



VITRALAB

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

Result 5

Příručka **Automatizační a robotická technika**

Košice, September 2011

Obsah

1	Automatizace a robotizace výrobního procesu.....	1
1.1	Průmyslový robot.....	2
1.2	Funkce průmyslového robota	2
1.3	Struktura průmyslového robota	3
2	Kinematika průmyslového robota	7
2.1	Kinematicke struktury podle konstrukčního uspořádání.....	7
3	Riadenie priemyselných robotov.....	13
3.1	Riadenie pohybu priemyselných robotov	15
3.2	Interpolácie	17
4	Programovanie robotov.....	19
4.1	On-line programovanie.....	19
	Pohony VYP.....	21
	Klávesa výberu okna.....	21
4.1.1	Súradnicové systémy	22
4.2	Off-line programovanie.....	27
5	CNC stroje	33
5.1	Definice	33
5.2	Schéma CNC obráběcího stroje.....	33
5.3	Režimy práce CNC obráběcího stroje	35
5.4	Souřadnicový systém stroje	36
5.5	Nulové a vztažné body na CNC strojích	39
5.6	Určení nulového bodu obrobku W	42
5.7	Korekce nástroje	43
5.7.1	Délkové korekce	44
5.8	Průměrové (poloměrové) Korekce	44
6	Systémy číslicového řízení.....	46
6.1	NC řídicí systémy	46
6.2	CNC řídicí systémy.....	47
6.3	Podle řízení dráhy nástroje vůči obrobku	48
6.3.1	Systémy s přetržitým řízením.....	48
6.3.2	Systémy se souvislým řízením	48
6.4	Podle způsobu programování polohy nástroje vůči obrobku.....	49
6.4.1	Absolutní programování (G 90).....	49
6.4.2	Přírustkové (ingrementální) programování (G 91).....	50
6.5	Zpracování informací v ŘS	50
6.5.1	Geometrické informace	50
6.5.2	Technologické a pomocné informace	52

7	programování CNC strojů.....	53
7.1	Struktura programu	53
7.2	Podprogramy	54
7.3	Cykly	54
7.4	Formáty vět (bloku) „Bloky“	55
8	Počítačem podporovaný návrh drah nástroje – CAM.....	56
8.1	Technologie	56
8.2	Postupy tvorby technologie.....	57
9	CNC technika a její technický rozvoj	58
9.1	CNC stroje, současný stav a trendy vývoje.....	58
9.2	Obráběcí CNC centra	58
9.2.1	Požadavky na moderní CNC stroje a výrobní centra	59
9.3	Ukázky moderní CNC techniky.....	60
10	Ukázka příkladu	61

1 Automatizace a robotizace výrobního procesu

Současné potřeby ve výrobním procesu kladou požadavky pro aplikaci automatizace a robotizace do procesu výroby. Neustále se zvyšuje náročnost požadavků na kvantitu a kvalitu výrobků, na nové složité technologické postupy a na konstruování složitých technických mechanismů. Pro splnění těchto požadavků je třeba vypracování nových technologických postupů, návrh vývoj a konstruování nových automatizovaných a robotických zařízení jakož i jejich modernizace.

AUTOMATIZACE:

Automatizace je etapa rozvoje techniky, pro kterou je charakteristické uskutečňování výrobních, řídicích a jiných procesů bez přímého zásahu člověka, spojená s objevem automatických výrobních linek, automatických provozů a závodů, s využíváním moderní výpočetní a řídicí techniky.

Automatizace nevylučuje zcela účast člověka, který kontroluje a obecně řídí práci strojů (seřizování strojů, zadání programu, zásobování materiálem, údržba), ačkoli s rozvojem automatiky stroje stále více přebírají tyto funkce. Integruje jejich a vytváří efektivnější řízení technologických postupů, viz. obr.1. Automatizace vytváří možnosti rychlého zvyšování produktivity práce, růstu výroby, snižování vlastních nákladů a zlepšování kvality výrobků, možnosti zvyšování efektivnosti řízení výroby. To vše v konečném důsledku způsobuje vyšší produktivita práce a redukci lidské práce (a tím i vznikajících chyb) ve výrobě.



Obr. 1 Automatizovaná linka

ROBOTIZACE:

Částečné resp. úplné zavádění robotů do výrobních i nevýrobních procesů za účelem nahrazení manuální lidské síly robotem, podle obr.2. Přesto, že se využívá a do výrobních procesů zavádí stále více robotů, je třeba si uvědomit, že žádné technické zařízení nenahradí kompletně lidský faktor.



Obr. 2 Robotizovaná linka pro kompletizaci automobilů

1.1 Průmyslový robot

V literatuře se pod pojmem průmyslový robot rozumějí zařízení, které mají schopnost samostatně řešit různé manipulační úlohy. V současnosti i když je průmyslový robot definován podle ISO existuje celá řada dalších definic s různými interpretacemi avšak všechny mají stejnou podstatu.



Průmyslový robot" je oficiálně definován podle normy ISO 8373:1994 jako:
"Automaticky řízený, programovatelný, víceúčelový manipulátor pro činnost ve třech nebo více osách"

V současnosti obecná klasifikace robotů zahrnuje kategorie:

- Manipulátor je zařízení s dvoupolohovou pohybovými jednotkami s vlastním pohonem a řízením pro automatickou manipulaci s obrobky, podle stanoveného programu a časového průběhu v souladu s činností výrobních strojů a ostatních doplňkových zařízení.
- Průmyslový robot je univerzálně využitelný pohybový víceosý manipulátor, který má volně programovatelný způsob pohybu. Roboty mohou být vybaveny chapadly, nástroji nebo jinými výrobními prostředky a mohou provádět manipulační, technologické nebo montážní úkony.

1.2 Funkce průmyslového robota

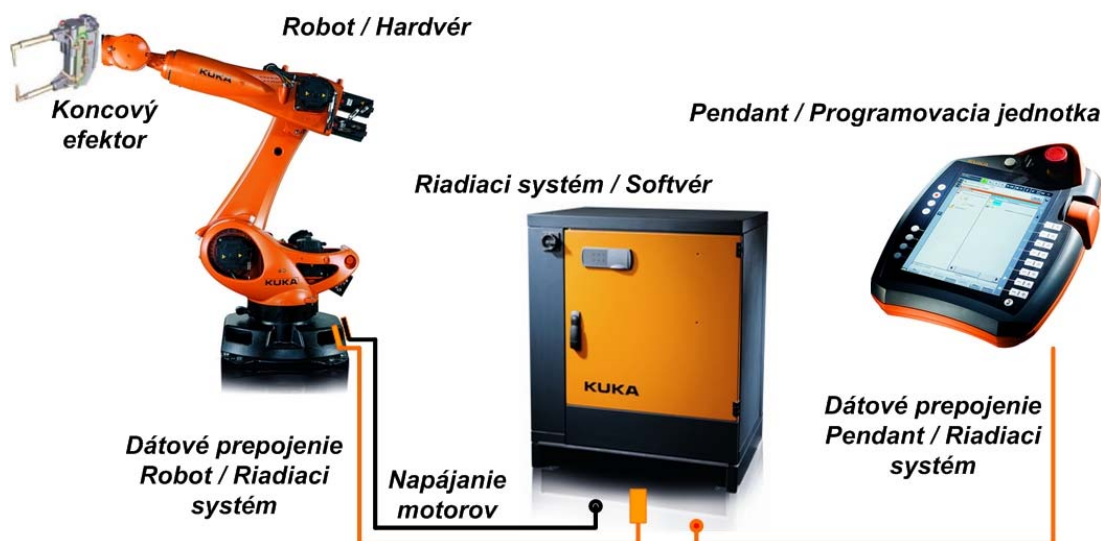
K hlavním patří tyto:

- Manipulační schopnost, tj. schopnost uchopovat objekty, přenášet, orientovat a polohovat jejich včetně technologických nástrojů

- Univerzálnost, to znamená, že robot neslouží pouze k jednomu účelu, ale po změně programu, koncového efektového nebo nástroje, je možné jej použít i pro jiné účely při jiných podmínkách a iteračních vztazích aplikovaného prostředí.
- Vnímání, schopnost vnímat pracovní a operační prostředí z vnitřních a vnějších snímačů pro řízení funkcí cílového programu.
- Autonomnost, schopnost samostatně vykonávat požadovanou posloupnost úkolů, podle zadaného programu, resp. v kombinaci s určitým stupněm samo rozhodování o výběru postupu pro realizaci úlohy.
- Integrovanost, schopnost softwarově a hardwarově soustředit funkční skupiny a hlavní subsystémy (i řídicího subsystému) pokud možno do jednoho kompaktního celku.

1.3 Struktura průmyslového robota

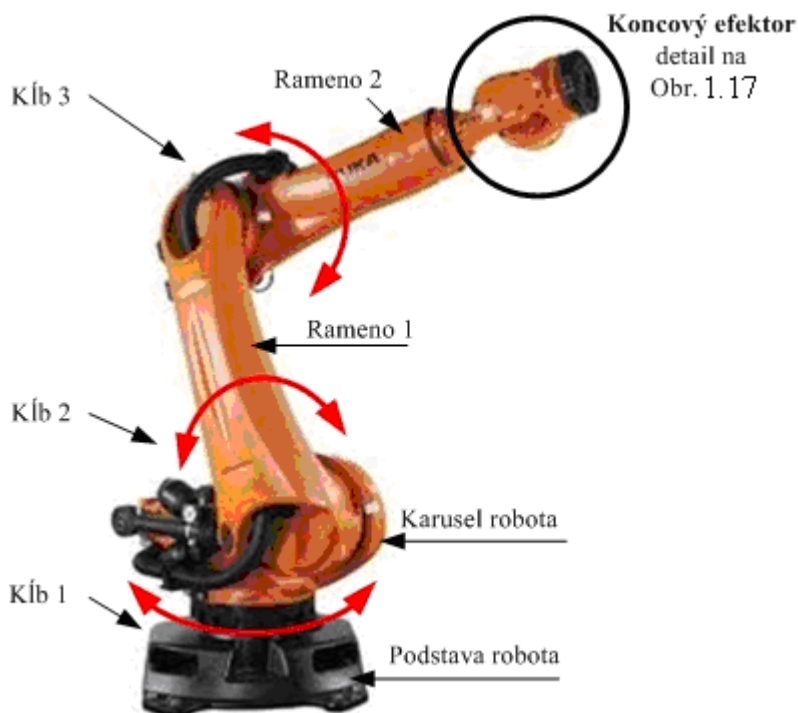
Strukturu průmyslového robota lze rozdělit na mechanickou, řídicí a programovací část, obr. 3.



Obr. 3 Struktura průmyslového robota

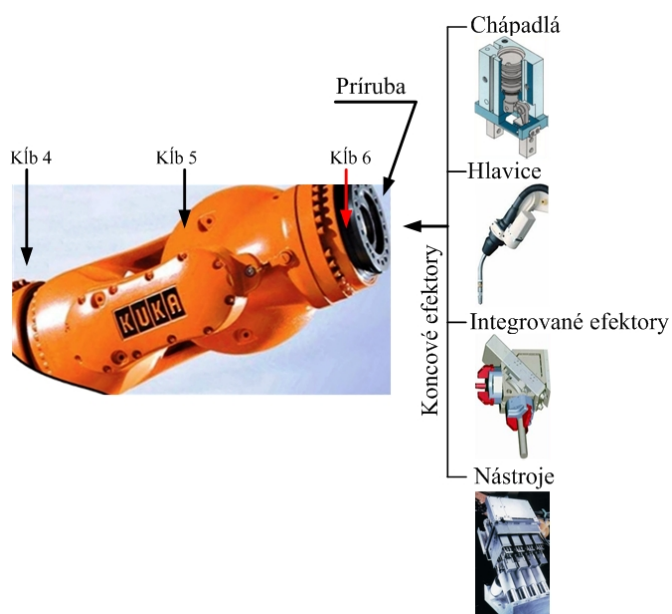
Mechanická část

Mechanická část průmyslového robota se skládá z kloubů a vazeb, přičemž klouby slouží k realizaci pohybu robota a vazby tvoří tuhá tělesa mezi nimi. Každý kloub poskytuje stupeň volnosti. Většina robotů má 5 resp. 6 stupňů volnosti. Mechanická část robota se skládá z podstavy, karuselu a ramen na obr. 4.



Obr. 4 Popis robota a jeho častí

Koncový efektor je samostatná část robota, která slouží k uchytávání manipulačního objektu - chapadlo nebo je to technologická hlavice např.. svařovací hořák, obr.. 5. Spolu s průmyslovým robotem se podílí na realizaci polohování a orientace neseného předmětu. Podle účelu použití je rozdělujeme na chapadla, hlavice, integrované efektor a nástroje.



Obr. 5 Konec ramena robota

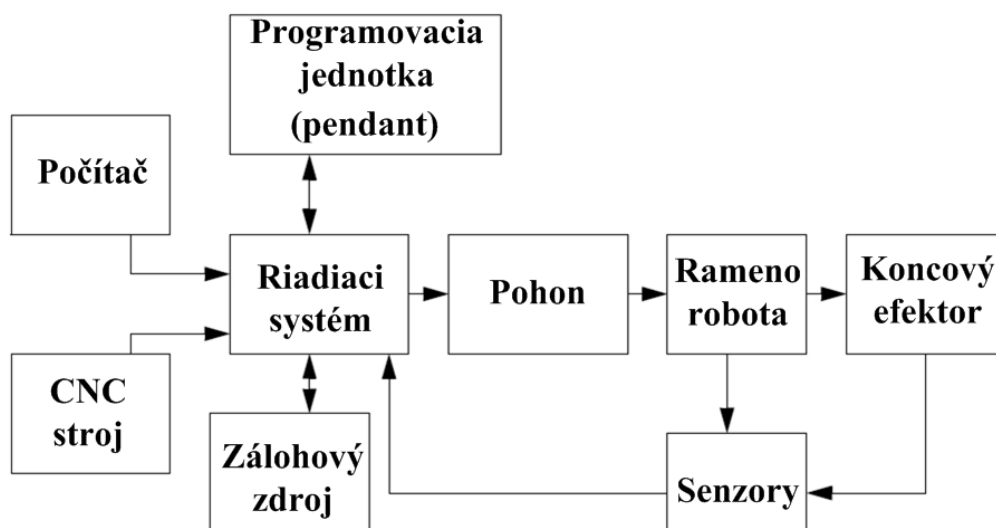
Řídicí systém robota

Jeho úkolem je na základě informací uložených v paměti řídicího počítače a informací získaných ze snímačů plánovat činnost robota a rozhodovat o úkonech, které mají být prováděny. Blokové schéma řízení průmyslového robota je na obr. 6.

Zahrnuje všechny funkce řízení polohování a kromě toho nabízí možnost současného řízení periferních zařízení. Řízení robota představuje mikroprocesorový systém, který pracuje podle multitaskingem metody. Je možné simultánně zpracovávat několik sekvenčních řídicích procesů.

Vstupní a výstupní úroveň řízení je dle výběru provedení prezentována buď jako technologie průmyslových sběrnic nebo jako diskretní vstupy a výstupy. Sériové rozhraní je možné konfigurovat a může se použít i na připojení inteligentních zařízení jako skeneru čárového kódu, systémů pro zpracování obrazu atd..

Řídicí systémy robotů jsou postaveny na bázi PC s procesorem, vybavené cd rom mechanikou případně floppy diskem. Jako externí paměťová jednotka se využívá harddisk, na níž je uložen operační systém a real-time modul pro práci v reálném čase. Řídicí systém je možné vybavit multifunkční kartou, která tvoří rozhraní mezi programovací jednotkou, PC a bezpečnostní logikou.



Obr. 6 Bloková schéma řízení průmyslového robota

Řídicí systém umožňuje:

- vytváření programů, editování a ukládání programů
- diagnostiku uvedení do chodu
- plánování dráhy
- ovládání výkonového servomodulu
- komunikace s externími moduly

Programovací jednotka

Programování robota je realizováno programovacím panelem tzv.. protějšek. Tento je vybaven velkým zřetelným displejem, na kterém je zobrazen průběh programu či jeho aktuální stavový řádek, přepínačem

mezi ruční a automatickou provozem a volbou více zobrazovacích oken. Po bočních stranách disponuje funkčními klávesami pro různé nastavení jako např.. rychlosti, volby souřadnicového systému a další.

Pendant obsahuje kromě jiného i 6D myš pro ovládání robota v ručním režimu i tlačítka pro ovládání robota samostatně v každé ose podle obr.. 7. Jako každé elektrické zařízení je doplněn pendant o centrální stop pro zajištění bezpečnosti. Pro usnadnění programování a diagnostiky je použit řadu doplňkových programových funkcí.



Obr. 7 Popis funkcií pendantu

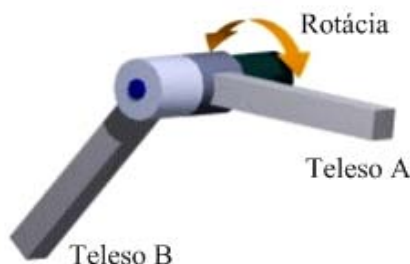
2 Kinematika průmyslového robota

Volba kinematiky robota je závislá zejména na vzájemném uspořádání a počtu kinematických dvojic (zajišťují jednotlivé pohyby). Pohybové vlastnosti robota jsou dány počtem rotačních a translačních os a jejich uspořádáním.

Kinematické dvojice (KD)

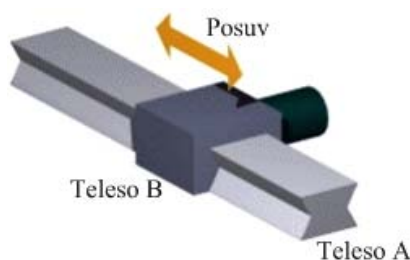
Definujeme je jako dva členy akčního mechanismu vzájemně pohyblivě spojeny vazbou. Pohyblivost jednoho členu vůči druhému je omezena, dvojice má obvykle jeden stupeň volnosti (dvojice s více stupni volnosti se v konstrukci robotů velmi nevyužívají). Z členů, vzájemně spojených posuvnými a rotačními dynamickými dvojicemi, je možné sestavovat libovolné kinematické řetězce.

Podstata rotační kinematické dvojice (KD) (obr. 1) determinuje možnou křivku jen jako kruhový oblouk se středem v rotační KD tělesa A a tělesa B s poloměrem daným délkou ramen těchto těles od osy rotační KD.



Obr. 8 Rotační kinematická dvojice

Podstata posuvné kinematické dvojice (KD) (obr. 2) vymezuje sama o sobě na přímkové dráhu resp. určitý úsek mezi pevným tělesem A a pohyblivým tělesem B.

