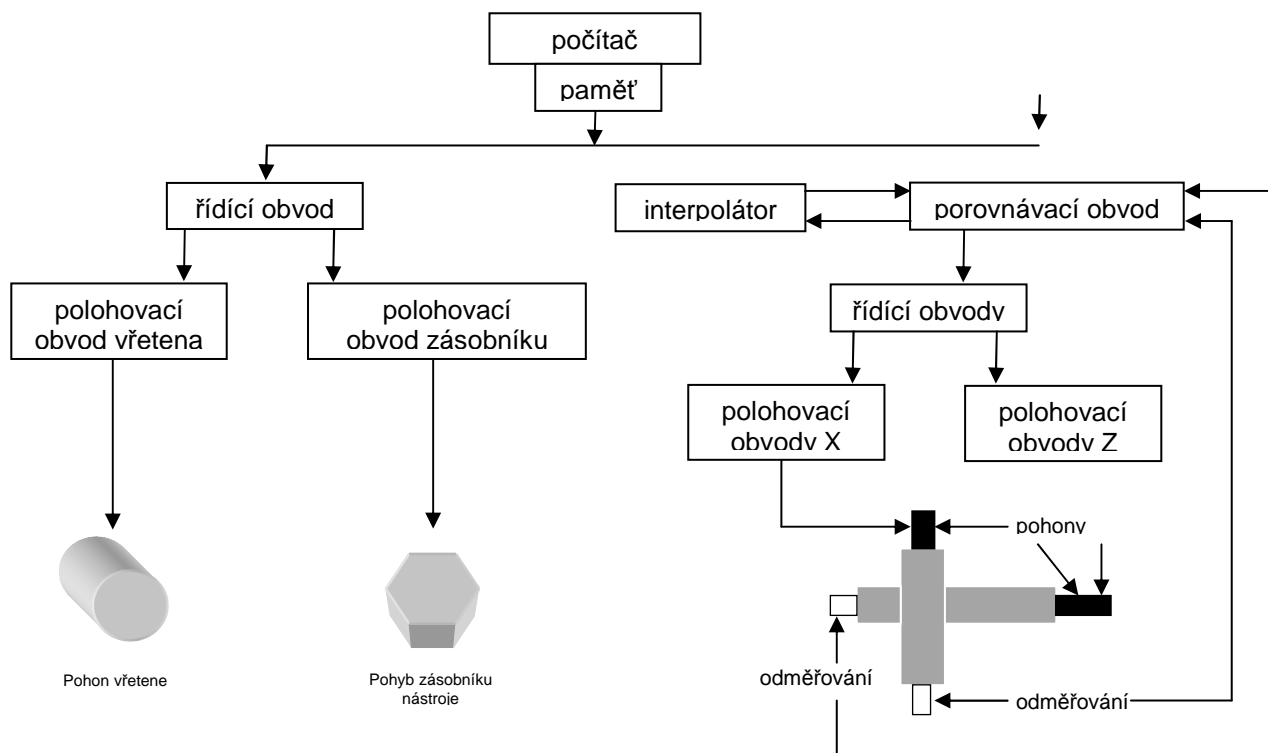
Pojem CNC (Computer Numerical Control) znamená: počítačem (číslicově) říčený stroj.

Stroje jsou „pružné“, lze je rychle přizpůsobovat jiné (obdobné) výrobě a pracují v automatizovaném cyklu, který je zajištěn číslicovým řízením. Stroje CNC se uplatňují ve všech oblastech strojírenské výroby (obrábění, tváření, montážní, měřicí) a jejich typickými představiteli, které se používají pro výcvik programátorů a obsluhy, jsou soustruhy a frézky.

Informace, které program obsahuje, lze rozdělit na:

- **Geometrické** – popisují dráhy nástroje, které jsou dány rozměry obráběné součásti, způsobeny jejího obrábění a popisují příjezd a odjezd nástroje k obrobku a od něj. Jde o popis drah nástroje v kartézských souřadnicích, kdy pro tvorbu programu potřebujeme rozměry z výrobního výkresu. V programu je uveden popis v osách X,Z u soustruhu, v osách X,Y,Z u frézky (a často i v dalších osách dle konstrukce stroje a náročnosti výrobku), danými funkcemi, které stanoví norma ISO a také jednotliví výrobci řídicích systémů.
- **Technologické** – stanovují technologii obrábění z hlediska řezných podmínek (jsou to zejména otáčky nebo řezná rychlost, posuv, případně hloubka třísky).
- **Pomocné** – jsou to informace, povely pro stroj pro určité pomocné funkce (např. zapnutí čerpadla chladicí kapaliny, směr otáček vřetene atd.)

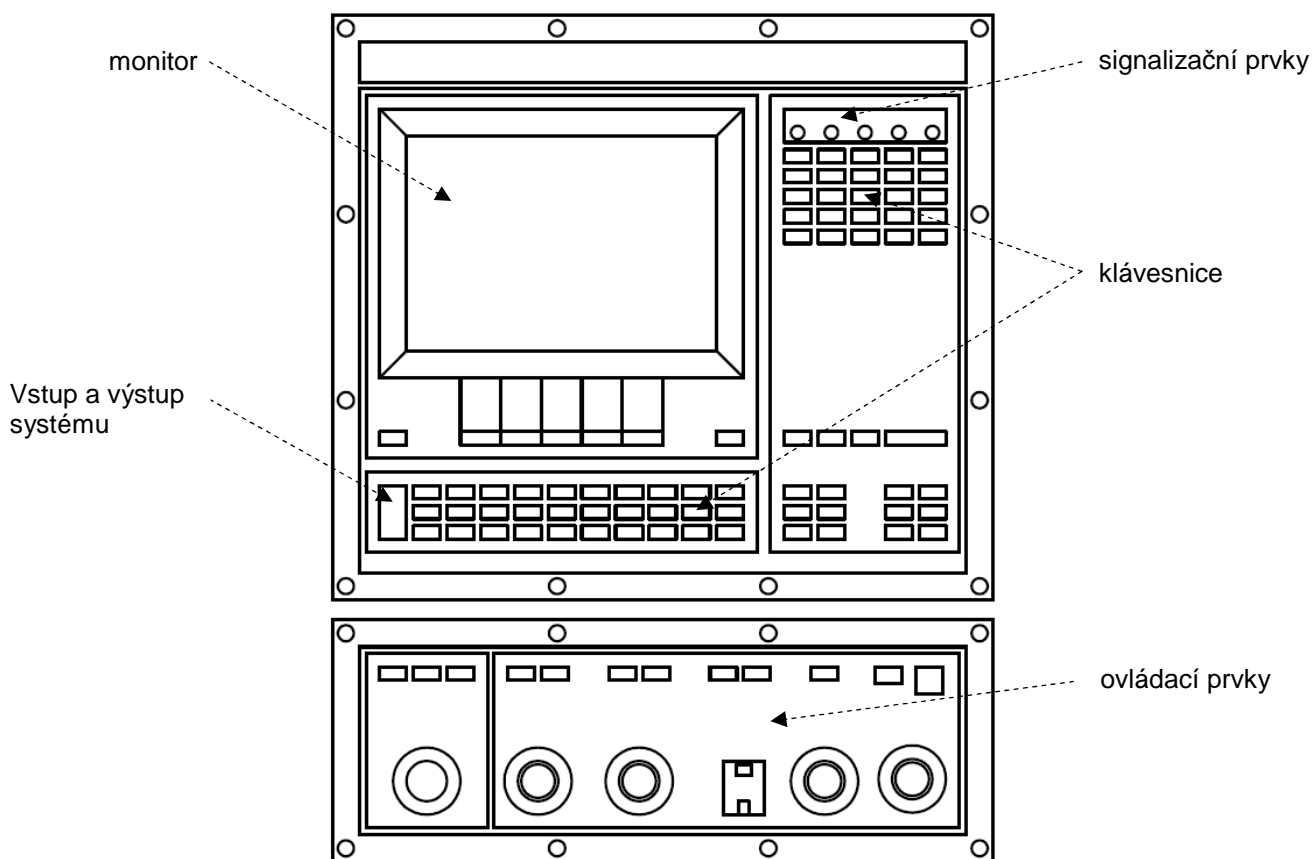
1.1. Schéma CNC obráběcího stroje



Obr. 1: Blokové schéma CNC obráběcího stroje – zjednodušeně

- Počítač – Jedná se o průmyslový počítač s nainstalovaným řídicím systémem, který je součástí stroje. Je dán obrazovkou a ovládacím panelem. Pomocí panelu lze provádět potřebné úkony při ruční obsluze, pro seřizování CNC obráběcího a pro práci v dalších režimech stroje. Též umožňuje pomocí příslušného softwaru řídicího systému vytvářet požadovaný CNC program.
- Řídící obvody – V těchto obvodech se logické signály převádějí na silnoproudé elektrické signály, kterými se přímo ovládají jednotlivé části stroje – motory vřetene a posuvů, ventily atd.
- Interpolátor – Řeší dráhu nástroje, která je zadaná geometrií, a výpočty délkových a rádiusových korekcí nástroje. Vypočítává tedy ekvidistantu pohybu bodu nástroje, která je vzdálena o vypočítané korekce od požadovaného geometrického obrysu. Zaručuje geometrickou přesnost výrobku
- Porovnávací obvod – Stroj musí být vybaven zpětnou vazbou (až na výjimky u jednoduchých CNC strojů určených pro základní výcvik obsluhy), která přenáší informace o dosažených geometrických hodnotách suportů v souřadných osách, v jednotlivých bodech dráhy pohybu. Tyto souřadnice se porovnávají s hodnotami, které jsou zadány programem (a upraveny v interpolátoru). Pokud je zjištěn rozdíl, pohony posuvů dostanou povel k dosažení požadovaných hodnot souřadnic. Stroj musí být vybaven odměřováním, které slouží ke zjištění dosažených souřadnic.
- Řídící panel (může být řešen jako na obrázku 2) se dělí na několik částí, lišících se svým významem:

- vstup dat – část alfa numerická, pomocí níž se ručně zapisuje např. program, data o nástroji, o seřízení stroje, strojní konstanty atd.;
- ovládání stroje – část speciální, pomocí které se pohybuje nástrojem nebo obrobkem, spouští se otáčky vřetene, ovlivňuje se ručně velikost posuvů, otáček apod.;
- volba režimu práce – lze volit ruční režim, automatický režim, dílenské programování atd.;
- aktivace pamětí – vyvolání jednotlivých druhů pamětí;
- aktivace testů – vyvolání testů programů a testu stroje, simulací programů;
- obrazovka – slouží ke kontrole prováděných činností;
- přenosný panel – slouží k ovládání základních pohybových funkcí stroje tak, jako základní část klávesnice. Umožňuje při seřízení a ovládání stroje obsluhu přejít do míst, které poskytují přesnější a dokonalejší možnost vizuální kontroly.



