

# ČÍSLICOVĚ ŘÍZENÉ STROJE

Elektronická učebnice

*Ing. Jaromír Polášek*

Tento materiál byl vytvořen v rámci projektu CZ.1.07/1.1.07/03.0027  
Tvorba elektronických učebnic

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### OBSAH

1	Úvod do CNC strojů .....	5
1.1	Rozdělení automatizace .....	5
1.1.1	Tvrdá automatizace .....	5
1.1.2	Pružná automatizace .....	5
1.2	Využití CNC techniky .....	5
2	CNC obráběcí stroje .....	6
2.1	Definice číslicového řízení .....	6
2.2	Oblasti řízení CNC stroje .....	6
2.3	Výhody CNC strojů .....	6
2.4	Nevýhody CNC strojů .....	7
2.5	Rozdělení CNC strojů .....	7
2.5.1	Podle vykonávané práce .....	7
2.5.2	Podle jejich specializace .....	7
2.6	Vývojové stupně CNC strojů .....	7
3	Blokové schéma CNC stroje .....	9
3.1	Vstupní část .....	9
3.2	Řídicí systém .....	9
3.3	Přízpůsobovací obvody .....	10
3.4	Pohony .....	10
3.5	Odměřovací zařízení .....	10
4	Řídicí systémy CNC strojů .....	12
4.1	Podle úrovně (ovládání) .....	12
4.1.1	Stroje s klasickými řídicími systémy .....	12
4.1.2	Stroje s počítačovými řídicími systémy .....	12
4.2	Podle složitosti dráhy .....	12
4.2.1	Systémy s přetržitým řízením .....	12
4.2.2	Systémy se souvislým řízením .....	13
4.3	Podle způsobu programování .....	14
4.3.1	Řídicí systémy s absolutním programováním .....	14
4.3.2	Řídicí systémy s přírůstkovým programováním (inkrementální) .....	14

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**OBSAH**

4.3.3	Řídicí systémy s kombinovaným programováním.....	15
4.4	Podle způsobu odměřování.....	15
4.4.1	Absolutní odměřování.....	15
4.4.2	Přírůstkové odměřování.....	15
4.4.3	Cyklicky – absolutní odměřování.....	15
4.5	Podle použité zpětné vazby.....	15
4.5.1	Bez zpětné vazby.....	15
4.5.2	S trvalou zpětnou vazbou.....	16
5	Souřadnicový systém CNC stroje.....	17
6	Pracovní prostor CNC stroje.....	20
7	Konstrukční řešení CNC strojů.....	23
7.1	Lože a rámy strojů.....	25
7.1.1	Vodící plochy.....	26
7.2	Pohony CNC strojů.....	30
7.2.1	Hlavní pohony.....	30
7.2.2	Vedlejší pohony.....	31
7.3	Zařízení pro zpracování informací v řídicím systému.....	36
7.3.1	Geometrické informace.....	37
7.3.2	Technologické a pomocné informace.....	39
7.4	Odměřovací zařízení.....	39
7.4.1	Přímé impulsní odměřovací zařízení lineární.....	41
7.4.2	Nepřímé impulsní odměřovací zařízení rotační.....	41
7.4.3	Přímé absolutní číslicové odměřovací zařízení.....	42
7.4.4	Nepřímé číslicové absolutní odměřovací zařízení.....	42
7.4.5	Induktosynové odměřovací zařízení.....	43
7.4.6	Selsynové odměřovací zařízení.....	43
7.5	Systémy automatické výměny nástrojů.....	44
7.5.1	Systémy s nosnými zásobníky.....	44
7.5.2	Systémy se skladovacími zásobníky.....	45
7.5.3	Systémy kombinované.....	48
7.6	Systémy automatické výměny obrobků.....	48

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**OBSAH**

7.6.1	Systémy AVO s paletami.....	48
7.6.2	Systémy AVO bez palet.....	50
7.7	Zařízení pro odvod třísek.....	51
8	Upínání obrobků na CNC strojích .....	54
8.1	Upínání obrobků na soustruzích.....	54
8.2	Upínání obrobků na frézkách .....	54
9	Řezné nástroje pro CNC stroje .....	56
9.1	Požadavky na řezné nástroje.....	56
9.2	Nástrojové sestavy .....	57
9.2.1	Upínání nástrojů na soustruzích.....	58
9.2.2	Upínání nástrojů na frézkách.....	59
9.3	Kódování nástrojů .....	60
9.4	Korekce nástrojů.....	62
9.4.1	Korekce nástrojů u soustruhu .....	62
9.4.2	Korekce nástrojů u frézky.....	64
10	Nářadí v provozu CNC strojů .....	66
10.1	Používané nástrojové materiály .....	66
10.2	Přehled nástrojových materiálů .....	67
10.2.1	Nástrojové oceli.....	67
10.2.2	Slinuté karbidy.....	69
10.2.3	Keramické řezné materiály.....	72
10.2.4	Cermety .....	73
10.2.5	Supertvrdé řezné materiály.....	74
10.2.6	Coronit.....	75
10.3	Označování vyměnitelných břitových destiček .....	77
10.4	Očekávaný vývoj řezných materiálů.....	80

## Úvod do CNC strojů

### 1 Úvod do CNC strojů

Ve všech výrobních odvětvích je trvalým směrem vývoje automatizace výrobních procesů. Využití výpočetní techniky je jedním z hnacích motorů i ve strojírenství. Obsluha a řízení obráběcích strojů pomocí počítače má zásadní vliv na produktivitu práce tím, že se provádí rychle, přesně a spolehlivě opakující se činnosti. Ve strojírenství se počítače nepoužívají jen k obsluze výrobních strojů, ale i k samotnému vytvoření a sestavení programu pro ně.

Vývojové směry ve strojírenství ustupují od používání nekonvečních obráběcích strojů (soustruhy, frézky apod.). Není možné je ale zcela vynechat, své místo stále nacházejí v přípravných obráběcích pracích, v opravárenství apod.

#### 1.1 Rozdělení automatizace

S nárůstem přesnosti a složitosti výrobků dochází k nárůstu v automatizované výrobě. Hlavním směrem výroby je číslicově řízená technologie, která díky pružnosti a přizpůsobivosti přináší nejlepší výsledky hlavně v kusové a malosériové výrobě. Automatizaci výrobních strojů můžeme rozdělit do dvou základních skupin:

##### 1.1.1 Tvrdá automatizace

Je typická pro velkosériovou a hromadnou výrobu. Vyrábí se jeden nebo několik výrobků ve velkém množství, výroba probíhá na jednoúčelových strojích nebo linkách. Přejít na jiný typ výroby je zdlouhavý, seřizování je časově náročné, provádí se přímo na stroji, dochází při něm k výpadkům ve výrobě. Do této skupiny automatizace řadíme systémy řízené vačkami, narážkami, dorazy apod.

##### 1.1.2 Pružná automatizace

Používá se tam, kde převládá kusová a malosériová výroba. Výroba se opakuje v nepravidelných periodách a probíhá v dávkách. Tyto stroje se mohou velmi snadno přizpůsobit na jiný typ výroby – nazývají se také stroje s pružností. Pracují v automatickém pracovním cyklu, který se zpravidla zajišťuje číslicovým řízením.

### 1.2 Využití CNC techniky

Číslicové řízení se používá téměř ve všech strojírenských oblastech:

- obráběcí stroje
- tvářecí stroje
- zařízení pro dělení materiálu
- svařovací stroje
- lakovací technika
- manipulační technika atd.

## CNC obráběcí stroje

### 2 CNC obráběcí stroje

#### 2.1 Definice číslicového řízení

Číslicové řízení je způsob řízení automatického pracovního cyklu stroje, při němž jsou řízeny jeho fyzikální veličiny (dráha, otáčky, posuv,...). Všechny údaje pro řízení jsou zadány programem. Program je zadán ve formě čísel, která jsou vytvořena v určitém kódu, srozumitelném pro řídicí systém. Řídicí systém tyto údaje zpracovává a posílá je k silovým a ovládacím prvkům stroje, čímž probíhá výroba součástí.

#### 2.2 Oblasti řízení CNC stroje

Informace, které se používají pro řízení CNC stroje a které se zapisují do programu pro CNC stroj, můžeme rozdělit do čtyř základních skupin:

- Geometrické informace – informace o geometrii obrábění, popisují dráhu nástroje vůči obrobku. Udávají rozměry obrobků, posunutí ve směru jednotlivých souřadnicových os, vzdálenosti otvorů apod. (Funkce X, Y, Z, R,...)
- Technologické informace – informace o technologii obrábění, udávají funkce, které je nutno vykonávat při vlastním obrábění, např. posuv stolu, otáčky vřetena (Funkce F, S,...)
- Pomocné informace – jsou to informace o pomocných funkcích, např. start a stop chladicí kapaliny, spuštění otáček, kód nástroje (Funkce M, T ...)
- Informace pro organizaci programu – jsou nutné pro vyvolání posloupnosti bloků programu, např. číslo bloku, začátek a konec programu (Funkce N, M ...)

#### 2.3 Výhody CNC strojů

- Maximální pružnost – příprava programu je oddělena od vlastního stroje, minimální výpadky výroby způsobené seřizováním
- Výroba je produktivnější a hospodárnější
- Vyšší přesnost a kvalita s minimální zmetkovitostí i u složitějších tvarů
- Výrobní program lze snadno a rychle měnit, stroj je snadno přizpůsobitelný střídaní dávek
- Obsluha nemusí být soustředěná, může současně obsluhovat i více strojů
- Odpadají chyby a nepřesnosti způsobené nepozorností či únavou lidského faktoru
- Zmenšují se požadavky na kvalifikaci pracovníků obsluhy, vyšší požadavky jsou kladeny na pracovníky zabezpečující seřizování a servis
- Umožňují výrobu součástí, jejichž tvar je určen složitějšími matematickými funkcemi
- Výrobní čas je přesně stanoven programem, není závislý např. na prostojích obsluhy
- Používá se dokonalé nářadí, což se projeví ve zvýšení přesnosti a produktivity

## CNC obráběcí stroje

- Nemusí se skladovat náhradní díly – požadované součásti lze snadno a rychle vyrobit pomocí již připravených programů atd.

### 2.4 Nevýhody CNC strojů

- Vysoká pořizovací cena nových CNC strojů
- Vyšší požadavky na kvalifikaci pracovníků zajišťujících seřizování a servis
- Složitější technologická příprava výroby

### 2.5 Rozdělení CNC strojů

#### 2.5.1 Podle vykonávané práce

1. CNC stroje pro obrábění – soustruhy, frézky, brusky, obráběcí centra, stroje pro dělení materiálu, stroje pro nekonvenční obrábění (drátové řezačky, laserové vrtačky, plazmové řezačky atd.).
2. Ostatní CNC stroje – lisy, ohýbačky, svařovací roboty, dopravní manipulátory atd.

#### 2.5.2 Podle jejich specializace

1. Jednoprofesionní – při jednom upnutí obrobku mohou vykonávat jeden druh operace – soustruhy, frézky, vrtačky, brusky apod.
2. Víceprofesionní – na obrobku se provádí více druhů operací při jednom upnutí. Do této skupiny patří obráběcí centra, jež můžeme dále rozdělit do těchto skupin:
  - obráběcí centra pro výrobu obrobků hřídelových a přírubových
  - obráběcí centra pro výrobu skříňovitých součástí
  - obráběcí centra pro výrobu rotačních i nerotačních součástí s určitým omezením operací

### 2.6 Vývojové stupně CNC strojů

CNC stroje prošly v průběhu vývoje určitými vývojovými etapami, kterým také říkáme vývojové generace. Jejich vývoj můžeme rozdělit do čtyř vývojových generací:

#### Stroje 1. generace

Vycházejí ze základních koncepcí konvenčních strojů. Mechanická část zůstala zachována a byla doplněna řídicím systémem. Nositelem programu byla děrná páska, štítek nebo magnetická páska. Umožňují řízení v pravouhlých cyklech. Spolehlivost a přesnost strojů byla nízká. Dnes se už nevyrábějí.

#### Stroje 2. generace

Mechanická část těchto strojů je již upravena (revolverové hlavy, zásobníky nástrojů). Jsou vybaveny servosystémy. Umožňují řízení v obecných cyklech.

## CNC obráběcí stroje

### Stroje 3. generace

Mají dále upravenou mechanickou část. K pohonu posuvů se používají kuličkové šrouby, jsou použity velkoobjemové zásobníky nástrojů řízené počítačem, pro zlepšení přesnosti je lože vybaveno kalenými lištami, jsou automatizovány i další funkce stroje. Jsou řízeny počítačem, který současně realizuje i další úkoly, jako například napojení stroje na systém dopravy nástrojů a obrobků.

### Stroje 4. generace

Předpokládá se adaptivní řízení celého výrobního procesu. Systém sleduje výstupy při obrábění (např. řezné síly, kvalitu povrchu), hodnoty se vyhodnocují a systém sám vyhledá takové řezné podmínky, které zaručí požadovaný průběh. U těchto strojů se předpokládá zavádění progresivnějších metod v konstrukci a využití strojů (např. uplatnění laserových paprsků zejména v měření, kontrole, řízení atd.).

### Kontrolní otázky:

1. Vysvětlete význam číslíkově řízených strojů.
2. U jakého typu výroby se nejvíce využívají CNC stroje?
3. Vymenujte nejdůležitější výhody a přednosti CNC strojů.
4. Které nevýhody mají CNC stroje?
5. Proveďte základní rozdělení CNC strojů.
6. Jaké typy informací se zapisují do CNC programu?
7. V čem se liší jednotlivé vývojové generace CNC strojů?



## Blokové schéma CNC stroje

### 3 Blokové schéma CNC stroje

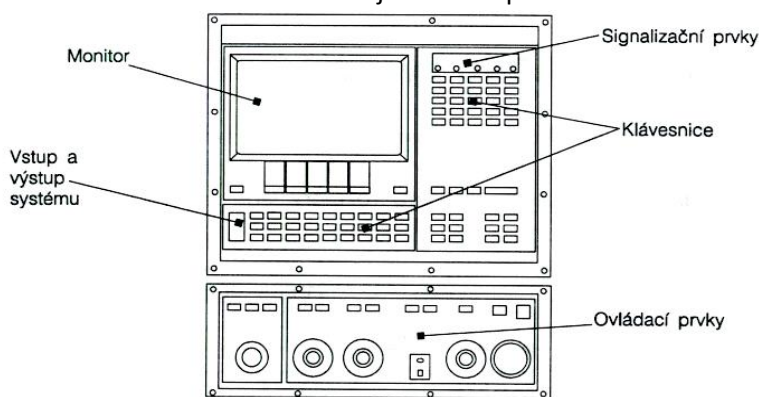
Blokové schéma můžeme rozdělit na tyto hlavní celky:

#### 3.1 Vstupní část

Vstup informací do CNC stroje může být proveden těmito částmi:

1. **Čtecí zařízení** – používá se u NC strojů, slouží k přečtení údajů z děrné pásky.
2. **Ovládací panel** – slouží ke spojení mezi obsluhou a řídicím systémem CNC stroje. Umožňuje provádět potřebné funkce při seřizování a obsluze CNC stroje. Je zde zpětná vazba. Můžeme ho rozdělit na tyto části:

- Monitor – slouží pro indikaci programu a dalších údajů.
- Klávesnice – slouží pro zadávání nebo úpravu programu.
- Ovládací prvky – jsou tvořeny otočnými přepínači pro změny pracovních režimů a tlačítky pro ovládání funkcí stroje.



3-1 OVLÁDACÍ PANEĽ

- Signalizační prvky – signalizují stav systému (chlazení, otáčky).
  - Vstupy a výstupy systému – pro připojení externích zařízení např. počítače.
3. **Počítač** – slouží k přečtení všech vstupních informací řídicího programu a uložení programu do vnitřní paměti.

#### 3.2 Řídicí systém

Je sestaven z jednotlivých bloků:

1. Paměti – jsou v nich v číselné formě uloženy instrukce programu. Obsahují předpis pro postup činnosti počítače, jsou zde uloženy programy dílců, údaje o korekcích nástrojů, posunutí počátků, zpracovávaná data apod.
2. Interpolátor – zajišťuje pohyby po zadané dráze.
3. Porovnávací obvody (komparátory) – mají za úkol vlastní zpracování informací. Umožňují číselně vyhodnocovat rozdíl mezi skutečnou hodnotou a hodnotou naprogramovanou.

## Blokové schéma CNC stroje

### 3.3 Přizpůsobovací obvody

Pomocí těchto obvodů se logické signály zpracovávají prostřednictvím relé, stykačů a tyristorů na elektrické povelové signály srozumitelné pro stroj a těmito signály se pak řídí jednotlivé části stroje – motory, spojky apod.

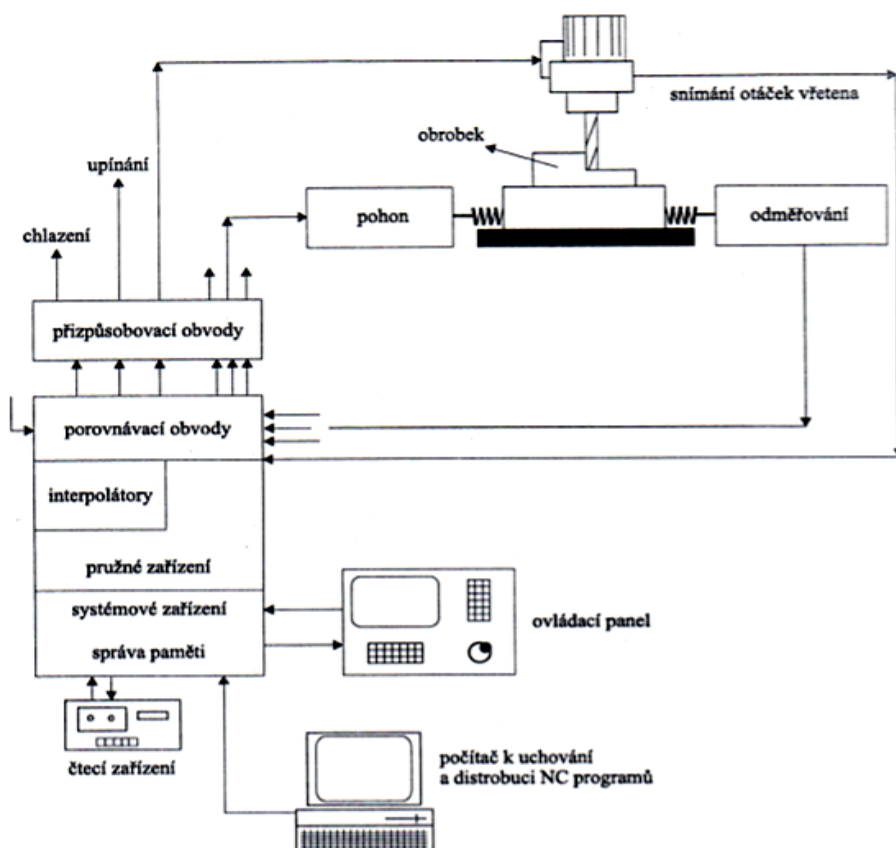
### 3.4 Pohony

Můžeme je rozdělit do dvou skupin:

1. Hlavní pohony – umožňují nastavování otáček.
2. Vedlejší pohony – slouží pro nastavování posuvu a ovládání dalších pomocných pohonů (např. upínáčů, dopravníků třísek).

### 3.5 Odměřovací zařízení

Zjišťuje okamžitou polohu stolu nebo suportu, odměřuje skutečnou polohu obrobku vůči nástroji. Informaci posílá do regulátoru polohy.



3-2 Blokové schéma CNC stroje

## Blokové schéma CNC stroje

### Kontrolní otázky:

1. Které bloky obsahuje řídicí systém?
2. Vyjmenujte hlavní části CNC stroje.
3. K čemu slouží ovládací panel a které má části?
4. Které znáte hlavní pohony a k čemu slouží?
5. Jaký účel plní odměřovací zařízení?

## Řídicí systémy CNC strojů

### 4 Řídicí systémy CNC strojů

Slouží k ovládání CNC strojů. Můžeme je rozdělit podle několika hledisek:

#### 4.1 Podle úrovně (ovládání)

##### 4.1.1 Stroje s klasickými řídicími systémy

(NC – Numerical Control)

Tyto stroje vznikly na počátku padesátých let. Všechny informace jsou zaznamenány ve formě čísel a písmen na vhodném paměťovém médiu – děrné pásce nebo štítku. Vlastní program se nepřipravuje na stroji, ale v oddělení technické přípravy výroby.

##### 4.1.2 Stroje s počítačovými řídicími systémy

(CNC – Computerized Numerical Control)

Začaly se používat od roku 1966, jedná se již o systémy třetí generace. Na rozdíl od předchozích jsou vybaveny mikropočítačem, který provádí zpracování informací a řídí stroj. Jsou mnohem pružnější než předchozí.