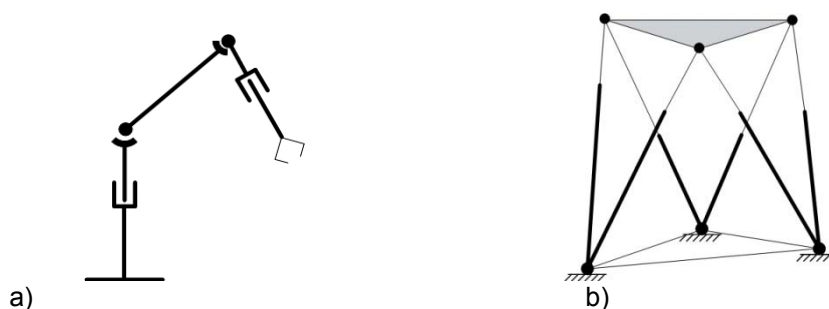


Obr. 9 Translační kinematická dvojice

2.1 Kinematické struktury podle konstrukčního uspořádání

Uspořádání kinematických dvojic:

- vytvoření kinematického řetězce se sériovým (za sebou) zapojením kinematických dvojic - robot na obr.. 5 a) na principu sériového mechanismu
- vytvoření kinematického řetězce s paralelním (vedle sebe) zapojením kinematických dvojic - robot na obr.. 5 b), princip paralelního mechanismu

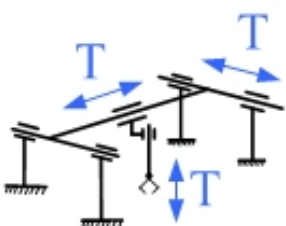
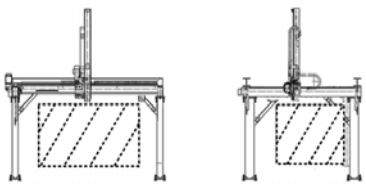


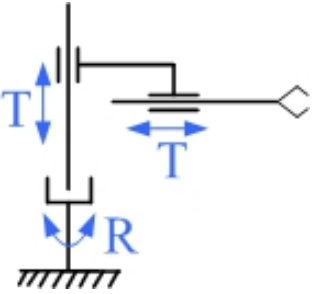
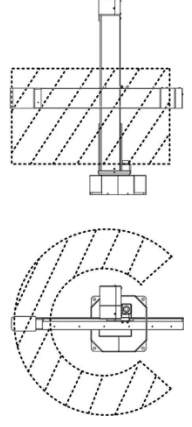
Obr. 10 Druhy kinematických řetězců

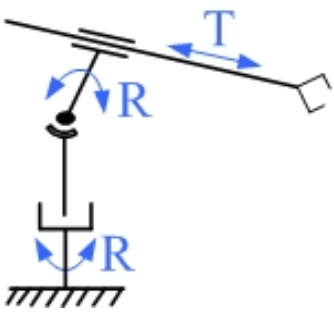
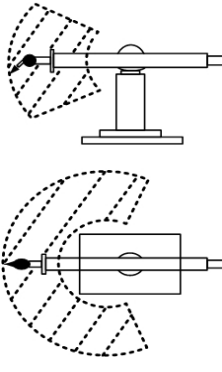
Konstrukce robotů je dána jejich kinematickou strukturou, t. j. typem a posloupností uspořádání kinematických dvojic v kinematickou řetězci podle tab.1.1. Nejrozšířenější jsou koncepce s otevřeným kinematickým řetězcem, které obsahují rotační a translační kinematické dvojice. Na základě struktury sériového kinematického řetězce hlavního pohybového systému můžeme stávající roboty zařadit do čtyř základních skupin:

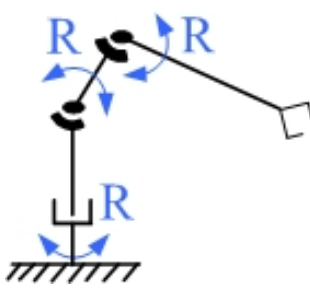
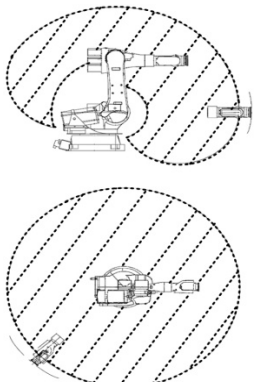
- kartézské (TTT)
- cylindrické (RTT)
- sférické (RRT)
- angulárne (RRR)

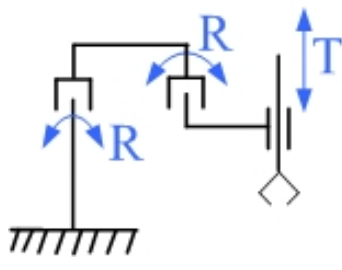
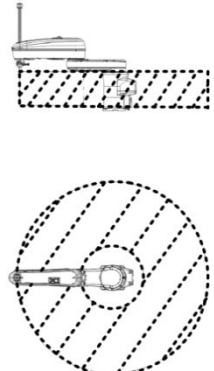
Tab. 1 Přehled průmyslových robotů podle kinematické struktury

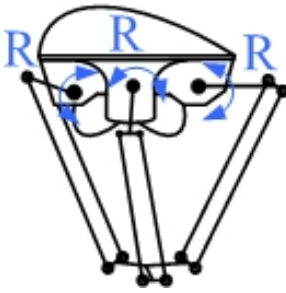
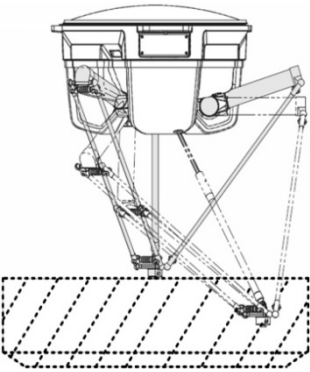
Princip	Schéma kinematické struktury	Pracovní prostor
Robot TTT 		
<u>Kinematická struktura - TTT</u> - Kartézské souřadnicový systém / robot / portálový Kartézské, Gantry robot Kinematický řetězec sestavený ze tří na sebe vzájemně kolmých (pravoúhlých) translačních kinematických dvojic (posuvné pohybové jednotky). Používá pravoúhlý souřadnicový systém. Tato kinematická struktura je velmi stabilní a z hlediska kinematického rozboru se jedná o nejpřesnější kinematickou strukturu. Má jednoduché řízení. Nevýhodou je nižší prostorová pohyblivost. Používá se především pro velké manipulační prostory. Pracovní prostor robota je tvořen krychlovým tělesem, konkrétně hranolem nebo kostkou.		

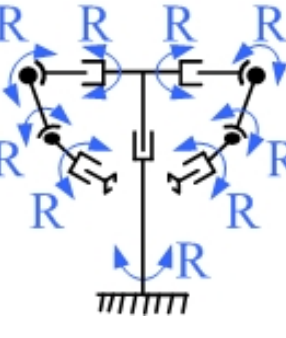
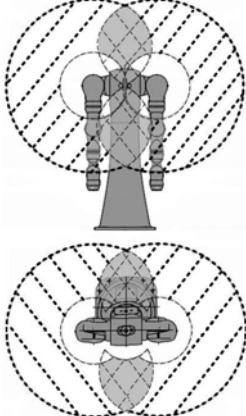
Robot RTT 		
<u>Kinematická struktura - RTT</u> - válcový souřadnicový systém / robot / Cylindrický Kinematický řetězec sestavený z jedné rotační kinematické dvojice (rotační pohybová jednotka) a dvou na sebe vzájemně kolmých translačních kinematických dvojic (posuvné pohybové jednotky). Je charakteristická svou robustností a jednoduchým řízením. Pracovní prostor robota je tvořen válcovým tělesem, konkrétně válcem, nebo jeho částí.		

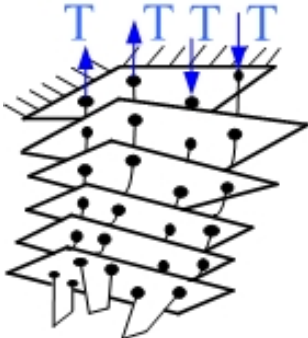
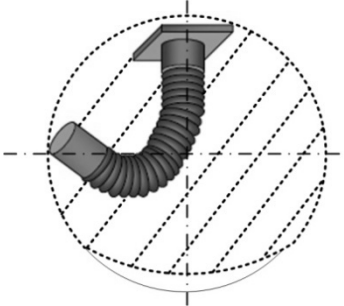
Robot RRT 		
<u>Kinematická struktura - RRT</u> - sférický souřadnicový systém / robot / Sférické Kinematický řetězec sestavený ze dvou rotačních kinematických dvojic (rotační pohybové jednotky) a jedné translační kinematické dvojice (posuvná pohybová jednotka). Tato kinematická struktura byla navržena jako jedna z prvních konfigurací. Pracovní prostor je ohraničen kulovou plochou.		

Robot RRR 		
<u>Kinematická struktura - RRR</u> - angulární souřadnicový systém / robot / Angulární Kinematický řetězec sestavený ze tří rotačních kinematických dvojic (rotační pohybové jednotky). Kinematická struktura se vyznačuje dobrou manipulační schopností a tím se dobře vyhýbá překážkám. Tato struktura je v poslední době v konstrukci robotů nejpoužívanější. Pracovní prostor robota je tvořen anguloidním resp. multiuhlovým tělesem.		

Robot typu SCARA 		
<u>Kinematická struktura typu SCARA</u> Kinematický řetězec sestavený ze dvou rotačních kinematických dvojic (rotační pohybové jednotky) a jedné translační kinematické dvojice (posuvná pohybová jednotka). Výhodou tohoto typu kin. struktury je dobře umístěná zóna obsluhy a vyšší pohyblivost. Disponuje však menším pracovním prostorem a složitějším řízením. Jsou předurčeny pro pracovní operace prováděné svisle shora a uplatňují se při plošných montážích. Dosahují vysoké rychlosti pohybu a vysoké zrychlení. Pracovní prostor robota je tvořen prstencem.		

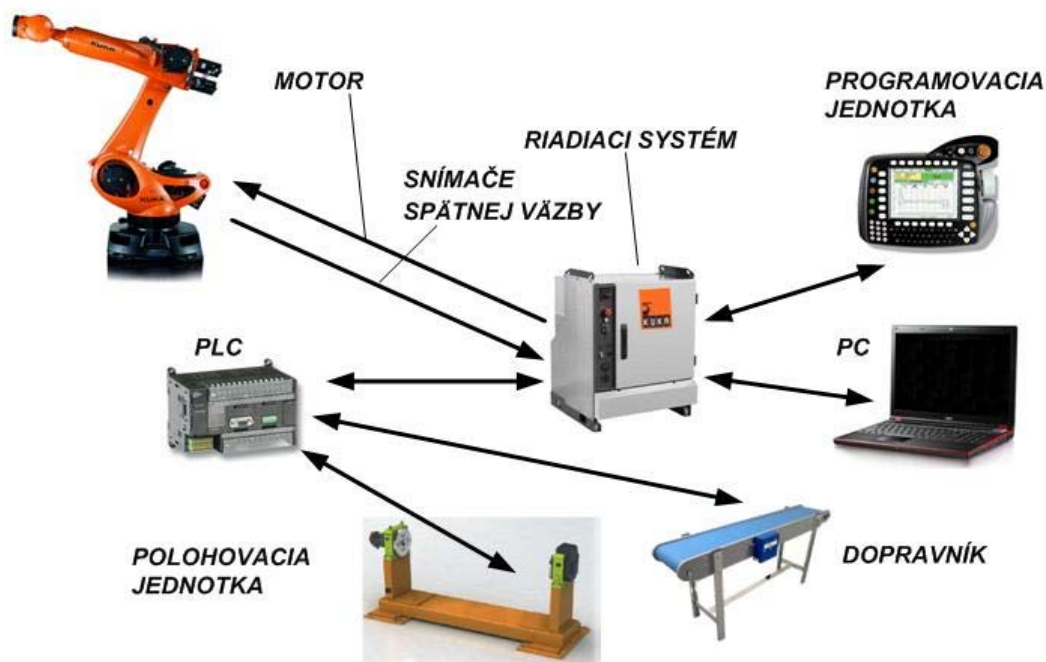
Robot s paralelní kinematickou strukturou 		
<u>Paralelní kinematická struktura</u> Mechanismy s paralelní kinematickou strukturou (hexapody, 3-půdy), mají tři až šest paralelních členů (ramen), které jsou připojeny mezi jejich základnu a jejich plošinu, resp. výstupní člen. Paralelní mechanismy obsahují obecně dvě platformy, z nichž jedna je ovládána délkově proměnlivými rameny, pracujícími paralelně. Výstupní člen je definován jako pohyblivá plošina, která má od tří do šesti stupňů volnosti vůči druhé platformě - základně. Může se pohybovat jednotlivě v každé ze tří lineárních a tří úhlových směrech nebo v libovolné kombinaci. Výsledný pohyb plošiny je dán současným pohybem a kontrolou těchto ramen. Pracovní prostor robota s paralelní kinematickou strukturou není pevně dán a je třeba ho vypočítat. Musí se brát ohled na délku jednotlivých kloubů a natočení jednotlivých kloubů.		

Robot s dvěma rameny 		
<u>Kinematická struktura s dvěma rameny</u> Průmyslový robot se dvěma rameny je vybaven 13-ti stupni volnosti pohybu, přičemž každé rameno má 6 stupňů volnosti a navíc je přidána rotace kolem vertikální osy základny robota. Jeho parametry jej předurčují pro montážní resp. manipulační aplikace s vysokou mírou manipulativnosti, podobně jako je tomu u člověka.		

Multi-kloubový robot 		
<u>Multi-kloubová struktura</u> Kinematická struktura s multi-kloubovým uspořádáním se vyznačuje vynikající flexibilitou. Liší se především tím, že neobsahuje klasické translační nebo rotační kinematické dvojice. Používá systém ocelových lanek jako prostředek pro dokonalé ovládání ramene, které jsou propletena přes sérii desek seřazených podle struktury páteře člověka pro vytvoření pracovního prostoru koule s plochým dnem. Pracovní prostor robota se vyznačuje velmi dobrou manipulační schopností v těžko přístupných oblastech jako jsou např.. uzavřené prostory karoserií aut a pod.		

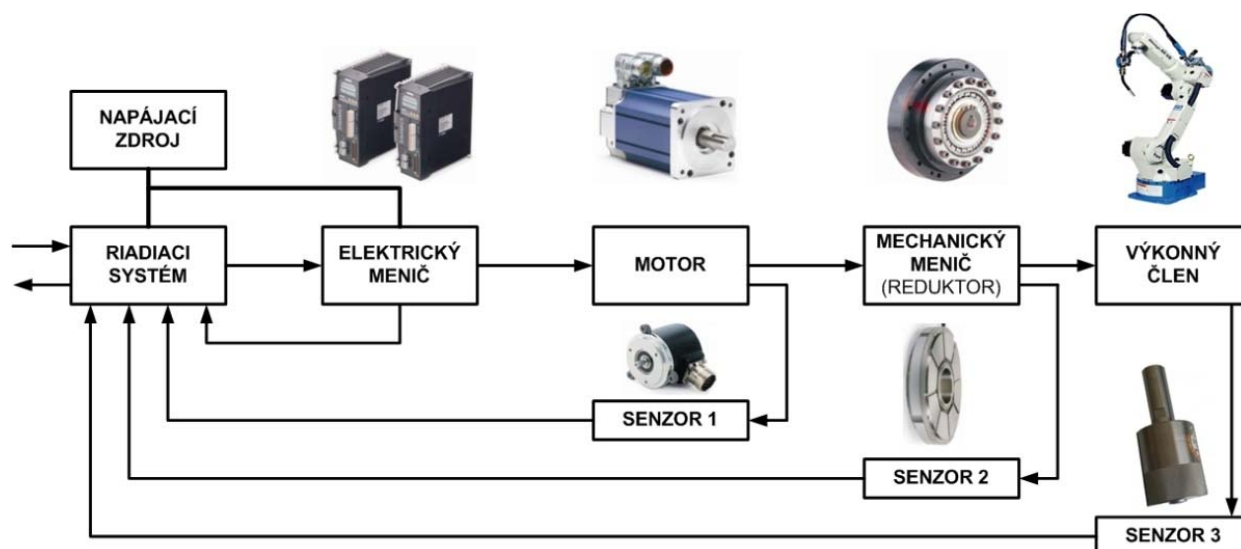
3 Riadenie priemyselných robotov

Riadenie robota sa realizuje prostredníctvom riadiaceho systému s využitím informácií získaných od snímačov. Riadiaci systém robota umožňuje navádzať robot do požadovaných polôh prostredníctvom programovacej jednotky (pendant). Cez vstupy/výstupy je možné na riadiacu jednotku robota pripájať rôzne zariadenia robotizovaného pracoviska (dopravník, polohovací stôl,...). Riadiaci systém má možnosť priamo riadiť tieto jednotky ako ďalšiu os. Moderné riadiace systémy sú vybavené možnosťou pripojenia na niektorú z množstva technologických zberníc (DeviceNet, ProfiBus, Interbus, Ethernet, ...) a tým pripojiť robot do vyššej štruktúry výrobného systému (CIM). Roboty sú vybavené priemyselnými aplikáciami, ktoré simulujú programovaciu jednotku na PC. Ovládanie robota, ako aj jeho programovanie sa dá takto realizovať priamo z PC. Štruktúra riadenia robota je na obr.11.



Obr.11 Štruktúra riadenia robota

Riadiaci systém zabezpečuje generovanie signálov pre jednotlivé osi robota. Aby sa zabezpečila požadovaná činnosť robota, musí riadiaci systém dostávať v spätnej väzbe informácie od snímačov (rýchlosti, momentu, polohy, ...). Bloková schéma riadenia pohonnej jednotky s elektrickým pohonom je znázornená na obr. 12.