Obr. 2: Řídící panel CNC stroje – ukázka jednoho z mnoha provedení

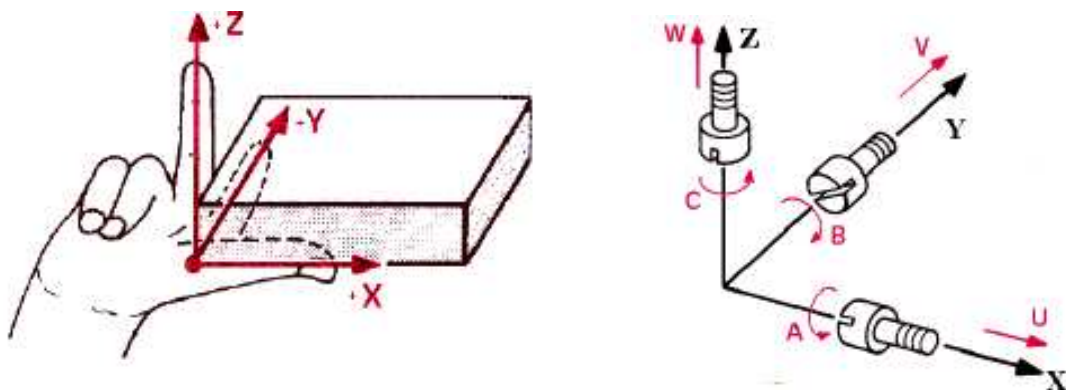
1.2. Režimy práce CNC obráběcího stroje

Při obsluze stroje se můžeme setkat s několika druhy provozních činností stroje nebo pouze jeho řídicího systému. Lze je nastavit na řídicím panelu příslušnými tlačítky. Obvykle mají řídicí systémy režimy:

- Režim MANUAL (ruční provoz) slouží k přestavení nástroje nebo měřicího zařízení do požadované polohy, k výměně nástroje, najždění na obrobek, rozběh otáček, apod.
- Režim AUTO (automatický provoz) - plynulé provádění programu. Stroj po zpracování bloku čte a zpracovává další blok automaticky – plynulý proces obrábění
- Režim B – B (Blok po Bloku) - stroj se po zpracování bloku zastaví a po opakovaném startu čte a zpracovává další blok. Režim B-B slouží jako jedna z možností kontroly, zda byl správně tvořen CNC program
- Nastavení (ovlivnění otáček, pracovního posuvu, rychloposuvu) - velikost pohybu lze ovlivnit ručně potenciometrem, kde lze nastavit rozsah obvykle v rozmezí 5 až 150% hodnoty nastavené v ručním nebo automatickém režimu
- Režim TOOL MEMORY (paměť nástrojových dat) - umožňuje uložit a vyvolat data o nástrojích, včetně korekcí.
- Režim TEACH IN („učení se“, nebo také „njetí a uložení“) - stroj má „schopnost“ učit se. Obsluha provádí ručně(pomocí klávesnice) požadovanou činnost pro vyrobení obrobku.
- Režim EDITACE programu - vlastní program pro obrábění se zapisuje přímo do editoru na stroji nebo je „nahrán“ do řídicího systému stroje externě. V editoru stroje se mohou programu dle potřeby opravovat.
- Režim DIAGNOSTIKY - oznamuje, lokalizuje, diagnostikuje závady pro rychlé odstranění. Umožňuje i dálkový servis-

1.3. Souřadnicový systém stroje

Výrobní stroje používají kartézský systém souřadnic. Systém je pravotočivý, pravoúhlý s osami X, Y, Z, otáčivé pohyby, jejichž osy jsou rovnoběžné s osami X, Y, Z, se označují A, B, C - **obr. X** Platí že osa Z je rovnoběžná s osou pracovního vřetene, přičemž kladný smysl probíhá od obrobku k nástroji. Hodnoty se vyskytují i v záporném poli souřadnic.

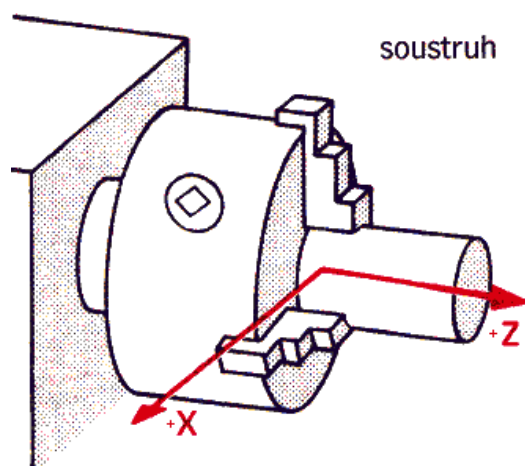


Obr.3 Definování kartézských souřadnic – pravotočivá soustava

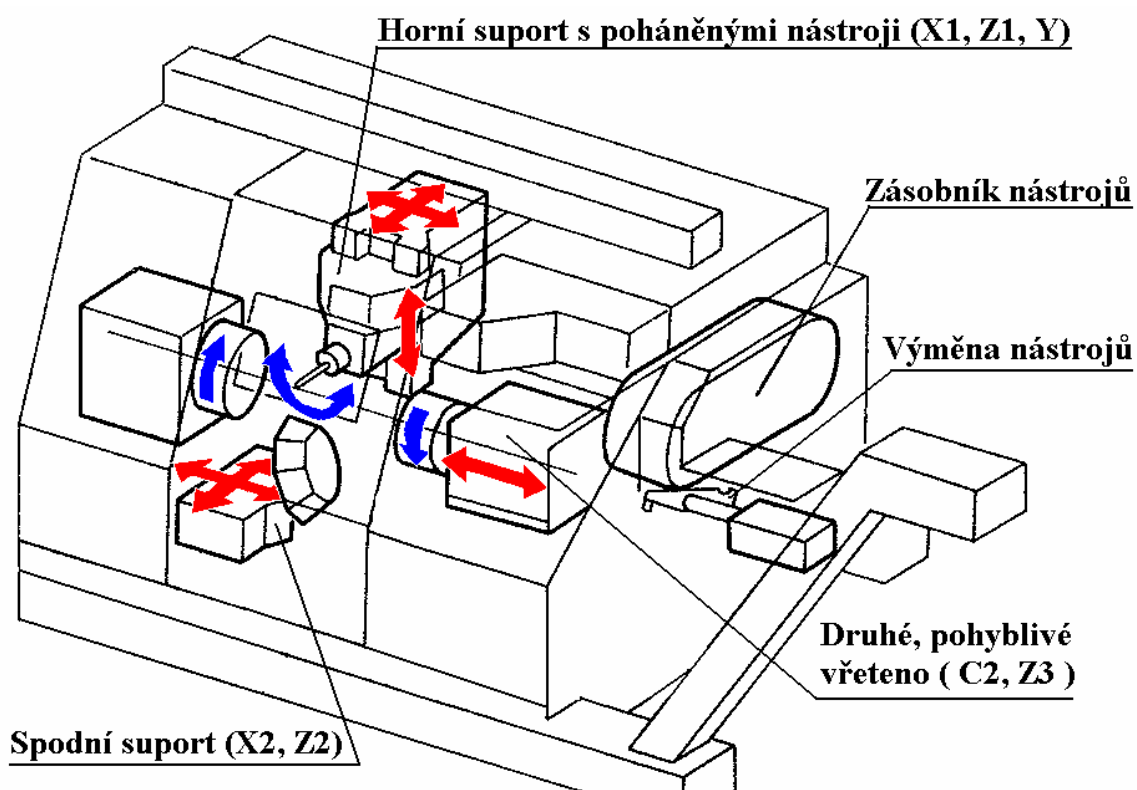
Kartézský systém souřadnic je nutný pro řízení stroje, nástroj se v něm pohybuje podle zadaných příkazů z řídicího panelu CNC stroje nebo příkazů uvedených ve spuštěném CNC programu. Je nutný pro měření nástrojů. Podle potřeby lze souřadnicový systém posunovat a otáčet. V případě měření nástrojů (zjišťování korekcí) je umístěn v bodě výměny nástrojů nebo špičce nástrojů.