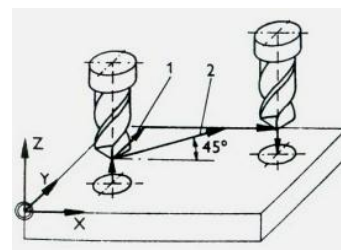
#### 4.2 Podle složitosti dráhy

##### 4.2.1 Systémy s přetržitým řízením

Mezi pohyby ve směru jednotlivých souřadnicových os neexistuje funkční závislost. Do této skupiny patří:

- Systémy stavění souřadnic (polohování)

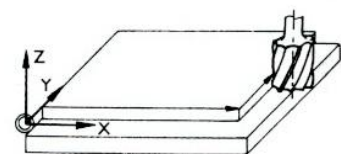
Patří mezi nejstarší systémy řízení, neprovádí lineární ani kruhovou interpolaci. Základní funkce je dána nastavením obrobku nebo nástroje rychloposuvem do požadované polohy. Při pohybu nástroj neobrábí, k obrábění dochází až po dosažení stanovené polohy. Souřadnice se nastavují buď postupně v jednotlivých souřadnicových osách, nebo souvisle (rychlejší najetí). Do této skupiny patří např. vrtací stroje.



4-1 Stavění souřadnic

- Systémy s pravouhlým řízením

Obrábění probíhá v průběhu pohybu nástroje vůči obrobku, a to vždy v jedné souřadnici. Umožňuje soustružit osazené plochy, frézovat pravouhlé tvary apod. Tyto systémy se nejčastěji používají u soustruhů, frézek, obráběcích center, lisů apod.



4-2 Pravouhlé řízení

## Řídicí systémy CNC strojů

### 4.2.2 Systémy se souvislým řízením

Tyto způsoby řízení se dnes vyskytují u současných obráběcích strojů. Používají se pro vytváření ploch omezených libovolnými rovinnými nebo prostorovými křivkami. Zajišťují řízení pohybu nástroje vůči obrobku plynule a současně nejméně ve dvou souřadnicových osách. Mezi pohyby existuje funkční závislost, kterou zpracovává interpolátor.

#### ➤ Řízení 2D

Provádí lineární nebo rotační pohyb ve dvou osách, vytváří libovolné úkosy, kruhové oblouky apod.

$x - z$  – soustruh – umožňuje pohyb nástroje ve dvou dimenzích po libovolných úkosech a kruhových obloucích.

$x - y$  – frézka, vrtačka – pro výrobu zaoblení, úkosů, otvorů apod.

#### ➤ Řízení 2,5D

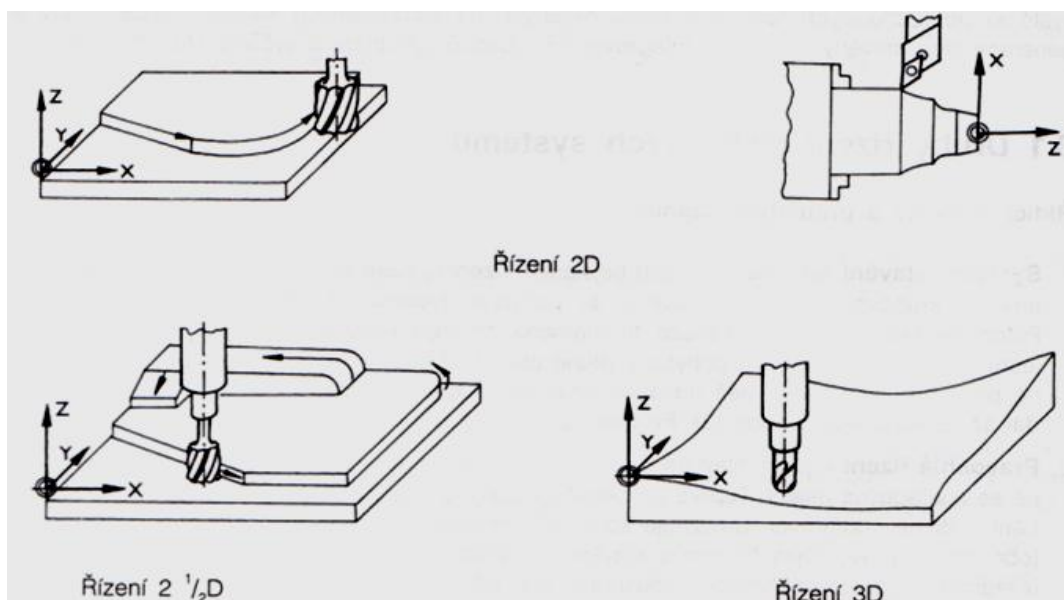
Lineární interpolace může probíhat volitelně vždy v jedné rovině, u frézky v rovině  $z - x$ ,  $z - y$ ,  $x - y$ .

#### ➤ Řízení 3D

Umožňuje pohyb nástroje současně ve třech osách. Tímto způsobem lze obrábět libovolné obrysy a prostorové plochy. Interpolátor musí vypočítat pohyb ve dvou osách v závislosti na třetí ose. U výpočetních operací je zde nutný mikroprocesor s vyšším výkonem.

#### ➤ Řízení 4D, 5D

Kromě pohybů v osách  $x$ ,  $y$ ,  $z$  jsou možné další pohyby, např. natáčivé pohyby kolem osy  $x$  nebo osy  $y$ . Nástroj je postaven k normále obráběné plochy.



4-3 Souvislé řízení

## Řídicí systémy CNC strojů

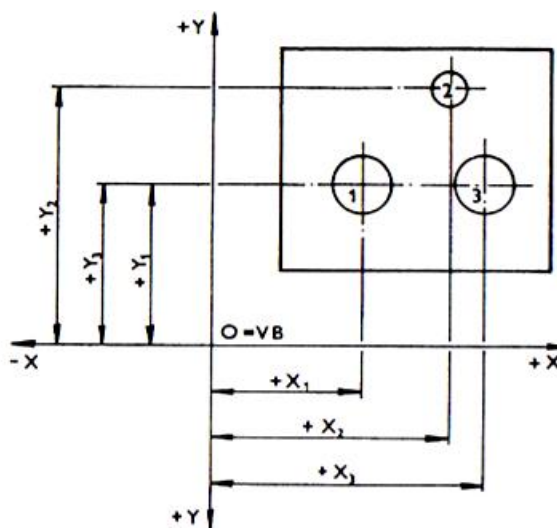
### 4.3 Podle způsobu programování

Řídicí systémy umožňují nastavení do jednoho ze dvou způsobů programování. Nejvíce používaným způsobem programování je programování absolutní.

#### 4.3.1 Řídicí systémy s absolutním programováním

(přípravná funkce G 90)

Všechny souřadnice bodů dráhy nástroje jsou vztaheny k předem zvolenému počátku souřadnic – nulovému bodu obrobku W. Jedná se tedy o určení souřadnic cílového bodu k nějakému základnímu bodu.

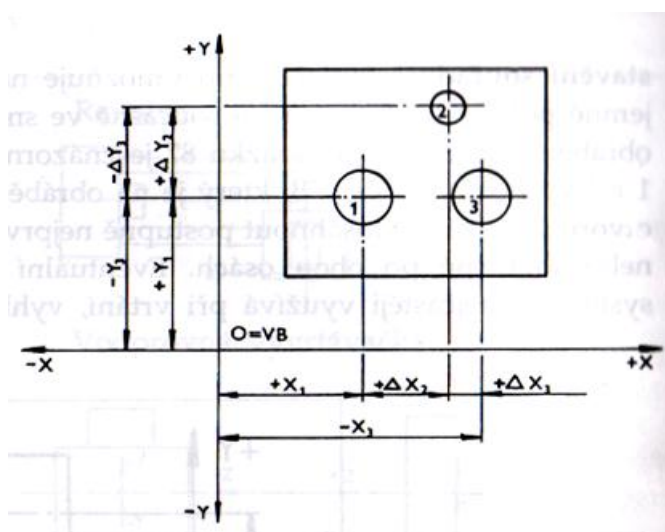


4-4 Absolutní programování

#### 4.3.2 Řídicí systémy s přírůstkovým programováním (inkrementální)

(přípravná funkce G 91)

Souřadnice všech naprogramovaných bodů jsou vztaheny vzhledem k bodu předcházejícímu. Každý předcházející bod je považován za bod výchozí. Programuje se po přírůstku – inkrementu. Pokud se nástroj vrací do výchozí polohy, je součet všech hodnot souřadnic roven nule.



4-5 Přírůstkové programování



## Řídicí systémy CNC strojů

### 4.3.3 Řídicí systémy s kombinovaným programováním

Je to kombinace obou předchozích způsobů. V rámci téhož programu lze přecházet z jednoho způsobu do druhého a naopak.

**Programování absolutní a přírůstkové lze provádět těmito způsoby:**

- **V kartézských souřadnicích** – poloha dalšího bodu je určena vzdáleností bodu od nulového bodu souřadného systému v jednotlivých osách.
- **V polárních souřadnicích** – cílový bod je popsán vzdáleností (úsečkou) od počátečního bodu. Tohoto způsobu lze využít např. při vrtání otvorů v roztečné kružnici nebo při programování vačky a různých neokrouhlých kotoučů.
- **Pomocí parametrů** – rozměrové části adres x, y, z jsou popsány obecnými čísly (parametry), které jsou v konkrétním programu definovány reálnými čísly. Změna čísla v parametru znamená změnu rozměru součásti. Například u osazených hřídelů pomocí parametrů jsou zadány délky hřídele, dosadíme-li do parametru nulu, osazení se neprovede.

### 4.4 Podle způsobu odměřování

#### 4.4.1 Absolutní odměřování

Informace o skutečné poloze nástroje vůči obrobku je udána k předem zvolenému počátku – nulovému bodu stroje.

#### 4.4.2 Přírůstkové odměřování

Během pohybu řízené části stroje vydává odměřovací zařízení impulsy, které se v řídicím systému zpracovávají na délkový údaj. Například vydání jednoho impulsu znamená posunutí o 0,1 mm.

#### 4.4.3 Cyklicky – absolutní odměřování

V určitém rozsahu (např. 1 mm) udává zařízení absolutní informaci o poloze.

### 4.5 Podle použité zpětné vazby

#### 4.5.1 Bez zpětné vazby

Tento způsob nemá odměřování – otevřená regulační smyčka. Do systému není zpětně hlášena poloha nebo posuvová rychlost pohybujících se částí.

## Řídicí systémy CNC strojů

### 4.5.2 S trvalou zpětnou vazbou

Tento způsob má trvalé odměřování – uzavřená regulační smyčka. Porovnávací obvod neustále zpracovává rozdíl mezi skutečnou hodnotou a hodnotou naprogramovanou. V blízkosti naprogramované hodnoty podle zjištěné diference řídí zpomalení pohybu až do okamžiku, kdy je diference nulová.

#### **Kontrolní otázky:**

1. Vysvětlete pojmy NC a CNC řízení.
2. Jaké jsou vzájemné pohyby mezi nástrojem a obrobkem u systému stavění souřadnic, pravoúhlého řízení a souvislého řízení?
3. Nakreslete a popište příklad absolutního a přírůstkového programování.
4. Jaké znáte druhy souřadnic pro absolutní a přírůstkové programování?
5. Jak se dělí řídicí systémy podle použité zpětné vazby?
6. Jaký je rozdíl mezi přírůstkovým a absolutním odměřováním?



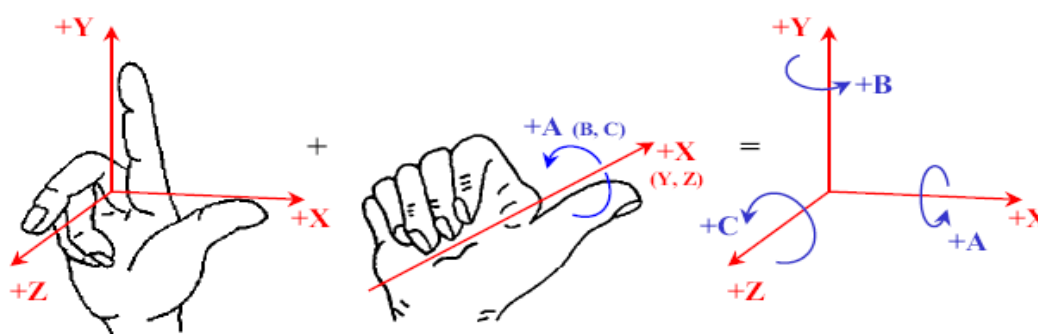
## Souřadnicový systém CNC stroje

### 5 Souřadnicový systém CNC stroje

Systém souřadnic určuje norma ISO 841. Abychom mohli CNC stroji zadat pojezdové dráhy nástrojů nebo obrobků ve formě čísel, je nutné, aby souřadnicové osy byly přesně pro každý stroj definovány. Pohyby uzlů obráběcích strojů se určují v pravouhlých souřadnicích pravotočivých – pravouhlý kartézský souřadnicový systém.

Osy stroje charakterizují pohybové osy, které je možno řídit:

- posuvové osy
- rotační osy – používají se jako přídavné osy pro přídavná zařízení (otočný stůl apod.)



5-1 Kartézský souřadnicový systém

Souřadný systém se na stroji umísťuje podle následujících pravidel:

- vychází se od nehybného obrobku
- vždy musí být definována osa **X**
- osa **X** leží v upínací rovině obrobku nebo je s ní rovnoběžná
- osa **Z** je totožná nebo rovnoběžná s osou pracovního vřetena, které udílí hlavní řezný pohyb
- kladný smysl os je od obrobku k nástroji, ve směru zvětšujícího se obrobku
- pokud jsou na stroji další doplňkové pohyby v osách **X, Y, Z**, označují se **U, V, W**
- pokud se obrobek pohybuje proti nástroji, označují se takové osy **X', Y' a Z'**
- osy **A, B, C** označují rotační pohyby kolem os **X, Y, Z**

## Souřadnicový systém CNC stroje

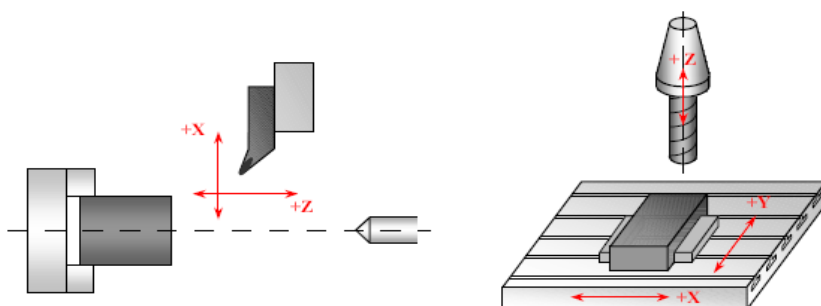
### Příklady souřadnicových systémů

#### ➤ CNC soustruh

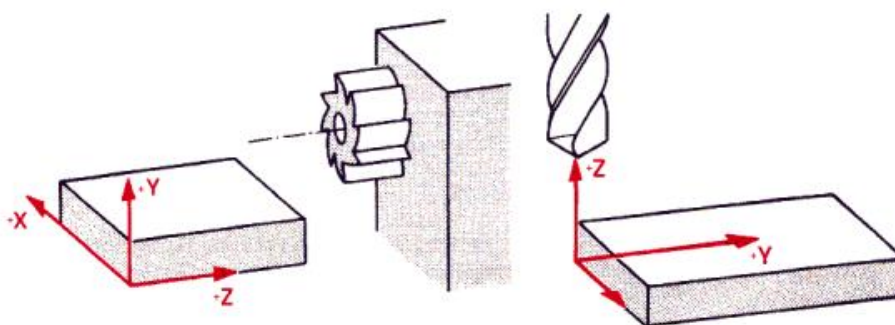
V pracovním vřetenu je upnutý obrobek. Pracovní nástroj koná posuvné pohyby ve směru souřadnicových os **X** a **Z**. Osa **Z** je osa rotace vřetena, přičemž pohyb v kladném smyslu je pohyb nástroje od vřeteníku ke koníku. Osa **X** je kolmá na osu **Z**, vyjadřuje průměr součásti. Její kladný směr je od osy otáčení obrobku směrem k držáku nástroje.

#### ➤ CNC frézka

V pracovním vřetenu je upnuta fréza. Osa **Z** je osa rotace vřetena s nástrojem, pohyb v kladném smyslu znamená pohyb od materiálu. Osy **X** a **Y** jsou v rovině stolu. Osa **X** je rovnoběžná s upínací plochou obrobku, osa **Y** je kolmá na osu **X** a **Z**.



5-2 Souřadnicový systém svislé frézky a soustruhu

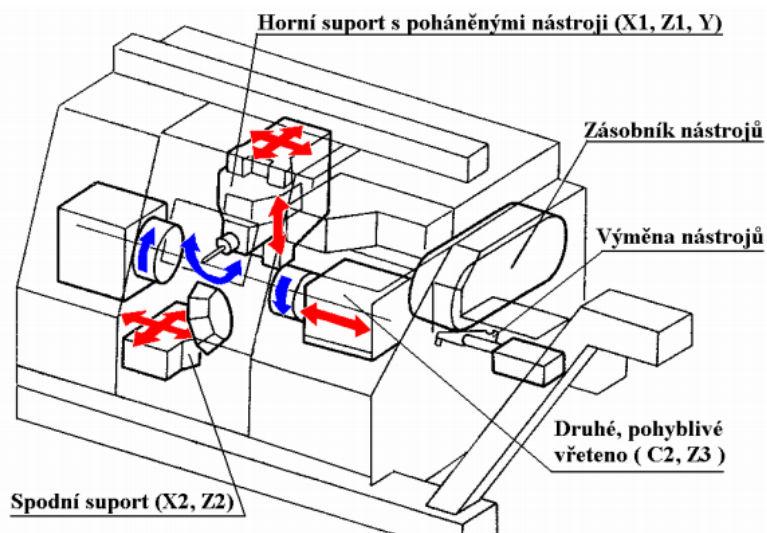


5-3 Souřadnicový systém vodorovné frézky a vrtačky

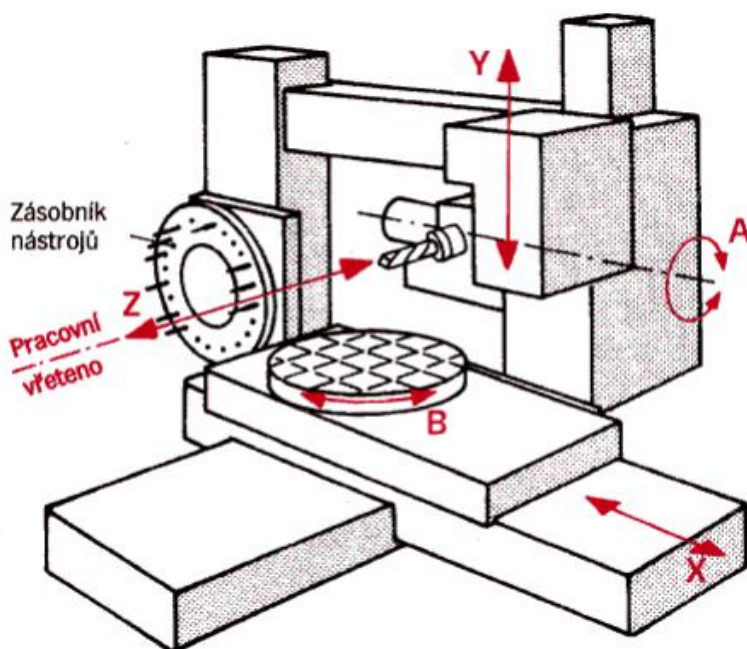
Na následujících obrázcích jsou příklady souřadnicových systémů obráběcích center.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## Souřadnicový systém CNC stroje



5-4 Souřadnicový systém CNC soustruhu



5-5 Souřadnicový systém obráběcího centra

### Kontrolní otázky:

1. Vysvětlíte pravidla určování souřadnicového systému stroje.
2. Popište souřadnicový systém na soustruhu.
3. Popište souřadnicový systém na frézce.

## Pracovní prostor CNC stroje

### 6 Pracovní prostor CNC stroje

Pracovní prostor CNC obráběcího stroje je určen některými základními vztažnými body, jejichž znalost je důležitá i pro vlastní programování. V závislosti na těchto bodech může být potom určena a kontrolována např. poloha nástroje.

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 použití mají nulové body své názvy. Na CNC strojích jsou i další důležité vztažné body.

#### ➤ **M – nulový bod stroje**

Je počátkem souřadného systému pracovního prostoru stroje. Je pevně určen výrobcem (obvykle průsečík osy hlavního vřetena a upínací roviny obrobku) a není možné ho měnit. Je to absolutní počátek souřadnic. Může však být posunut do námi zvolené polohy. U soustruhu je nulový bod umístěn v ose rotace obrobku v místě zakončení vřeteníku přírubou. U frézky je umístěn v místě krajní polohy stolu frézky v obou osách – obvykle z pohledu obsluhy vlevo, vpředu.

#### ➤ **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). Programátor si volí pro tento bod nejvýhodnější místo na obrobku a od tohoto místa potom počítá tvar součásti.