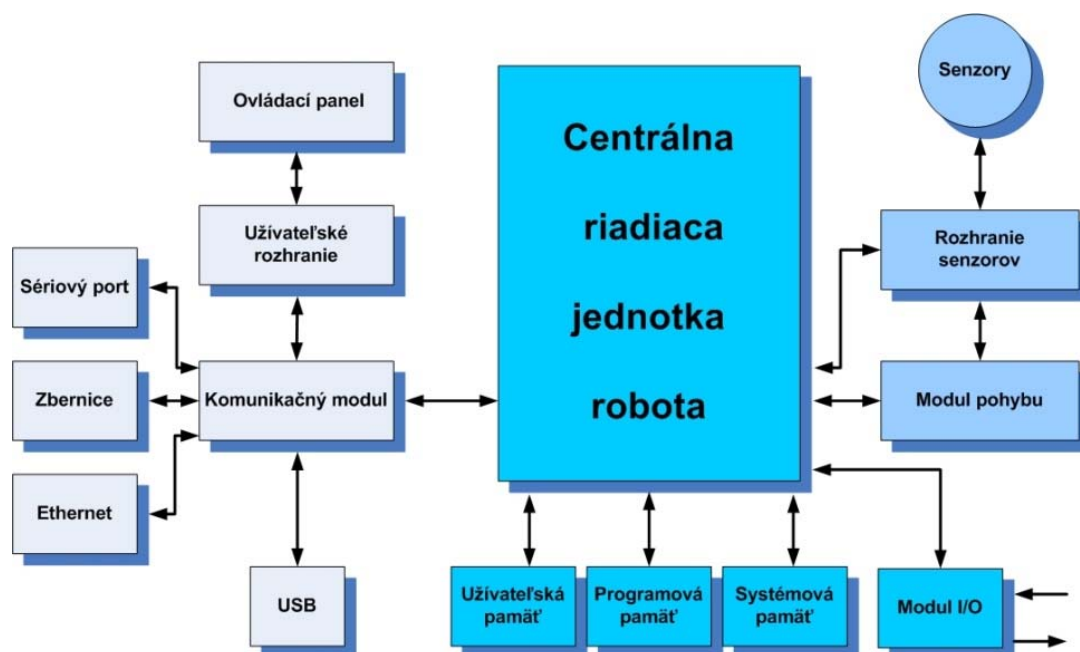
Obr.12 Schéma riadenia elektrických pohonových jednotiek na robote

Hlavnou úlohou riadiaceho systému robota je generovať signály pre servopohony robota podľa vytvoreného programu v automatickom režime, alebo generovať signály na základe funkcií pohybu na pendante. Riadiaci systém spracováva informácie z vnútorných snímačov o stave systému, ale aj informácie z vonkajších snímačov okolia. Za týmto účelom je riadiaci systém vybavený množstvom digitálnych vstupov/výstupov ako aj niekoľkými analógovými vstupmi/výstupmi. Vnútorná štruktúra riadiaceho systému robota je na obr.13.

Riadiaci systém môžeme rozdeliť na centrálnu riadiacu jednotku, ktorá spracováva a vykonáva program robota. Komunikačný modul pre prepojenie robota s okolím cez technologickú zbernicu a modul pohybu pre ovládanie a riadenie pohonných jednotiek.

Medzi štandardné funkcie riadiacich systémov robotov patria :

- Multitaskingový operačný systém
- Integrované matematické funkcie
- Spracovanie prerušení
- Osová, lineárna a kruhová interpolácia
- Sledovanie behu dopravníkového pásu
- Možnosť pripojenia kamerových systémov
- Možnosť vytvárania podprogramov a makier
- Integrované funkcie paletizácie
- Riadenie viacerých osí
- Spolupráca viacerých robotov v spoločnom pracovnom priestore
- Digitálne vstupy/výstupy



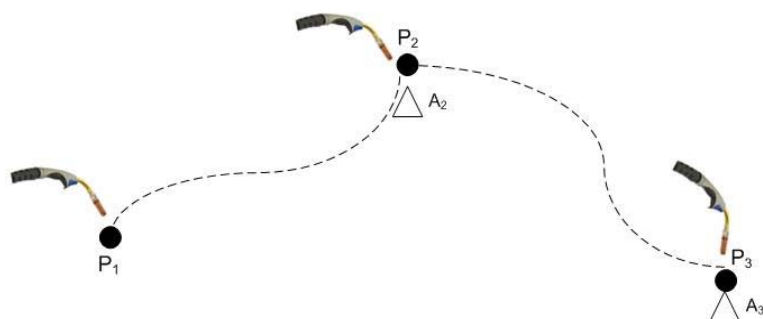
Obr.13 Vnútroštruktúra riadiaceho systému robota

3.1 Riadenie pohybu priemyselných robotov

Podľa charakteru riadenia pohybu sa rozlišujú riadenia priemyselných robotov:

- Bodové riadenie (PTP - point to point) tento typ riadenia sa využíva v prípade, keď je potrebné v pracovnom priestore robota dosiahnuť určité body, medzi ktorými nie je žiadna súvislosť.
- Dráhové riadenie (CP - continuous path) tento typ riadenia sa využíva v prípade, ak potrebujeme riadiť robot v celej dráhe jeho pohybu.

Bodové riadenie je sekvencia prechádzania diskretných bodov v priestore. Obr.14. znázorňuje možnú postupnosť pohybov P1-P2-P3 v jednotlivých bodoch s príkladom programu formulovanom v prirodzenom jazyku. Dráha pohybu medzi jednotlivými bodmi nie je definovaná, osi sa pohybujú bez funkčnej súvislosti. Bodové riadenie sa využíva predovšetkým na manipuláciu a na bodové zváranie.



Pi - poloha hlavice robota

Ai - činnosť robota v dosiahnutej polohe

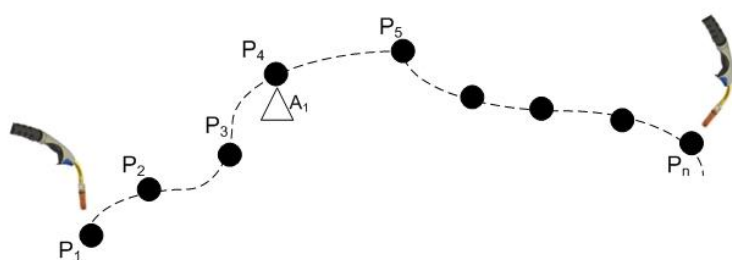
Krok	Činnosť
1	Štart v polohe P1
2	Chod' do polohy P2
3	Keď dosiahneš polohu P2, vykonaj činnosť A2
4	Po ukončení činnosti A2, chod' do polohy P3
5	Keď dosiahneš polohu P3, vykonaj činnosť A3

Obr. 14 Príklad bodového riadenia pohybu robota

Robot prechádza jednotlivými bodmi s polohovacou presnosťou. Po dosiahnutí presnej polohy sa vyvoláva príkaz na vykonanie činnosti A2-A3. Niekedy presnosť nie je nutná (napríklad – pri obchádzaní prekážok) a časová strata na polohovanie pôsobí skôr rušivo. Po dosiahnutí definovaného okolia pomocného bodu sa pritom pohyb neprerušuje, ale pokračuje sa zadanou rýchlosťou do nasledujúceho bodu. Ak napríklad na obr.4. je takým bodom P2 (A2 môže odpadnúť), nadobúda príkaz č. 2 tvar: 2. Chod' cez pomocný bod P2.

Riadenie s dráhovým správaním umožňuje programovanie a prechádzanie definovaných pohybových dráh s funkčnou súvislosťou pohybov v jednotlivých osiach. Pritom sú dve možnosti:

1. Mnohobodové riadenia (MP) obsahujú pohybový program vo forme hustej postupnosti bodov v priestore, ktoré sa zadávajú v rýchlom časovom slede (po 10 až 100 ms) z polohového regulátora osí. Tieto postupy znázorňuje obr.15. Činnosť A1 sa pritom vykoná, keď sa zadali hodnoty súradníc bodu P4 do polohového regulátora, a síce nezávisle od toho, či je už táto poloha dosiahnutá alebo nie je. Malá časová strata, ktorá sa pri tom vyskytuje, je spravidla prijateľná.



Pi - poloha hlavice robota

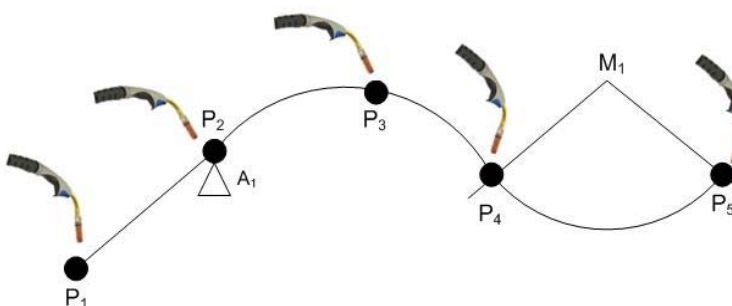
Ai - činnosť robota v dosiahnutej polohe

Krok	Činnosť
1	Štart v polohe P1
2	Chod' do polohy P2
3	chod' do polohy P3
4	chod' do polohy P4
5	vykonaj požadovanú činnosť A1 v polohe P4
6	chod' do polohy P5

Obr. 15 Príklad mnohobodového riadenia pohybu robota

Mnohobodové riadenia sa prevážne používajú u robotov na striekanie farieb, ale tiež pri bodovom zváraní a pri opracovávaní povrchov (brúsenie, leštenie). Programovanie sa robí prevažne metódou priameho učenia.

2. Dráhové riadenie (CP) umožňuje prechádzanie cez matematicky definované pohybové dráhy. Príklad je znázornený na obr.16. Programovanie sa uskutočňuje priamym „teach-in“ alebo prostredníctvom textu. Počítač (interpolátor) určuje pri vyhodnocovaní príslušného pohybového príkazu istý počet medzihodnôt na požadovanej dráhe určitej krivky a zadáva ich do polohových regulátorov v súlade s programovou rýchlosťou. Typickým príkladom použitia dráhového riadenia je tam, kde je treba oblúkové zváranie.



Pi - poloha hlavice robota

Ai - činnosť robota v dosiahnutej polohe

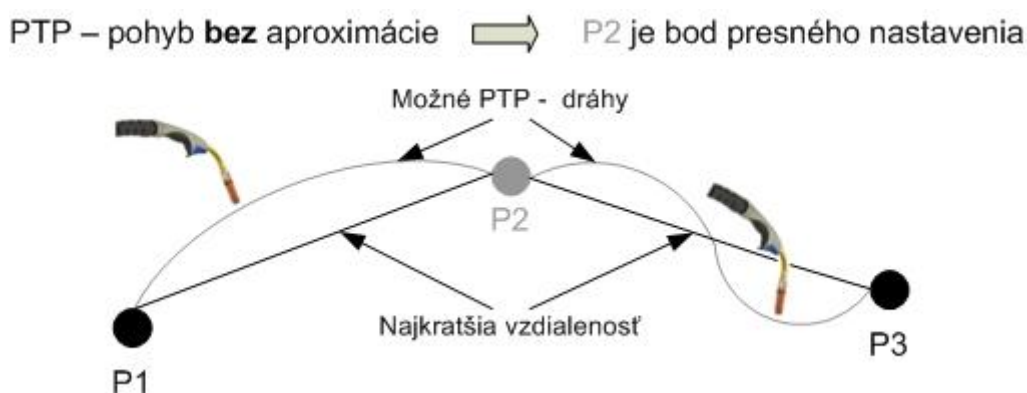
Krok	Činnosť
1	Štart v polohe P1
2	chod' do polohy P2 po priamke
3	vykonaj činnosť A1 v polohe P2
4	chod' do polohy P4 cez polohu P3 po kružnici
5	pokračuj po kružnici do polohy P5

Obr. 16 Príklad dráhového riadenia pohybu robota

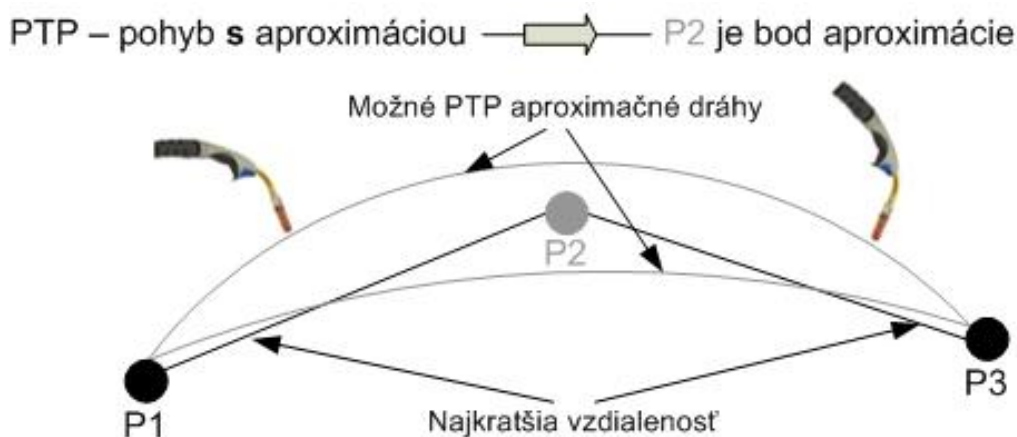
3.2 Interpolácie

Interpolácia je proces definovania funkcie, ktorá podľa určitých hodnôt prechádza zadanými bodmi. V robotickej technike sa využíva interpolácia bodová, lineárna a kruhová.

Pri pohybe PTP (point-to-point) pohyb začína a končí pre všetky osi súčasne. Režim PTP sa používa pre prípravné pohyby, kde sa vyžaduje čo najrýchlejšie premiestnenie robota do požadovanej pozície. Pri pohybe robota do požadovaných bodov je možné aplikovať aproximáciu, ktorá nám umožní plynulejší pohyb bez zbytočných spomalení. V prípade robota Kuka je aproximácia udávaná pri zváraní v percentách (0 - 100%). Pri hodnote 0% je robot navádzaný do zvoleného bodu v prípade inej hodnoty sa tento bod obchádza podľa nastavenej hodnoty aproximácie. Pri lineárnom pohybe a aproximácii 100% robot začne obchádzať požadovaný bod už v polovici dráhy medzi počiatočným a koncovým bodom. Obr.17 zobrazuje pohyb typu PTP bez aproximácie. Dráhu pohybu ramena robota v tomto prípade nie je možné dopredu určiť. Sú definované koncové body, do ktorých robot príde presne, alebo ich obchádza pri nastavení parametra aproximácie, obr.18.



Obr. 17 Pohyb PTP bez aproximácie



Obr. 18 Pohyb PTP s aproximáciou

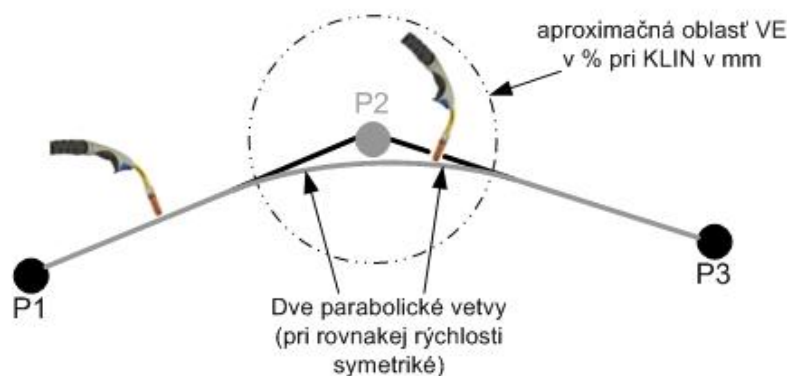
V prípade potreby vedenia dráhy požadovaným smerom je možné vykonávať pohyb ramena typu LIN (pohyb po priamke) a CIR (pohyb po kružnici). Pri pohybe typu LIN sa rameno robota pohybuje po priamke. Tento typ pohybu je pomalší ako PTP, nakoľko je tu potrebné vypočítavať jednotlivé body dráhy robota. Pohyb po priamke sa využíva pri potrebe presného navedenia koncového efektora do požadovanej pozície, napr. pri montáži, alebo pri obchádzaní prekážok v pracovnom priestore robota. Obr. 19 demonštruje pohyb po priamke bez nastavenia parametra aproximácie a obr. 20 s využitím aproximácie.

LIN – pohyb **bez** aproximácie $\Rightarrow$ P2 je bod presného nastavenia



Obr. 19 Pohyb LIN bez aproximácie

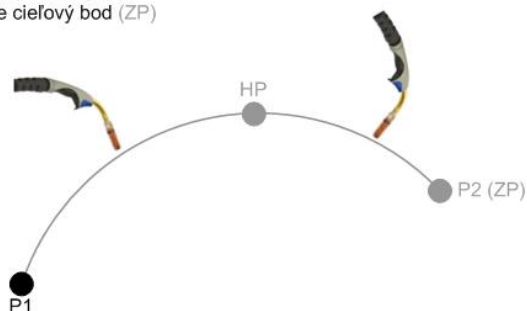
LIN – pohyb **s** aproximáciou $\Rightarrow$ P2 je bod aproximácie



Obr. 20 Pohyb LIN s aproximáciou

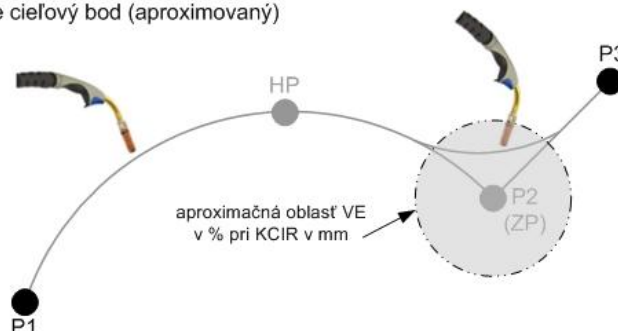
Posledný typ pohybu je pohyb po kružnici - CIR. Aby si riadiaci systém robota vedel tento typ pohybu zrealizovať je potrebné zadať okrem počiatočného a koncového bodu a tzv. pomocný bod, cez ktorý sa preloží kružnica. Opäť je možné využiť pohyb s a bez aproximácie. Aproximácia sa neaplikuje na pomocný bod, obr. 21 a obr. 22.

CIR – pohyb **bez** aproximácie
HP je pomocný bod
P2 je cieľový bod (ZP)



Obr. 21 Pohyb CIR bez aproximácie

CIR – pohyb **s** aproximáciou
HP je pomocný bod
P2 je cieľový bod (aproximovaný)



Obr. 22 Pohyb CIR s aproximáciou

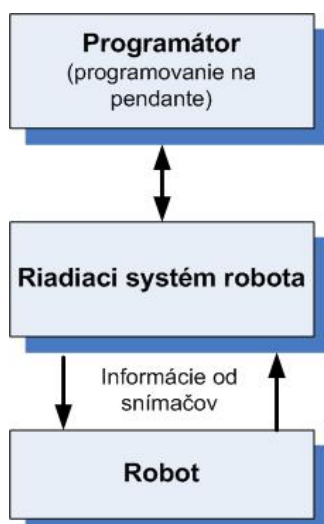
4 Programovanie robotov

Robot svoju činnosť vykonáva podľa vopred pripraveného programu. Program je definovaný ako postupnosť príkazov, ktoré vedú k vykonaniu požadovanej. Programovanie robota definujeme ako zostavovanie a tvorbu programu na základe vytvoreného algoritmu. Podľa prístupu k tvorbe programu delíme programovanie na:

- on-line programovanie (programovanie pri robote cez pendant)
- off-line programovanie (programovanie mimo robota na PC)

4.1 On-line programovanie

On-line programovanie je vykonávané priamo navádzaním robota operátorom cez požadované manipulačné body. Robot je ručne riadený z programovacieho panelu, navádzaný do jednotlivých bodov, ktoré sú zapísané do pamäte riadiaceho systému. Ako druhý krok nasleduje programovanie logickej časti riadenia chápadiel a periférnych zariadení. V tejto časti sa zadávajú aj rýchlosti pohybov jednotlivých dráh robota. Výhodou tohto programovania je práca v reálnom prostredí a súčasne môžeme s programovaním vykonávať aj test funkčnosti. Postup programovania on-line ilustruje obr. 23.