Souřadný systém se na stroji umísťuje podle následujících pravidel:

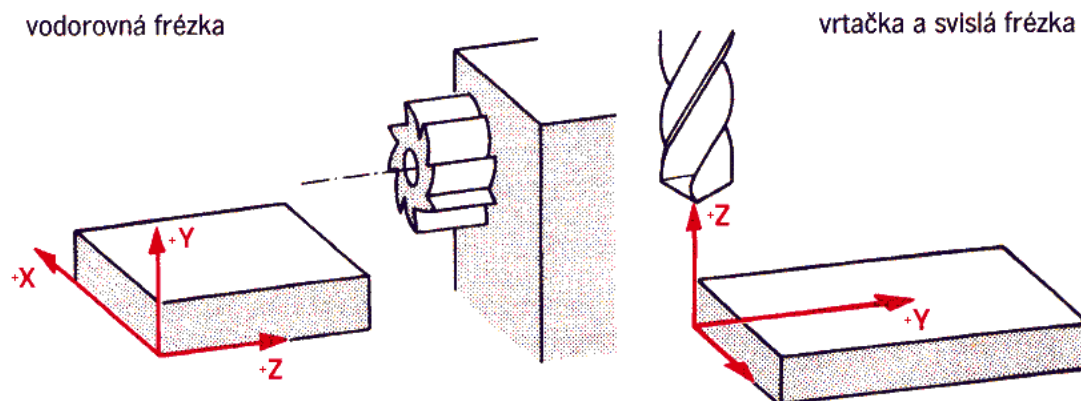
- 1) vychází se od nehybného obrobku
- 2) vždy musí být definována osa X
- 3) osa X leží v upínací rovině obrobku nebo je s ní rovnoběžná
- 4) osa Z je totožná nebo rovnoběžná s osou pracovního vřetene, které udílí hlavní řezný po-hyb
- 5) kladný smysl os je od obrobku k nástroji, ve směru zvětšujícího se obrobku
- 6) Pokud jsou na stroji další doplňkové pohyby v osách X,Y,Z, označují se U,V,W
- 7) Pokud se obrobek pohybuje proti nástroji, označují se takové osy X', Y', a Z'.



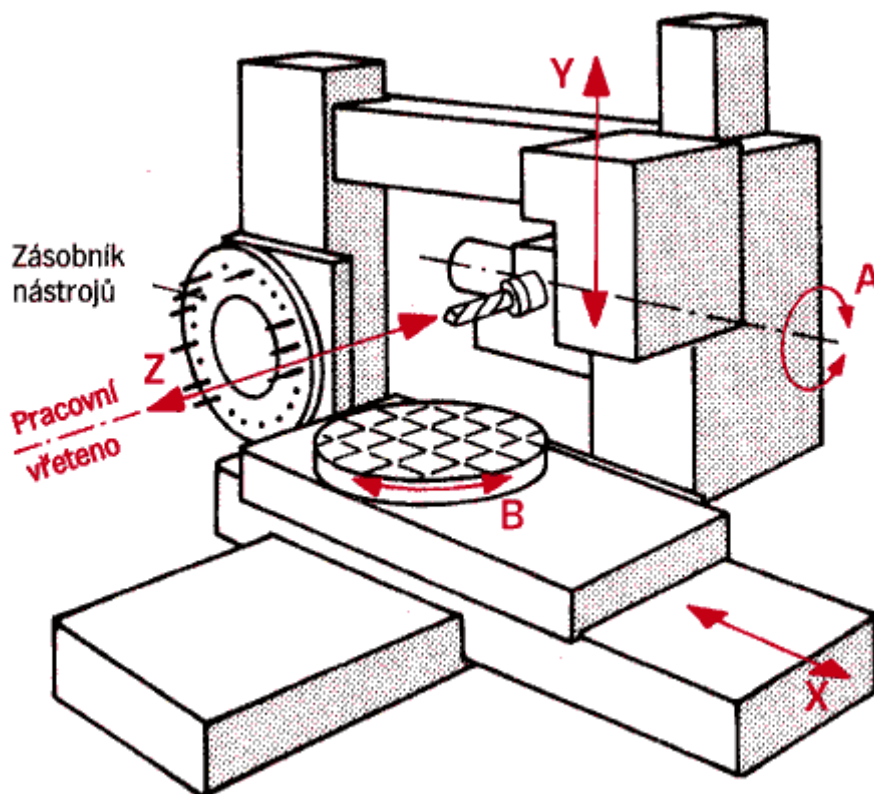
Obr. 4 – souřadný systém soustruhu (jedno vřeteno bez poháněných nástrojů)



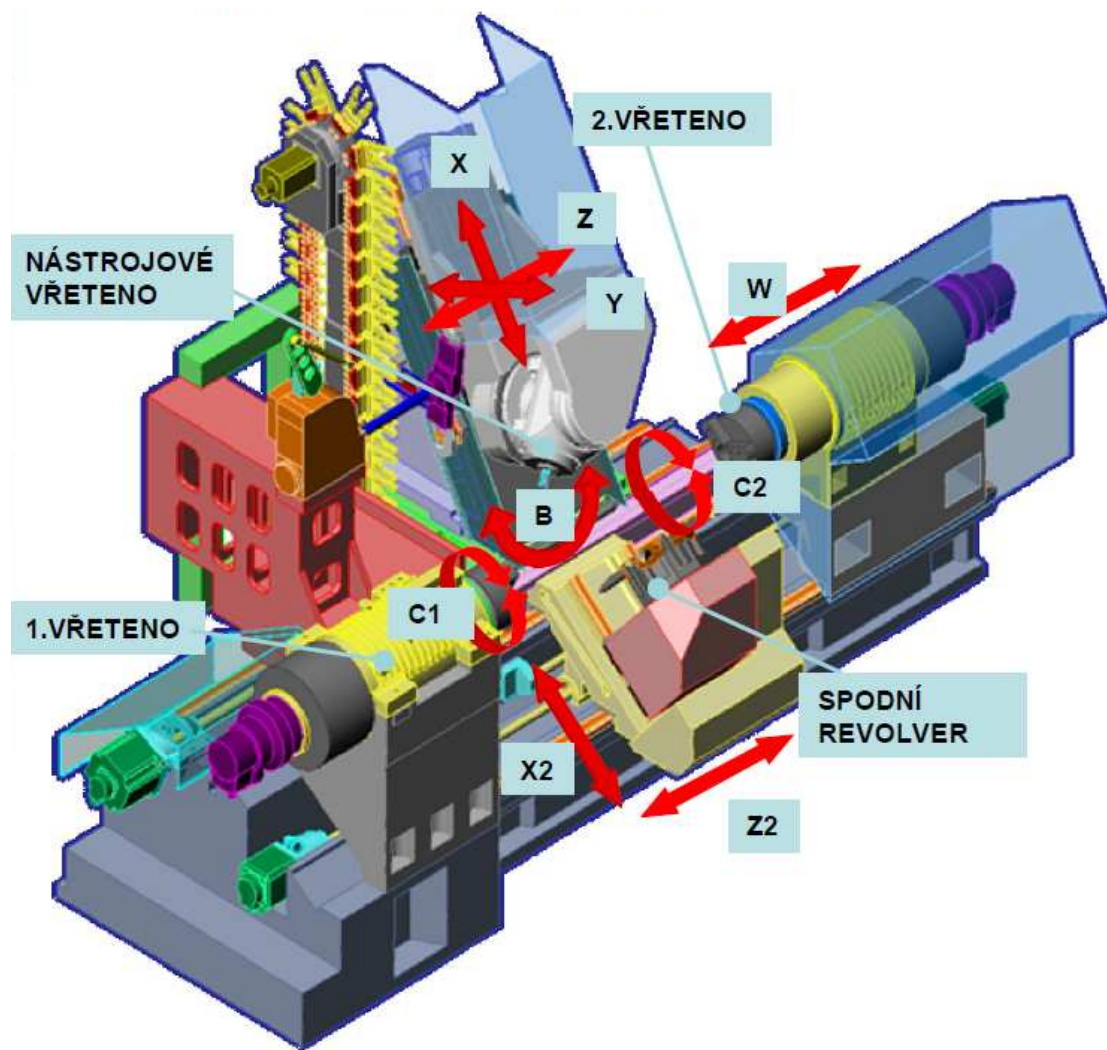
Obr. 5 – víceosý soustruh



Obr. 6 - Souřadný systém CNC frézky a vrtačky



Obr. 7 – Souřadný systém 5-ti osého centra



Obr. 8 – Souřadný systém víceprocesního obráběcího centra

Kromě základního souřadného systému je nutné definovat v pracovním prostoru na stroji vztažné body, s jejichž pomocí se definuje vzájemná poloha stroje, nástroje a obrobku.

1.4. Nulové a vztažné body na CNC strojích

Řídicí systém CNC stroje po zapnutí stroje aktivuje souřadnicový systém ve vlastním stroji. Souřadnicový systém má svůj počátek – nulový bod, který musí být přesně stanoven. Podle požití mají nulové body své názvy. Na CNC strojích jsou i další důležité body



M – nulový bod stroje

Je počátkem souřadného systému pracovního prostoru stroje. Je pevně určen konstrukcí (obvykle průsečík osy hlavního vřetena a upínací roviny obrobku) a není možné ho měnit. Je to absolutní počátek souřadnic.



W – nulový bod obrobku

Je počátkem souřadného systému obrobku. Polohu volí libovolně programátor a je možné ji v průběhu programu měnit. U tvarově souměrných součástí se obvykle volí v ose souměrnosti a na horní ploše obrobku (polotovaru)



R – referenční bod stroje

Je to výrobcem stroje zvolené místo na stroji, obvykle v pracovním prostoru stroje maximální možná vzdálenost od nulového bodu stroje, daná koncovými spínači v jednotlivých osách. Teprve po najetí referenčního bodu vzhledem k bodu M stroj „ví, kde je“. Vzdálenost referenční bod - nulový bod stroje je uložena v tabulce strojních konstant. Bez najetí referenčního bodu nemůže stroj v režimu absolutního zadání souřadnic pracovat.