#### ➤ **R – referenční bod stroje**

Je to výrobcem pevně stanovené místo v pracovním prostoru stroje. Jeho aktivací dochází k sjednocení mechanické a výpočetní části stroje. Najetím na tento bod dochází ke sladění odměřovacího zařízení s řídicím systémem stroje. Referenční bod je realizován koncovými spínači. Vzdálenosti referenčního bodu stroje a nulového bodu stroje jsou výrobcem přesně odměřeny v souřadnicové soustavě a jsou vloženy do paměti řídicího systému jako strojní konstanty.

#### ➤ **P – bod špičky nástroje**

Je nutný pro stanovení délkové korekce a následně rádiusové korekce (poloměru zaoblení špičky nástroje). Pohyb tohoto bodu se teoreticky programuje (pokud se používají rádiusové korekce).

#### ➤ **F – vztažný bod suportu nebo vřetene**

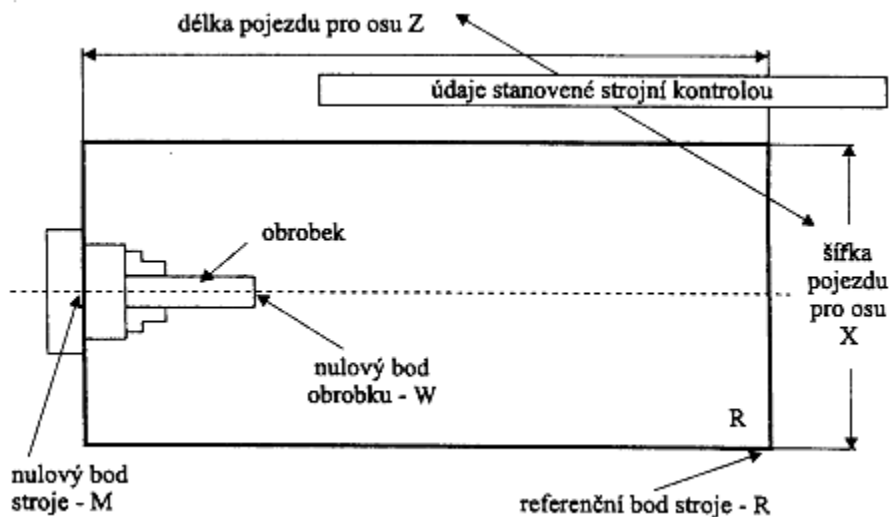
Je to bod na upínací (dosedací) ploše nosiče nástroje (například konec vřetena v ose vřetena). Tento bod vlastně řídí podle programu řídicí systém. V bodě F má nástroj nulové rozměry, proto je nutné skutečnou dráhu nástroje korigovat. K tomuto bodu se vztahují korekce nástroje.

#### ➤ **E – bod nastavení nástroje**

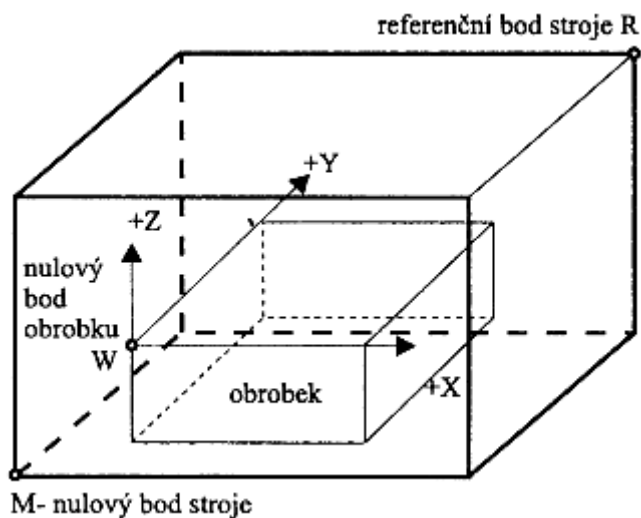
Je to bod na držáku nástroje, který se po upnutí ztotožní s bodem F. Je potřebný při externím proměřování korekcí nástroje.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## Pracovní prostor CNC stroje



6-1 Pracovní prostor CNC soustruhu



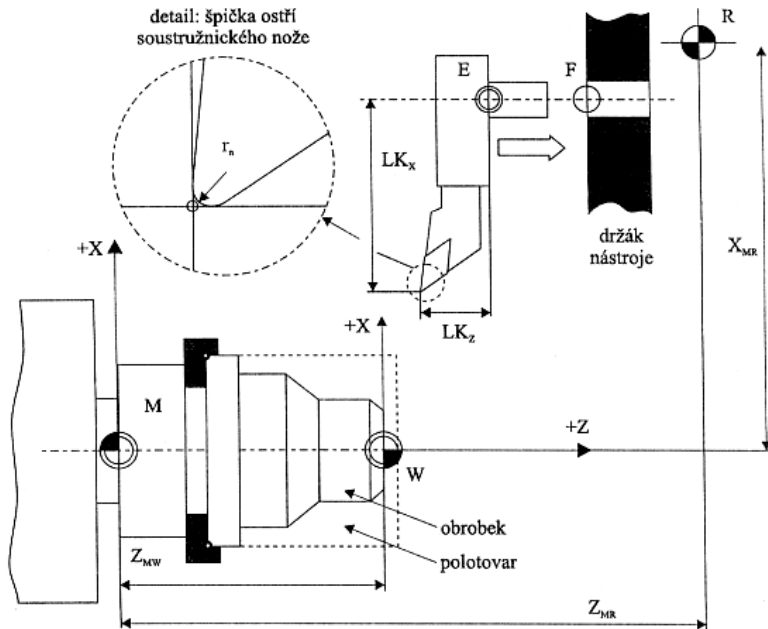
6-2 Pracovní prostor CNC frézky

**Kontrolní otázky:**

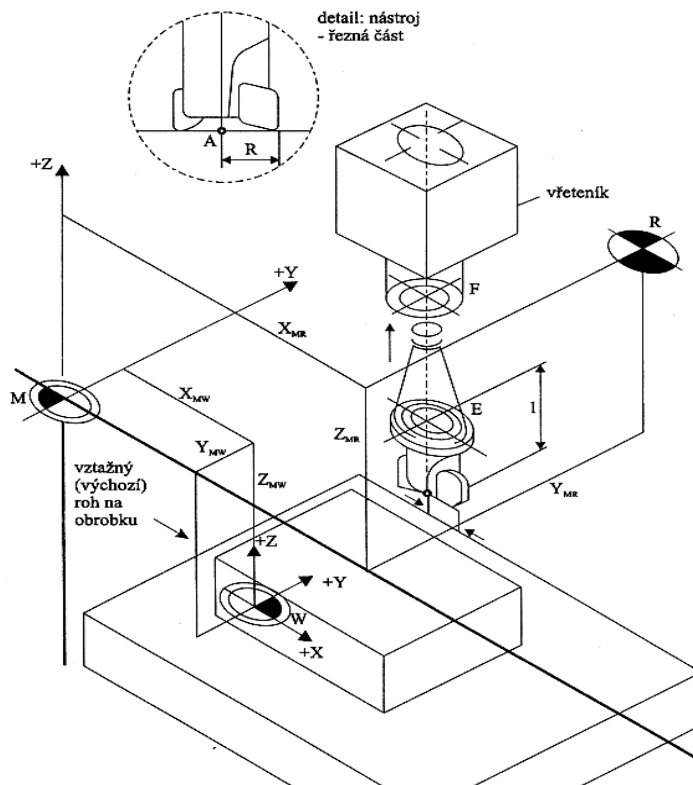
1. Vyjmenujte vztažné body v pracovním prostoru CNC stroje.
2. Charakterizujte jednotlivé vztažné body v pracovním prostoru CNC stroje.
3. Zakreslete a vysvětlete vztažné body CNC frézky a CNC soustruhu.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Pracovní prostor CNC stroje



6-3 Souřadnicový systém a pracovní prostor soustruhu



6-4 Souřadnicový systém a pracovní prostor frézky



## Konstrukční řešení CNC strojů

### 7 Konstrukční řešení CNC strojů

Aby byl číslicově řízený stroj hospodárný, musí se jeho konstrukce lišit od konvenčního stroje. Tento stroj musí být navíc maximálně využit během pracovního dne. To předpokládá jeho vysokou spolehlivost a životnost, bezporuchovost, zajištění požadované přesnosti tvarů a rozměrů vyráběné součásti, drsnosti povrchu apod.

Proto se číslicově řízené stroje vyznačují některými dalšími konstrukčními znaky:

- Konstrukce stroje musí mít vysokou přesnost a tuhost, aby byly odstraněny vůle mezi funkčními plochami a celky.
- Při automatickém chodu musí být zaručen co nejhospodárnější rezný režim, který zároveň zaručuje vysokou produktivitu.
- Vodicí plochy musí mít vysokou přesnost a životnost, u součástí s vyšším opotřebením je třeba zajistit vhodnou konstrukcí rychlou a snadnou vyměnitelnost.
- Aby se zvýšila přesnost a životnost stroje, jsou některé stroje vybaveny stabilizací teploty oleje.
- Musí být zajištěna přesná poloha jednotlivých součástí nebo uzlů stroje. K tomu účelu se používá servomechanismů a odměřovacích zařízení, které tvoří regulační obvod pro polohování.
- Často se používá příčné uspořádání CNC stroje – nástroje jsou umístěny za osou obrábění v šikmé poloze. Tímto se zvýší tuhost soustavy stroj – nástroj – obrobek – přípravek, usnadní se manipulace s obrobky a lépe se odvádějí třísky z pracovního prostoru.
- Automatickou výměnu nástrojů v průběhu pracovního cyklu zajišťují systémy automatické výměny nástrojů.
- Pracovní prostor stroje je uzavřený, umístěný za krytem, čímž se zvýší bezpečnost obsluhy.
- Pro zajištění opracování obrobku z více stran se používají různé přípravky, otočné a sklopné stoly, manipulační palety apod.
- Nemají ruční obslužné prvky, obsluha se provádí pomocí ovládacího panelu.
- Automatický cyklus číslicově řízených strojů vyžaduje tzv. třískové hospodářství. K odvádění třísek se používají dopravníky.
- Stroje bývají rovněž vybaveny systémy automatické výměny obrobků a dopravníky pro manipulaci s hotovými výrobky.
- Stroje jsou vybaveny soubory nástrojů, jejich předseřizováním, údržbou a výměnou.
- Z důvodu vysoké přesnosti je k zajištění posuvu použit kuličkový šroub.
- Pro bezporuchový provoz slouží pomocné, kontrolní, seřizovací a jiné přípravky.
- Provádí se aktivní a pasivní kontrola obráběných součástí.
- U nejmodernějších strojů se z důvodu zhospodárnění výroby používají adaptivní systémy řízení.

## Konstrukční řešení CNC strojů



7-1 Příklady moderních obráběcích strojů



## Konstrukční řešení CNC strojů

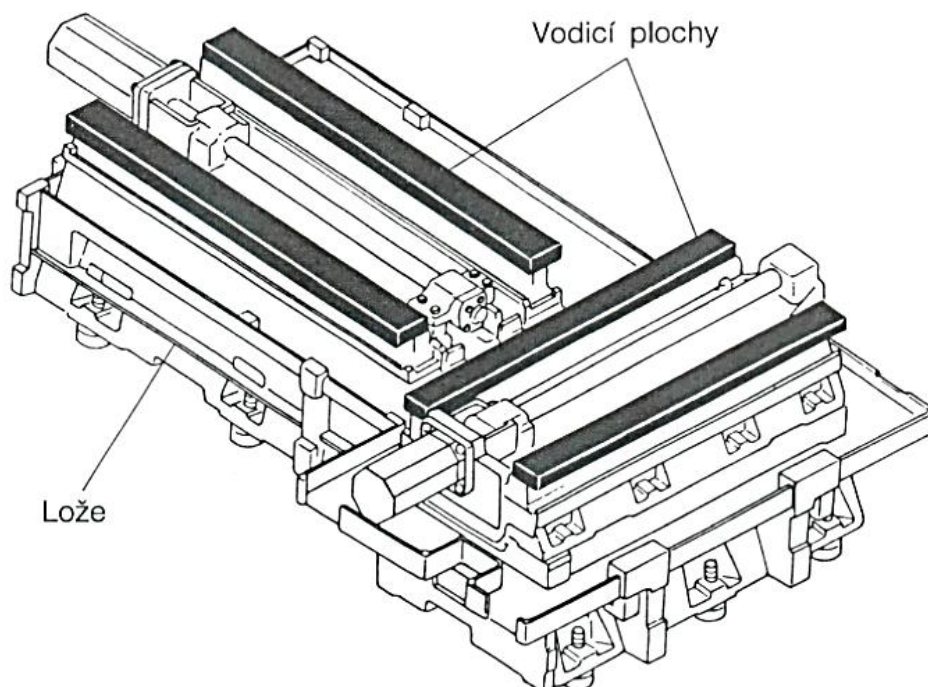
### 7.1 Lože a rámy strojů

Lože a rámy tvoří základní nosnou část každého číslicového stroje. Jelikož na číslicově řízené stroje jsou kladeny vysoké nároky na přesnost, trvanlivost, životnost, výkonnost, bezporuchovost apod., musí jejich konstrukce splňovat tyto požadavky:

- vysoká tuhost
- vysoká schopnost tlumit chvění
- schopnost přenášet síly s minimální deformací
- snadný odvod třísek i tepla
- jednoduchost
- snadná obsluha a údržba apod.

Lože a rámy se vyrábějí z šedé litiny nebo z konstrukční oceli. Výhodou šedé litiny je vysoká schopnost tlumit chvění. Rám bývá nejčastěji skříňovitý a je vyztužený žebry.

Rámy z konstrukční oceli bývají svařované nebo montované pomocí šroubových spojení. Lože bývají vodorovná, aby se dosáhlo menší zastavěné plochy, volí se často lože šikmé nebo svislé. Tímto se docílí i vyšší tuhosti a lepšího odvodu třísek.



7-2 Lože a vodicí plochy CNC stroje

## Konstrukční řešení CNC strojů

### 7.1.1 Vodicí plochy

Jsou nedílnou součástí každého lože. Kvalita vodicích ploch má vliv na výslednou přesnost. Hlavním problémem je tření ve vedení. Mezi základní požadavky kladené na vodicí plochy (přímočará vedení) patří:

- nízké pasivní odpory
- malý a pokud možno stejný součinitel tření, čímž se zajistí stabilita pohybu při malých rychlostech a omezí se vznik trhavých pohybů
- ve vedení nesmí být vůle
- vedení musí mít vysokou tuhost a tím možnost tlumit chvění
- vedení musí mít vysokou odolnost proti otěru a tím i vysokou životnost
- jednoduchá a snadná konstrukce
- snadná, rychlá, jednoduchá a bezpečná obsluha

U číslicově řízených strojů se používají nejčastěji:

- vedení kluzná
- vedení valivá
- vedení hydrostatická

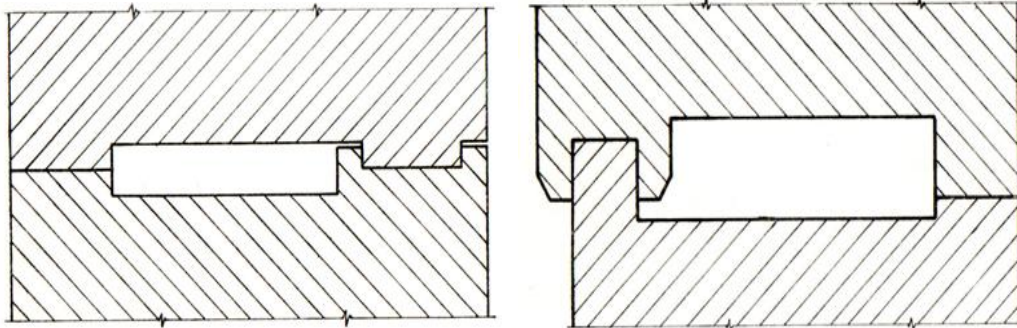
Moderními typy, které jsou předmětem vývoje a zkoušek, jsou:

- vedení servostatická
- vedení aerostatická
- vedení kombinovaná

#### 7.1.1.1 Kluzná vedení

U těchto vedení je rozvod mazacího prostředku proveden tak, aby byla mazána celá styková plocha. Tlakem oleje není přenášeno žádné zatížení. Vzniká **tření polosuché**. Do této skupiny patří vedení rovinná a prizmatická.

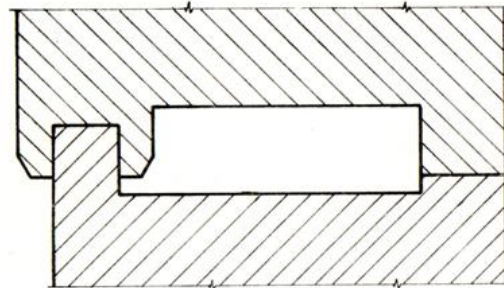
## Konstrukční řešení CNC strojů



7-3 Kluzné vedení rovinné

K hlavním vlastnostem těchto vedení patří:

- vznik velkých pasivních odporů ve směru pohybu
- součinitel tření, při malých posuvových rychlostech, s rostoucí rychlostí klesá, tím roste možnost vzniku trhavých pohybů
- v uzavřených vedeních se vyskytuje vůle
- malá životnost
- jednoduchá konstrukce
- dobrá technologičnost konstrukce a tuhost
- snadná údržba a oprava



7-4 Kluzné vedení prizmatické

Do této skupiny patří rovněž vedení hydrodynamická. Při velkých rychlostech pohybu se zde vytvářejí hydrodynamické síly, které část pohybujícího se vedení nadnesou. Nedochozí tím ke styku vodících ploch. Vzniká **tření kapalinné**. Při malých rychlostech vzniká tření polosuché, při vyšších rychlostech se mezi stykovými plochami vytvoří olejový film dostatečné tloušťky a tření polosuché přechází v kapalinné.

Základní vlastnosti těchto vedení jsou:

- pasivní odpory jsou podstatně menší
- součinitel tření s rostoucí rychlostí roste, čímž se vylučuje možnost vzniku trhavých pohybů
- větší životnost
- lepší tlumení chvění
- menší tuhost

Konstrukčně jsou vedení hydrodynamická stejná jako vedení s polosuchým třením.

### 7.1.1.2 Valivá vedení

U těchto vedení vzniká mezi vodícími plochami **tření valivé**. K základním vlastnostem valivých vedení patří:

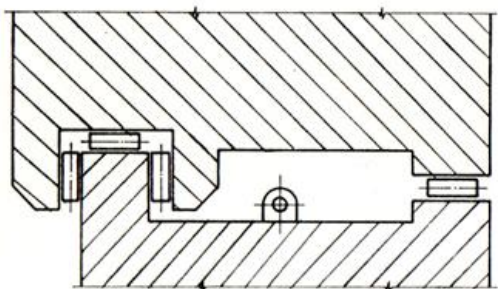
## Konstrukční řešení CNC strojů

- malé tření, součinitel tření je mnohem nižší než u vedení kluzných
- součinitel tření se s rostoucí rychlostí nemění, čímž je vyloučena možnost vzniku trhavých pohybů
- minimální opotřebení, čímž je delší doba zaručena požadovaná přesnost a tím i vyšší životnost
- valivé vedení je bez vůle, čímž se zaručí vyšší přesnost
- vhodnou konstrukcí lze dosáhnout vysoké tuhosti
- snadná údržba
- vyšší pořizovací náklady
- obtížnější konstrukce
- náročnější výroba
- provozní přesnost a životnost je podmíněna velmi dobrou ochranou před nečistotami
- schopnost tlumit chvění je menší

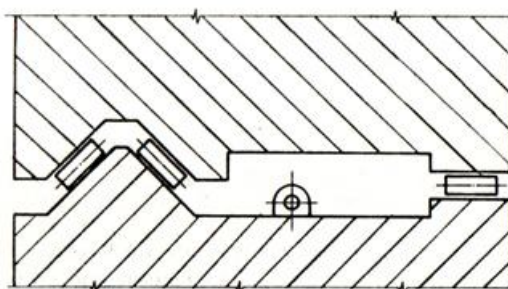
Valivá vedení můžeme rozdělit podle několika hledisek:

- 1 Podle tvaru valivých tělísek
  - kuličková
  - válečková
  - jehlová
- 2 Podle tvaru valivých ploch
  - rovinné
  - prizmatické
- 3 Podle konstrukce
  - uzavřené
  - otevřené

Příklady valivých vedení



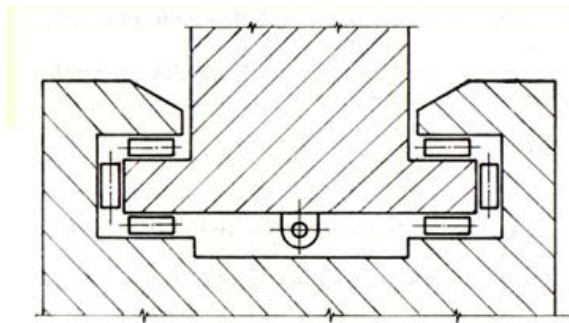
7-5 Otevřené valivé vedení rovinné



7-6 Otevřené valivé vedení prizmatické



## Konstrukční řešení CNC strojů



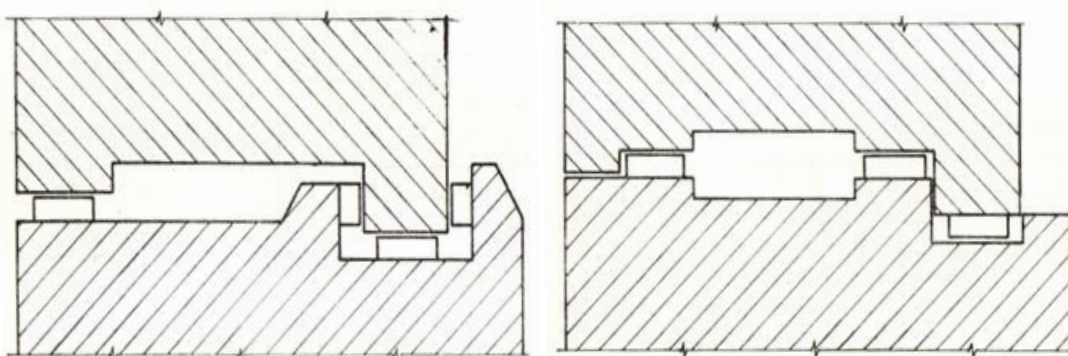
7-7 Uzavřené valivé vedení rovinné

### 7.1.1.3 Hydrostatická vedení

U těchto vedení je veškeré zatížení přenášeno tlakem oleje. Olej je přiváděn do tlakových jednotek, které jsou umístěny mezi stykovými vodivými plochami. Při vzájemném pohybu nedochází k mechanickému styku vodících ploch. Mezi plochami vzniká jen **tření kapalinné**.