Obr. 23 Postup on-line programovania robotov

Súčasné moderné programovacie jednotky sú už postavené na báze PC. Ovládanie je nenáročné prostredníctvom funkčných kláves. Displej má možnosť zobrazenia niekoľkých okien pre vizuálne zobrazenie funkcií robota, alebo technologického programu a ich parametrov. Zabudovaný farebný displej umožňuje operátorovi priamo programovať cez I/O ich činnosť. Niektoré programovacie jednotky (Comau Robotics) sú schopné prenášať dáta do riadiaceho systému bezdrôtovou technológiou, obr.24.



Obr. 24 Programovacie jednotky robotov OTC Daihen a Comau Robotics

Nevýhodou on-line programovania je pomerne dlhá doba programovania, fyzická náročnosť na programátora pri zložitých manipulačných pohyboch a dlhých cykloch. Ďalšou nevýhodou je, že celé pracovisko stráca na výrobe, len v ojedinelých prípadoch počas programovania robota niektoré zariadenia môžu pracovať resp. obmedzene pracovať.

Programovanie metódou Play-back

V prípade jednoduchých zariadení nenáročných na presnosť pohybu, napr., robotov pre striekanie, je najprv celý technologický pohyb ramena robota vedený operátorom manuálne a riadiaca jednotka tento pohyb zaznamenáva t.j. zapisuje každých 20ms do pamäte údaje o pozícii a orientácii striekacej pištole. Pri spustení automatickej činnosti robot prehráva zaznamenanú činnosť. Opakovanie dráhy pohybu nie je celkom presné, pretože rameno robota je pri opakovaní pohybu zaťažované opačným smerom než pri vedení po požadovanej dráhe. Odchýlky vymedzené vôľami v uloženiach a pružnosti konštrukcie majú opačné orientácie. Ďalšou nevýhodou tejto metódy je prítomnosť obsluhy, čo môže v malých priestoroch robiť veľké problémy, avšak vytvorenie programu je rýchle.

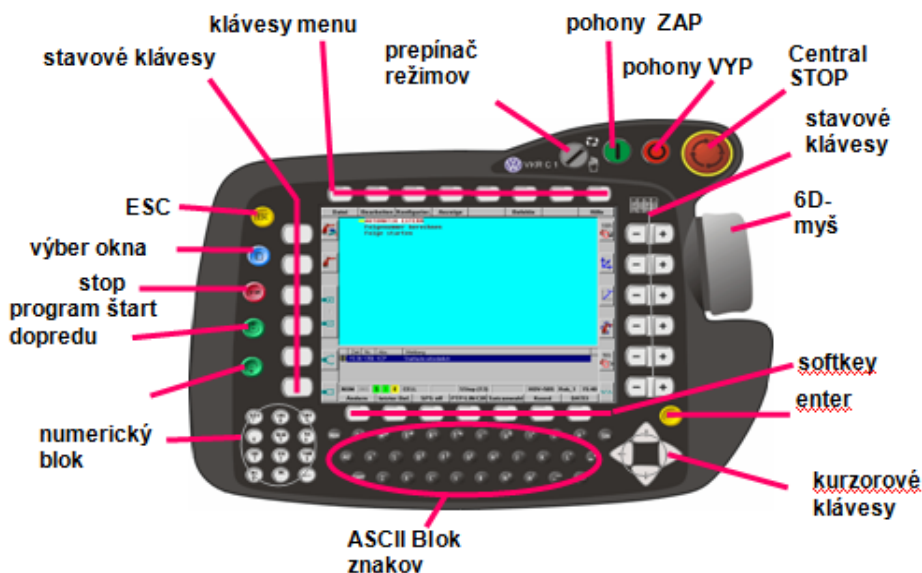
Programovanie metódou Teach-in

Pri programovaní postupným učením je rameno robota postupne navádzané operátorom pomocou tlačidiel na pendante do jednotlivých polôh, (v ktorých má byť prevedená nejaká akcia, napr. uchopenie, alebo operácia nástrojom) a súradnice týchto presne vyladených polôh a orientácia nástroja sú ukladané do pamäte, obr. 25.



Obr. 25 Programovanie metódou Teach-in

Pri automatickej činnosti potom robot využíva údaje z pamäte. Polohy jednotlivých dôležitých bodov a orientácie nástroja v týchto bodoch sú pri metóde Teach-in automaticky zapísané podľa ručného nastavenia. Ostatné funkcie robota sú naprogramované pomocou PC, alebo priamo v editore programovacej jednotky. Popis funkcií vybranej programovacej jednotky- pendantu je na obr. 26.



Obr. 26 Programovacia jednotka - pendant pre programovanie robota

Popis vybraných funkcií je v tabuľke.

Tab2. Základné ovládacie prvky programovacej jednotky robota

Central stop	Je najdôležitejším bezpečnostným zariadením. Červená klávesa sa stlačí v prípade nebezpečia, čím sa okamžite vypnú pohony robota.
Pohony ZAP	Stlačením tejto klávesy sa zapnú pohony robota.
Pohony VYP	Stlačením tejto klávesy sa vypnú pohony robota.
Ručné riadenie	Robot pracuje len pokiaľ sa drží klávesa súhlasu
Externá automatika	robot odpracuje program s programovacou rýchlosťou. Riadenie sa prevádza riadiacim počítačom alebo SPS (PLC).
Klávesa Escape	Pomocou ESC môže byť začatá akcia kedykoľvek prerušená. Dáta, ktoré boli do tejto doby zadané do otvoreného formulára sa neuložia . Otvorené stavové okná sa zatvoria.
Klávesa výberu okna	Slúži na prepínanie medzi oknami editora, stavovým oknom a oknom hlášok
Klávesa Stop	Stlačením tejto klávesy sa zastaví program prebiehajúci v automatickej prevádzke
Klávesa štart vpred	Stlačením tejto klávesy sa naštartuje vybraný prog. Štart je možný len keď sú zapnuté pohony a nie je situácia NÚDZOVÝ STOP.
Klávesa štart späť	Pri stlačení tejto klávesy sa odpracovávajú pohybové bloky navoleného programu po jednotlivých krokoch v smere k začiatku programu. Robot sa bude pohybovať proti pôvodne naprogramovanej dráhe.
Klávesy menu	Týmito klávesami otvoríme menu v lište menu (hore na displeji).

	K postupnému zatvoreniu menu stlačíme vždy „Escape“ klávesu.
Stavové klávesy	Stavové klávesy (vľavo a vpravo vedľa displeja) slúžia k výberu možností voľby prevádzky, k zapnutiu jednotlivých funkcií a k nastavovaniu hodnôt
Softkeys	Týmito ovládacími prvkami sa vyberajú funkcie (dole na displeji) zobrazené v softkey-lište. Funkcie, ktoré sú k výberu sa dynamicky prispôbujú daným požiadavkám, tzn. že softkey-lišta mení svoj vzhľad.

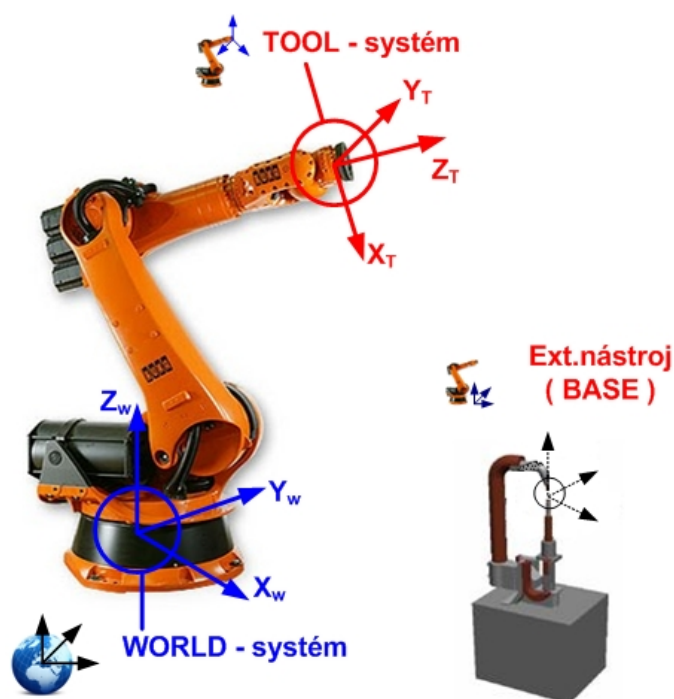
Programovacie jednotky umožňujú monitorovanie vstupov/výstupov a systémových informácií, písanie programov v editore, umožňujú prístup k výrobným dátam (priemerná doba cyklu, počet výrobných cyklov, atď.), nastavenie pracovných parametrov napr. pre zváranie priamo z pendantu. Modernejšie jednotky disponujú analytickými funkciami pre optimalizáciu práce robota.

4.1.1 Súradnicové systémy

Robot štandardne pracuje v kartézskom súradnicovom systéme World. V prípade potreby je možné navoliť pre navádzanie robota do požadovaných polôh nástrojový súradnicový systém, alebo externý súradnicový systém, ktorý je situovaný mimo robota. V prípade potreby navádzania robota po jednotlivých osiach je možné navoliť osovo orientovaný systém.

- Osovo orientovaný súradnicový systém
- Nástrojový súradnicový systém – TOOL
- Externý súradnicový systém – BASE
- Základný súradnicový systém - WORLD

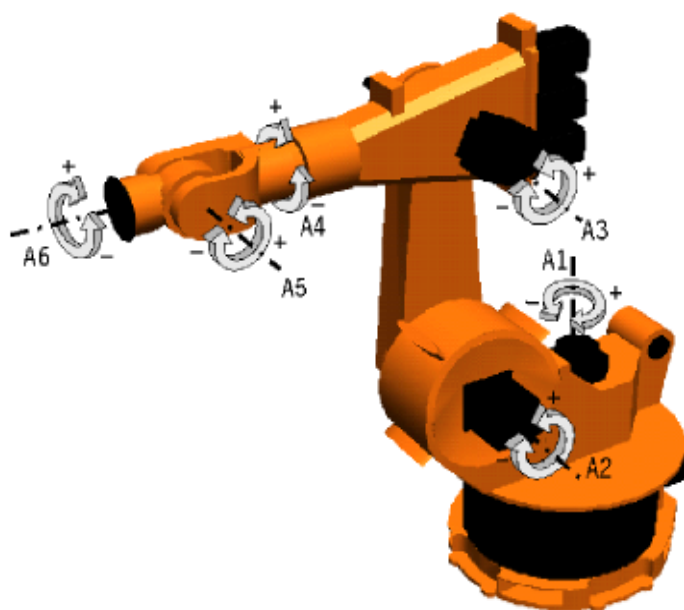
K navádzaniu robota do požadovaných polôh v ručnom režime je potrebné nastaviť požadovaný súradnicový systém. Každá programovacia jednotka je vybavená tlačidlami pre manipuláciu s jednotlivými osami robota, ktorými potom rameno robot vieme posunúť do požadovanej polohy. Pri nastavovaní jednotlivých polôh robota môže programátor vybrať jednu z možností (obr. 27). Výber súradnicového systému sa vykonáva podľa vhodnosti nastavovania polôh robota vzhľadom k použitej technológii.



Obr. 27 Súradnicové systémy robota Kuka

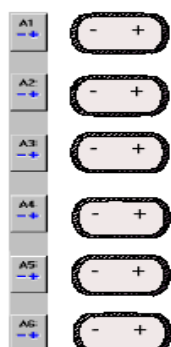
Osový súradnicový systém

V osovom súradnicovom systéme je možné každou osou robota jednotlivo pohybovať v kladnom alebo zápornom smere osi. Jednotlivé pohyby sa vykonávajú pomocou prevádzkových kláves. Pohyb osí robota v osovom súradnicovom systéme je zobrazený na obr.28.



Obr. 28 Osový súradnicový systém

Pri pohybe jednotlivých osí sú k dispozícii nasledujúce prevádzkové klávesy a pohybové smery 6D myši:



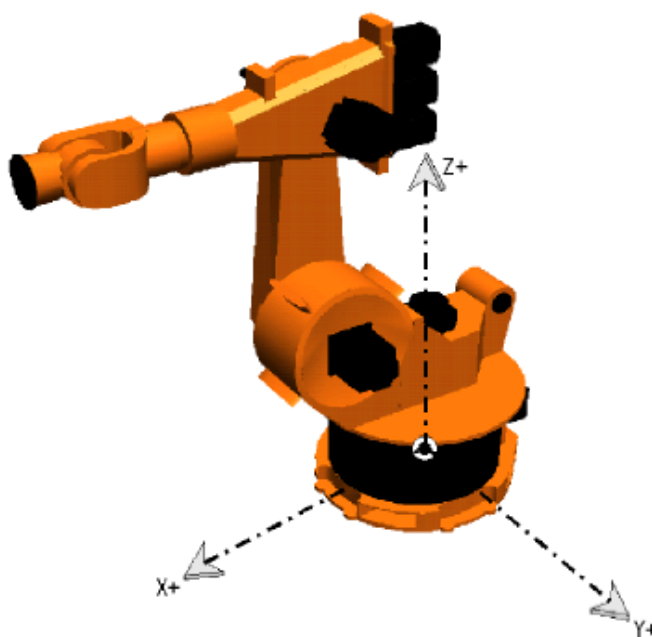
prevádzkové klávesy



6D myš

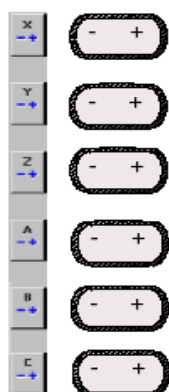
Súradnicový systém WORLD

Vzťažný súradnicový systém WORLD je absolútny, pravouhlý súradnicový systém, jeho začiatok spravidla leží vnútri karuselu robota, obr. 29. Nulový bod vzťažného systému zostáva pri pohyboch robota vo svojej polohe, t.j. nepohybuje sa zároveň s robotom.



Obr. 29 Súradnicový systém WORLD

Pri pohybe jednotlivých osí sú k dispozícii nasledujúce prevádzkové klávesy a pohybové smery 6D myši:



prevádzkové klávesy pre
ručnú prevádzku



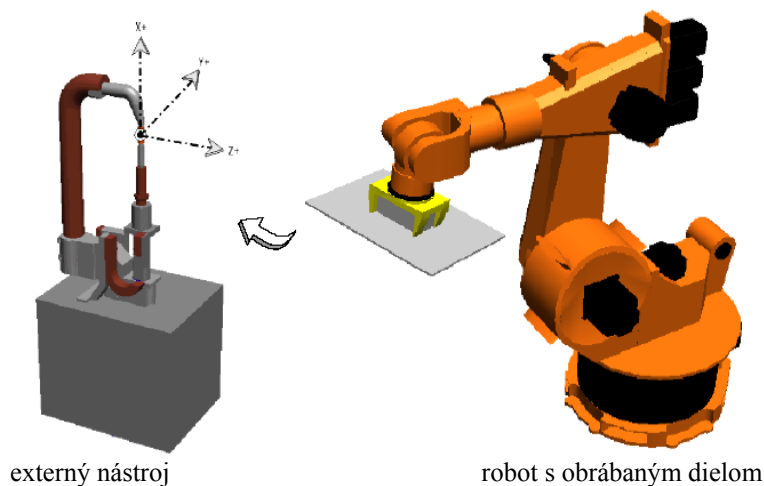
6D myš



Pri dodávke leží začiatok súradnicového systému WORLD v päte robota.

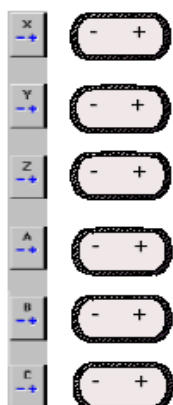
Súradnicový systém BASE

Vzťažný súradnicový systém BASE je pravouhlý (kartézsky) súradnicový systém, jeho začiatok leží v externom nástroji, obr. 30. Tým môžu byť napr. zváracie kliešte. Ak sa pracuje v tomto vzťažnom súradnicovom systéme, je smerodajný súradnicový systém externého nástroja, tzn. že sa pohybuje obrábaným dielom okolo alebo pozdĺž príslušných súradnicových osí.



Obr. 30 Súradnicový systém BASE

Pri pohybe jednotlivých osí sú k dispozícii nasledujúce prevádzkové klávesy, poprípade pohybové smery 6D myši:



prevádzkové klávesy pre
ručnú prevádzku



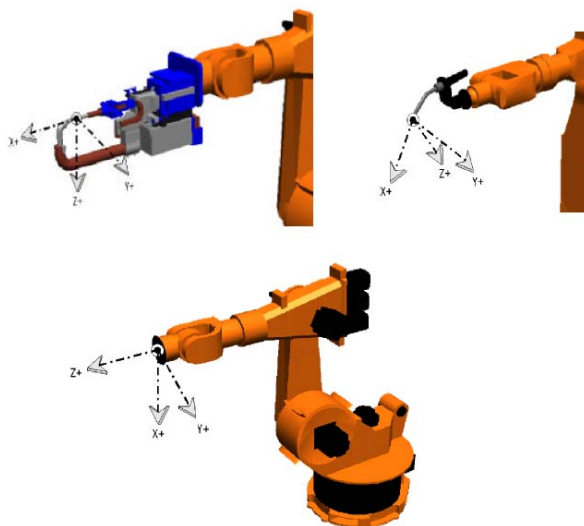
6D myš



Pri dodávke leží začiatok súradnicového systému BASE v päte robota.

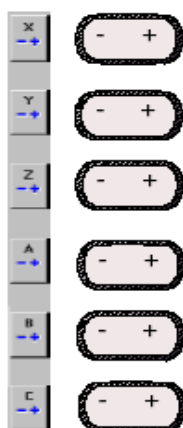
Súradnicový systém TOOL

Súradnicový systém TOOL je pravouhlý, kartézsky súradnicový systém, jeho začiatok leží v nástroji, obr. 31. Orientácia tohto súradnicového systému je spravidla zvolená tak, že jeho os X je identická s pracovným smerom nástroja. Súradnicový systém TOOL stále sleduje pohyb nástroja.