P – bod špičky nástroje

Je nutný pro stanovení délkové korekce a následně rádiusové korekce (poloměru zaoblení špičky nástroje). Bod jehož pohyb se teoreticky programuje (pokud se používají rádiusové korekce)

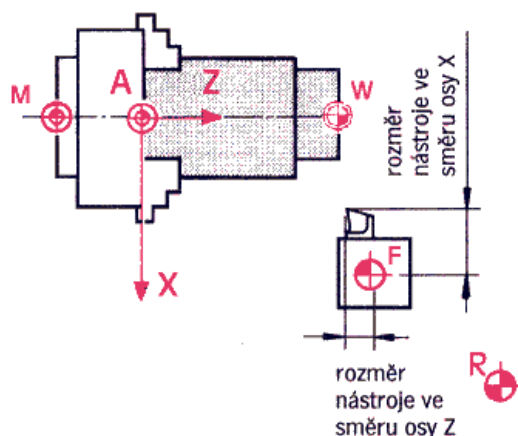


F – Vztažný bod suportu nebo vřetene

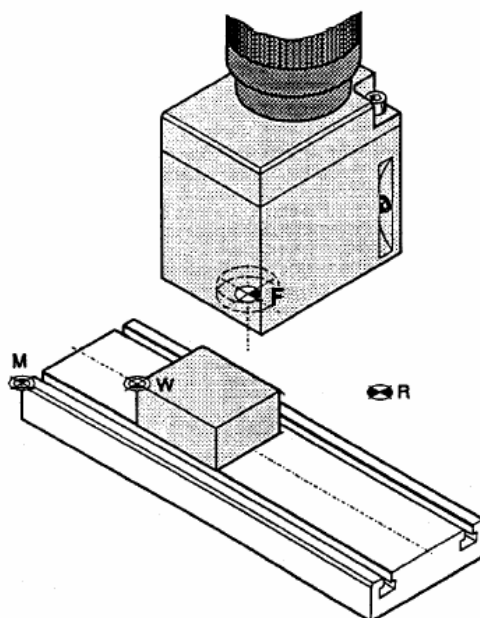
Je bod na upínací (dosedací) ploše nosiče nástroje (například konec vřetena v ose vřetena). Tento bod vlastně řídí podle programu řídicí systém. V bodě F má nástroj nulové rozměry, proto je nutné skutečnou dráhu nástroje korigovat. K tomuto bodu se vztahují korekce nástroje.

E – bod nastavení stroje

Bod držáku nástroje, který se při upnutí ztotožní s bodem F (je nutný pro zajištění korekcí nástroje na přístroji mimo stroj)



Obr.9 Vztažné body soustruhu

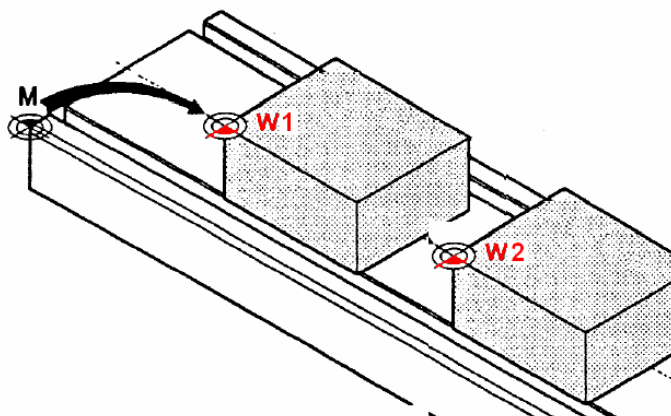


Obr. 10 Vztažné body frézky

Na začátku obrábění (tvorby programu) je nutné posunout souřadnicový systém z nulového bodu stroje do nulového bodu obrobku

Současné systému umožňují dvojitý typ posunutí počátku:

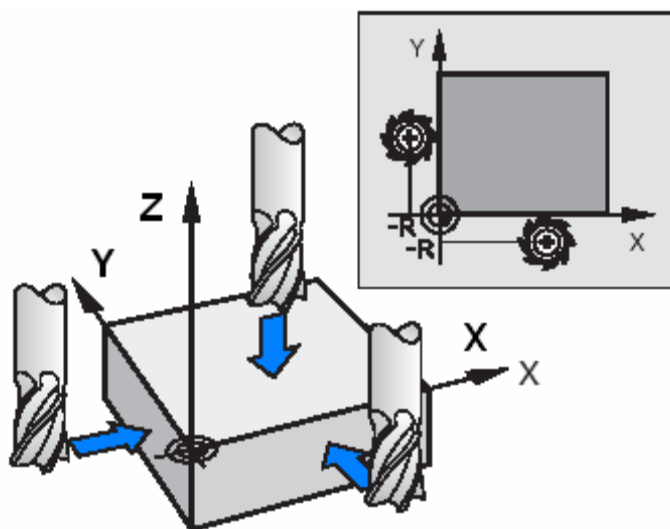
- absolutní (nastavené) posunutí - v programu se vyvolá přípravnou funkcí (G54 - G57) - jednotlivá posunutí jsou absolutní - udávají vzdálenost bodu W od bodu M - každé nové posunutí ruší předcházející
- programovatelné (aditivní) posunutí (G58 – G59) - je relativní - udává vzdálenost od v té době aktivního bodu W - přičítá se k absolutnímu posunutí - působí jen ve větě, ve které bylo voláno



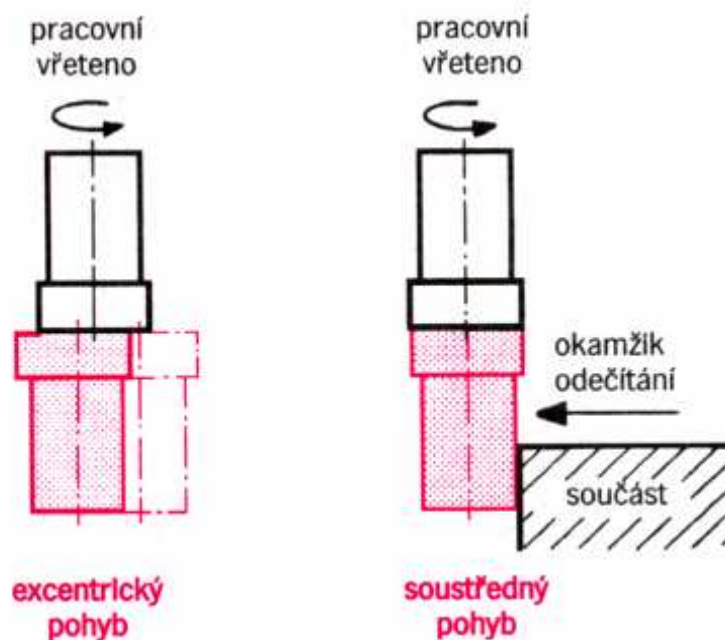
Obr. 11 Posunutí nulového bodu obrobku - W

1.5. Určení nulového bodu obrobku W

- naškrábnutím nástrojem - není nejpřesnější (ovalita , házení polotovaru, zručnost obsluhy), nevyžaduje ale náklady na zařízení
- pomocí excentrického měřicího dotyku
- pomocí sondy
- optickým zařízením



Obr. 12 Náškrábnutím nástroje



Obr. 13 Excentrickým měřícím dotykem

Excentrický dotyk má dvě části – upínací a dotekovou. Dotekovou rozváženou částí najede při posuvu suportu kalibrovaným průměrem na polotovar. Excentricita se snižuje na nulu – v tomto okamžiku se odečítá poloha, po malém přejetí se doteková část znovu excentricky rozkmitá

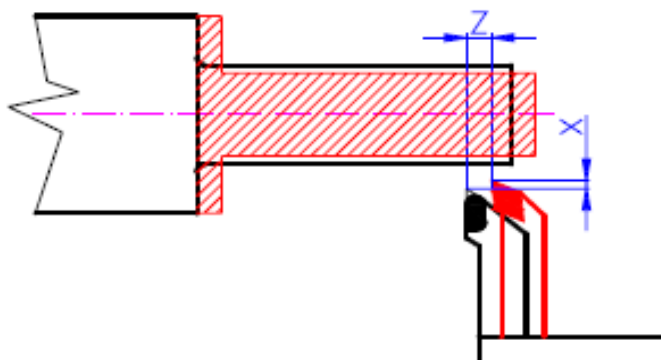


Obr. 14 Měřící sondou – optické zařízení

1.6. Korekce nástrojů

Poloha nosiče nástroje je v souřadném systému stroje vztažena k bodu F (nulovému bodu nástrojového nosiče). Povrch obrobku je vytvářen špičkou nástroje, bod F musí tedy opisovat ekvidistanty, proto musí být aktivovány korekce, které interpolátor automaticky zpracovává.

Jedním z dalších důvodů pro použití korekcí je to, že různé nástroje mají různé rozměry. Ne-bylo-li by to korekcemi ošetřeno, různé nástroje by při stejné větě programu konaly různé dráhy vůči obrobku. Na následujícím obrázku vytvoří černý nástroj tvar obrobku daný černou barvou. Červený nástroj, který má špičku po upnutí do upínače v jiném místě, by podle stejného programu bez korekce vytvořil tvar červeně šrafovaný).



Obr. 15 Změna tvaru součásti při obrobení různými nekorigovanými nástroji

Je sice v mnoha případech možné nastavit nástroje do modulových upínačů tak, aby břit každého nástroje byl nastaven na stejný bod, ale je to zdlouhavé nebo nemožné.

Veškeré korekce se ukládají do paměti korekcí.

Korekce dělíme na :

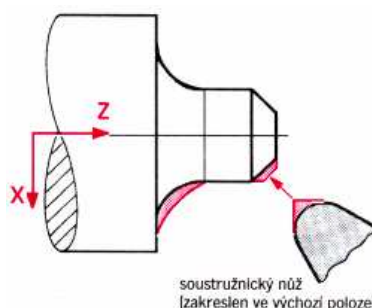
- délkové
- průměrové (poloměrové)

Korekce nástrojů se zjišťují obvykle na speciálním pracovišti mimo stroj, aby byl maximálně využit strojní čas. Používají se k tomu speciální seřizovací optické přístroje.