Základní vlastnosti hydrostatických vedení jsou:

- pasivní odpory jsou velmi malé
- součinitel tření se zvětšuje se zvyšující se rychlostí, odpadá možnost vzniku trhavých pohybů
- ve vedení není vůle
- schopnost tlumit chvění jen kolmo ke směru pohybu
- dobrá tuhost
- velká životnost
- obtížnější konstrukce
- náročná výroba, obsluha, údržba apod.



7-8 Hydrostatická vedení s hydraulickými buňkami

## Konstrukční řešení CNC strojů

### 7.1.1.4 Servostatická vedení

Vznikají konstrukční úpravou hydrostatických vedení. Tlak oleje v tlakových jednotkách je automaticky regulován podle přesnosti – nepřesnosti vodících ploch. Tím jsou vyrovnány nepřesnosti vznikající například při výrobě vodících ploch.

### 7.1.1.5 Aerostatická vedení

U těchto vedení je mezi vodící plochy vtlačován vzduch. Mezi stykovými plochami vzniká **plynné tření**. Všechna zatížení se přenášejí tlakovým vzduchem.

## 7.2 Pohony CNC strojů

Pohony číslicově řízených strojů musí splňovat mnoho náročných parametrů. Mezi nejdůležitější parametry patří vysoká přesnost, dokonalá tuhost, vysoké výstupní krouticí momenty a vysoké otáčky. Z hlediska funkce a použití je můžeme rozdělit do dvou skupin:

- hlavní pohony
- vedlejší pohony

### 7.2.1 Hlavní pohony

Tyto pohony slouží k uskutečnění hlavního řezného pohybu.

- Musí umožňovat nastavení takového počtu otáček, který odpovídá optimální řezné rychlosti.
- Optimální řeznou rychlost musí zajistit s dostatečnou přesností.
- Musí zajišťovat vysoké zrychlení a zpomalení.
- Řeznou rychlost musí zajišťovat bez ohledu na zátěž.
- Pro řezný pohyb musí zajistit potřebný výkon.
- Musí zabezpečit rychlou reverzaci řezného pohybu.
- Musí zabezpečit rychlé zabrzdění pohonu při jeho vypnutí.

Nastavení otáček je možno realizovat dvěma způsoby:

- plynulou regulací otáček
- stupňovitou regulací otáček

#### 7.2.1.1 Hlavní pohony s plynulou regulací otáček

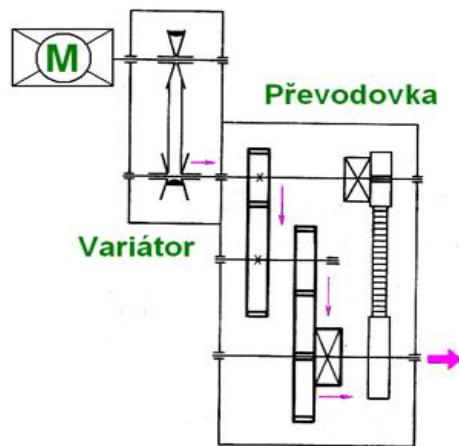
Tato regulace se používá častěji. Plynulá regulace otáček umožňuje nastavení takového počtu otáček, který odpovídá optimální řezné rychlosti. Jsou vhodné všude tam, kde hlavní časy tvoří podstatnou část operačního času. Tyto případy se vyskytují často u těžkých obráběcích strojů nebo u obráběcích

## Konstrukční řešení CNC strojů

strojů, u nichž se dosáhlo zkrácení vedlejších časů mechanizací a automatizací. Jejich součástí bývá elektromagnetická brzda, která zajišťuje okamžité vypnutí hlavního pohonu a tím i hlavního vřeteníku.

Plynulá regulace bývá zajišťována několika způsoby. K nejrozšířenějším způsobům patří:

- Pohon stejnosměrným motorem s tyristorovou regulací** – tato regulace se používá velmi často. Tyto systémy se vyznačují plynulou změnou v širokém rozsahu. Udrží otáčky bez zřetele na zátěž. Mají malé rozměry, malou hmotnost, vysokou účinnost a bezporuchový chod.
- Regulace Ward-Leonardovým soustrojím** – používají se u nejtěžších strojů. Jsou velmi rozměrné, mnohonásobně těžší a mají vyšší pořizovací náklady.
- Regulace hydromotorem nebo asynchronním motorem s frekvenčním měničem** – u CNC strojů se vyskytuje ojediněle.
- Mechanickými řemenovými variátory** – používají se u obráběcích strojů s menšími výkony. Jsou jednoduché, mají malé rozměry a malou hmotnost. Pořizovací cena je nízká, snadná obsluha a jednoduchá údržba. Nevýhodou je možnost prokluzu. Tím se mění velikost otáček a tím i předvolené řezné rychlosti. Hlavní pohon je jedno nebo dvouotáčkový motor, dále přes variátor a převodovku.



7-9 Řemenový variátor

### 7.2.1.2 Hlavní pohony se stupňovitou regulací otáček

Od tohoto způsobu regulace se dnes u CNC strojů upouští. Při stupňovité regulaci se nastaví takový stupeň otáček, jehož otáčky se nejvíce přibližují optimální řezné rychlosti. Nejčastěji se volí nejbližší nižší otáčky, čímž dochází k časovým ztrátám. Tento způsob je vhodné použít především tam, kde hlavní časy jsou proti vedlejším podstatně kratší a ztráta času, která vznikla volbou nižší řezné rychlosti, je zanedbatelná.

Stupňovitá regulace otáček je realizována pomocí převodů řazených spojkami nebo pomocí přesuvných ozubených kol. Pro vytvoření hlavního pohonu se používá dvou nebo tří otáčkových asynchronních elektromotorů.

Nevýhodou tohoto způsobu je nižší účinnost, rozměrná převodovka a těžkopádné řazení rychlostních stupňů.

### 7.2.2 Vedlejší pohony

Kromě hlavních pohonů jsou CNC stroje vybaveny celou řadou vedlejších pohonů. Můžeme je rozdělit do dvou skupin:

## Konstrukční řešení CNC strojů

- pohony posuvů
- pohony všeobecného pohybu a použití, do kterých můžeme zařadit:

- automatickou výměnu nástrojů
- automatickou výměnu obrobků
- pohon pro otáčení revolverové hlavy
- pohon dopravníku třísek apod.

Číslicové řízení obráběcích strojů klade zvýšené požadavky na **pohony posuvů**, které zajišťují správnou rychlost pohybu a nastavení vzájemné polohy mezi nástrojem a obrobkem. Na pohony posuvů jsou kladeny vyšší požadavky, vlastnosti posuvového mechanismu mají výrazný vliv na požadovanou přesnost CNC stroje, řezný výkon a produktivitu.

Základní požadavky kladené na posuvové mechanismy:

- velký rozsah rychlostí řízených pohybových uzlů stroje
- velký výkon zejména u těžších obráběcích strojů
- minimální vůle ve všech částech kinematického řetězce
- maximální tuhost všech pohybujících se částí
- minimální pasivní odpory
- přesné dosažení požadované polohy

Rozdělení servomechanismů:

Servomechanismy můžeme rozdělit podle několika hledisek:

**Podle požadovaného pohybu:**

- stavění souřadnic
- pravoúhlé řízení
- souvislé řízení

**Podle uspořádání:**

- servomechanismy bez zpětné vazby
- servomechanismy se zpětnou vazbou

**Podle způsobu regulace:**

- polohové servomechanismy – se zpětnou vazbou
- rychlostní servomechanismy – bez zpětné vazby

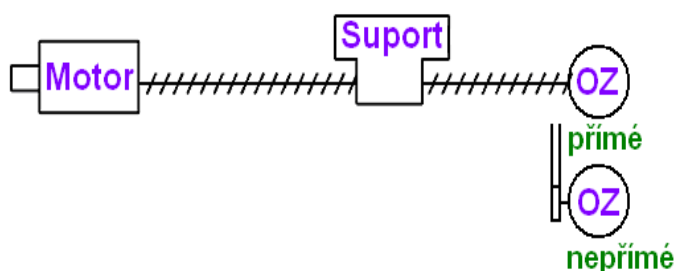
### 7.2.2.1 Pohony posuvů

Pohon posuvu převádí příkazy od regulátoru polohy na pohyb řízené části – nástroje nebo obrobku. Skládá se z posuvového motoru – servomotoru, který přenáší krouticí moment buď přímo přes

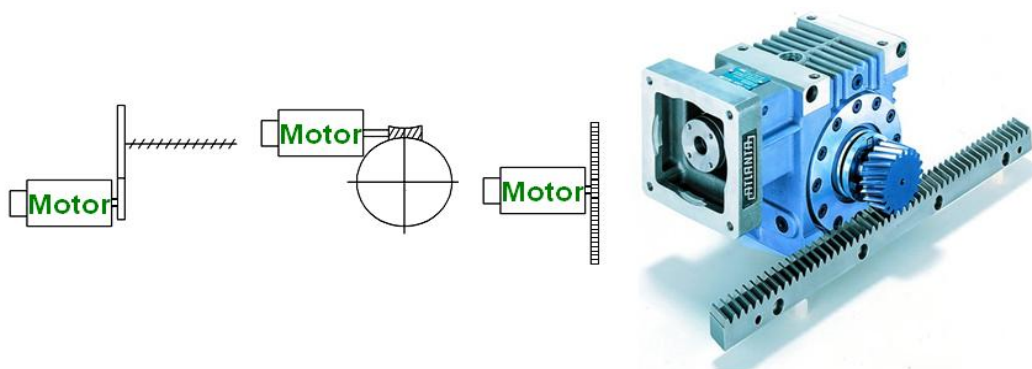


## Konstrukční řešení CNC strojů

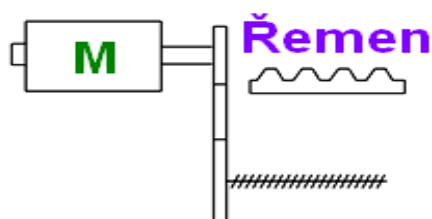
ozubený řemen, nebo přes ozubený převod na šroubový převod tvořený kuličkovým šroubem a maticí. Tento šroubový převod přenáší pohyb otáčivý na posuvný. Většinou se používají servopohony elektrické, méně často hydraulické.



7-10 Přímé propojení motoru a kuličkového šroubu



7-11 Spojení motoru a kuličkového šroubu pomocí ozubených převodů



7-12 Spojení motoru a šroubu pomocí ozubeného řemene

Pohon posuvů je realizován **rychlostním nebo polohovým servomechanismem**.

### Rychlostní servomechanismus

Je určen pro jednodušší řídicí systémy, hlavně pro pravouhlé řízení a stavění souřadnic. Hlavním úkolem tohoto servomechanismu je regulace posuvové rychlosti, udržování nastavené rychlosti nezávisle na zatížení a rychlé zastavení pohonu (snížení dojížděcí rychlosti) při dosažení požadované polohy. Název rychlostní servomechanismus je odvozen od jeho hlavního členu – tachodynamu. Tachodynamo je vestavěno přímo do regulačního pohonu v jednotlivých osách. Slouží ke snímání otáček hnacího motoru a porovnává je s požadovanou hodnotou.

### Polohový servomechanismus

Obsahuje větev polohovou a rychlostní. Má dva regulační obvody:

- polohový regulační obvod
- rychlostní regulační obvod

## Konstrukční řešení CNC strojů

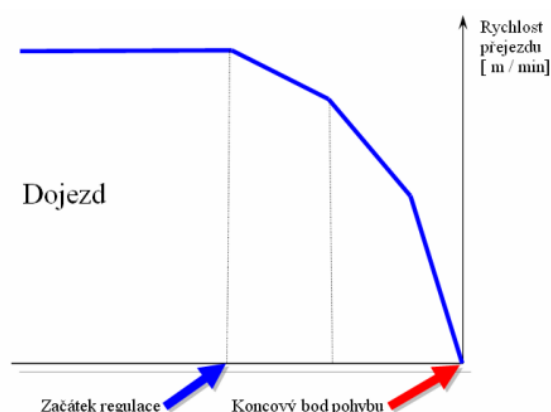
### a) Polohový regulační obvod

Zadané hodnoty souřadnic zpracované v řídicím systému (interpolace, koncový bod, rychlost posuvu) jsou přiváděny jako požadovaná hodnota do regulátoru polohy zvláště pro každou osu. Regulátor polohy zjišťuje rozdíl mezi požadovanou hodnotou a skutečnou hodnotou. Skutečná hodnota je zjišťována odměřovacím zařízením a jako polohová zpětná vazba je předána do regulátoru polohy. Znaménko vzniklé regulační odchylky určuje směr posuvu. Servopohon pohybuje suportem prostřednictvím kuličkového šroubu a matice. Během pohybu suportu se stále zjišťuje systémem odměřování dráhy jeho skutečná hodnota a předává se do polohového regulátoru.

### b) Rychlostní regulační obvod

Pohybující se suport nelze díky své setrvačné hmotě okamžitě zastavit, i když je regulační odchylka nulová. Proto je součástí servomechanismu rychlostní regulátor, který má dva úkoly:

- Udržovat požadovanou posuvovou rychlost
- Snížit posuvovou rychlost od určité velikosti regulační odchylky tak, aby suport dojžděl do koncového bodu téměř nulovou rychlostí



7-13 Princip regulátoru rychlosti

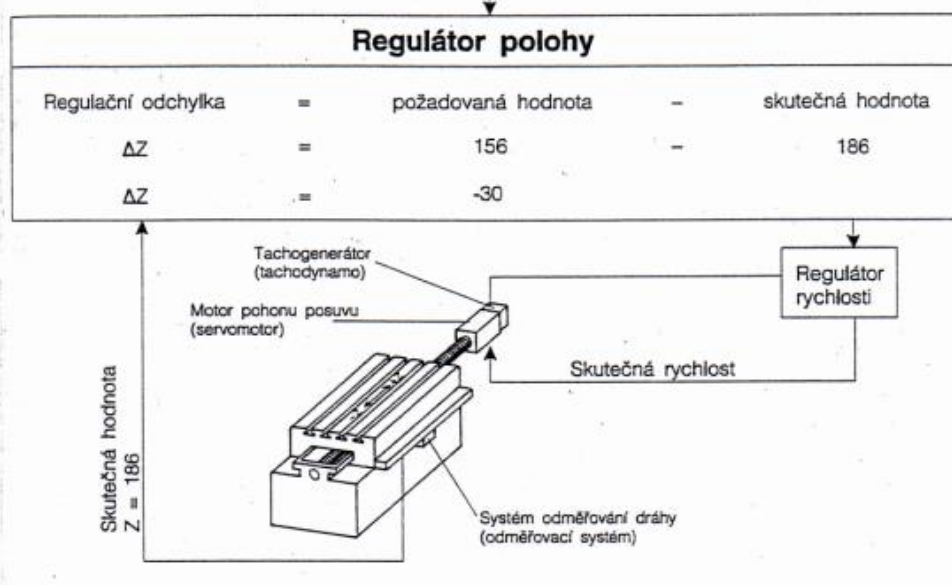
Regulátor rychlosti musí znát regulační odchylku, kterou získává z regulátoru polohy. Podle velikosti této odchylky přizpůsobuje posuvovou rychlost.

## Konstrukční řešení CNC strojů

### Příklad funkce regulátoru polohy

N50 G01 Z 186. F 0.2  
N60 G01 Z 156. F 0.2

Zadání skutečné hodnoty  
Zadání požadované hodnoty

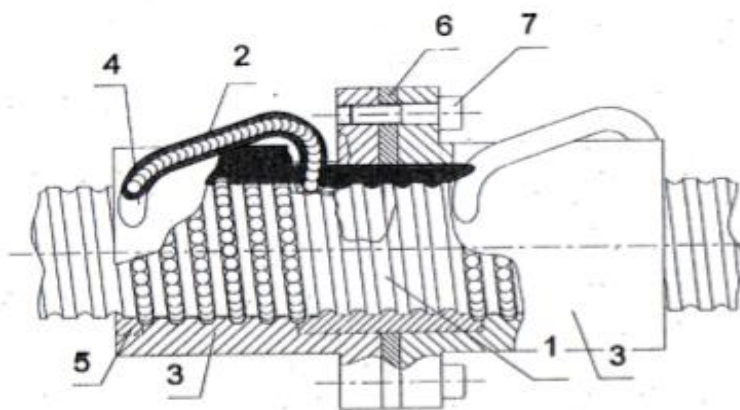


7-14 Polohový regulační obvod

### Kuličkový šroub

Je důležitou částí posuvového mechanismu. Pohyb motoru přenášený pomocí kuličkového šroubu na suport s nástrojem nebo na stůl s obrobkem dává stroji požadovanou přesnost. Přenáší otáčivý pohyb na pohyb přímočarý. Umožňuje přesné a rychlé nastavení polohy. Jsou na něj kladeny zvýšené nároky na tuhost, přesnost a možnost dosažení nízkých pasivních odporů.

V konstrukci číslicově řízených strojů se používá kuličkového šroubu s kuličkovou maticí s předpětím, čímž se dosahuje vyšší tuhosti a tím i přesnosti. Přenos pohybu ze šroubu na matici je nutný bez vůle. K tomu musí být vzájemně nastaveny obě části matice. To je provedeno pomocí dolícovacího kroužku, který rozeprě obě části matice vůči sobě na opačnou stranu. Vzniká zde pouze valivé tření mezi kuličkami, maticí a šroubem. Přenos pohybu mezi šroubem a maticí zprostředkovává určitý počet kuliček, kdy oběh kuliček je veden v uzavřeném cyklu.



7-15 Kuličkový šroub

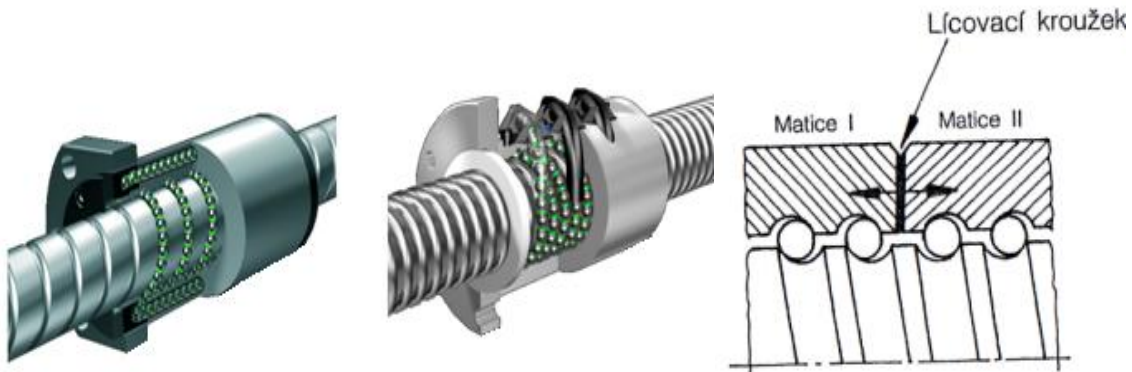
- 1 – kuličkový šroub
- 2 – oběžné kuličky
- 3 – matice
- 4 – zpětný kanál

## Konstrukční řešení CNC strojů

5 – stěrač

6 – lícovací kroužek

7 – spojovací šroub



7-16 Příklady kuličkových šroubů

7-17 Předepnutí matic kuličkového šroubu

Požadavky na konstrukci kuličkových šroubů:

- mají normalizované stoupání 10 mm
- jsou tepelně zpracovány a broušeny
- matice je dvoudílná, má šířku 1,5 – 3 násobek průměru závitu, spolu se šroubem je vyrobena z chromové oceli

Výhody kuličkového šroubu

- minimální tření
- vysoká účinnost – až 95 %
- příkony pohonů mohou být nižší než u klasických pohybových šroubů
- vysoká životnost z důvodu tepelného zpracování jednotlivých komponentů
- trvalá přesnost
- minimální opotřebení a zahřívání
- plynulý pohyb i při nízkých rychlostech
- mazání není nutné, ale doporučuje se

### 7.3 Zařízení pro zpracování informací v řídicím systému

Jak již bylo uvedeno v kapitole 2.2 Oblasti řízení CNC stroje, musí se v řídicím systému zpracovat celá řada informací.