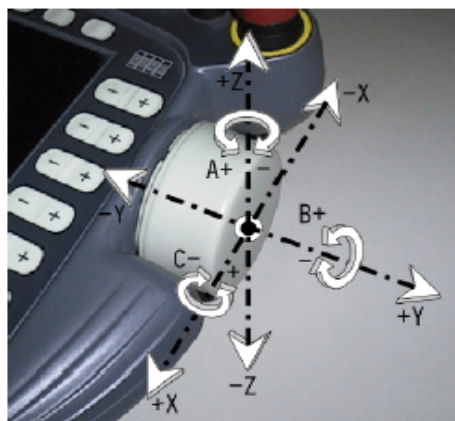


Obr. 31 Súradnicový systém TOOL

Pri pohybe jednotlivých osí sú k dispozícii nasledujúce prevádzkové klávesy, poprípade pohybové smery 6D myši:



prevádzkové klávesy pre
ručnú prevádzku



6D myš



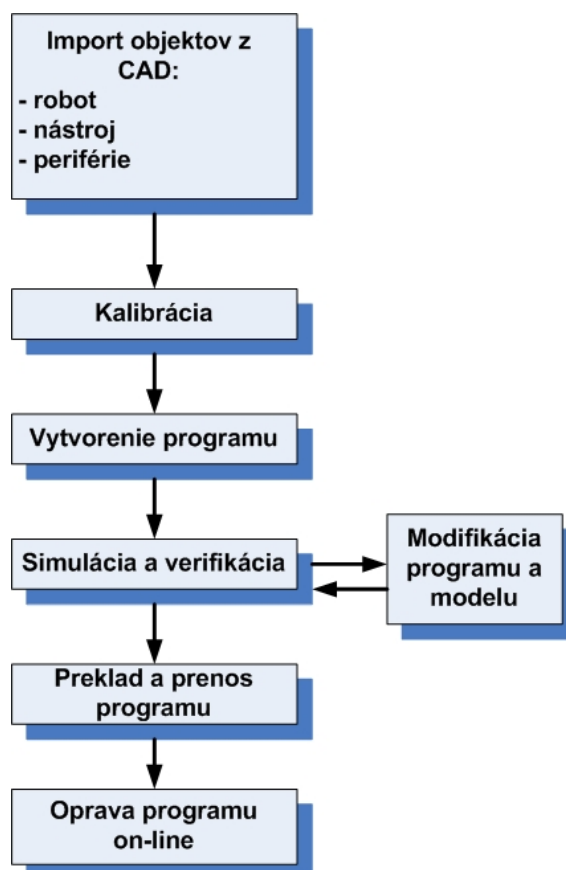
Pri dodávke leží začiatok súradnicového systému TOOL v strede príruby robota.

4.2 Off-line programovanie

Paradigma technického vývoja výrobných systémov jednoznačne posúva činnosti prípravy a programovania NC strojov a robotov od reálnych pracovísk k práci s ich počítačovými modelmi na báze stále inteligentnejších softvérových balíkov. Dnes príprava programov pre NC stroje v prostredí CAD/CAM predstavuje už takmer 70% a tento trend zrejme v krátkej dobe dosiahnu aj roboty. Sledovanou výhodou off-line programovania je možnosť mimo reálneho pracoviska vytvoriť optimálny program bez časového stresu t.j. s dostatočným predstihom pred skutočným predzariadením resp. pred realizáciou určitého projektu. Off-line programovanie umožňuje popísať úlohu komplexne, experimentovať so štruktúrou pracoviska, eliminovať kolízne situácie, verifikovať program v 3D reprezentácii. Tým, že programovanie je mimo pracoviska, značne sa znižujú jeho prestoje v dôsledku prechodu na iný výrobný program.

Off-line programovanie je vykonávané v počítačovom modeli reálnej robotizovanej bunky vrátane jej okolia v 3D prezentácii. Programovanie sa robí v predstihu, systém umožňuje import objektov priamo z rôznych CAD systémov. Nevýhodou je, že tento prístup vyžaduje ďalšie investície mimo robot, ale na druhej strane výsledky napr. či robot obsiahne všetky zariadenia a pod., sú známe pred fyzickou realizáciou. Off-line programovanie robotov, vychádza z počítačového modelu pracovnej bunky. Zvyčajne sa využívajú neštandardné programovacie jazyky čo si vyžaduje prekladač, ktorý vytvorí program pre konkrétny robot. Pri off-line programovaní je preferované 3D modelovanie.

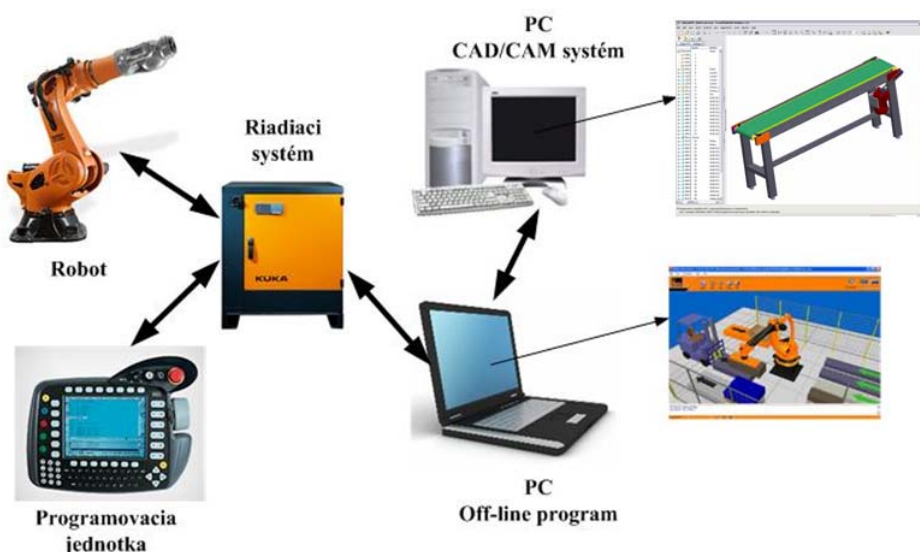
Každý model virtuálneho robota má tri časti: model manipulátora, model riadiacej jednotky a program. Model manipulátora predstavuje 3D model, model riadiacej jednotky obsahuje skutočnú riadiacu jednotku robota a program špecifikuje úlohu, ktorú robot bude vykonávať. Pre ostatné zariadenia ako NC stroj, prípravok, dopravník atď. sa môže vytvoriť model ako pre robot. Komunikácia medzi prvkami sa modeluje odpovedajúcim spojením medzi modelmi. Výmena dát medzi modelmi výrobného systému a CAD/CAM je podporovaná štandardom STEP. Knižnica obsahuje modely robotov, NC strojov, periférnych zariadení, ktoré sú potom importované do simulačného modelu. Simulácia môže prebiehať v reálnom čase v 3D simulácii. Vyhodnotenie modelu sa realizuje na základe simulačných výsledkov. Po dosiahnutí optimálneho variantu je program preložený do jazyka robota a importovaný do reálneho riadiaceho systému robota, obr. 32.



Obr. 32 Pracovné procedúry v off-line programovaní

Off-line programovanie umožňuje využívať interpolácie PTP, LIN, alebo CIRC. Off-line programovanie umožňuje 3D detailnú simuláciu pomocou ktorej možno detekovať kolízne situácie a overovať zmeny z budúcnosti, testovať dosiahnuteľnosť manipulačných bodov. To dovoľuje užívateľovi hľadať nielen optimálne rozmiestnenie zariadení vo výrobnej bunke, ale aj optimálne manipulačné cykly ich obsluhy. Mnohé off-line programovacie systémy sledujú aj reálny časový priebeh činnosti robota, podporujú výber vhodných nástrojov, alebo parametrov technologického procesu. Prepojenie CAD systému s robotom pri off-line programovaní je na obr. 33.

Objekty pripravené v CAD systéme je možné preniesť (napr. vo formáte STEP) do prostredia off-line programovania robota (napr. KukaSim, RobCad, RobotStudio a pod.), kde sa namodeluje pracovné prostredie s vybraným robotom a importovanými objektami. vytvorí sa pracovný cyklus formou navedenia funkčných modelov do požadovaných polôh. Pracovný cyklus je možné priamo v prostredí off-line programovania odsimulovať. To nám umožní skontrolovať cyklus a odstrániť kolízne stavy medzi robotom a objektami. Posledným krokom je vygenerovanie programu pre riadiacu jednotku robota. Tento program po prenesení do robota je postupným krokováním overený a v prípade potreby upravený do konečnej podoby, aby sa dal aplikovať v prevádzke.



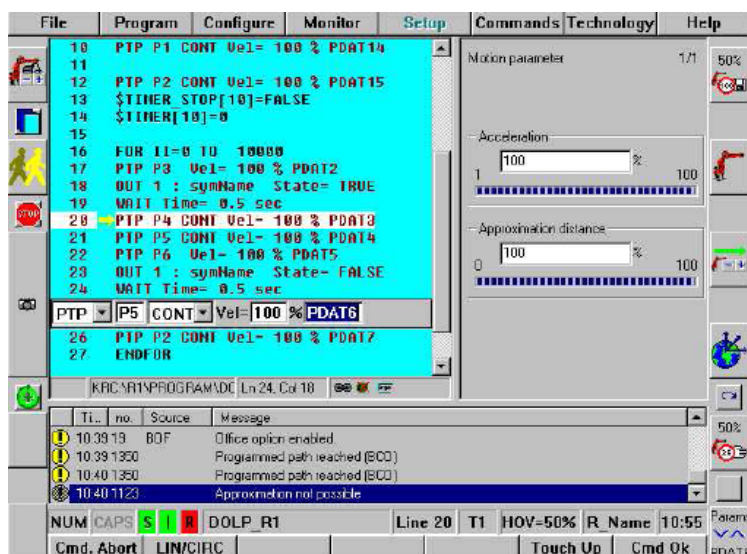
Obr. 33 Prepojenie CAD systému s robotom pri off-line programovaní

Off-line prípravou programov sa ďalej dosahuje:

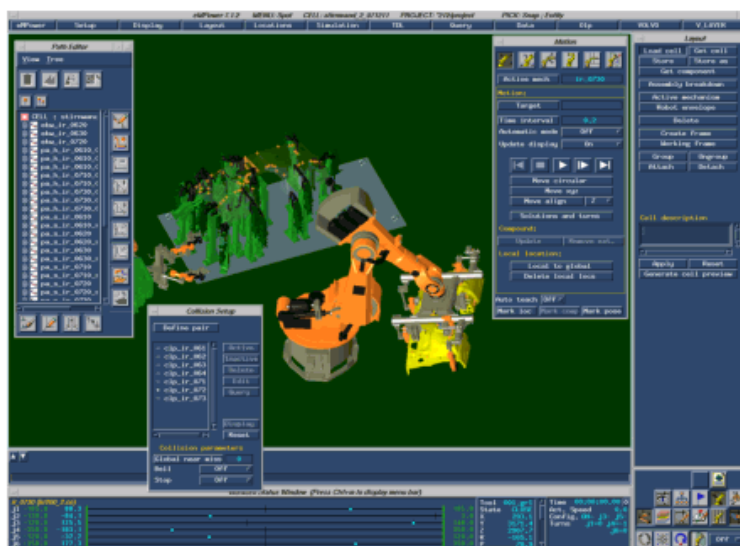
- Minimalizácia času prezoradenia
- Maximalizuje sa výrobnosť
- Zjednodušenie a zefektívnenie programovania
- Minimalizácia prestojov robotizovaného pracoviska
- Simulácia kompletného procesu v počítači
- Detekcia kolízie a možných problémov v pred výrobné etape
- Automatické vyhľadávanie trajektórie s vyhýbaním sa prekážkam
- Otestovanie dosiahnuteľnosti jednotlivých bodov
- Programovanie všetkých technologických parametrov
- Eliminácia tvorby chýb v programe
- Generovanie kódu pre riadiace systémy robotov
- Priame prepojenie off-line programov na CAD systémy
- Optimalizácia pracovného cyklu a zefektívnenie celého výrobného procesu
- Programovanie nie je závislé na fyzickej dostupnosti reálneho pracoviska

Grafická prezentácia „reálneho“ programovacieho panelu, obr. 34 dáva možnosť programovania on-line, čo sa s výhodou využíva ako tréningový nástroj vyuky on-line programovania učiacim sa spôsobom. Systémy

off-line programovania majú tabuľku udalostí, čo je ideálny nástroj pre overenie štruktúry programu, logických funkcií a stavov I/O, obr.35.



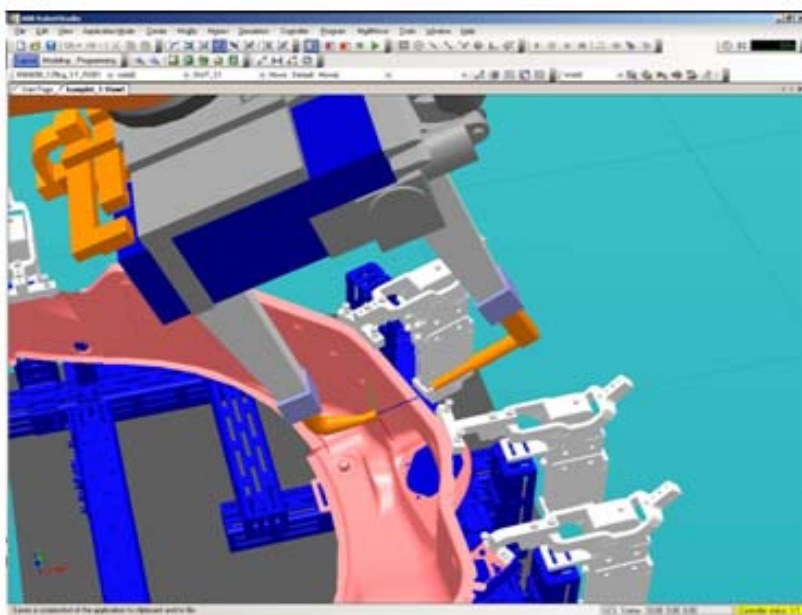
Obr. 34 Grafická prezentácia reálneho programovacieho panelu v PC



Obr. 35 Program RobCad pre off-line programovanie robotov

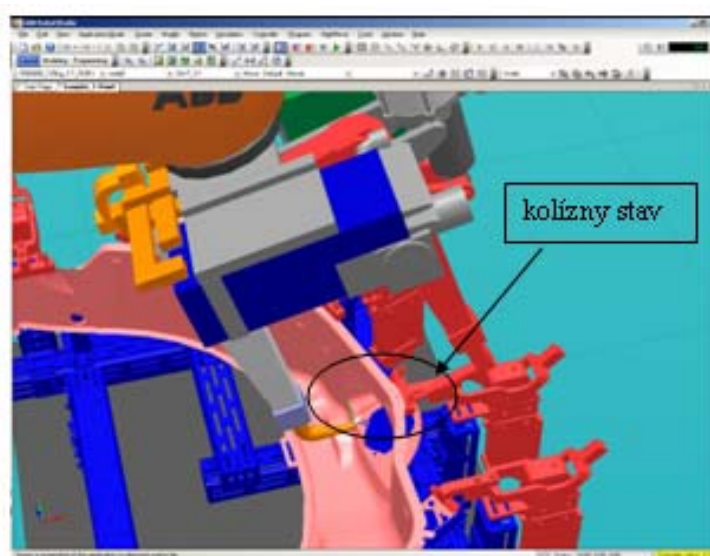
Počas vykonávania vytvorených programov v CAD systéme je možné všetky pohyby robota monitorovať a vizualizovať pomocou diagnostických funkcií obsiahnutých v systéme CAD. Je možné vytvoriť prepojenie on-line medzi robotom a CAD systémom. Každý pohyb robota v reálnom prostredí sa bude premietiť do vizualizačného prostredia. Takto je možné overiť kvalitu navrhnutého programu a v prípade potreby hneď vykonať požadované úpravy.

V rámci programu Robot Studio je možné vykonávať simulácie kolíznych stavov, obr.36 a 37. Na obrázku sú zobrazené zväracie kliešte a zváraná zostava dielcov, pričom kliešte sa nachádzajú v bezpečnej vzdialenosti od prvkov prípravku takže nedochádza ku kolízii.



Obr. 36 Simulácia priblíženia klieští k zváranému dielcu – predkolízny stav

Obr.27 zobrazuje kolízny stav, kde narážajú kliešte do upínacích prvkov, čo sa nám zobrazuje zvýraznením červenou farbou.

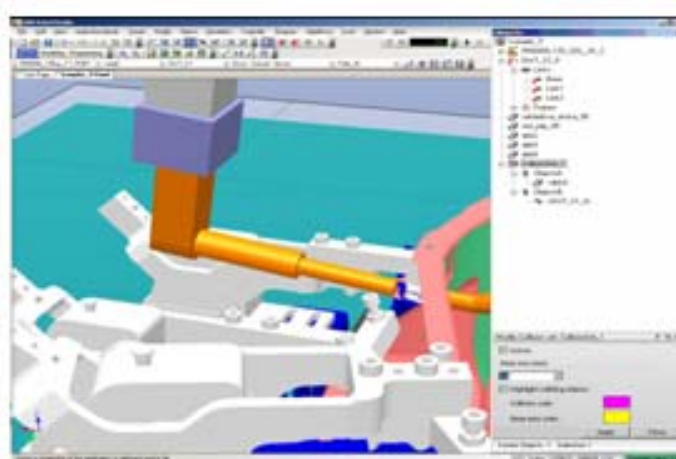


Obr. 37 Simulácia priblíženia klieští k zváranému dielcu – kolízny stav

Jednou z výhod off-line programovania robotov a súčasného využitia simulačných programov je možnosť kontroly každého bodu programu v reálnom čase. V prípade zlej prístupnosti koncových efektorov – zväracích klieští, horákov a pod., je možné pristúpiť k zmene programu, pridaním alebo odobraním problematických bodov v programe. Je možné spätne meniť tvar jednotlivých častí prípravku vykonať jeho optimalizáciu, prípadne zmeniť typ zväracích elektród a to všetko v simulačnom prostredí nezávislom na reálnej výrobe, odpadajú prestoje. Ďalšou výhodou je možnosť využitia potenciálu robota jeho celkového pracovného priestoru, možnosti vyhnúť sa singulárnym bodom. V prípade nutnosti použitia dvoch a viacerých robotov pri zváraní v spoločnom pracovnom priestore je možnosť vytvorenia programov, ktoré budú obsahovať kolízne dráhy jednotlivých robotov. Je možné priradiť priority pohybov jednotlivých robotov

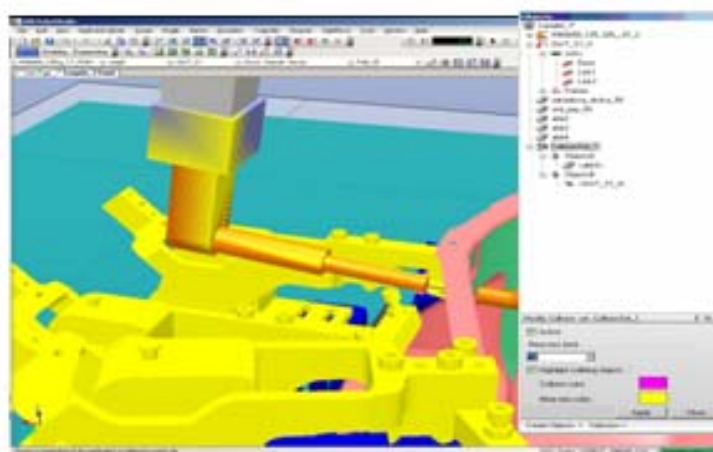
ako aj zistiť pozície robotov v akejkoľvek čase pracovného cyklu. Najväčšou výhodou je možnosť neustálej optimalizácie pohybov jednotlivých robotov, čo v nemalej miere prispieva k zníženiu pracovného času robota a tým súvisiacemu zvyšovaniu produktivity.