1.6.1. Délkové korekce

Uplatňují se jak při soustružení, tak při frézování.

Při soustružení nesleduje teoreticky požadovaný povrch teoretická špička nástroje (s nulovým poloměrem), ale skutečná špička s poloměrem určité velikosti. V důsledku toho by docházelo ve zkoseních a zaobleních k odchylkám teoretického a skutečného tvaru. Proto je nutné do paměti korekcí zadat i poloměr špičky nástroje a polohu nástroje vzhledem k obráběné ploše, aby mohl interpolátor dopočítat ekvidistantu dráhy.



Obr. 16 Chyba obrysu bez korekce poloměru špičky

1.7. Průměrové (poloměrové) korekce

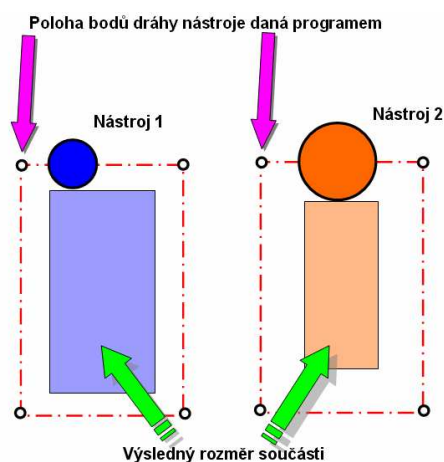
Pro aktivizaci poloměrové korekce se používají přípravné funkce **G41** nebo **G42**. Tyto funkce jsou zvané modální (platí do odvolání). Platnost funkcí se ukončuje pomocí přípravné funkce **G40**.

G 41 - KOREKCE POLOMĚRU NÁSTROJE VLEVO OD OBRYSU

G 42 - KOREKCE POLOMĚRU NÁSTROJE V PRAVO OD OBRYSU

Hodnocení je-li nástroj vlevo nebo vpravo se provádí z pohledu ve směru posuvu nástroje

Když nepoužijeme průměrové korekce (G41, G42), potom systém řídí nulový bod nástrojového držáku (F) jako osu nástroje, a potom by při použití nástrojů různých průměrů byly při vykonání daného programu vyráběny součásti různých rozměrů. Například půdorysné rozměry frézované součásti při použití různých průměrů nástroje ukazují následující obrázek



Obr. 17 Rozměry obrobku bez použití průměrových korekcí

2. Systémy číslicového řízení

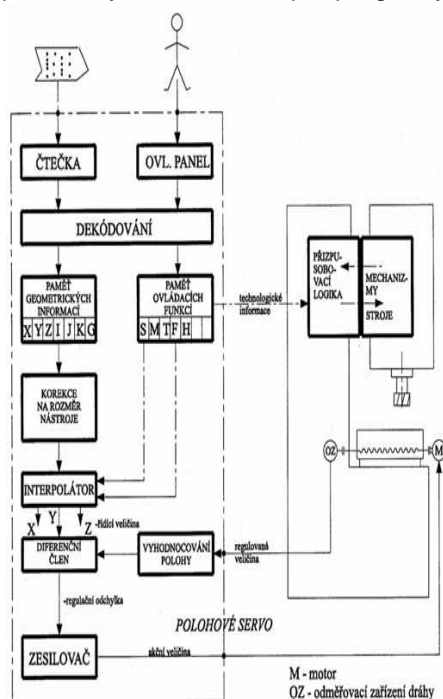
Číslicové řídicí systémy je možné rozdělit do dvou základních skupin

- NC
- CNC

přičemž počítačem řízené systémy (CNC) se pro své výhody úplně prosadily a NC systémy jsou jak technicky, tak morálně zastaralé a jsou užívány jen do vyčerpání jejich životnosti.

2.1. NC řídicí systémy

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



Obr. 18 Schéma NC řídicího systému

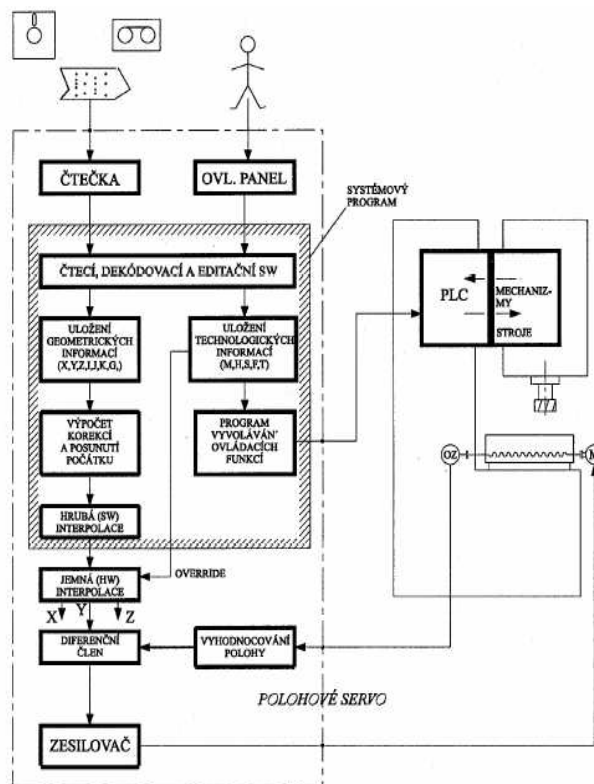
2.2. CNC řídicí systémy

Systém načítá do paměti celý program buď z disket, nebo jiných médií na uchování informa-cí, nebo pomocí LAN sítě, ať kabelové nebo bezdrátové. Na rozdíl od NC systémů je interpo-látor nikoli hardware ale software záležitostí. Ke generování dráhy je možné použít přímého matematického popisu tvaru dráhy. Je tedy možné generovat paraboly i křivky vyšších řádů (spliny), řídicí systémy s vyšším výpočetním výkonem realizují i kruhovou interpolaci v prostoru, prakticky se ale vystačí s lineární a kruhovou interpolací.

Pro zpracování technologických informací se u CNC systémů používá programovatelný automat (PLC - Programmable Logic Controller).

U CNC systémů je možné:

- snadno editovat program
- větvit program
- používat parametry
- pracovat s podprogramy
- využívat grafickou simulaci obrábění
- užívat diagnostických programů
- kompenzovat nepřesnosti systému a strojních částí



Obr. 19 Schéma CNC řídicího systému

2.3. Podle řízení dráhy nástroje vůči obrobku

2.3.1. Systémy s přetržitým řízením

Systémy stavění souřadnic

- Chybí interpolace
- nástroj se pohybuje rychloposuvem na programovaný bod, nezáleží na vykonané dráze (do daného bodu se pohybuje v rovině například nejdříve přejezdem v jedné ose a po-tom v druhé ose)
- po njetí do programovaného bodu se provede pohyb v další ose
- hodné například pro vrtačky, tvářecí stroje

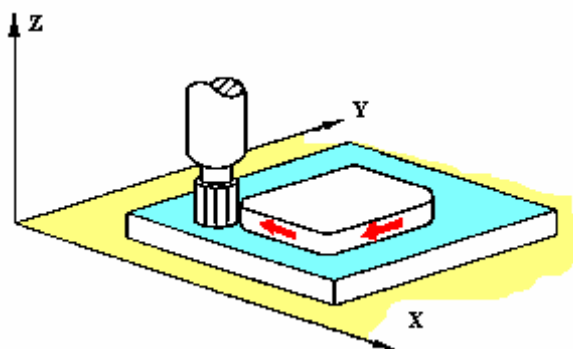
Pravouhlá řízení

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

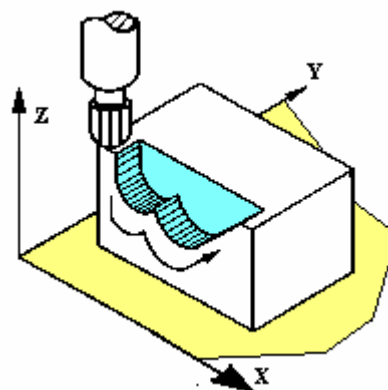
2.3.2. Systémy se souvislým řízením

Systémy umožňují výpočet korekcí a geometrie.

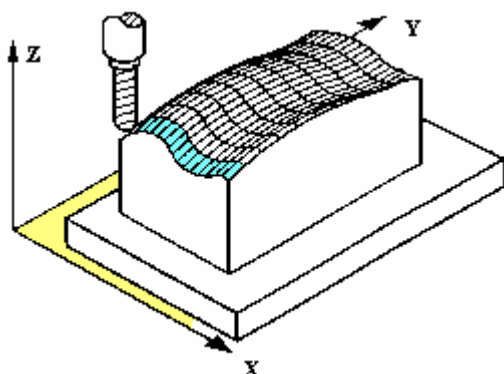
- u soustruhu se nástroj pohybuje v rovině X – Z (2D)
- u frézky je možné provádět lineární interpolace buď v jedné rovině - X-Y , X-Z, Y-Z – (2,5D) nebo při použití výkonného mikroprocesoru lze vyrábět libovolné obrysy a prostorové plochy 3D. Jestliže jsou vedle pohybů v osách možné ještě další pohyby – např. rotace kolem os potom mluvíme o 4D a 5D řízení.