## Konstrukční řešení CNC strojů

### 7.3.1 Geometrické informace

Informace o naprogramované dráze jsou zpracovány v **interpolátoru**. Interpolátor vypočítává hodnoty souřadnic mezi dvěma danými body tak, aby vyhovovaly danému matematickému vztahu. Interpolátor pracuje tak, že obecnou dráhu, kterou má nástroj vykonat, nahrazuje buď krátkými úsečkami, nebo kruhovými, parabolickými nebo jinými křivkami. Pomocí interpolátorů je možno vyrábět obecné tvary v rovině i prostoru. Rychlost interpolace závisí na požadované rychlosti posuvu a na velikosti inkrementu dráhy. Nejčastěji se používá inkrement 0,01 nebo 0,001 mm. Se zmenšujícím se inkrementem se zvětšuje přesnost generované dráhy, ale zvětšují se požadavky na přesnost interpolace. Z interpolátoru jdou příslušné pokyny k polohovým servomechanismům, které sledují zadanou dráhu s požadovanou přesností.

#### Funkční vazby interpolátoru

**Vlastní interpolátor** je součást řídicího systému, který zpracovává zadanou dráhu. Ke své činnosti potřebuje:

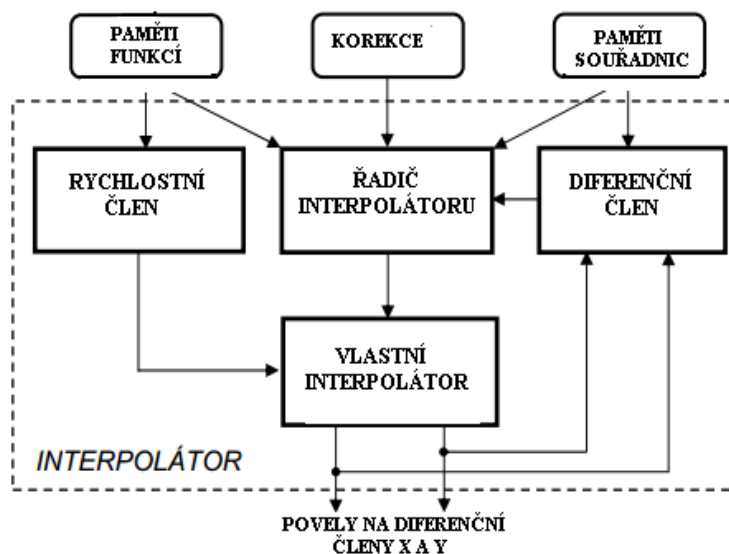
- údaje o souřadnicích
- funkce (posuvové rychlosti)
- údaje o korekcích nástrojů

**Řadič interpolátoru** řídí na základě vstupních informací činnost jednotlivých funkčních bloků interpolátoru a součinnost mezi nimi.

**Diferenční člen** dohlíží na délku vygenerované dráhy (na základě informací z odměřovacího zařízení) v programovaných souřadnicích. Po dosažení koncových bodů přerušuje proces interpolace a vydá povel na přečtení dalšího bloku informací.

**Rychlostní člen** podle velikosti programované posuvové rychlosti určuje frekvenci výpočtů (rychlost pohybu), které probíhají v interpolátoru.

**Členy x a y** jsou vypočtené dráhy v jednotlivých souřadnicových osách.



7-19 Funkční vazby interpolátoru



## Konstrukční řešení CNC strojů

### Druhy interpolátorů

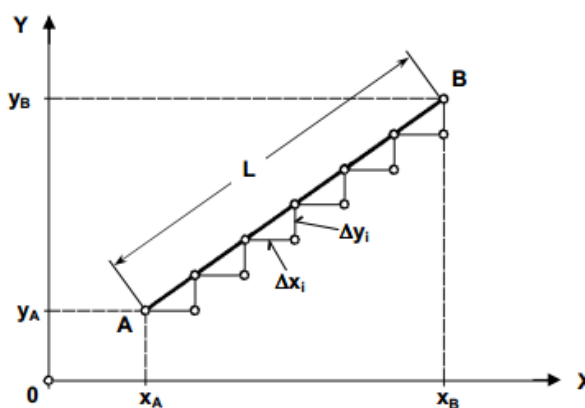
Podle dráhy, kterou interpolátor zpracovává v jednotlivých souřadnicových osách mezi dvěma zadanými body, je můžeme rozdělit do těchto skupin:

- lineární – přímkový pohyb
- kruhový – pohyb po kruhovém oblouku
- parabolický – pohyb po parabole

#### Lineární interpolátor

Úkolem tohoto interpolátoru je nalezení mezihodnot, které leží na přímce mezi počátečním bodem **A** a koncovým bodem **B**. Dráhu z bodu **A** do bodu **B** vytváří interpolátor pod určitým úhlem při určitých přírůstcích (inkrementech) požadovanou posuvovou rychlostí. Inkrement je skok, jímž se pohybuje odměřovací zařízení. Interpolátor negeneruje dráhu plynule, ale pomocí přírůstků formou pulsů. Jeden inkrement je nejmenší odměřitelná a naprogramovatelná dráha. Mezihodnoty jsou schodovité čáry, které dráhu aproximují – nahrazují.

Při programování této interpolace se využívá přípravná funkce **G01**.



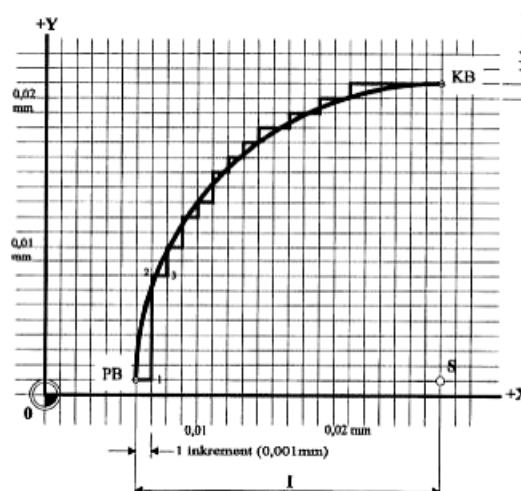
7-20 Lineární interpolace

#### Kruhový interpolátor

Kruhový interpolátor pracuje podobně jako interpolátor lineární, nalezené mezihodnoty neleží na přímce, ale na kruhovém oblouku.

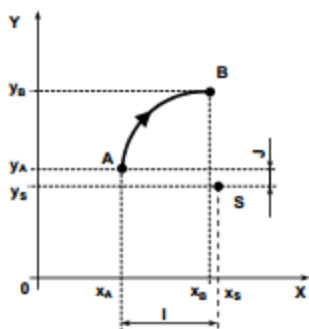
Nástroj se pohybuje po kruhové dráze naprogramované posuvovou rychlostí do koncového bodu. Pohyb může být uskutečněn:

- ve směru pohybu hodinových ručiček – přípravná funkce **G02**
- proti směru pohybu hodinových ručiček – přípravná funkce **G03**

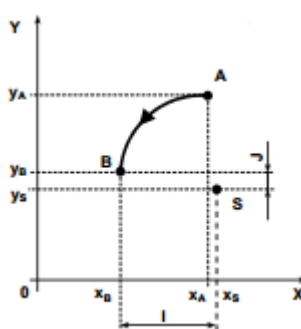


7-21 Kruhový interpolátor

## Konstrukční řešení CNC strojů



7-22 Kruhová interpolace ve směru hodinových ručiček



7-23 Kruhová interpolace proti směru hodinových ručiček

### 7.3.2 Technologické a pomocné informace

Řídicí systém musí zpracovávat nejenom informace o geometrii pohybu, ale i o jeho posuvových rychlostech na otáčku nebo za časovou jednotku, chlazení a jeho typu apod. Řídicí systém musí řešit i další pomocné informace – logické vztahy mezi ovládacími povely a signály ze stroje, které hlásí stav jednotlivých mechanismů, např.:

- 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 atd.

### 7.4 Odměřovací zařízení

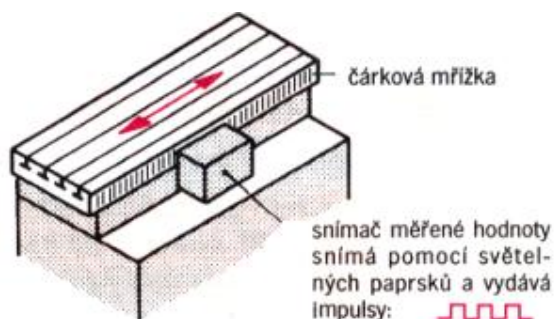
Je důležitou částí CNC stroje, do značné míry ovlivňuje jeho výslednou přesnost. Zajišťuje okamžitou polohu stolu nebo suportu. Každá osa musí mít vlastní odměřovací zařízení, které hlásí regulátoru polohy – diferenčnímu členu okamžitou skutečnou polohu. Do diferenčního členu vstupují informace z výpočetní části řídicího systému o požadovaných pokynech ve tvaru řídicích inkrementů. Diferenční člen porovnává pulsy přicházející z odměřovacího zařízení s naprogramovanou dráhou a v případě shody vydá povel k přečtení další informace. Z diferenčního členu vystupují informace pro servomechanismy. Přesnost odměřovacího zařízení je dána nejmenší délkou, o kterou se může řízený člen posunout, aby odměřovací zařízení vydalo 1 puls – 1 inkrement.

Odměřovací zařízení můžeme rozdělit podle několika hledisek:

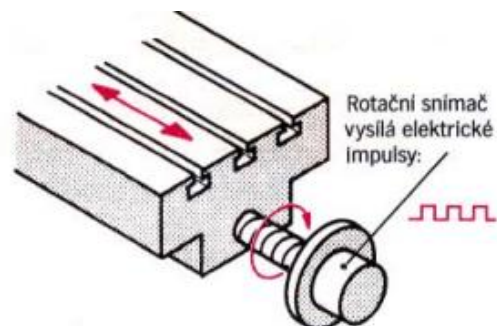
#### 1. Podle umístění odměřovacího zařízení

- **Přímé odměřování** – zařízení je umístěno přímo na pohybujících se uzlech stroje (např. suportu, stolu). Proto se vyznačuje vyšší přesností, protože závisí jen na přesnosti snímání z měřítka. K nevýhodám patří vyšší pořizovací cena. Používá se u přesných strojů (souřadnicové vrtačky, vyvrtávačky, některá obráběcí centra).
- **Nepřímé odměřování** - snímač polohy je umístěn na kuličkovém šroubu buď přímo, nebo na převodu s ním. Dráha se odměřuje nepřímo a závisí na pootočení kuličkového šroubu nebo jeho převodu. Výhodou tohoto systému je jednoduchost a z toho plynoucí nižší pořizovací cena. Nevýhodou je, že nepřesnosti pohonu, kuličkového šroubu, převodu i silových účinků na snímač polohy se přenáší do vlastního měření. Přesto je tento způsob značně rozšířený.

## Konstrukční řešení CNC strojů



7-24 Přímé odměřování



7-25 Nepřímé odměřování

### 2. Podle principu práce odměřovacího zařízení

- **Analogový způsob odměřování** – odměřovaná veličina je vyjádřena jinou fyzikální veličinou. Do této skupiny se řadí odměřování:
  - impulzní
  - fázové
  - laserové
  - krokovými motory
- **Digitální (číslicový) způsob odměřování** – dráha je vyjádřena ve skocích odpovídajících inkrementům, např. dvě sousední hodnoty se liší o 1 inkrement (např. 0,001 mm).

### 3. Podle charakteru informací předávaných odměřovacímu zařízení

- **Absolutní** – odměřuje se absolutní poloha souřadnice vztažená k pevnému výchozímu bodu. Výhodou absolutního odměřování je jeho nedestruktivnost, to znamená, že údaj o poloze si odměřovací zařízení ponechá i při výpadku napájecího napětí.
- **Přírůstkové (inkrementální)** – odměřuje se pouze přírůstek dráhy. Poloha pohyblivé části stroje je udána pouze vzdáleností od předchozí polohy. Na rozdíl od předcházejícího způsobu je destruktivní.
- **Cyklicky-absolutní** – odměřuje se absolutní hodnota v rozsahu jedné odměřovací zóny, která je zpravidla dána jednou otáčkou nebo určitým posuvem odměřovacího zařízení.

### 4. Podle konstrukčního provedení

- Lineární
- Rotační
- Kombinované

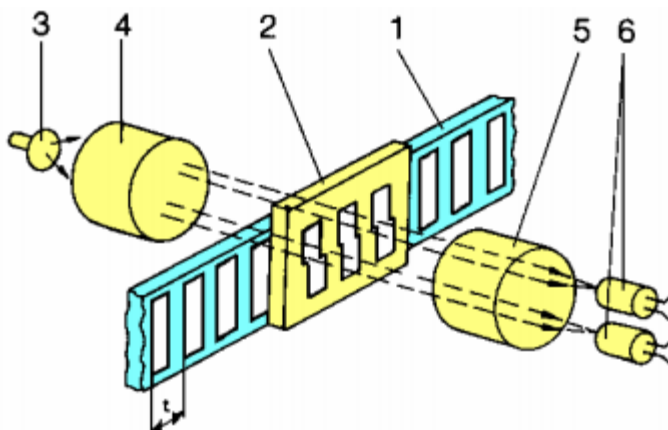
Příklady nejrozšířenějších typů odměřovacích zařízení v konstrukci číslicově řízených strojů:



## Konstrukční řešení CNC strojů

### 7.4.1 Přímé impulsní odměřovací zařízení lineární

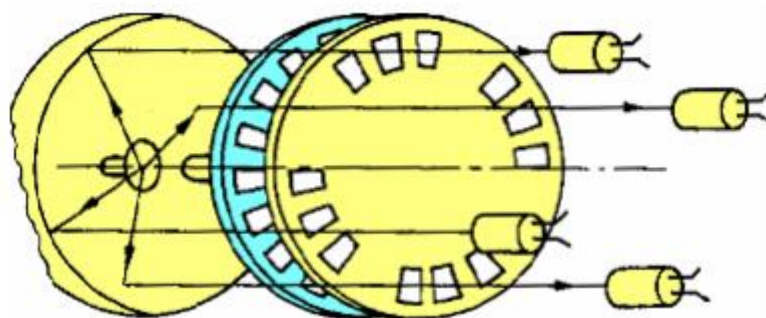
Světlo ze zdroje (3) prochází přes čočky (4) na pevné skleněné pravítko (1) a jezdec (2). Na pravítku i jezdcí jsou světlá a tmavá místa ve formě rysek. Skleněné pravítko je připevněno k pevné části stroje. Délka pravítka musí odpovídat rozsahu měření. Jezdec je připevněn k pohyblivé části stroje a pohybuje se společně se zdrojem a fotosnímačem (6). Následkem překrývání světlých a tmavých polí při vzájemném pohybu jezdce a pravítka se mění intenzita světla dopadajícího na fotosnímač, ve kterém vznikají impulsy. Ty se dále zpracovávají v řídicím systému. Pro rozlišení smyslu pohybu se používají políčka rozdělená na dvě části vzájemně posunutě o čtvrtinu rozteče. Snímání probíhá ve dvou fotosnímačích a tím se získávají dva signály. Podle toho, zda se jeden vůči druhému předbíhá nebo zpožďuje, je možné určit smysl pohybu.



7-26 Přímé impulsní odměřovací zařízení

### 7.4.2 Nepřímé impulsní odměřovací zařízení rotační

Měřítka má tvar skleněného kotouče s velkým množstvím světlých a tmavých polí. Na kotouč přicházejí světelné paprsky od světelného zdroje přes objektiv a dopadají štěrbinami pevného kotouče na fotosnímač. Úhel natočení kotouče je úměrný velikosti dráhy. Při otáčení kotouče jsou štěrbinami pevného kotouče střídavě zakrývány tmavými a odkrývány světlými ryskami. Tím se mění intenzita osvětlení fotosnímačů. Vznikají elektrické impulsy. Jeden impuls odpovídá pootočení kotouče o jednu rysku. Pro rozlišení smyslu jsou štěrbinami na pevném kotouči posunuty o čtvrtinu rozteče. Princip je stejný jako u lineárního měřítka. Má-li otočný kotouč 250 rysek, získá se při čtyřnásobném elektrickém zvětšení celkem 1000 impulsů. Při stoupání vodícího šroubu 10 mm se získá setinový inkrement 0,01 mm.



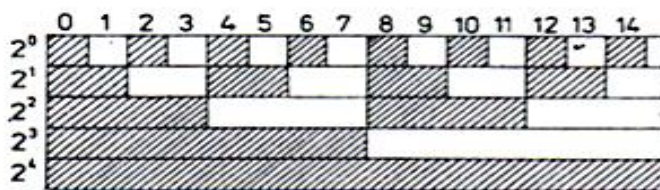
7-27 Nepřímé impulsní odměřovací zařízení

## Konstrukční řešení CNC strojů

### 7.4.3 Přímé absolutní číslicové odměřovací zařízení

Jako odměřovací element se používá měřítko s kódovanou stupnicí. Používá se binární nebo Grayův kód. Počet stop (řádků pod sebou) závisí na odměřované délce. Pro každou stopu je jeden snímač. Snímání probíhá pro každou stopu samostatně, počet snímačů závisí na počtu stop. Výhodou tohoto zařízení jsou spolehlivé výsledky, nevýhodou je nákladnější výroba, hlavně pro větší zdvihy. V těchto případech je lepší je nahrazovat kotouči.

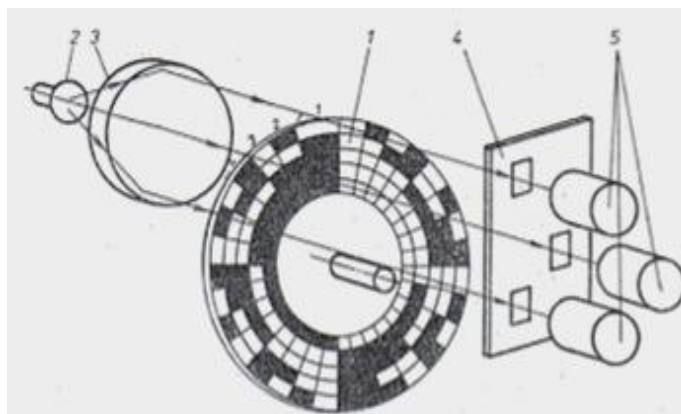
Na obrázku je znázorněno binární měřítko, obvykle bývá 2 až 20 měřitek nad sebou. První měřítko vyjadřuje čísla pomocí nultého řádu, druhé měřítko pomocí prvního řádu atd. Snímání probíhá v každém měřítku samostatně a výsledky se sečtou. Měřítka dávají v libovolné poloze absolutní signál o absolutní vzdálenosti.



7-28 Binární kódované měřítko

### 7.4.4 Nepřímé číslicové absolutní odměřovací zařízení

Měřítka jsou nahrazena skleněným kódovacím kotoučem (1) pro nepřímé odměřování. Kotouč musí být vyroben tak, aby jedna otáčka odpovídala maximálnímu zdvihy. Stupnice nultého řádu je umístěna na vnějším okraji kotouče, kde je nejdelší obvod. Umístění ostatních řádů je provedeno jako u binárního lineárního měřítka. Světelný paprsek je veden od zdroje světla (2) přes optickou soustavu (3) na kódovaný kotouč, dále na clonu (4) a do fotosnímačů (5). Na fotosnímačích vznikají impulsy, které jsou vedeny přes elektrické zesilovače řídicího systému k dalšímu zpracování. Každá stopa má svůj fotosnímač. Pro větší odměřované délky se řadí více převodovaných kotoučů za sebou.