Testovanie prístupnosti klieští k zváraným dielcom je možné pomocou nastavenia funkcie kolíznych stavov, kde je možné zadať minimálnu vzdialenosť medzi jednotlivými prvkami, čo nám umožní zistiť miesta výskytu kolíznych stavov. Ako príklad je uvedené zisťovanie prístupnosti na obr. 38 kde v prvom obrázku je vzdialenosť klieští od pneumatického upínača dostatočná, v tomto prípade 10 mm.



Obr. 38 Testovaná prístupnosť je v požadovanom rozmedzí

Obr. 39 znázorňuje menšiu vzdialenosť medzi kliešťami a pneumatickým upínačom, čo je signalizované žltým sfarbením kolidujúcich prvkov.



Obr. 39 Testovaná prístupnosť prekročila požadované rozmedzie

Každá z metód programovania robotov (on-line a off-line) má svoje výhody aj nevýhody. Využitím výhod oboch týchto metód programovacích techník môžeme dosiahnuť optimálneho riešenia. Všeobecne je takéto programovanie označované ako hybridné. Program robota sa skladá hlavne z dvoch častí: lokalizácia (poloha), programová logika (komunikácia výpočty). Program logiky môže byť efektívne vyvíjaný off-line, pretože účinné odlaďovanie a stimulačné prostriedky sú prístupné tu. Väčšia časť pohybových príkazov môže byť vytváraná off-line so znova použitím dát z CAD-u s interakciou programátora. Pohybové príkazy k lokalizácii miesta obrobku v robotickej bunke môžu byť programované on-line, ak je to potrebné. Takýmto spôsobom môžu byť využité výhody oboch metód.

5 CNC stroje

5.1 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



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.

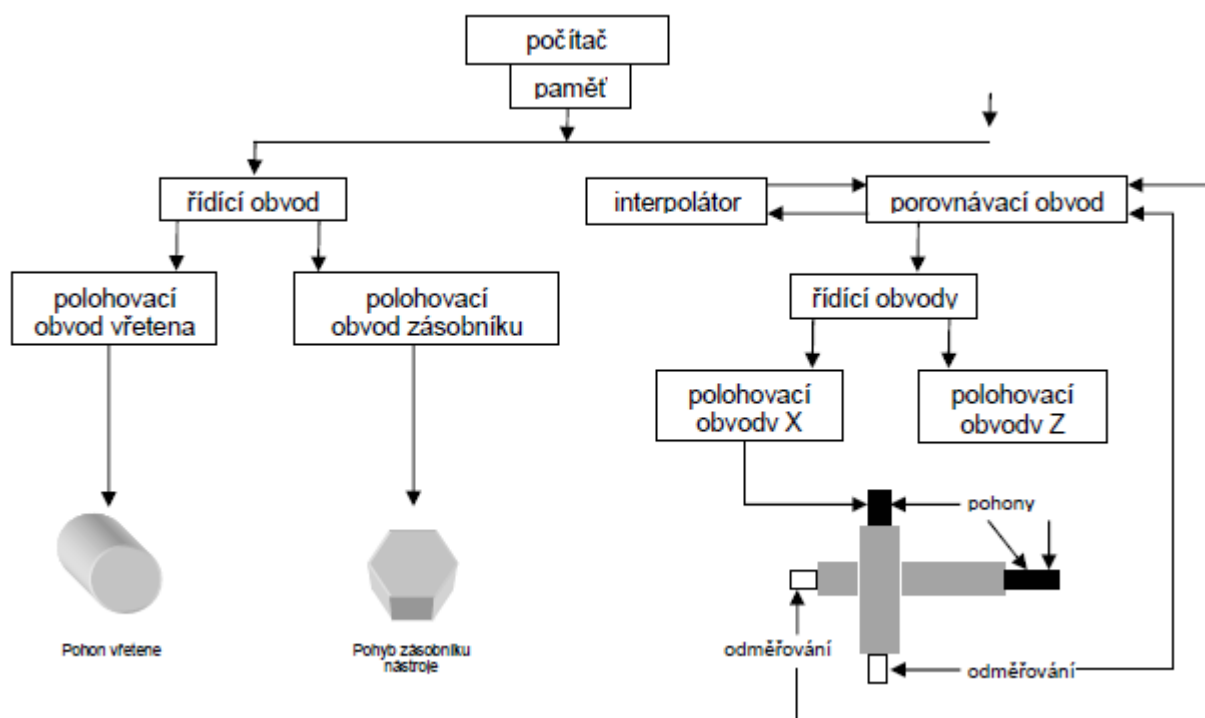
Informace, které program obsahuje, lze rozdělit na:

- **Geometrické** – popisují dráhy nástroje, které jsou dány rozměry obráběné součásti, způsobem 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.)

5.2 Schéma CNC obráběcího stroje

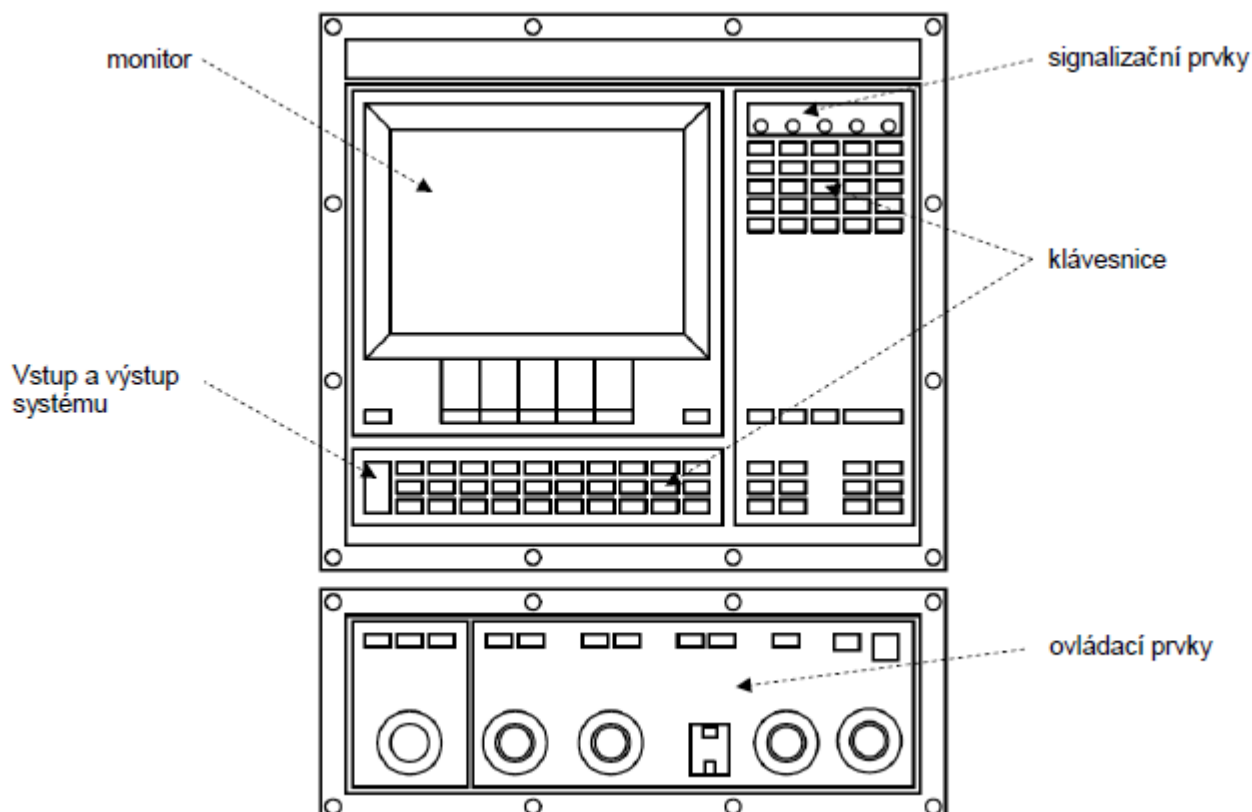
- **Počítač** – Jedná se o průmyslový počítač s nainstalovaným řídicím systémem, který je součástí stroje. Je dán obrazovkou a ovládacím panelem. Pomocí panelu lze provádět potřebné úkony při ruční obsluze, pro seřizování CNC obráběcího a pro práci v dalších režimech stroje. Též umožňuje pomocí příslušného softwaru řídicího systému vytvářet požadovaný CNC program.
- **Řídicí 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.



Obr. 40 Blokové schéma CNC obráběcího stroje – zjednodušeně

- Řídicí 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. 41 Řídicí panel CNC stroje – ukázka jednoho z mnoha provedení

5.3 Režimy práce CNC obráběcího stroje

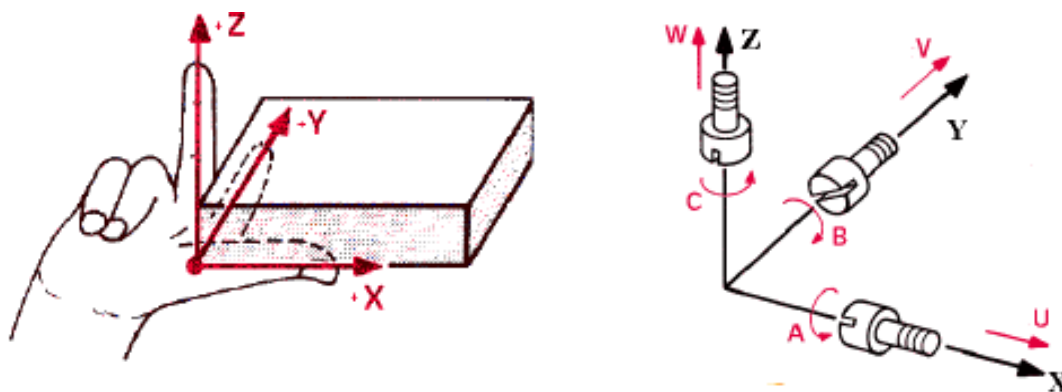
Při obsluze stroje se můžeme setkat s několika druhy provozních činností stroje nebo pouze jeho řídicího systému. Lze je nastavit na řídicím panelu příslušnými tlačítky. Obvykle mají řídicí systémy režimy:

- Režim MANUAL (ruční provoz) slouží k přestavení nástroje nebo měřicího zařízení do požadované polohy, k výměně nástroje, najíždění 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 programy dle potřeby opravovat.
- Režim DIAGNOSTIKY - oznamuje, lokalizuje, diagnostikuje závady pro rychlé odstranění. Umožňuje i dálkový servis.

5.4 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.

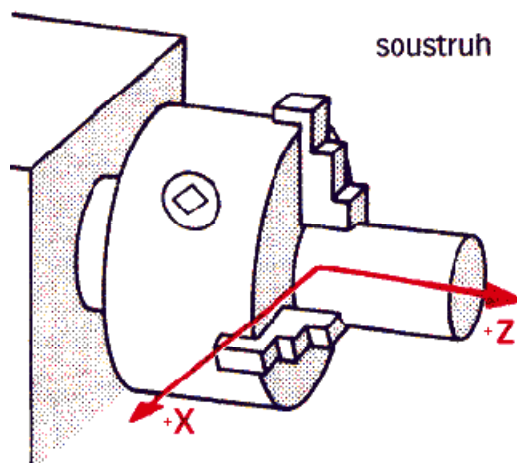


Obr. 42 Definování kartézských souřadnic – pravotočivá soustava

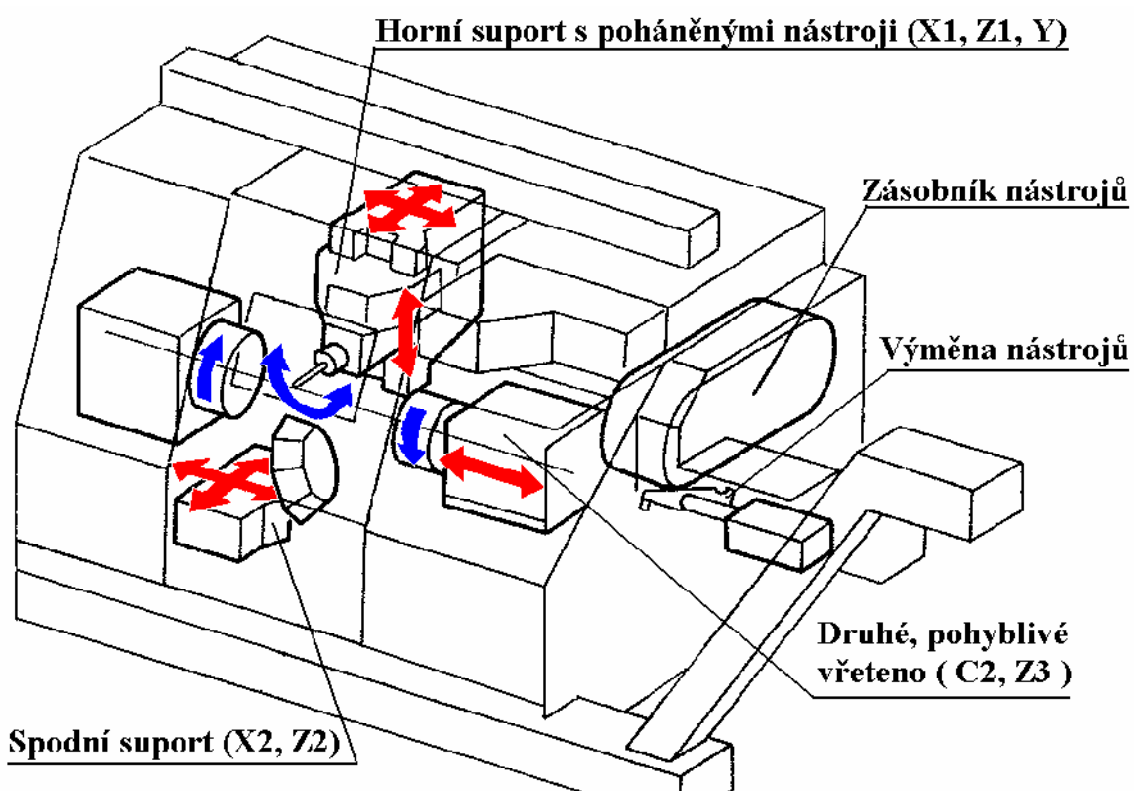
Kartézský systém souřadnic je nutný pro řízení stroje, nástroj se v něm pohybuje podle zadaných příkazů z řídicího panelu CNC stroje nebo příkazů uvedených ve spuštěném CNC programu. Je nutný pro měření nástrojů. Podle potřeby lze souřadnicový systém posunovat a otáčet. V případě měření nástrojů (zjišťování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

Souřadný systém se na stroji umísťuje podle následujících pravidel:

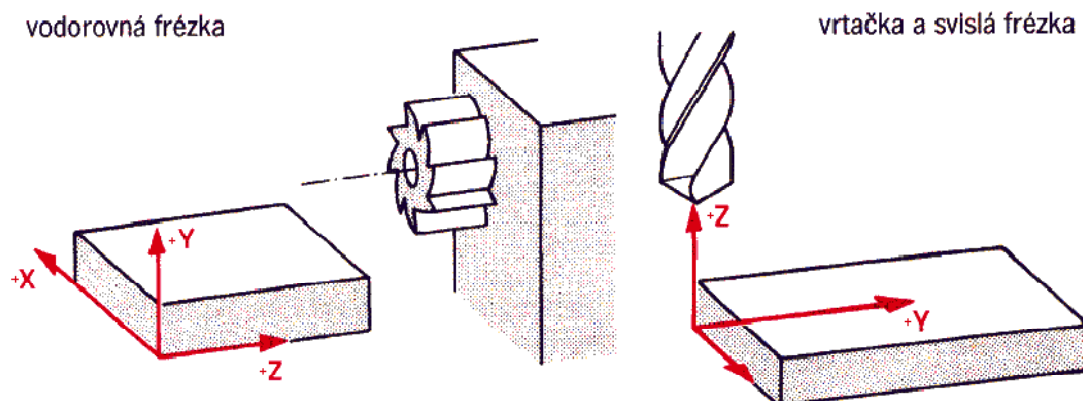
- 1) vychází se od nehybného obrobku
- 2) vždy musí být definována osa X
- 3) osa X leží v upínací rovině obrobku nebo je s ní rovnoběžná
- 4) osa Z je totožná nebo rovnoběžná s osou pracovního vřetene, které udílí hlavní řezný pohyb
- 5) kladný smysl os je od obrobku k nástroji, ve směru zvětšujícího 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'.