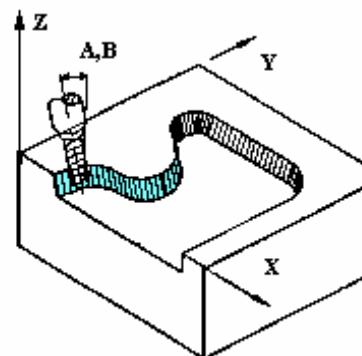
Obr.20 - 2D řízení



Obrázek 21 - 2,5 D řízení



obr.22 - 2D řízení



obr.23 - 2D řízení

2.4. Podle způsobu programování polohy nástroje vůči obrobku

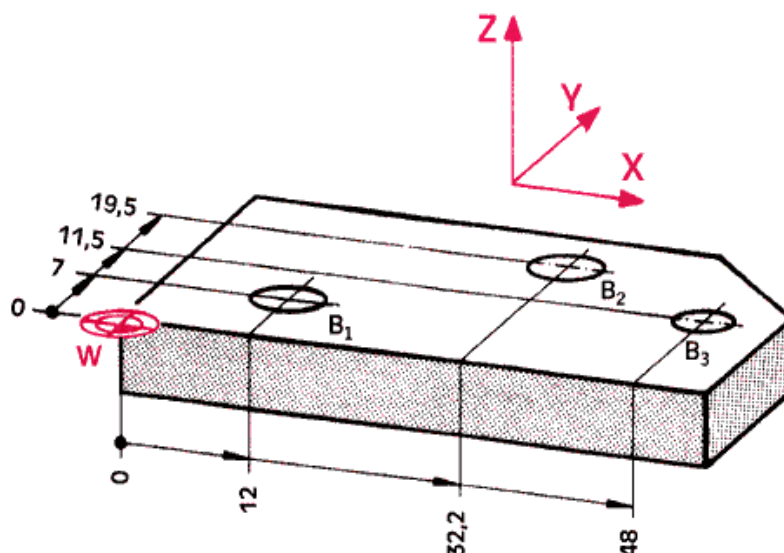
2.4.1. Absolutní programování (G 90)

- všechny programované body dráhy nástroje jsou vztaženy k předem zvolenému bodu – nulovému bodu programu (W), jehož polohu volí programátor libovolně
- pro potřeby absolutního programování je lépe použitelné kótování od základny (souřadnicové kóty) .

!! Při programování se programuje poloha koncového bodu pohybu !!

Při absolutním programování základní otázka při zadávání rozměrových slov (X,Y,Z, ...) zní:

Do jaké vzdálenosti od nulového bodu programu má nástroj dojet (v jednotlivých osách)?



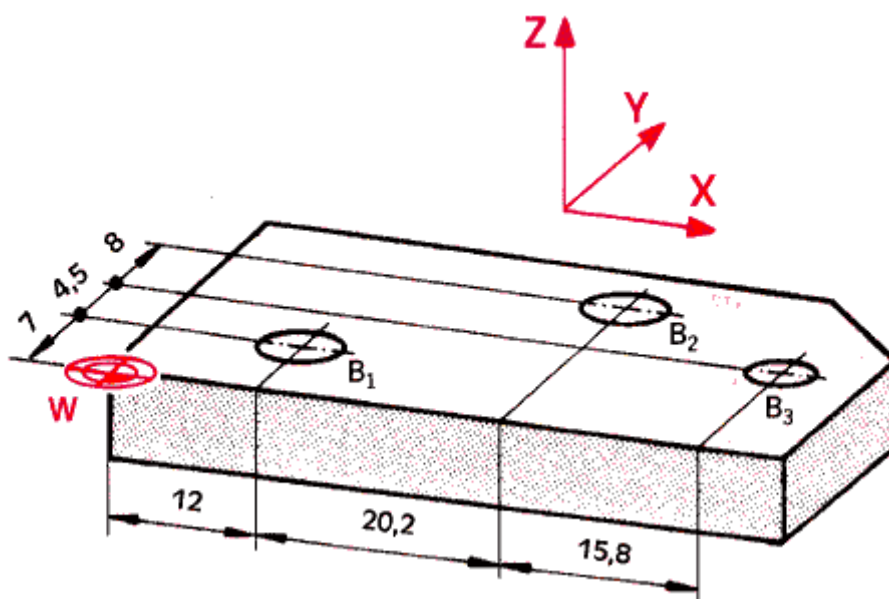
obr. 24 Absolutní programování – kóty

2.4.2. Přírustkové (ingrementální) programování (G 91)

- souřadnice všech programovaných bodů se udávají vzhledem k předchozímu bodu, který je považován za výchozí
- pro potřeby přírustkového programování logicky odpovídá použití řetězcových kót

Při přírustkovém programování základní otázka při zadávání rozměrových slov (X,Y,Z, ...) zní:

O kolik má nástroj od koncového bodu předcházejícího pohybu popojet (v jednotlivých osách)?



obr. 25 Přírustkové programování - kóty

2.5. Zpracování informací v ŘS

Informace, které řídicí systém potřebuje ke správné činnosti je možné rozdělit na:

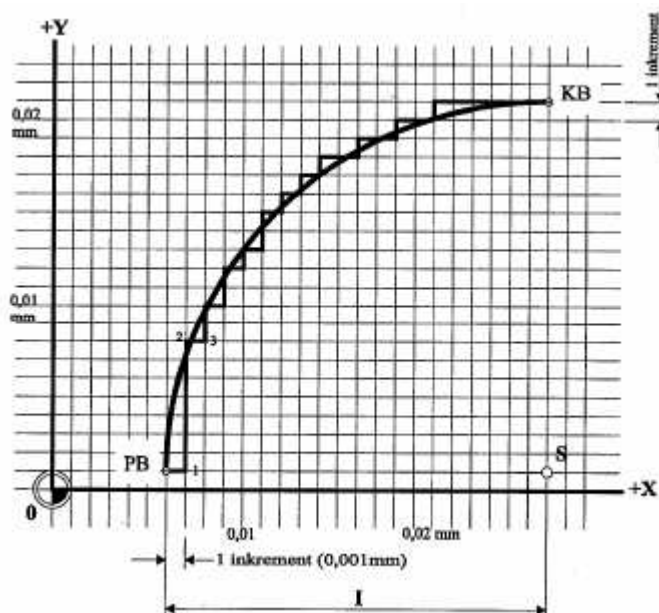
- geometrické
- technologické a pomocné
- nutné k organizaci programu

2.5.1. Geometrické informace

Informace o dráze nosiče nástroje jsou zpracovávány v interpolátoru. Interpolátor je aritme-tická jednotka, která vypočítává elementy dráhy v jednotlivých souřadných osách tak, aby výsledný pohyb mezi dvěma zadanými body byl

- přímkový - interpolace lineární
- po kruhovém oblouku - interpolace kruhová
- parabole, nebo obecné křivce

Interpolátor generuje signál o požadované dráze. Signál o skutečné dráze generuje odměřovací zařízení. Oba signály se porovnávají v diferenčním členu - jejich rozdíl je regulační odchylka, která po zesílení a transformaci vytváří akční veličinu. Jinými slovy – diferenční člen posílá motoru impulsy do té doby, než suport nedosáhne požadované polohy. Odměřovací zařízení pracují po určitých nenulových „skocích“-**inkrementech**. Inkrement je nejmenší měřitelná a tedy programovatelná dráha. V současné době se obecně používá inkrement 0,001 mm.



Obr. 26 Kruhová interpolace – funkce interpolátoru

Princip činnosti interpolátoru při kruhové interpolaci ve směru hodinových ručiček (G02) je na předchozím obrázku:

1. Sestaví rovnici kružnice v rovině XY $(X-0,026)^2 + (Y-0,001)^2 = 0,022$
2. Vyšle jednotkový impuls ve směru +X
3. Dosadí souřadnice bodu 1 do rovnice kružnice a zjistí, že levá strana rovnice je menší než pravá. To znamená, že bod 1 leží uvnitř oblouku.
4. Změní směr pohybu a vysílá jednotkové pulsy tak dlouho, až zjistí, že bod leží vně oblouku viz bod 2)
5. předchozí opakuje, až se dostane do koncového bodu

2.5.2. Technologické a pomocné informace

Řídicí systém musí zpracovávat nejen informace o geometrii pohybu, ale i o jeho rychlostech, tedy posuvech na otáčku nebo za časovou jednotku, chlazení a jeho typu, ofukování apod. Přizpůsobovací logika řeší i další pomocné informace - logické vztahy mezi ovládacími povely a signály ze stroje, které hlásí stav jednotlivých mechanismů - například

- vřeteno se spustí jen tehdy, když je upnuto sklíčidlo a zavřen kryt stroje
- pracovní posuvy se spustí při roztočeném vřetenu
- posuvy a otáčky vřetena se zastaví při otevření dveří pracovního prostoru
- při ztrátě informací o referenci se nespustí překlad programu, atd.

3. Programování CNC strojů

3.1. Struktura programu

Program je posloupností vět (bloků).

Každá věta (blok) je posloupností slov.

Program je ohraničen

- na začátku úvodní větou
- na konci programu musí být jedna z pomocných funkcí M02 nebo M30.

Každý blok je ohraničen smluvenými znaky:

- začátek bloku
- konec bloku

Začátek bloku

- znakem N
- : (dvojtečka) - u některých systémů pro hlavní větu , což je věta, která obsahuje všechny potřebné údaje k tomu, aby v tomto místě mohl pokračovat přerušovaný pro-gram. Tak zvaná vedlejší věta uvozená znakem N obsahuje pouze funkce, které se změnilo proti předešlé větě.

Konec bloku

- znakem LF nebo EOB
- před úvodním znakem věty se může vyskytovat znak /(lomítko), který označuje vy-pustitelnou větu

Příklad:

%MPF<číslo>	LF				
:<číslo>	slovo	slovo	...		LF
N<číslo>	slovo	...			LF
N<číslo>	slovo	...		M02	LF

Číslování vět je libovolné, v programu se nesmějí vyskytovat dvě věty stejného čísla. Některé systémy ignorují posloupnost čísel vět a pracují podle pořadí vět tak, jak jsou za sebou zadá-ny, to znamená, že v dále následující ukázce bude dříve vykonána věta 1000 než věta 5.