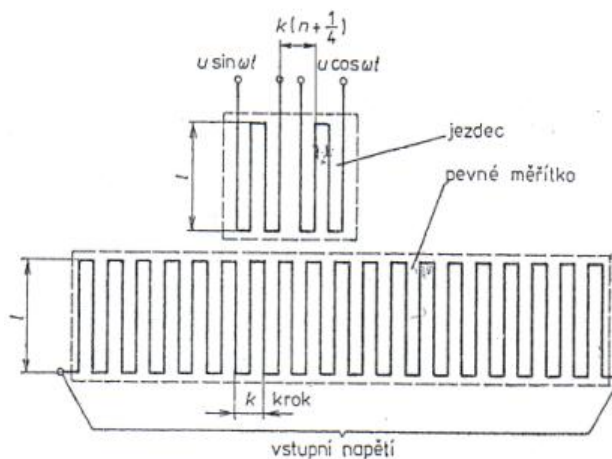


7-29 Nepřímé číslicové absolutní odměřování

## Konstrukční řešení CNC strojů

### 7.4.5 Induktosynové odměřovací zařízení

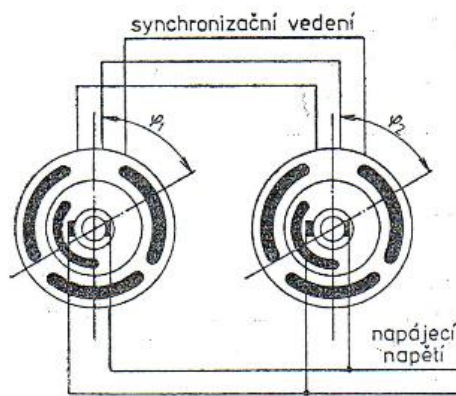
Bývá lineární a rotační. Induktosyn je v podstatě polohový transformátor, který má obě vinutí rozložena v rovině. Závity jsou vedle sebe nejčastěji vyleptány na dvou nemagnetických deskách. Pohyblivá deska je spojena se stolem (jezdec). Pevná deska je spojena s rámem (pravítko). Obě desky mají stejnou rozteč a stejnou výšku závitů. Jezdec se pohybuje přímočaře nad měřítkem. Má dvě vinutí, která jsou proti sobě posunuta o  $\frac{1}{4}$  rozteče (aby systém mohl vyhodnocovat směr pohybu). Vinutí jezdece je napájeno proudem o kmitočtu 2 kHz. Při pohybu stolu se indukují napětí do měřítka, získaný signál se elektronicky vyhodnocuje a získané impulsy jsou úměrné ujeté dráze.



7-30 Polohové uspořádání induktosynu

### 7.4.6 Selsynové odměřovací zařízení

Selsyn je točivý elektrický stroj, který se podobá synchronnímu motoru nebo generátoru. Selsyny, na rozdíl od motoru, pracují tehdy, kdy se netočí rotor. Pro odměřování se používají dva selsyny, jejichž rotory se začnou otáčet s určitým fázovým zpožděním, které je signálem odměřované dráhy.



7-31 Příklad zapojení selsynu

## Konstrukční řešení CNC strojů

### 7.5 Systémy automatické výměny nástrojů

U konvenčních strojů probíhá výměna nástrojů ručně v požadované posloupnosti. Číslicové řízení řeší problém automatické výměny nástrojů z důvodu zkrácení vedlejších časů a tím zvýšení produktivity obrábění.

Systémy automatické výměny nástrojů mají za úkol u číslicově řízených obráběcích strojů během automatického pracovního cyklu vyměnit, upnout a správně nastavit potřebný nástroj do výchozí pracovní polohy.

Základní požadavky kladené na systémy automatické výměny nástrojů:

- čas na výměnu nástrojů musí být co nejkratší
- nosič nástrojů musí být dostatečně tuhý
- zásobník musí mít velkou kapacitu a nesmí být náročný na prostor
- systém nesmí omezovat pracovní prostor a nesmí ohrožovat obsluhu
- systémy musí být jednoduché a spolehlivé

Základní rozdělení systémů podle použitého zásobníku:

- Systémy s nosnými zásobníky
- Systémy se skladovacími zásobníky
- Systémy kombinované

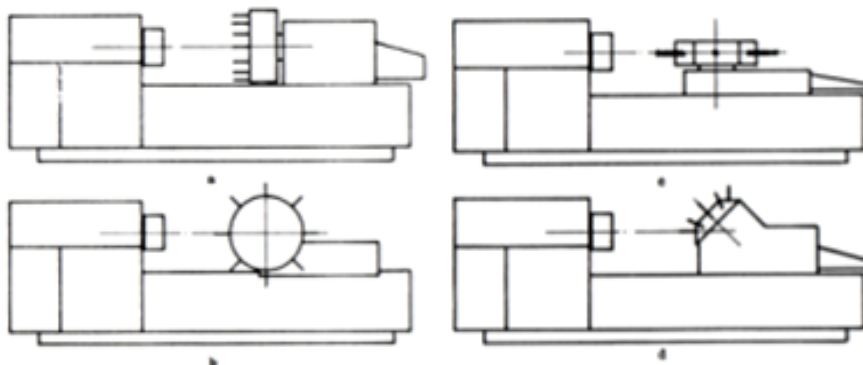
#### 7.5.1 Systémy s nosnými zásobníky

Hlavní částí tohoto systému je zásobník nástrojů, který přenáší řezné síly. Nemá velký počet nástrojových míst, má malé rozměry a je umístěn přímo na stroji. U systému se provádí výměna jednotlivých nástrojů. Nástroje jsou pevně upnuty v hlavě a vykonávají vedlejší pohyby. Hlavní pohyb koná obrobek. Systémy s nosnými zásobníky můžeme rozdělit do dvou skupin:

- 1) **Nožové hlavy** – jsou většinou pro 4 nástroje, osu otáčení mají vodorovnou nebo svislou. Vodorovná osa může být rovnoběžná nebo kolmá k ose soustružení.
- 2) **Otočné nástrojové revolverové hlavy** – nástroje jsou pevně upnuty v hlavě a konají pouze vedlejší pohyby, hlavní řezný pohyb koná obrobek. Používají se hlavně u NC soustruhů. Podle polohy osy hlavy vzhledem k rovině příčných saní je můžeme rozdělit:
  - s osou rovnoběžnou s příčnými saněmi suportu pohybujícím se podélně
  - s osou rovnoběžnou s příčnými saněmi suportu pohybujícím se příčně
  - s osou kolmou k příčným saním suportu
  - s osou k těmto saním šikmou



## Konstrukční řešení CNC strojů



7-32 Příklady revolverových hlav

Výhody:

- jednoduchost konstrukce – malá poruchovost, malé investiční náklady
- kratší čas výměny nástroje
- malá půdorysná plocha
- snadná obsluha a údržba

Nevýhody:

- omezený počet nástrojů
- větší zatížení suportu nebo vřeteníku
- horší odvod třísek
- větší možnost kolize mezi nástrojem a obrobkem



7-33 Systém s nosným zásobníkem

### 7.5.2 Systémy se skladovacími zásobníky

Tyto zásobníky mají pouze skladovací funkci, nepřenášejí řezné síly, nástroj se musí do pracovní polohy přemístit. Provádí se výměna samostatných nástrojů nebo celých vřeten s nástroji. Pro práci s nástroji je třeba nejdříve nástroj vyjmout ze zásobníku a vsadit do vřetená (u strojů, kde hlavní řezný pohyb vykonává nástroj) nebo na nosič nástroje (u strojů, kde hlavní řezný pohyb vykonává obrobek).

Systémy se skladovacími zásobníky můžeme rozdělit podle několika hledisek:

#### 1. Podle konstrukce

- Hvězdicové
- Bubnové
- Řetězové
- Kotoučové (deskové)

## Konstrukční řešení CNC strojů

### 2. Podle počtu nástrojových míst

- **Maloobjemové** – mají kapacitu 20 až 40 nástrojových míst, nástroje jsou umístěny v některé části stroje (vřeteník, sloup apod.). Jsou uspořádány jako revolverové hlavy nebo bubny s mnoha nástrojovými místy. Jsou uloženy radiálně, kuželovitě nebo rovnoběžně k ose vřetena.
- **Velkoobjemové** – mají kapacitu 50 až 150 i více nástrojových míst, nástroje jsou umístěny mimo stroj na zvláštní konstrukci, čímž se zvětší půdorysná plocha. Jejich řešení je bubnové, řetězové nebo kotoučové.



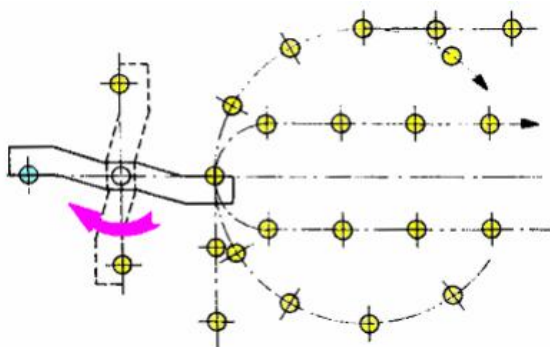
7-34 Maloobjemový zásobník



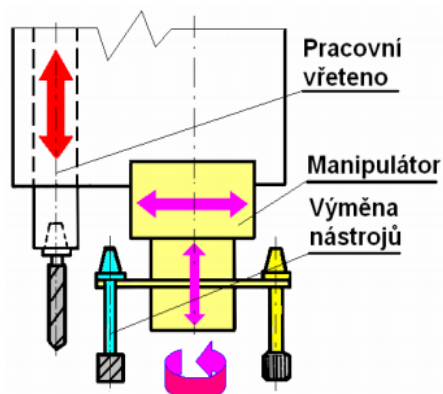
7-35 Velkoobjemový zásobník

### 3. Podle cesty, kterou vykonává nástroj ze zásobníku do vřetene

- Systém zásobník – vřeteno
- Systém zásobník – podavač – vřeteno
- Systém zásobník s vyklápěním – podavač – vřeteno
- Systém zásobník – dopravní manipulátor – podavač – vřeteno
- Systém zásobník – podavač – dvouvřetenová nebo dvoupolohová hlava



7-36 Zásobník s podavačem



7-37 Nástrojový manipulátor



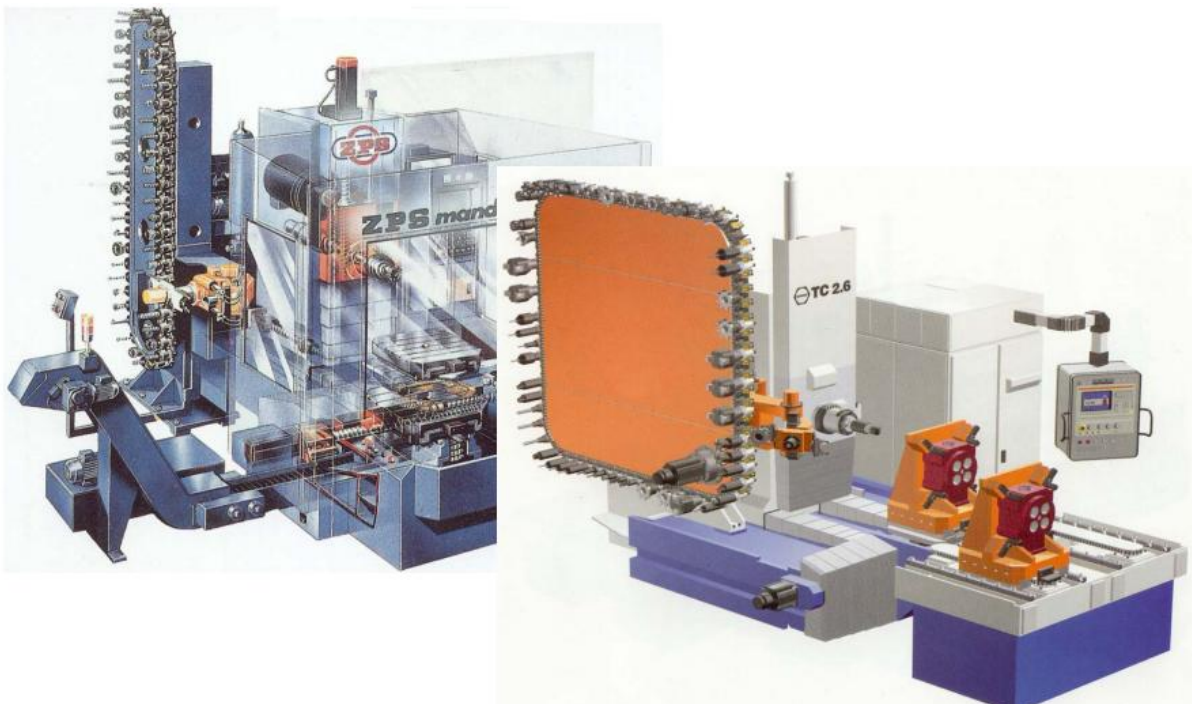
## Konstrukční řešení CNC strojů

### Výhody:

- možnost skladování velkého počtu nástrojů
- dosažení velmi krátkých časů
- možnost výměny opotřebovaného nástroje během automatického cyklu stroje
- možnost doplňování nástrojů během automatického cyklu stroje
- snadnější sestavování programu
- snadnější změna nástrojového obsazení změně výrobního programu

### Nevýhody:

- komplikovanější a rozměrnější konstrukce systémů
- nákladnější výroba systémů
- větší možnost poruch
- složitější a náročnější obsluha, údržba a oprava
- požadavek jednotnosti nástrojových držáků



7-38 Příklady skladovacích zásobníků

## Konstrukční řešení CNC strojů

### 7.5.3 Systémy kombinované

Je to vlastně kombinace dvou předchozích typů automatické výměny nástrojů. Zpravidla mají jednu nebo více nástrojových či vřetenových hlav a jeden nebo více zásobníků. Jako příklad je možno uvést příklad s jedním zásobníkem s čistě skladovací funkcí a jednou vřetenovou revolverovou hlavou, která přenáší řezné síly. V revolverové hlavě se mění nástroje v určitých pozicích, v dalších místech jsou pevně upnuty nástroje, které jsou buď moc rozměrné, nebo se používají často a na krátké operace a výměna by se tedy časově nevyplácela.

### 7.6 Systémy automatické výměny obrobků

Systémy automatické výměny nástrojů slouží u CNC strojů ke zkrácení vedlejších časů, k odstranění lidského činitele z výrobního procesu, k vyššímu využití strojů a k vyšší produktivitě práce. Výměna, upnutí a ustavení obrobku se provádí převážně mimo stroj během pracovního cyklu.

Způsob manipulace s obrobkem je volen podle jeho rozměrů a hmotnosti. U malých a rotačních obrobků se obvykle manipuluje přímo s obrobkem. Malé a středně velké nerotační obrobky jsou obvykle upínány na technologickou paletu. Těžké obrobky jsou upínány vždy na paletu a do stroje jsou zakládány pomocí jednoúčelového manipulátoru.

Rozdělení systémů automatické výměny obrobků:

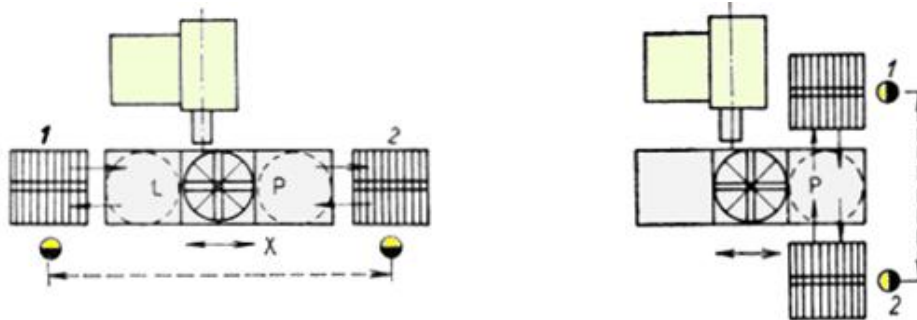
#### 7.6.1 Systémy AVO s paletami

Použití palet je vhodné u obrobků skříňovitého a plochého tvaru a dále u rozměrnějších rotačních plochých součástí a přírub. Upnutí obrobku na paletu musí být provedeno rychle a správně, musí zajistit, aby obrobek byl správně usazen, musí správně přenášet řeznou sílu a přitom nesmí deformovat obrobek. Také nesmí bránit v přístupu k obráběným plochám, např. nástrojům, odstraňování třísek apod.

Obrobek je zpravidla upínán na paletu mimo pracovní prostor stroje během práce stroje. Samotná výměna palet je tak realizována automaticky bez zásahu lidského činitele.

Tyto systémy je možno rozdělit do několika skupin:

1. **Systém s dvěma paletami** - po dokončení obrábění na jednom obrobku přejede stůl do krajní polohy a upínací zařízení uvolní paletu, která je potom vysunuta s hotovým obrobkem na volný první manipulační stůl. Prázdný stůl přejede do opačné krajní polohy, kde na

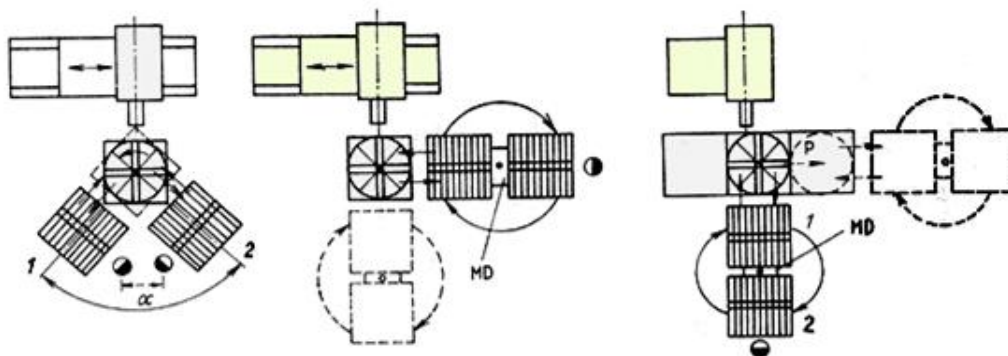


7-39 Systém AVO s 2 paletami

## Konstrukční řešení CNC strojů

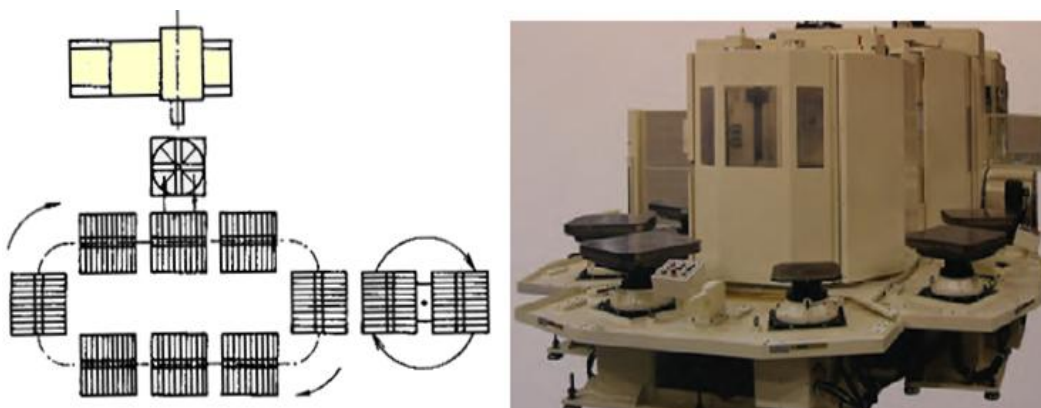
druhém manipulačním stole je připraven na druhé paletě nový obrobek, paleta je přesunuta manipulačním zařízením na stůl stroje a upnuta.

2. **Systém s otočným dvoustolem** - výhodou těchto systémů je, že se obsluha palet provádí stále z jednoho místa a že pracovní stůl stroje ve většině případů nevykonává žádné manipulační pohyby.



7-40 Systém AVO s otočným dvoustolem

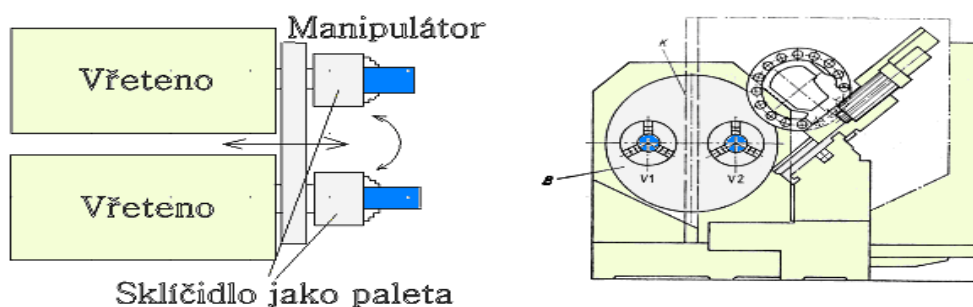
3. **Systém se zásobníkem palet** – palety bývají přes operační paletu vkládány do pracovního prostoru a vyjímány z něj. Je zde větší volnost obsluhy a možnost provádět i vícestrojovou obsluhu.



7-41 Systém AVO se zásobníkem palet

4. **Systém s paletami pro rotační součásti** - paleta nahrazuje sklíčidlo, po ukončení pracovního cyklu otočí manipulátor součást i se sklíčidlem

## Konstrukční řešení CNC strojů



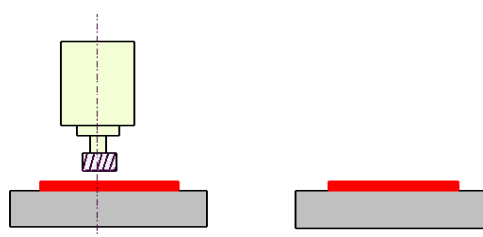
7-42 Systém AVO pro rotační součásti

### 7.6.2 Systémy AVO bez palet

U těchto systémů se nepoužívají palety, obrobek je vyměňován přímo na pracovním stole stroje nebo v upínači vřetena. Tyto systémy se mohou objevovat u strojů se dvěma a více vřeteny či pracovními stoly.