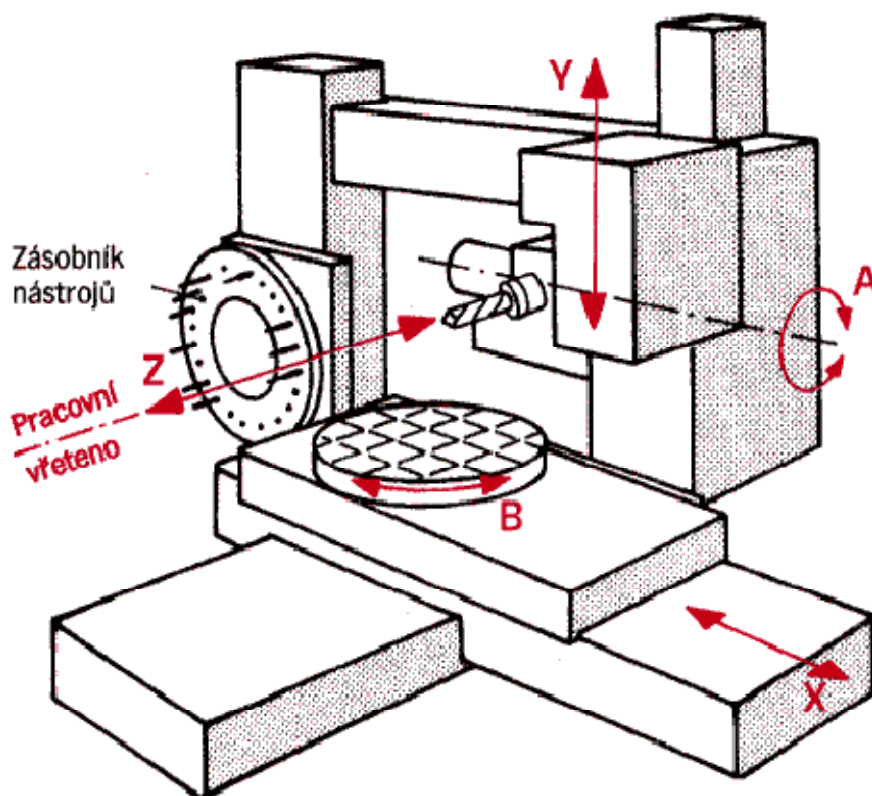
Obr. 43 Souřadný systém soustruhu (jedno vřeteno bez poháněných nástrojů)



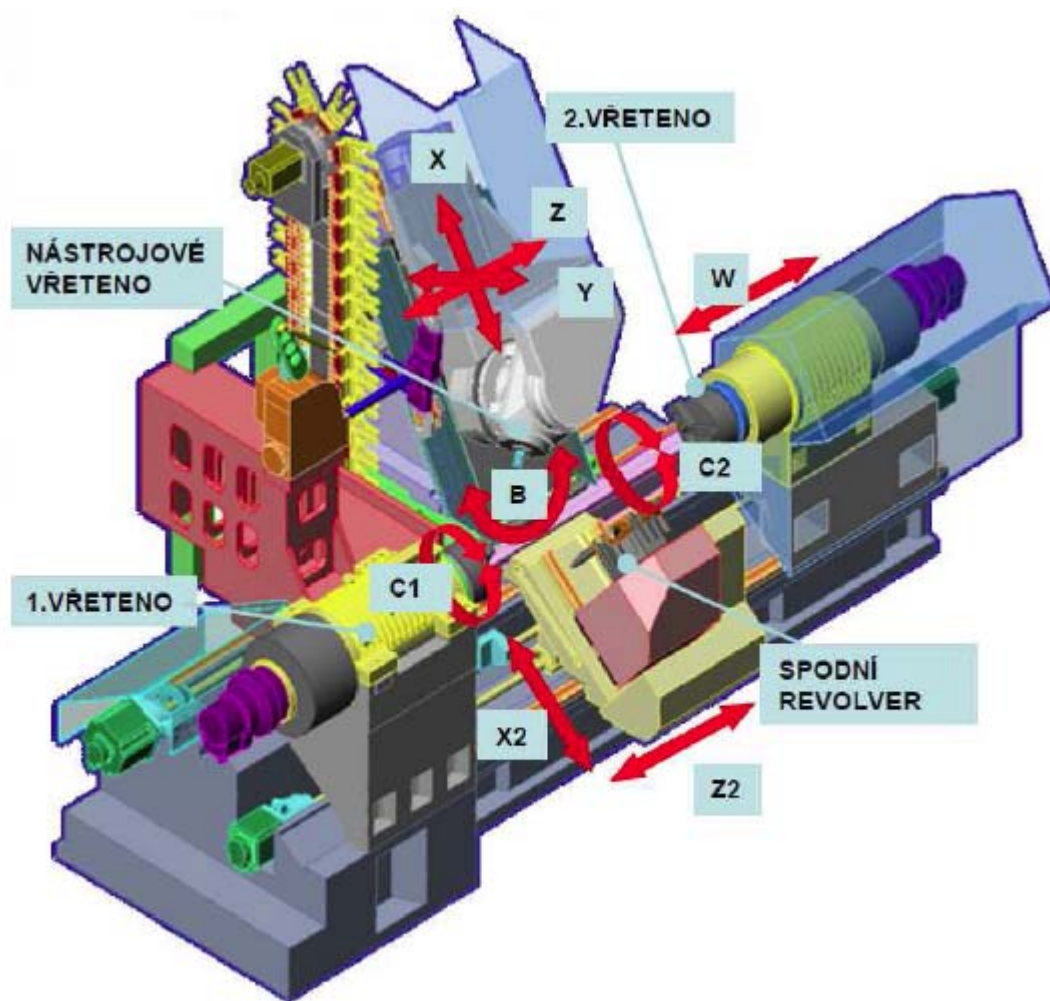
Obr. 44 Víceosý soustruh



Obr. 45 Souřadný systém CNC frézky a vrtačky



Obr. 46 S Souřadný systém 5-ti osého centra



Obr. 47 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.

5.5 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 na-jetí referenčního bodu vzhledem k bodu M stroj „ví, kde je“. Vzdá-lenost referenční bod - nulová bod stroje je uložena v tabulce stroj-ních 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)

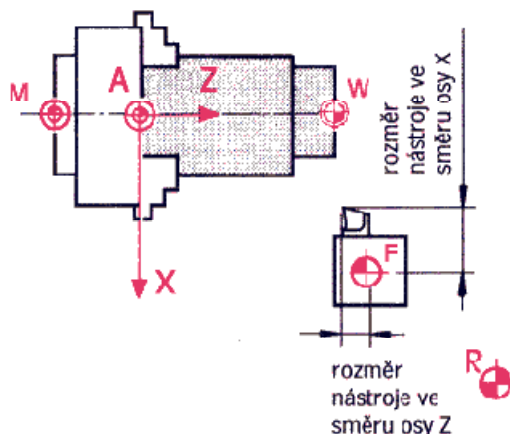


F – Vztažný bod suportu nebo vřetene

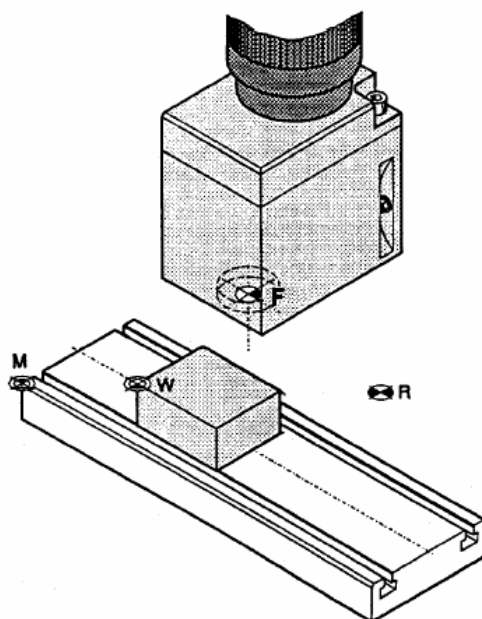
Je bod na upínací (dosedací) ploše nosiče nástroje (například konec vřetena v ose vřetena) . Tento bod vlastně řídí podle programu řídí-cí systém. V bodě F má nástroj nulové rozměry, proto je nutné sku-tečnou dráhu nástroje korigovat. K tomuto bodu se vztahují korek-ce nástroje.

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. 48 Vztažné body soustruhu

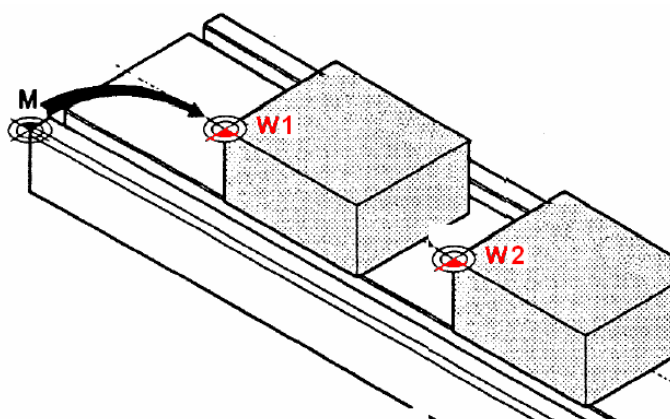


Obr. 49 Vztažné body frézky

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

Současné systému umožňují dvojí typ posunutí počátku:

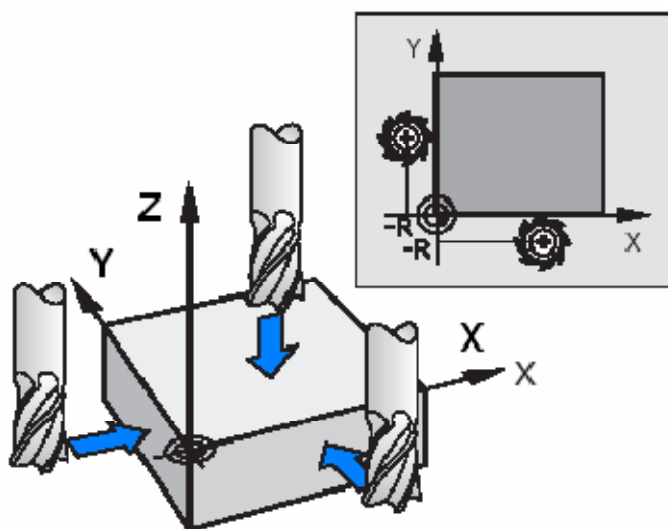
- absolutní (nastavené) posunutí - v programu se vyvolá přípravnou funkcí (G54 - G57) - jednotlivá posunutí jsou absolutní - udávají vzdálenost bodu W od bodu M - každé nové posunutí ruší předcházející
- programovatelné (aditivní) posunutí (G58 – G59) - je relativní - udává vzdálenost od v té době aktivního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



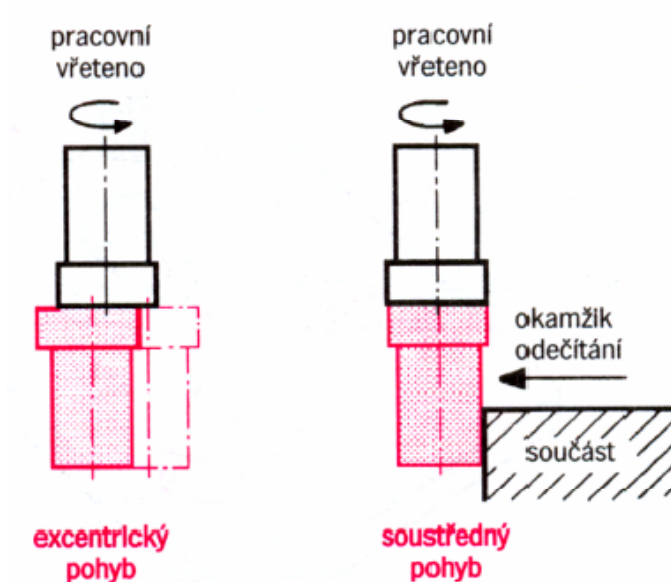
Obr. 50 Posunutí nulového bodu obrobku – W

5.6 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. 51 Náškrábnutím nástroje



Obr. 52 Excentrickým měřicím dotykem

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

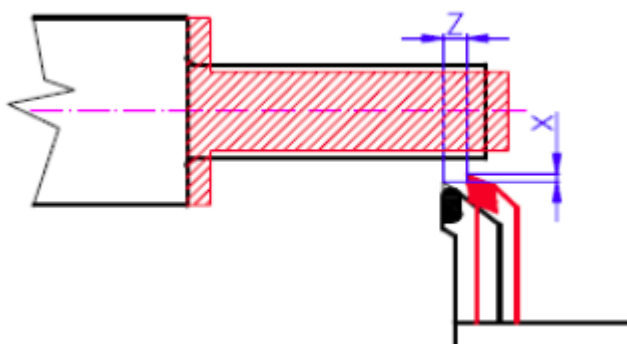


Obr. 53 Měřicí sondou – optické zařízení

5.7 Korekce nástroje

Poloha nosiče nástroje je v souřadném systému stroje vztažena k bodu F (nulovému bodu ná-strojového 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 stej-ného programu bez korekce vytvořil tvar červeně šrafovaný.



Obr. 54 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 :

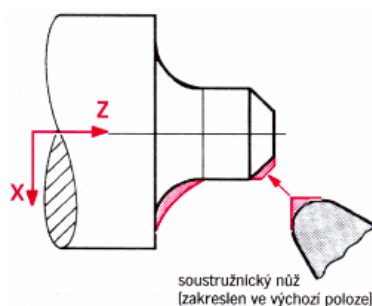
- délkové
- průměrové (poloměrové)

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

5.7.1 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. 55 Chyba obrysu bez korekce poloměru špičky

5.8 Průměrové (poloměrové) Korekce

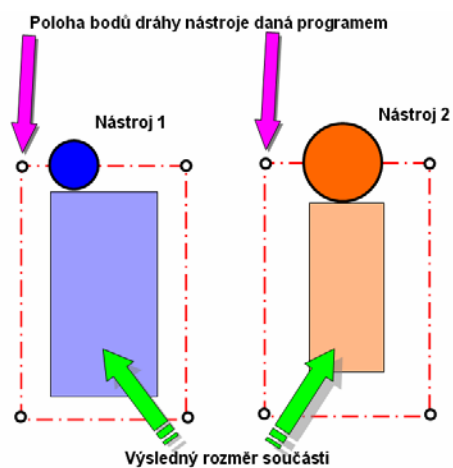
Pro aktivizaci poloměrové korekce se používají přípravné funkce **G41** nebo **G42**. Tyto funkce jsou zvané modální (platí do odvolání). Platnost funkcí se ukončuje pomocí přípravné funkce **G40**.

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 ukazuje následující obrázek



Obr. 56 Rozměry obrobku bez použití průměrových korekcí

6 Systémy číslicového řízení

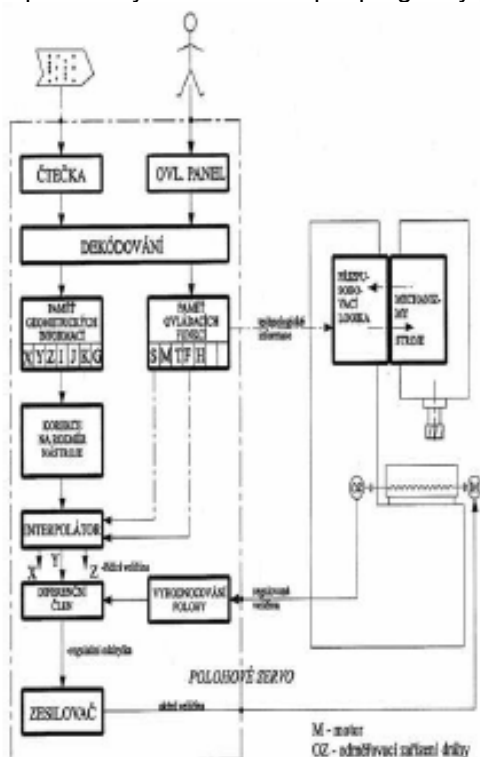
Číslicové řídicí systémy je možné rozdělit do dvou základních skupin

- 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.

6.1 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. 57 Schéma NC řídicího systému

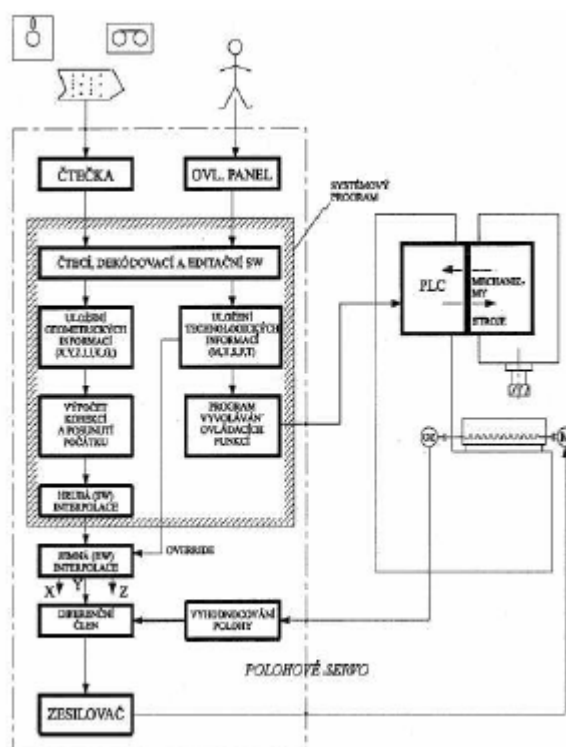
6.2 CNC řídící systémy

Systém načítá do paměti celý program buď z disket, nebo jiných médií na uchování informací, nebo pomocí LAN sítě, ať kabelové nebo bezdrátové. Na rozdíl od NC systémů je interpolátor 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 (spline), řídící 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. 58 Schéma CNC řídícího systému

6.3 Podle řízení dráhy nástroje vůči obrobku

6.3.1 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

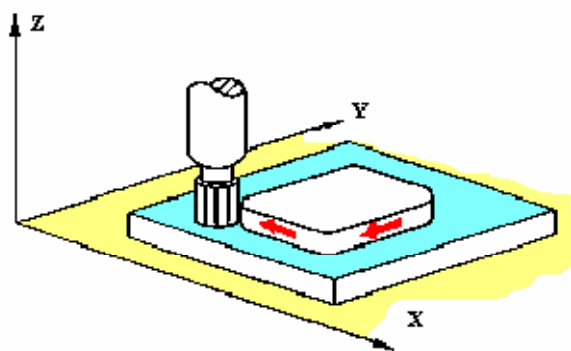
Pravouhlá řízení

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

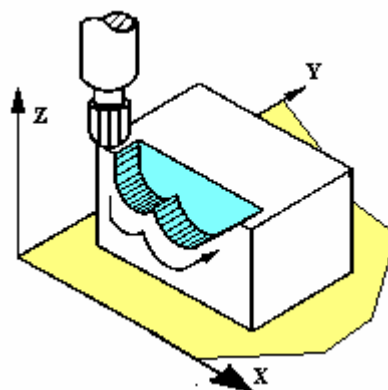
6.3.2 Systémy se souvislým řízením

Systémy umožňují výpočet korekcí a geometrie.