Ukázka :

.
 .
 N 200 G0 X0 LF
 N 1000 G1 X100 LF
 .
 .
 N 5 T1 D5 L96 LF
 .
 .

3.2. Podprogramy

- je určitá uzavřená část programu, která se v hlavním programu může několikrát opa-kovat, nebo se může použít v jiném programu,
- vytváří ho programátor,
- u některých systémů se uvádí za hlavním programem, obvykle je to ale samostatně existující část programového kódu, který se volá jiným programem (hlavním nebo podprogramem),
- má podobnou strukturu jako program hlavní,
- volání se provádí pomocí slova (pro SINUMERIK) s adresou L <číslo podprogramu>
- při volání je možné určit počet opakování slovem (pro SINUMERIK) s adresou P <počet>,
- podprogramy je možné vnořovat,
- končí slovem M17 a navrácí řízení do programu, ze kterého byl volán na blok, který je za blokem, ze kterého byl podprogram volán

3.3. Cykly

Je podprogram dodaný a pevně stanovený výrobcem (dodavatelem) řídicího systému. Cykly se používají například při soustružení pro:

- hrubování podélné a příčné
- zapichování
- vrtání děr
- závitování

při frézování pro:

- vrtání
- výrobu kapes
- výrobu drážek
- atd.

3.4. Formáty vět (bloku) „Bloky“

Formát bloku lze podle délky rozdělit na:

- s pevnou (konstantní) délkou
- s proměnnou délkou

U formátu s pevnou délkou bloku je nutné v každé větě programu použít podle typu použitého slov vždy syntakticky úplná další slova.

U formátu s proměnnou délkou bloku to nutné není, systém načítá neuvedená slova z paměti slov, kde přebere obsah paměti a do prováděné věty (slova) ji dosadí. Jinými slovy, dokud nedochází v jednotlivých slovech ke změně, není nutné slovo do věty zapsat.

Každá věta (blok) obsahuje vedle znaků pro počátek a konec několik skupin znaků, kterým se říká slova. Každé slovo se skládá ze dvou částí:

- adresové
- významové

Příklad:



4. Počítačem podporovaný návrh drah nástroje – CAM

Počítačová podpora návrhu dráhy nástroje, součást integrovaného systému výroby, generuje nejen NC kód pro daný stroj (to je ale základním výstupem), ale výstupem mohou být (podle aplikace) i výkresová dokumentace, data o využití materiálů, nástrojů a strojů a další.

Při práci se systémy CAM je třeba jako vstupní informace zadat (zvolit) informace o:

- obrobku (geometrii, materiálu)
- technologii (materiál, řezné podmínky)
- stroji, na kterém bude výsledný řídicí program provozován

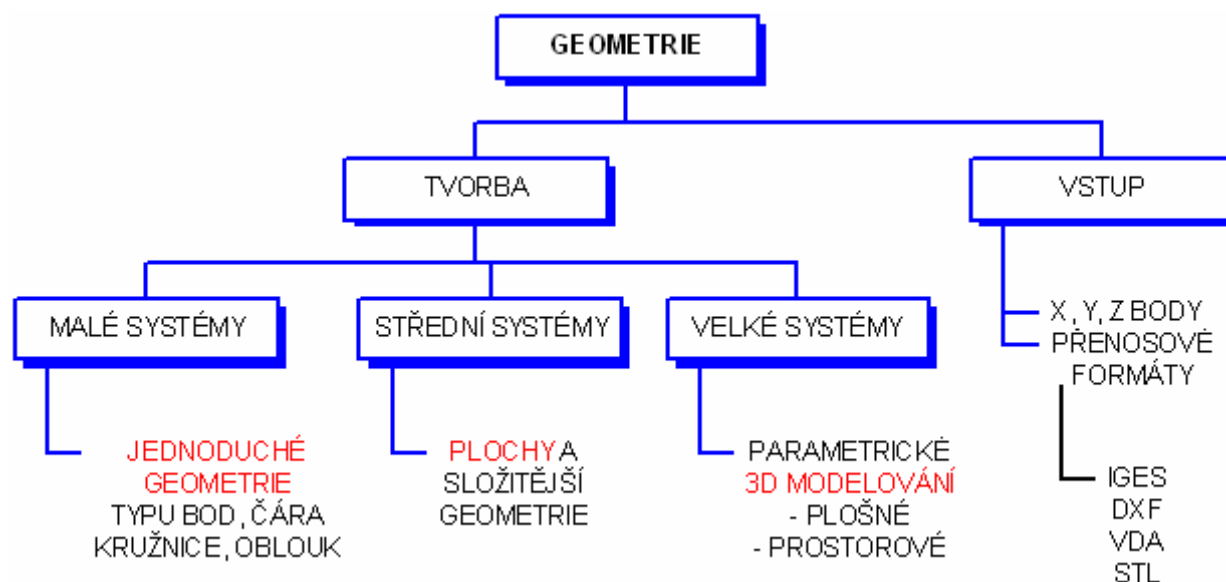
GEOMETRIE OBROBKU

CAM systém pracuje s geometrií v digitální podobě. Geometrické elementy, charakterizující tvar obrobku nebo polotovaru mohou představovat např. kontury, plochy, 3D modely.

Použitelná digitální data mohou vzniknout:

- V CAD části CAM aplikace
- Načtením z jiné aplikace
- Digitalizací modelu

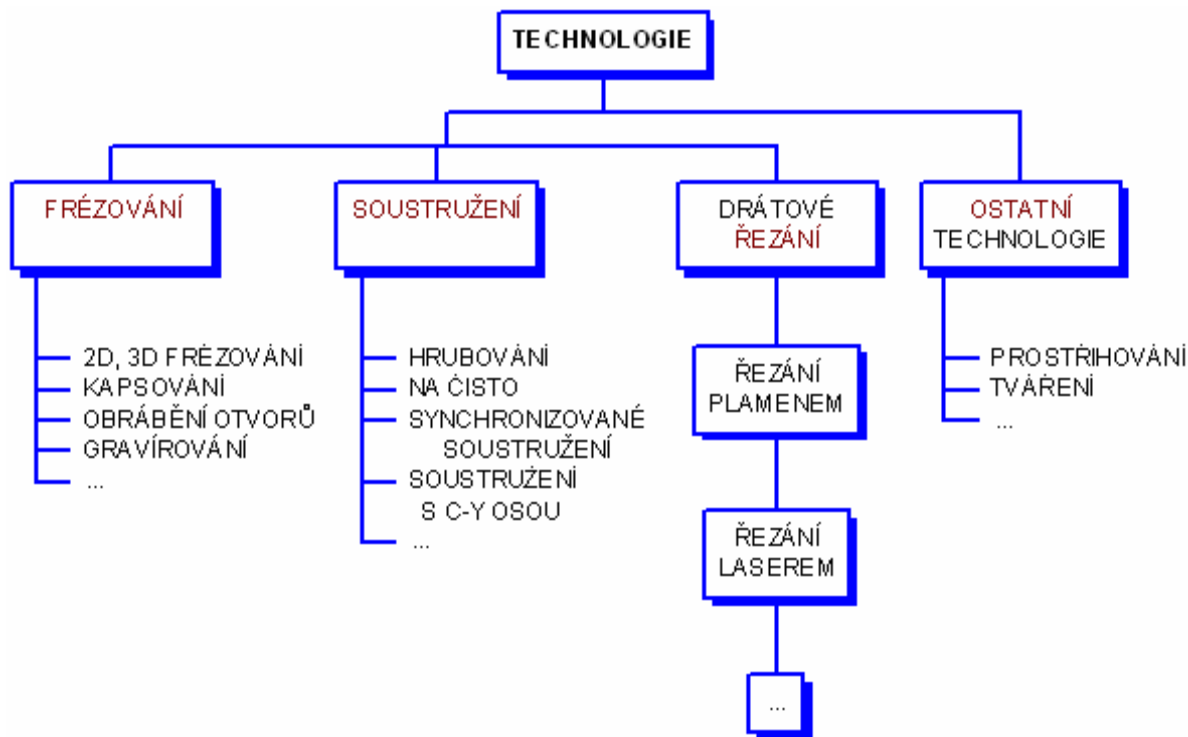
Možnosti získání geometrie je možné podrobněji znázornit následujícím obrázkem



Obr. 27 Získání geometrie obrobku pro CAM aplikací

4.1. TECHNOLOGIE

Nejpoužívanější technologie nasazené v CAD/CAM systémech jsou znázorněny v následujícím diagramu.