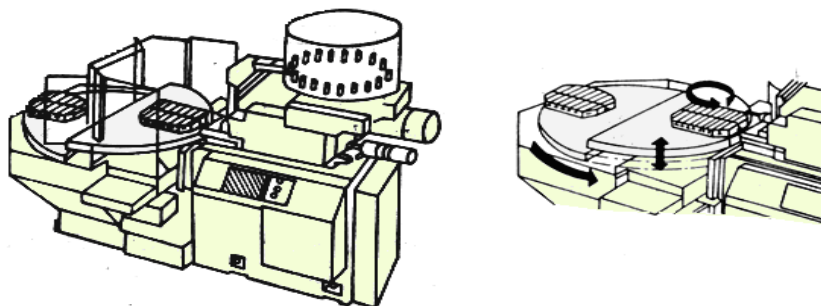
Tyto systémy je možno rozdělit do těchto skupin:

1. **Systém s dvěma pracovními stoly** – výměna probíhá v blízkosti pracovního prostoru. Tímto je snížena bezpečnost práce, může dojít ke kolizi mezi nástrojem a obrobkem.



7-43 Systém AVO s 2 pracovními stoly

2. **Systém s otočným pracovním dvoustolem** – na prvním obrobku se pracuje, druhý obrobek je vyměňován přímo na stole. Vedlejší časy jsou zkráceny na minimum.

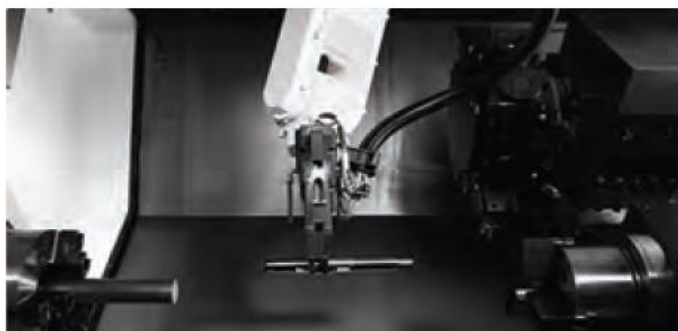
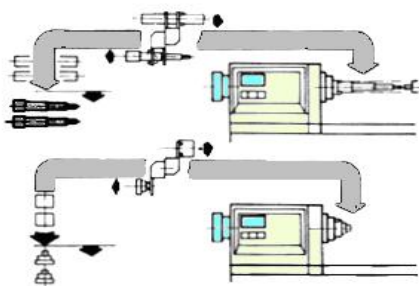


7-44 Systém AVO s dvoustolem

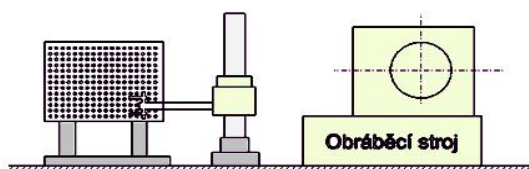
3. **Systém s robotem nebo manipulátorem** - tyto systémy se dříve výhradně používaly u strojů s jedním vřetenem nebo pracovním stolem převážně pro rotační obrobky malé a střední velikosti. Dnes se stále častěji používají i pro manipulaci skříňových obrobků a palet.



## Konstrukční řešení CNC strojů



7-45 Systém AVO s manipulátorem



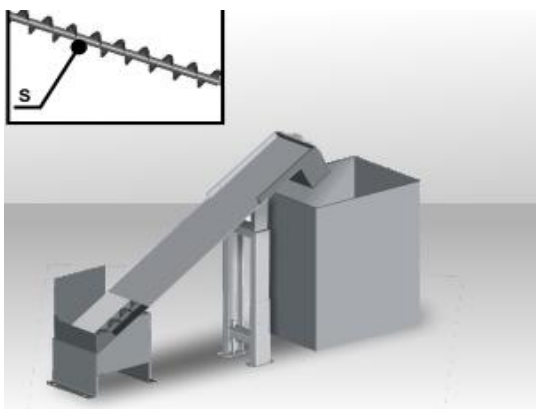
7-46 Systém AVO s robotem

### 7.7 Zařízení pro odvod třísek

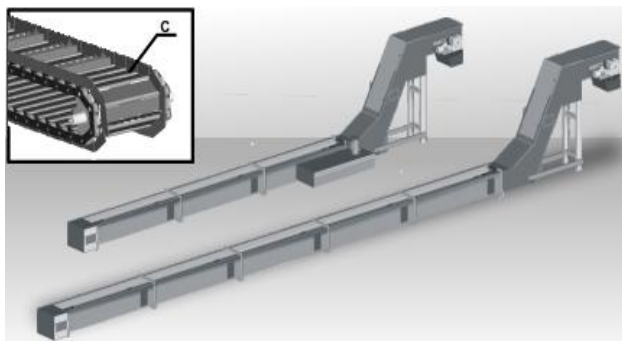
Z pracovního prostoru CNC stroje je nutno snadno odstranit třísky. Odstraňování třísek z pracovního prostoru je obtížný problém nejen proto, že jich vzniká velké množství, ale i proto, že je prakticky nemožné dosáhnout lámavé třísky. Stroje pracují s různými nástroji, často se seřizují na různé dílce, a není tedy hospodárné věnovat čas na nastavení takových řezných podmínek, při kterých by vznikla výhradně tříška lámavá. Stroje jsou řešeny tak, aby se třísky nehromadily na jejich jednotlivých částech.

Odvod třísek se provádí pomocí různých dopravníků. Automatické odstraňování třísek je nutné rovněž z hlediska zdroje teploty, protože hrozí teplotní dilatace stroje a obrobku. To ovlivňuje výslednou přesnost výroby. Konstrukce stroje bývá řešena tak, aby se zamezilo hromadění třísek v pracovním prostoru. Proto se často dělají lože šikmá se skluzu, také se provádí odstraňování třísek pomocí kapaliny. Transport třísek ze stroje do třískových dopravníků se provádí pásovým nebo šnekovým dopravníkem. Třískovým dopravníkem, na kterém dochází k odloučení řezné kapaliny od třísek, jsou třísky dopravovány do zásobníků třísek. Z důvodu snížení objemu třísek jsou na konce dopravníků montovány drtiče třísek. Třískový dopravník může být hrablový, článkový, pásový nebo magnetický.

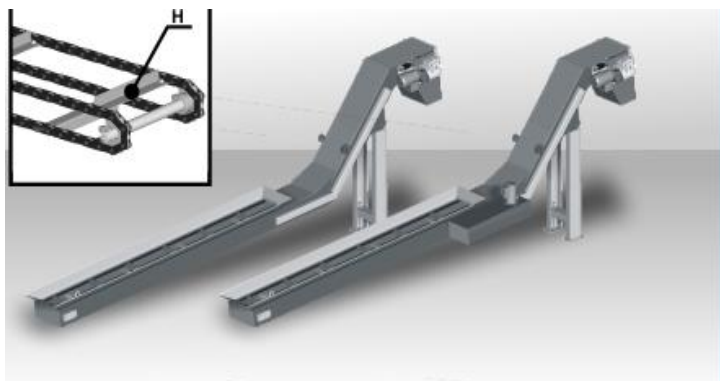
## Konstrukční řešení CNC strojů



7-47 Šnekový dopravník třísek



7-48 Článekový dopravník třísek



7-49 Hrablový dopravník třísek



### Kontrolní otázky:

#### Kapitola 7.1.

1. Vyjmenujte konstrukční znaky CNC stroje.
2. Jaké požadavky jsou kladeny na hospodárny provoz CNC strojů?
3. Jaké požadavky musí splňovat konstrukce loží a rámců CNC strojů?
4. Jak jsou vyrobeny lože a rámy CNC strojů, jaké jsou použity materiály?
5. Jaké požadavky jsou kladeny na vodicí plochy?
6. Vyjmenujte druhy vedení.
7. Charakterizujte a popište kluzné vedení.
8. Charakterizujte a popište valivé vedení.
9. Které znáte druhy valivých vedení?
10. Co je to hydrostatické vedení a jaké má vlastnosti?

#### Kapitola 7.2.

1. Které znáte druhy hlavních pohonů?
2. Jaké funkce zajišťují hlavní pohony?
3. Jak je realizováno nastavení otáček hlavních pohonů?
4. Popište hlavní pohony s plynulou regulací otáček.



## Konstrukční řešení CNC strojů

5. Popište hlavní pohony se stupňovitou regulací otáček.
6. Vyjmenujte druhy vedlejších pohonů.
7. Které požadavky jsou kladeny na pohony posuvů?
8. Vysvětlete princip pohonu posuvů.
9. Co je to rychlostní servomechanismus, vysvětlete jeho princip.
10. Popište obvody polohového servomechanismu.
11. Vysvětlete výhody a požadavky kladené na kuličkový šroub.
12. Popište konstrukci kuličkového šroubu.

### Kapitola 7.3.

1. Které druhy informací se zpracovávají v řídicím systému CNC stroje?
2. Vysvětlete princip interpolátoru.
3. Vysvětlete funkční vazby interpolátoru.
4. Které znáte druhy interpolátorů?
5. Vysvětlete princip lineární interpolace, jak se označuje v programu?
6. Vysvětlete princip kruhové interpolace, jak se označuje v programu?
7. Uveďte příklady technologických a pomocných informací v programu.

### Kapitola 7.4.

1. Popište činnost odměřovacího zařízení.
2. Rozdělte odměřovací zařízení podle různých hledisek.
3. Vysvětlete rozdíl mezi přímým a nepřímým odměřovacím zařízením.
4. Popište princip impulsního odměřovacího zařízení.
5. Popište princip absolutního číslicového odměřovacího zařízení.
6. Co je to indukční a jak pracuje?
7. Co je to selsyn a jak pracuje?

### Kapitola 7.5.

1. Jaký je účel systémů automatické výměny nástrojů?
2. Vyjmenujte požadavky kladené na systémy automatické výměny nástrojů.
3. Proveďte základní rozdělení systémů automatické výměny nástrojů.
4. Jaký je rozdíl mezi systémem s nosným a skladovacím zásobníkem?
5. Jaké jsou výhody a nevýhody obou předcházejících systémů?
6. Co je to revolverová hlava a jak je konstrukčně řešena?
7. Jak jsou konstrukčně řešeny skladovací zásobníky?
8. Porovnejte velkoobjemový a maloobjemový zásobník.
9. Vyjmenujte druhy skladovacích zásobníků podle cesty nástroje ze zásobníku do vřetena.

### Kapitola 7.6.

1. Jak je řešen systém automatické výměny obrobků?
2. U jakých obrobků se používají systémy automatické výměny obrobků s paletami?
3. Které znáte druhy systémů automatické výměny obrobků s paletami?
4. Popište druhy systémů automatické výměny obrobků bez palet.

### Kapitola 7.7.

1. Jaký účel plní zařízení pro odvod třísek?
2. Jaké dopravníky se používají pro odvod třísek?

## Upínání obrobků na CNC strojích

### 8 Upínání obrobků na CNC strojích

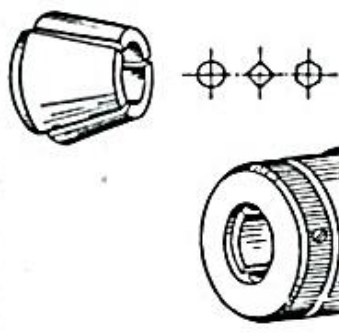
Upnutí obrobku musí na CNC stroji zajistit pro každou obráběnou součást v dávce stejnou polohu. Upínač musí rovněž vykazovat požadovanou pevnost. Upnutí součásti musí být rychlé, spolehlivé a bezpečné. Nesmí rovněž docházet k nežádoucím deformacím obrobků. Obrobek musí být upnut tak, aby umožňoval přístup nástrojům.

#### 8.1 Upínání obrobků na soustruzích

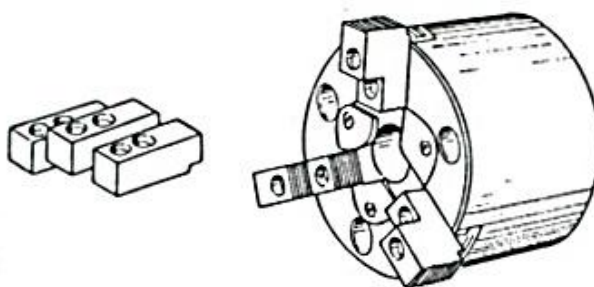
U soustružnických strojů se nejčastěji používá upínání do sklíčidla, do sklíčidla s oporou hrotu a upínání do kleštiny. Pro hřídelové součásti vhodného tvaru a rozměru lze rovněž použít upnutí v hrotu a čelním unášeči.

**Sklíčidlo** bývá zpravidla ovládáno hydraulicky, je vybaveno sadou tvrdých a měkkých čelistí. Rozsah upínacích průměrů je uveden v technických podmínkách stroje.

**Kleštinové upínací zařízení** slouží k upínání tyčového materiálu s taženými nebo broušenými povrchy. Součástí upínače jsou upínací kleštiny pro upínání kruhového, šestihrného a čtyřhranného materiálu.



8-1 Kleštinové upínací zařízení



8-2 Sklíčidlo

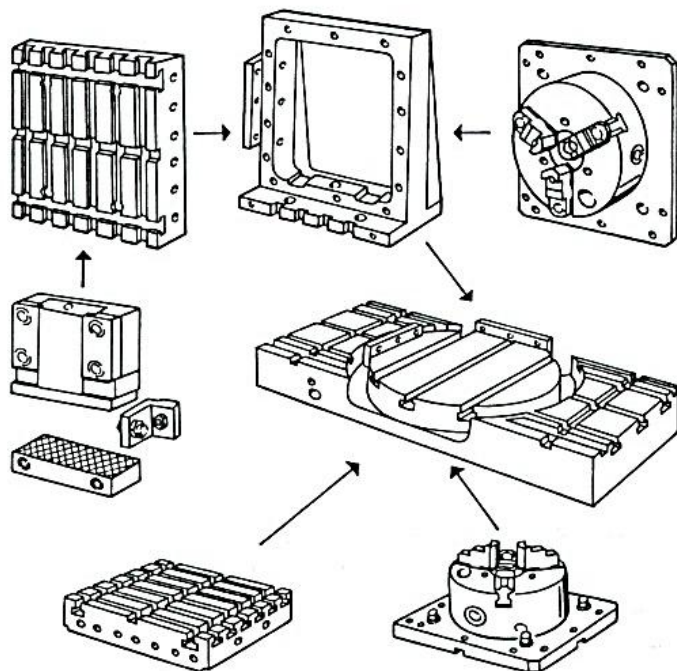
#### 8.2 Upínání obrobků na frézkách

U frézovacích strojů se obvykle používá takových upínacích pomůcek jako u strojů konvenčních:

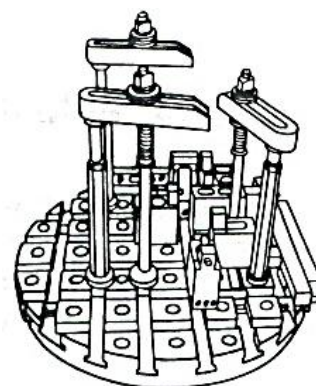
- mechanické upínací prostředky – strojní svěrák, upínací opěrky, příložky apod.
- upínání přímo na stůl – pro rozměrnější obrobky
- technologické palety – mají na stroji přesně vymezenou polohu
- stavebnicové upínací přípravky
- pneumatické a hydraulické upínací přípravky

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

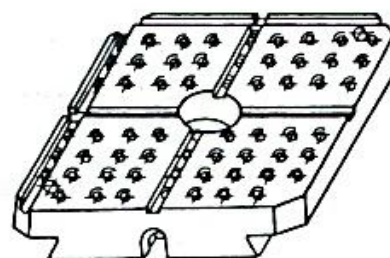
## Upínání obrobků na CNC strojích



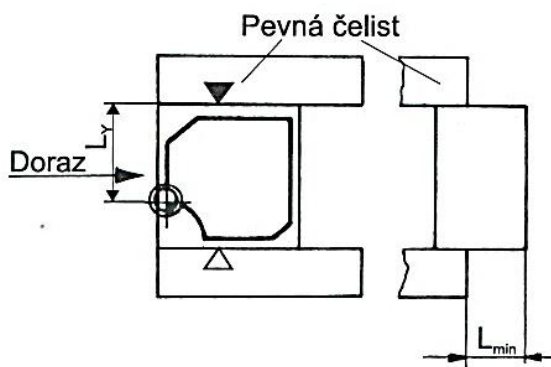
8-4 Univerzální upínací pomůcky



8-3 Stavebnice pro upínání obrobků



8-5 Technologická paleta



8-6 Náčrt upnutí

### Kontrolní otázky:

1. Jaké požadavky jsou kladeny na upínání obrobků?
2. Jaké znáte možnosti upínání obrobků na soustruzích?
3. Jaké upínací pomůcky se používají na frézkách?

## Řezné nástroje pro CNC stroje

### 9 Řezné nástroje pro CNC stroje

#### 9.1 Požadavky na řezné nástroje

Řezné nástroje mají významný vliv na geometrický tvar, přesnost a kvalitu obrobené plochy a ekonomické využití obráběcího stroje. U číslicově řízených strojů jsou na řezné nástroje kladeny vyšší požadavky než u konvenčních strojů. Jedná se zejména o tyto požadavky:

- snadná, rychlá, přesná a bezpečná vyměnitelnost nástrojů v pracovní poloze stroje
- dostatečná tuhost nástrojů z důvodu maximálního využití stroje
- možnost předseřízení nástrojů mimo stroj při použití přípravků a zvláštních zařízení, čímž se výrazně sníží prostroje strojů a tím se i zvýší produktivita práce
- pro upnutí nástrojů se používají jednotné držáky
- upnutí a seřízení držáků na stroji musí být jednoduché, snadné, přesné, bezpečné
- nástroje musí umožňovat spolehlivý přívod chladicí kapaliny a odvod třísek
- omezit na co nejmenší míru tvarové a speciální nástroje, výjimkou mohou být např. závitové soustružnické nože
- z důvodu adaptivnosti nástrojů pro různé stroje používat normalizované upínací nářadí
- řezný materiál pro výrobu nástrojů musí zajistit vysoký řezný výkon – vysoká tvrdost, pevnost, odolnost proti vysokým teplotám, odolnost proti opotřebení atd.

Tyto požadavky nejlépe splňují nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami, které jsou vysoce produktivní a umožňují používat vysoké řezné rychlosti. Jsou vyrobeny ze slinutých karbidů, které jsou velmi často povlakované, popř. i z jiných řezných materiálů, jako jsou keramické materiály, polykrystalický kubický nitrid bóru nebo polykrystalický syntetický diamant. Podrobněji o těchto řezných materiálech bude pojednáno v další části této kapitoly.

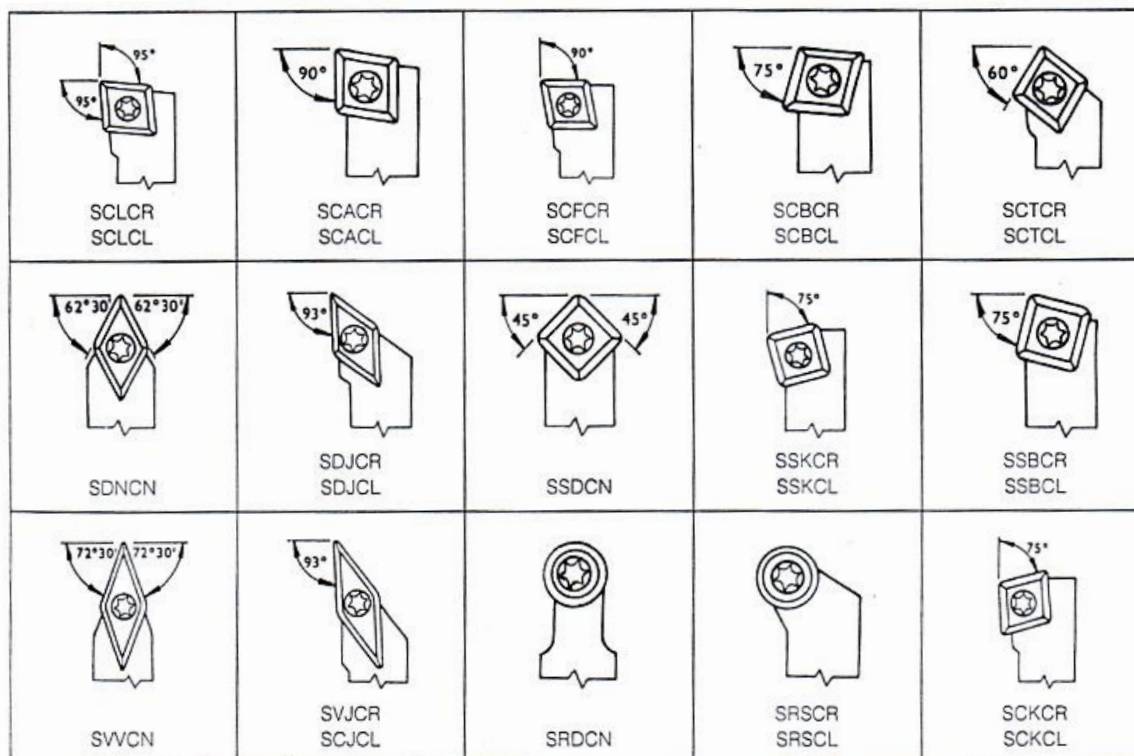
Soustružnické nože s vyměnitelnými břitovými destičkami jsou vlastně přesné držáky s vybráním, do kterého se pomocí různých upínacích prvků upevňuje vlastní destička. Ta je řeznými silami zatlačována do samosvorného klínového vybrání v držáku. U břitových destiček je nutností vytvářet i vhodné utvářeče a děliče třísek.