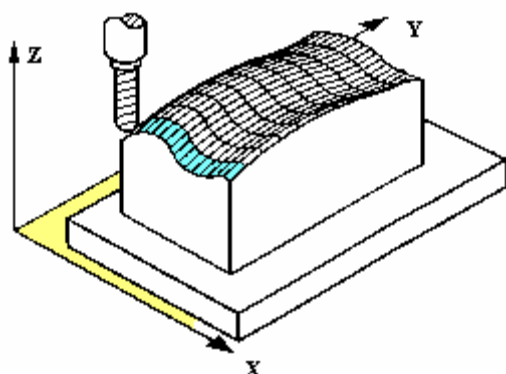
- u soustruhu se nástroj pohybuje v rovině $X - Z$ (2D)
- u frézky je možné provádět lineární interpolace buď v jedné rovině - $X-Y$, $X-Z$, $Y-Z$ – (2,5D) nebo při použití výkonného mikroprocesoru lze vyrábět libovolné obrysy a prostorové plochy 3D. Jestliže jsou vedle pohybů v osách možné ještě další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



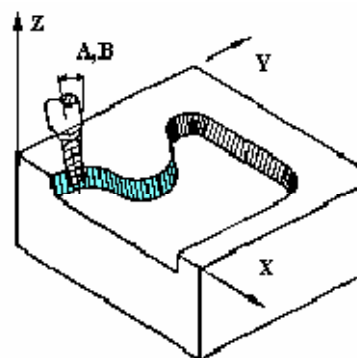
Obr. 59 - 2D řízení



Obr. 60 - 2,5 D řízení



Obr. 61 - 2D řízení



Obr. 62 - 2D řízení

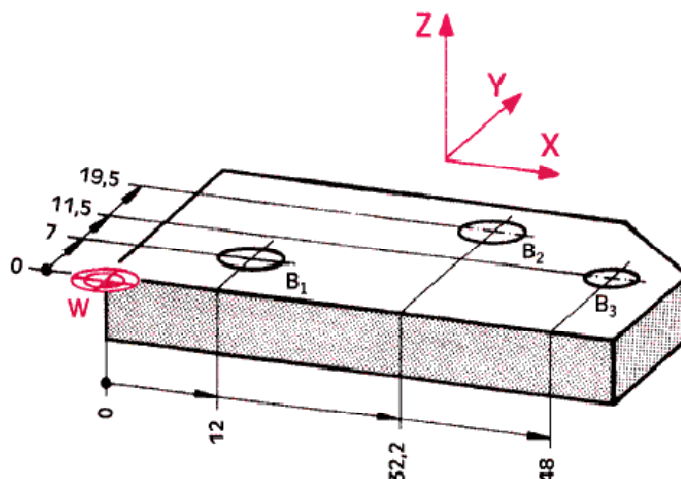
6.4 Podle způsobu programování polohy nástroje vůči obrobku

6.4.1 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 !!



Obr. 63 Absolutní programování – kóty



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)?

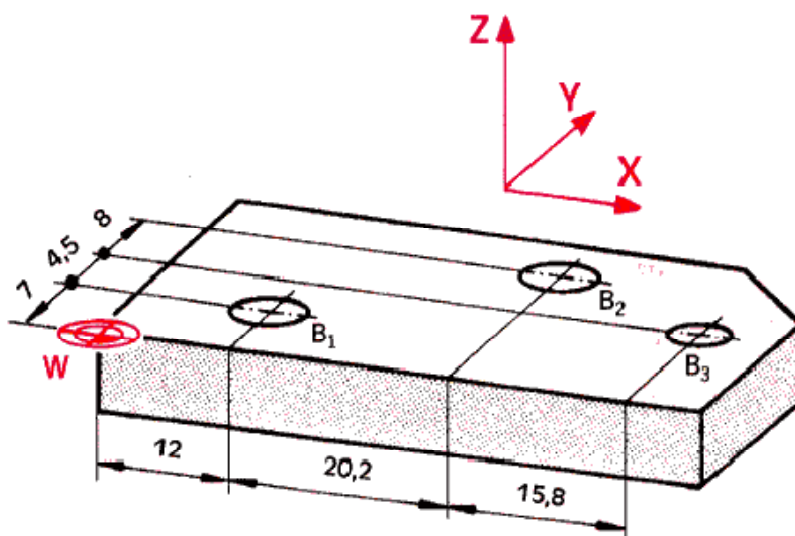
6.4.2 Přírůstkové (ingrementální) programování (G 91)

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



Při přírůstkovém 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. 64 Přírůstkové programování - kóty

6.5 Zpracování informací v ŘS

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

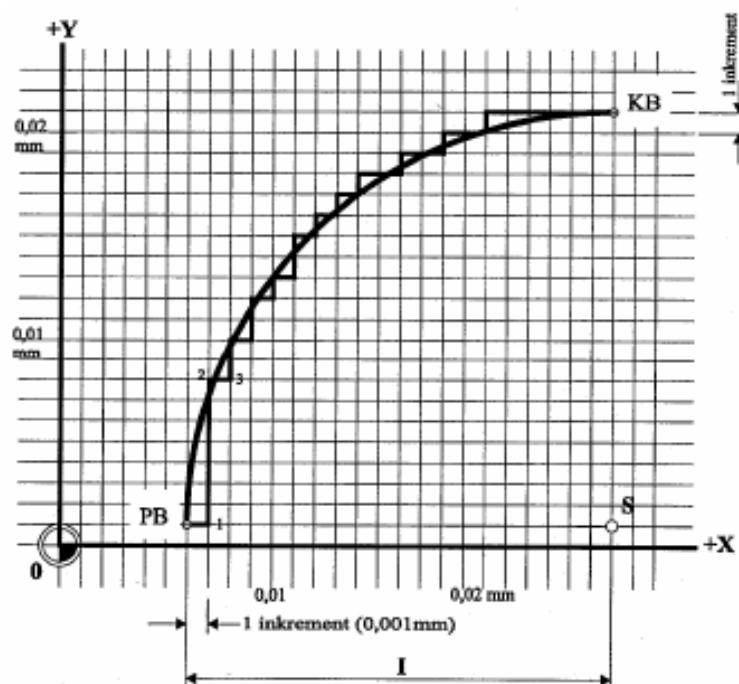
- geometrické
- technologické a pomocné
- nutné k organizaci programu

6.5.1 Geometrické informace

Informace o dráze nosiče nástroje jsou zpracovávány v interpolátoru. Interpolátor je aritmetická 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. 65 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

6.5.2 *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.

7 programování CNC strojů

7.1 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 změnily 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
.
.

7.2 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

7.3 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.

7.4 Formáty vět (bloku) „Bloky“

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:



8 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

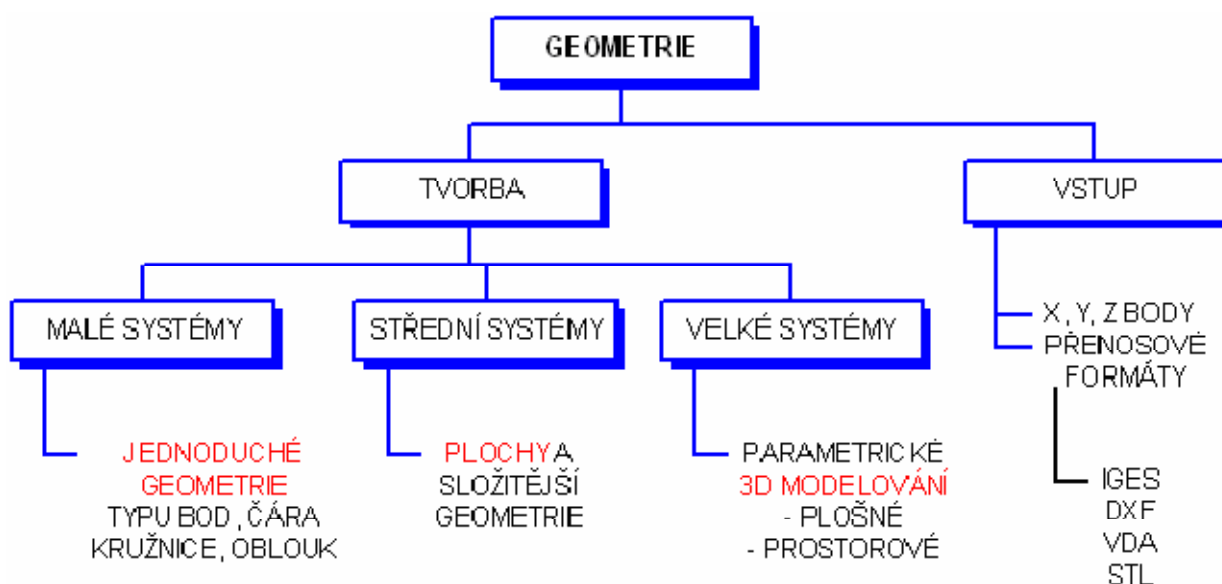
GEOMETRIE OBROBKU

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

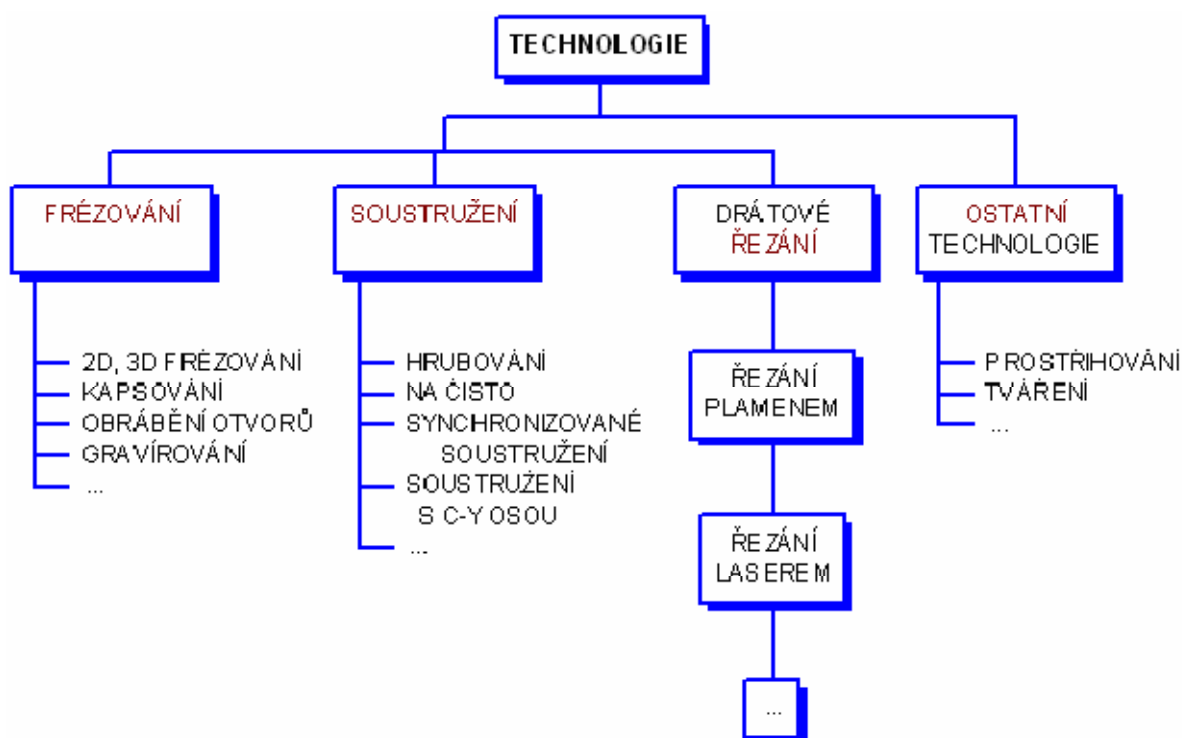
Možnosti získání geometrie je možné podrobněji znázornit následujícím obrázkem.



Obr. 66 Získání geometrie obrobku pro CAM aplikaci

8.1 Technologie

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



Obr. 67 Technologie podporované CAM systémy

8.2 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 polotovar

Definice nástroje

- výběr z knihoven nástrojů
- tvorba nových nástrojů

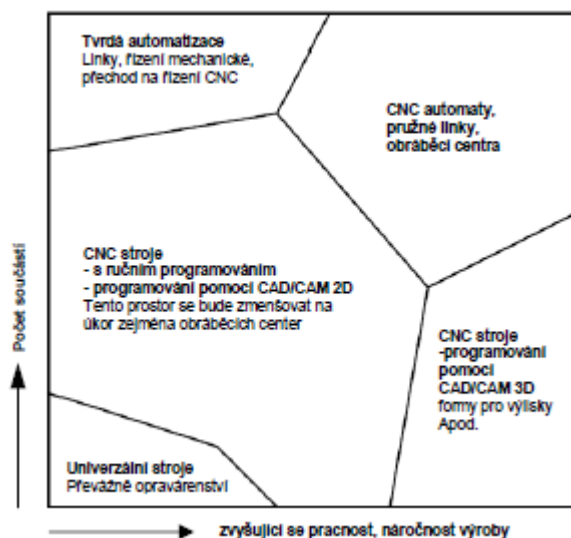
Údaje o stroji a řídicím system

- postprocessor

9 CNC technika a její technický rozvoj

9.1 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. 68 Nasazení výrobních strojů – vybavenost v podnicích v závislosti typu a náročnosti výroby

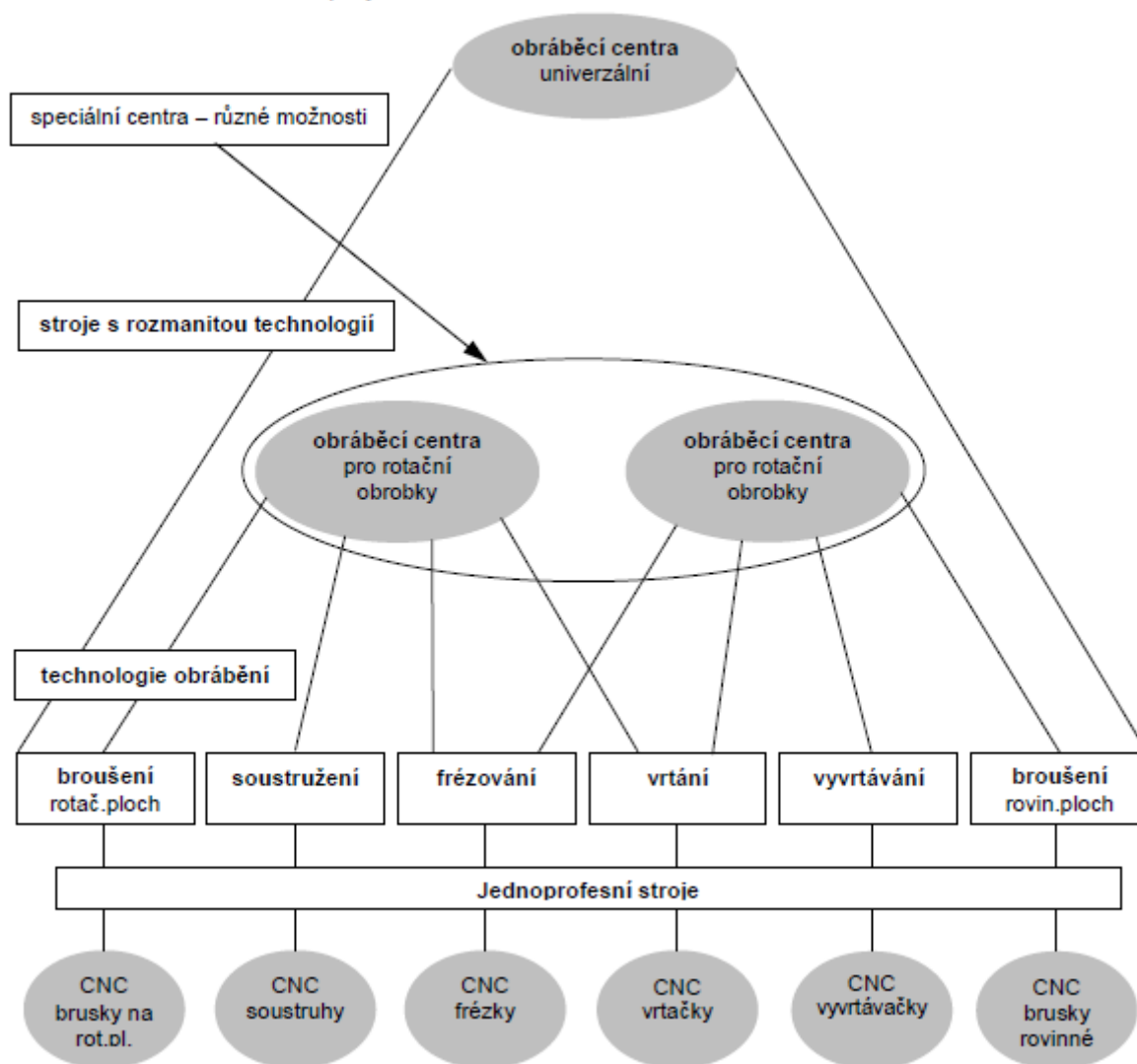
Neustálý vývoj a modernizace CNC strojů se rychle uplatňuje v praxi. Napomáhá tomu snižování cen řídicí techniky i strojů vzhledem ke stále zvyšující se jejich užité hodnotě. Stroje poskytují více komfortu při programování, obsahují více funkcí, snižují výrobní a vedlejší časy. To vede ke snižování tradičních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

9.2 Obráběcí CNC centra

Schéma (obrázek 69) ukazuje třídění obráběcích strojů, původně jednodřesných, 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 centřům. 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. 69 Vývoj od jednoprofesionálních strojů po obráběcí centra

9.2.1 Požadavky na moderní CNC stroje a výrobní centra

Schéma (na obr.69) demonstruje 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.

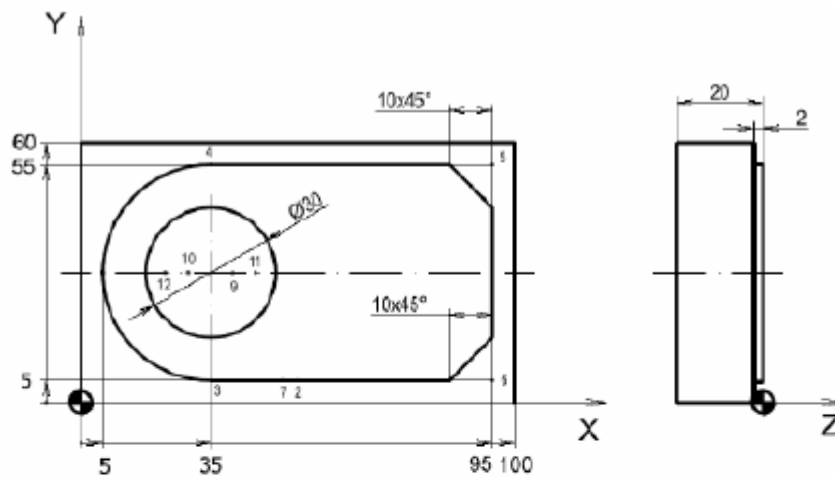
9.3 Ukázky moderní CNC techniky



10 Ukázka příkladu

Příklad 1 (programování v řídicím systému FANUC)

Konturování, kapsa



00002 (CVIC1)

N5	T1	M6		
N10	G43	H1		
N15	M3	S1800		
N20	G0	X50	Y-22	Z2
N25	G1	Z-2	F200	
N30	G41	H11		
N35	G1	Y5	F400	
N40	G1	X35		
N45	G2	Y55	R25	
N50	G1	X95	C10	
N55	G1	Y5	C10	
N60	G1	X48		
N65	G1	Y-22	G40	
N70	G0	Z50		
N75	T2	M6		
N80	G43	H2		
N85	M3	S2400		
N90	G0	X35	Y30	Z2

N91	G91		
N100	G1	Z-4	F200
N105	G1	X5	
N106	G17		
N110	G3	X-10	R5
N115	G3	X10	R5
N120	G1	X5	
N125	G3	X-20	R10
N130	G3	X20	R10
N135	G90		
N140	G0	Z0	
N145	G0	Z50	
N150	G0	X-50	Y100
N155	M30		