Obr. 28 Technologie podporované CAM systémy

4.2. Postupy tvorby technologie

Před začátkem tvorby technologie je zapotřebí znát několik základních údajů týkajících se procesu obrábění. Mezi tyto hodnoty patří výchozí údaje pro tvorbu NC programu jako je např.:

Definice obrobku

- materiál obrobku
- výchozí polotovár

Definice nástroje

- výběr z knihoven nástrojů
- tvorba nových nástrojů

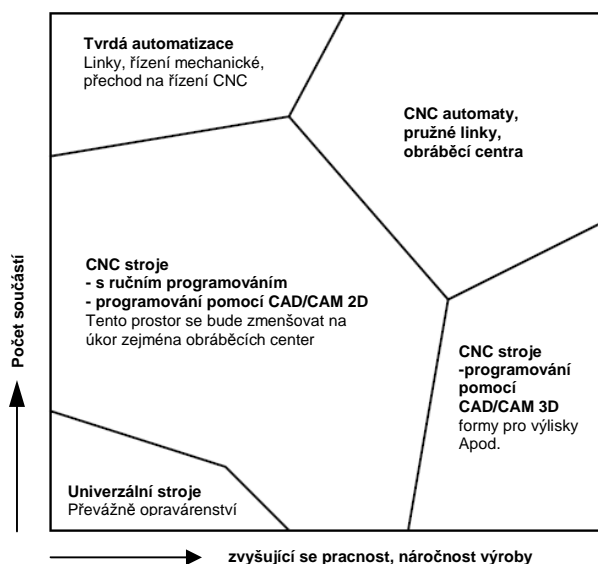
Údaje o stroji a řídicím system

- postprocessor

5. CNC technika a její technický rozvoj

5.1. CNC stroje, současný stav a trendy vývoje

Stav vývoje v modernizaci, automatizaci, v nasazení CNC techniky ve výrobní sféře ukazuje následující obrázek. Náročnost výroby a počet kusů na osách grafu demonstruje, jak danému odpovídá nasazení výrobní techniky a druhu programování. Konvenční technika bude mít zřejmě budoucí uplatnění pouze v jednoduché kusové výrobě a opravárenství.



Obr. 29 Nasazení výrobních strojů – vybavenost v podnicích v závislosti typu a náročnosti výroby

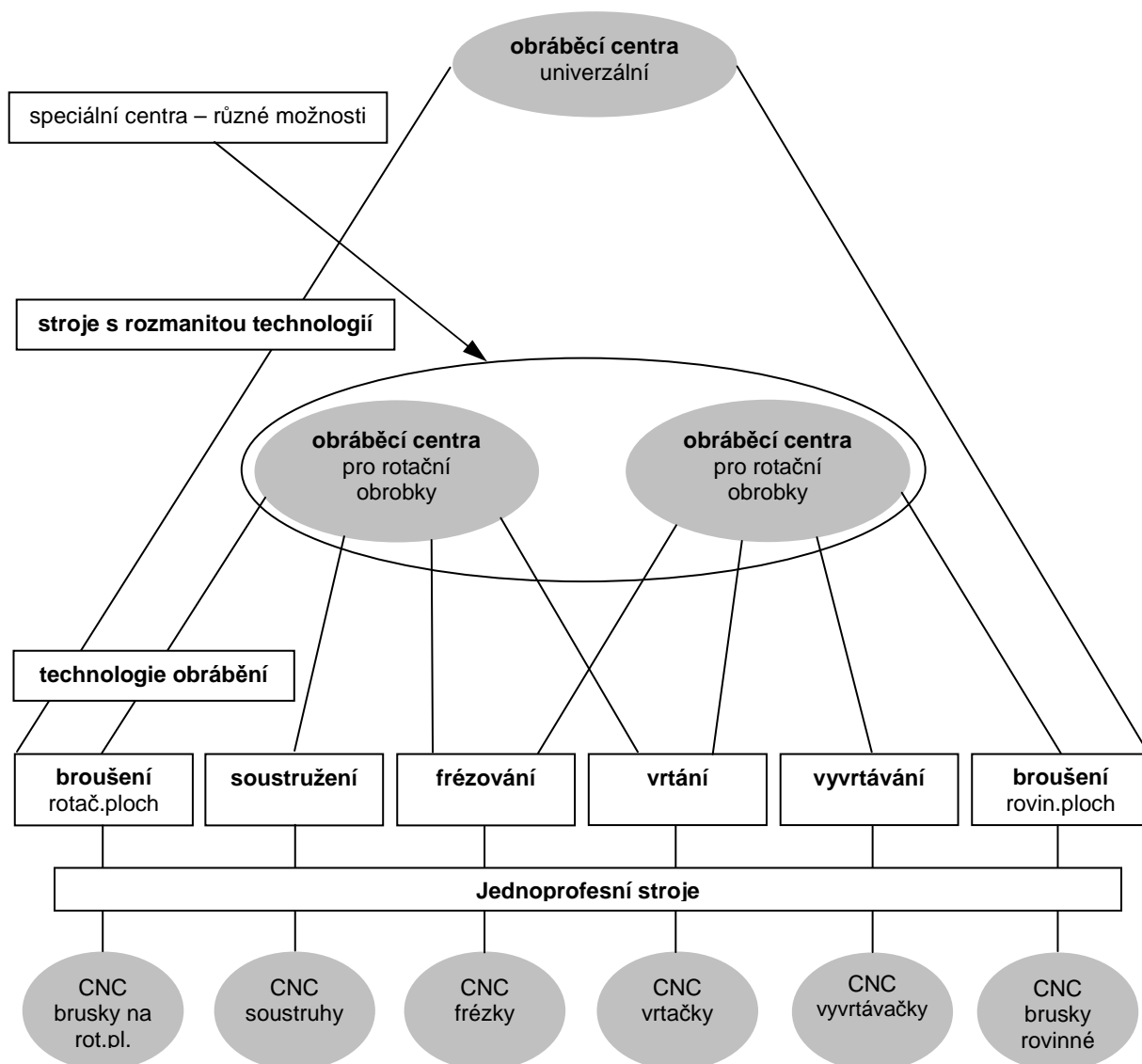
Neustálý vývoj a modernizace CNC strojů se rychle uplatňuje v praxi. Napomáhá tomu snižování cen řídicí techniky i strojů vzhledem ke stále zvyšující se jejich užité hodnotě. Stroje poskytují více komfortu při programování, obsahují více funkcí, snižují výrobní a vedlejší časy. To vede ke snižování tradičních konvenčních strojů nasazených ve výrobě.

5.2. Obráběcí CNC centra

Schéma (obrázek 30) ukazuje třídění obráběcích strojů, původně jednoprofesních, tříděných dle technologie obrábění (obrázek nevystihuje všechny technologie a jejich kombinace). Existuje velmi málo součástí, které jsou vyrobeny pouze jednou technologií, např. na soustružené hřídeli je potřeba vyfrézovat drážku. Ekonomika provozu vede k integraci několika způsobů technologie obrábění do jednoho obráběcího stroje (centra). Důvody jsou ve snížení (odstranění) vedlejších časů na další operaci, také se zvyšuje přesnost výroby. Další integrace technologií do stroje vede až k univerzálním obráběcím centrům. Toto znamená pro ekonomiku:

- Zkrácení průběžné doby a zvýšení přesnosti práce.
- Snížení nákladů na výrobu (místo několika strojů se pořizuje jeden – úspora výrobních ploch, úspory odpisových nákladů).
- Možnost snadněji automatizovat výrobu (stavba pružných výrobních linek – CIM)

- U strojů s technologií HSC je zvýšení produktivity uváděno pětinasobné, v tomto poměru lze očekávat ekonomické úspory



Obr. 30 Vývoj od jednoprofesionálních strojů po obráběcí centra

5.2.1. Požadavky na moderní CNC stroje, výrobní centra

Schéma (na obr. 30) demonstrovuje požadavky na současné vyvíjené a prodávané CNC stroje (centra), které jsou ekonomicky úspěšné. Již při vývoji stroje se berou v úvahu ekonomické požadavky, které vyvolávají technologické požadavky a vedou ke konstrukci, koncepci stroje s progresivní výrobní technologií HSC. Aby požadavky stroj splnil, musí jeho konstrukce obsahovat i další moderní prvky a příslušenství.

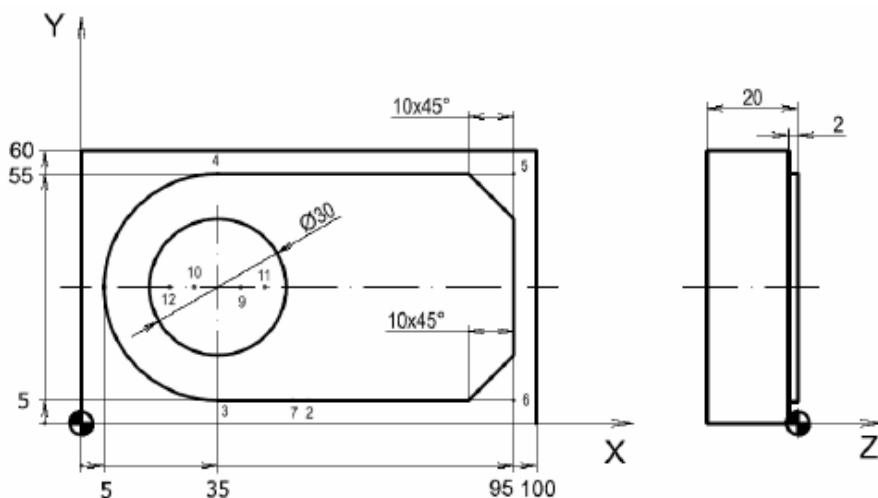
5.3. Ukázky moderní CNC techniky



6. Ukázka příkladů

Příklad 1 (programování v řídicím systému FANUC)

Konturování, kapsa



O0002 (CVIC1)

N5	T1	M6			N91	G91		
N10	G43	H1			N100	G1	Z-4	F200
N15	M3	S1800			N105	G1	X5	
N20	G0	X50	Y-22	Z2	N106	G17		
N25	G1	Z-2	F200		N110	G3	X-10	R5
N30	G41	H11			N115	G3	X10	R5
N35	G1	Y5	F400		N120	G1	X5	
N40	G1	X35			N125	G3	X-20	R10
N45	G2	Y55	R25		N130	G3	X20	R10
N50	G1	X95	C10		N135	G90		
N55	G1	Y5	C10		N140	G0	Z0	
N60	G1	X48			N145	G0	Z50	
N65	G1	Y-22	G40		N150	G0	X-50	Y100
N70	G0	Z50			N155	M30		
N75	T2	M6						
N80	G43	H2						
N85	M3	S2400						
N90	G0	X35	Y30	Z2				