U CNC obráběcích strojů se používá tzv. nástrojový systém (systematicky uspořádaná a udržovaná sada nástrojů). Nástroje jsou minimálně zdvojeny z hlediska náhodného otupení nebo vylomení ostří tak, aby byly okamžitě při obrábění k dispozici.

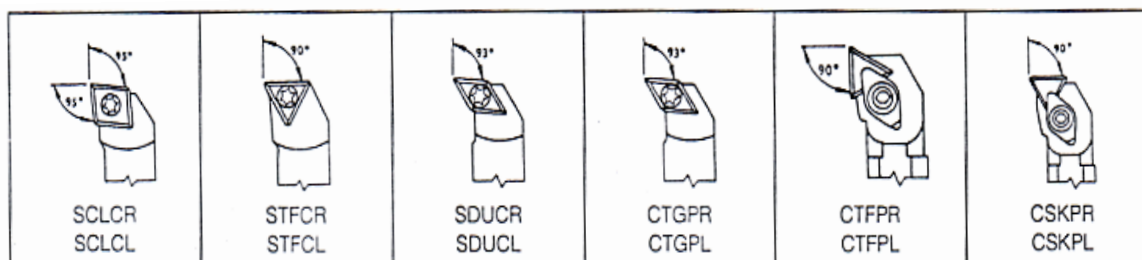


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## Řezné nástroje pro CNC stroje



9-1 Soustružnické nástroje pro vnější obrábění



9-2 Soustružnické nástroje pro vnitřní obrábění

### 9.2 Nástrojové sestavy

Byly vypracovány soubory nástrojů, které umožňují upnutí všech nástrojů pro určitý obráběcí stroj pomocí jednotných držáků. Jsou vypracovány soubory nástrojů pro soustruhy, vrtací, vyvrtávací a frézovací stroje a obráběcí centra.

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Řezné nástroje pro CNC stroje

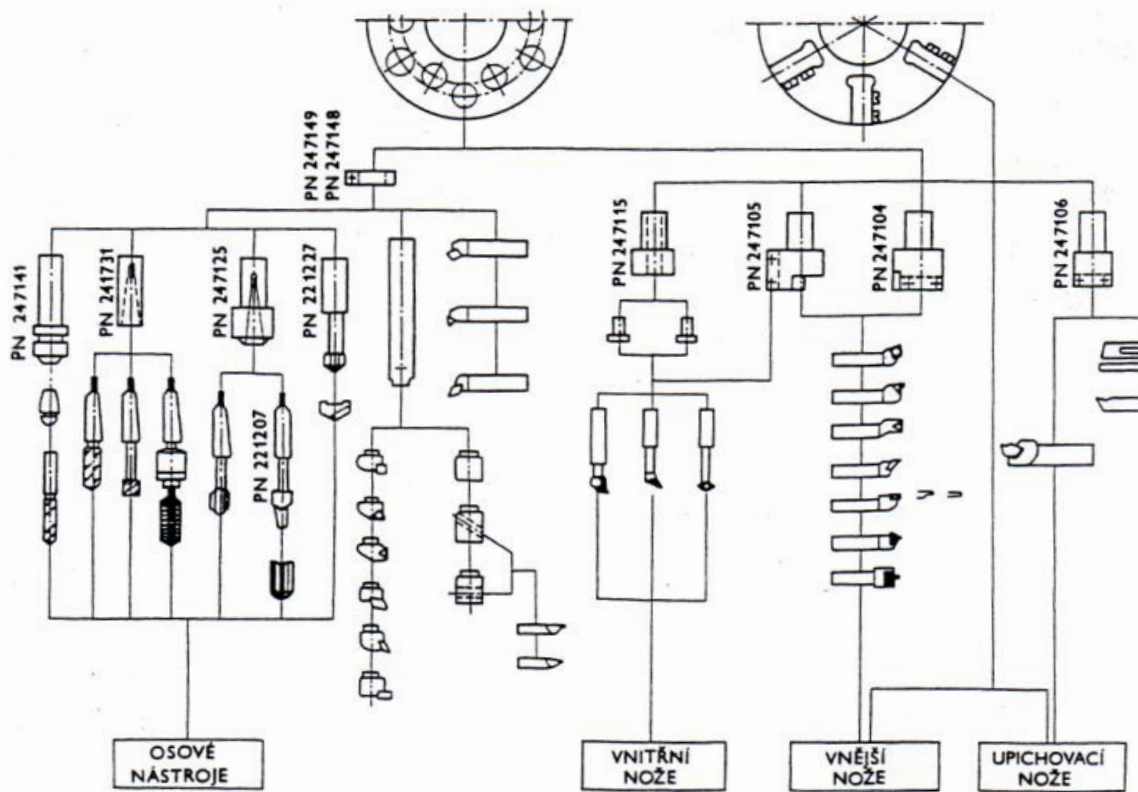
#### 9.2.1 Upínání nástrojů na soustruzích

Při soustružení je nutno upínat následující typy nástrojů:

- nástroje pro obrábění vnějších ploch – vnější soustružnické nože
- nástroje pro obrábění vnitřních ploch – vnitřní soustružnické nože
- osově nástroje – vrtací nástroje a závitníky

K jejich upínání se používají různé nožové držáky, vrtačková sklíčidla, redukční pouzdra apod. Konstrukční uspořádání těchto upínacích pomůcek ovlivňuje pracovní prostor stroje. Používají se tyto druhy upínání:

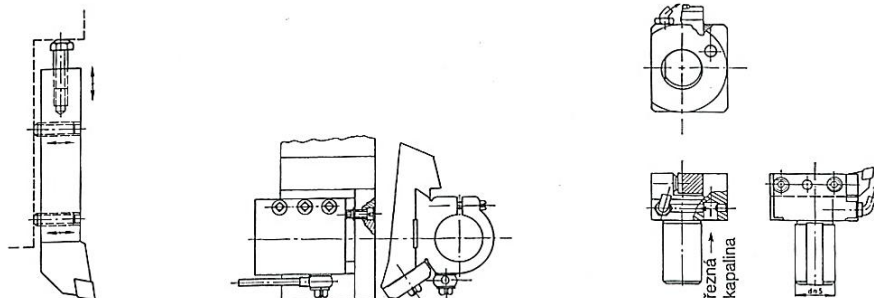
- přímo do drážek revolverových hlav
- upínání osových nástrojů – tyto nástroje vyžadují seřízení pouze ve směru osy rotace
- upínání do nástrojových držáků



9-3 Soustava nářadí pro soustružnické stroje

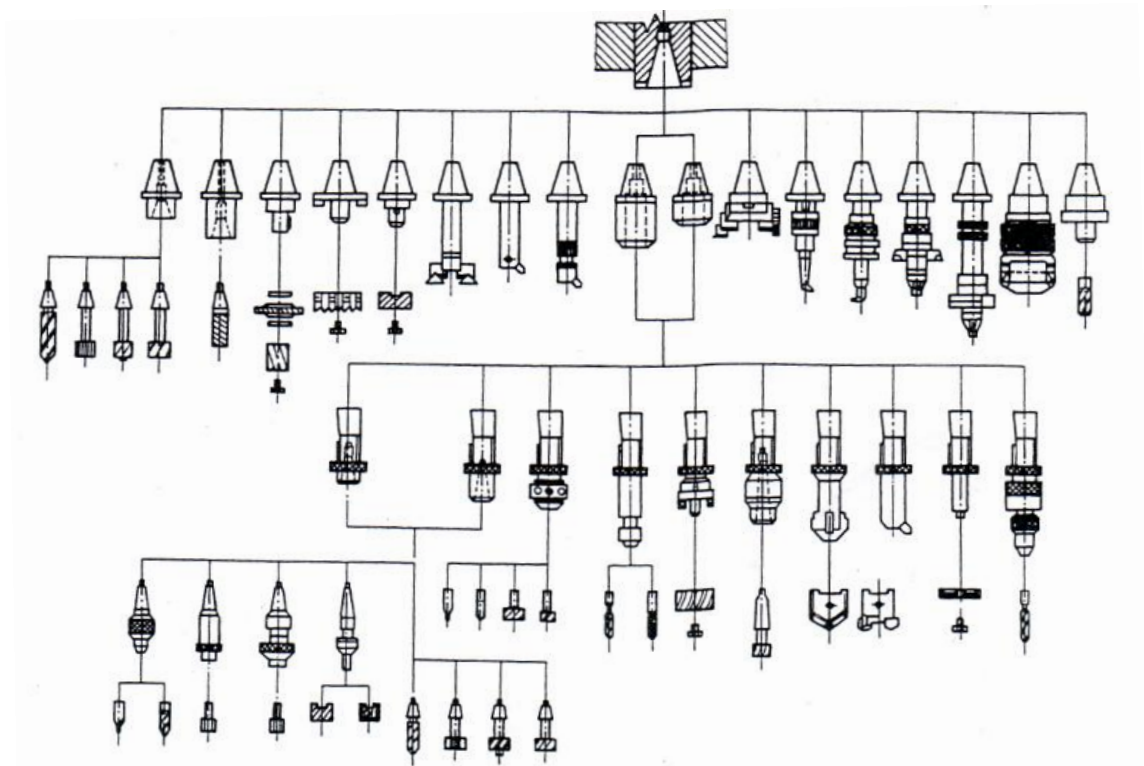


## Řezné nástroje pro CNC stroje



9-4 Způsoby upínání nástrojů

### 9.2.2 Upínání nástrojů na frézách



9-5 Soustava nářadí pro frézovací stroje

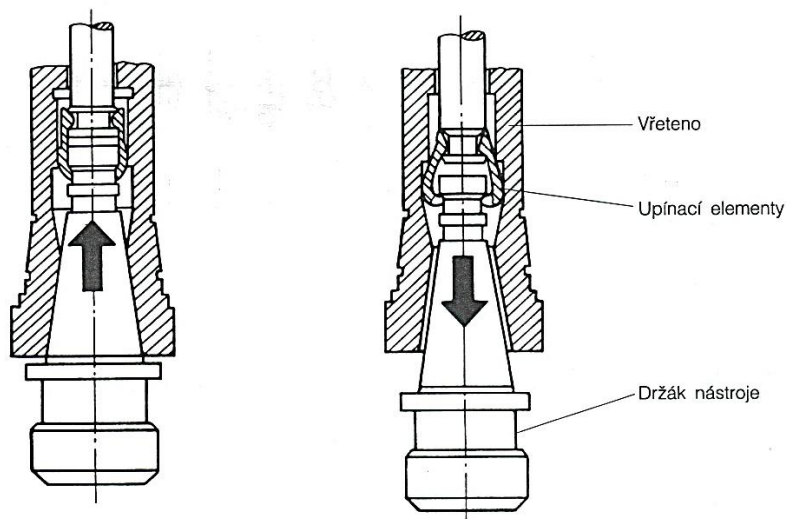
Požadavky na kvalitu řezných nástrojů používaných u frézovacích strojů s CNC řízením jsou stejné jako u soustruhů. Je snaha využívat moderních konstrukčně dokonalých nástrojů, které umožňují vysokou produktivitu práce.

Upínání nástrojů do vřetena strojů závisí na upínací ploše nástrojových držáků. Ta může být válcová nebo kuželová. Nástroje mohou být upnuty pomocí držáku s kuželovou stopkou opatřenou kuzelem ISO přímo ve vřetenu stroje. Dále mohou být nástroje upnuty pomocí válcového upínacího pouzdra

## Řezné nástroje pro CNC stroje

se stavěcí maticí, které se upíná do základních držáků, jež mohou mít hlavní upínací plochu válcovou nebo kuželovou. U obráběcích strojů s hlavním řezným pohybem obrobku mohou být držáky nástrojů pro upnutí na stroji opatřeny různě uspořádanými plochami prizmatickými, rybinovitými a jinými, které mohou být vnější nebo vnitřní.

Dnes se převážně používá upínání za kuželovou plochu. Kuželová stopka má v místě upnutí do vřetena větší tuhost, vyžaduje však větší čistotu stykových ploch.



9-6 Upnutí nástroje s kuželovou upínací plochou

### 9.3 Kódování nástrojů

Protože jedním ze základních požadavků systémů automatické výměny nástrojů je určení správného druhu nástroje a polohy nástroje vůči obrobku, musí být k tomuto účelu nástroje správně označeny. Tomuto značení se říká kódování. Kódování slouží k vyhledávání správného nástroje v zásobníku nástrojů. Data nástroje musí být předávána ze seřizovacího pracoviště do evidence nástrojů a řídicího systému bezchybně.

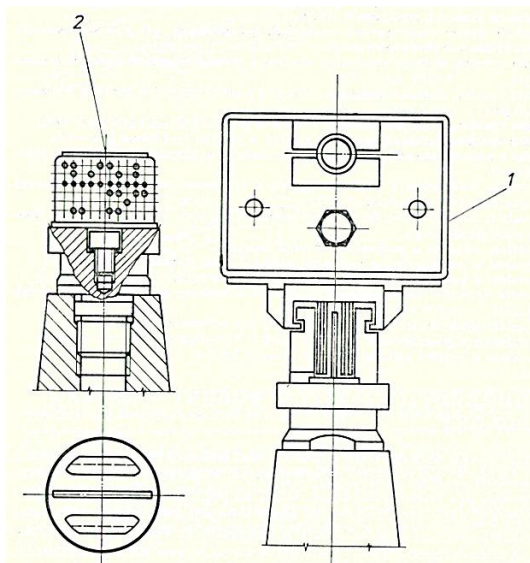
U číslicově řízených soustruhů se provádí volba nástrojů zadáním kódového čísla a otočením nožové hlavy do požadované polohy. Nástroj se značí písmenem T a číslem shodným s místem v revolverové hlavě.

#### Druhy kódování:

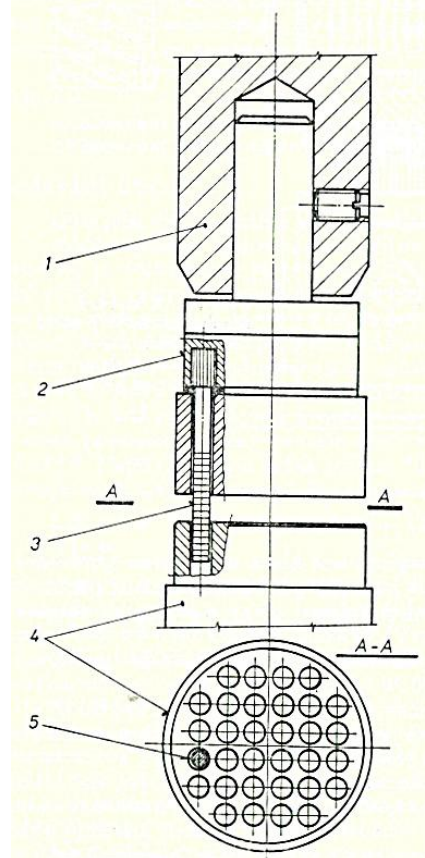
- **Pevné kódování místa nástroje** - každý nástroj obdrží v zásobníku pevně stanovené číslo místa – kódovací číslo. Je nutné dodržet pořadí nástrojů při jejich vkládání do zásobníku. Po vykonání operace se nástroj vždy vrací na stejné místo.
- **Variabilní kódování nástrojů** – nástroji není v zásobníku předepsáno stálé místo. Buď je kódován přímo nástroj, nebo program pro správu nástrojů přiřadí po každé výměně nástroji nové místo v zásobníku variabilně.
- **Variabilní kódování místa** – do programu pro správu nástrojů se při ukládání nástroje do zásobníku zapíše místo, kam byl nástroj uložen. Jestliže se provádí výměna nástrojů, nástroj, který je ve vřetenu, se uloží na nejbližší volné místo v zásobníku. Program uloží toto nové místo v zásobníku do paměti a přiřadí tomuto místu stávající číslo nástroje se všemi nutnými daty.
- **Elektronické kódování** – v současné době se stále více využívají programovatelné elektronické paměťové moduly. V tomto modulu lze vedle čísla nástroje elektronicky ukládat všechna potřebná data nástroje.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

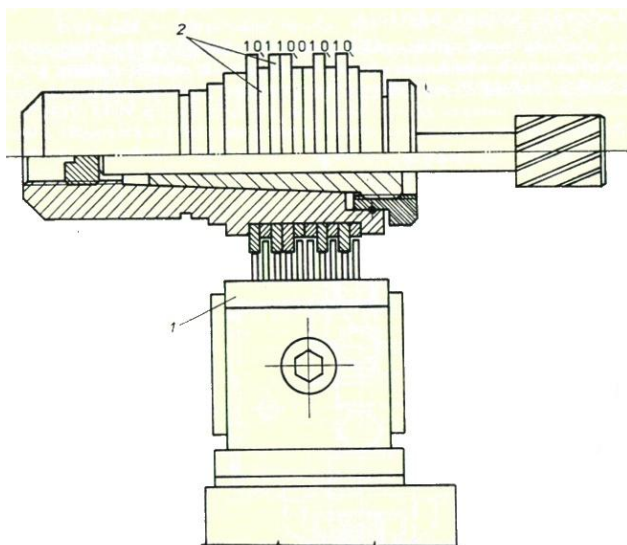
Řezné nástroje pro CNC stroje



9-7 Kódování držáku nástroje pomocí děrného štítku



9-8 Kódování držáku nástroje pomocí kódovacích kolíků



9-9 Kódování držáku nástroje pomocí kódovacích kroužků

## Řezné nástroje pro CNC stroje

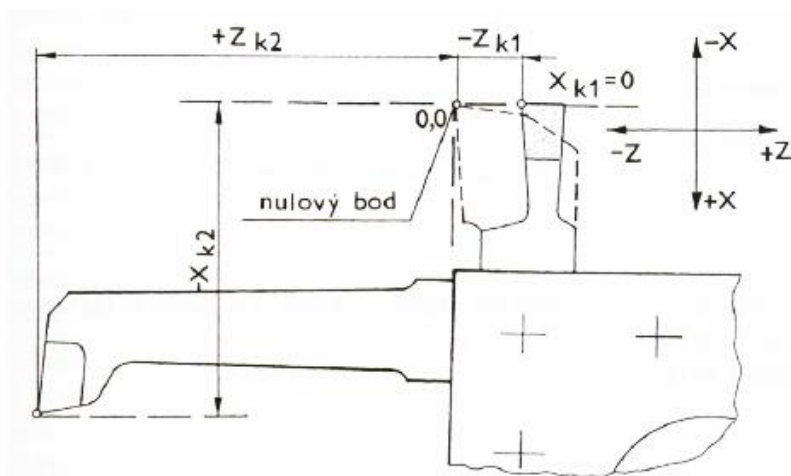
### 9.4 Korekce nástrojů

Řídicí systém koriguje dráhu nástroje o korekční hodnotu pro délku nástroje v ose vřetena a pro rádius nástroje v rovině obrábění.

#### 9.4.1 Korekce nástrojů u soustruhu

##### Délková korekce

Tato korekce vyjadřuje vzdálenost špičky nástroje v ose X a Z vzhledem k nulovému bodu nástroje. Ten je stanovený výrobcem stroje. Při soustružení leží většinou na dorazové ploše revolverové hlavy nebo vyjadřuje polohu špičky prvního měřeného nástroje. Tuto korekci lze zjistit v měřicím přístroji mimo obráběcí CNC stroj. Nástroj se vkládá do přístroje společně s držákem nástrojů, tento držák má vždy stejnou polohu (vztažný bod E = F) k danému stroji



9-10 Korekce délky pro soustružnický nůž

(k revolverové hlavě soustruhu). Korekci lze také zjistit přímo na stroji dotykem (naškrábnutím) obrobené plochy. Do téhož bodu je nutno najet dalšími nástroji. Takto se zjistí odchylky od původního korekčního nástroje na obrazovce počítače. Odměrovací zařízení lze použít i přímo na stroji. Zjištěné korekce se uloží:

- do CNC programu v adrese T nástroje
- načtením do řídicího systému CNC stroje ve formě tabulky korekcí ke každému nástroji. Řídicí systém je nadále zpracovává a programátor programuje výměnu nástroje T (např. T13 13, kde druhé dvojčíslí znamená místo v tabulce korekcí – u CNC obráběcích strojů, které mají zásobník nástrojů, revolverovou hlavu).

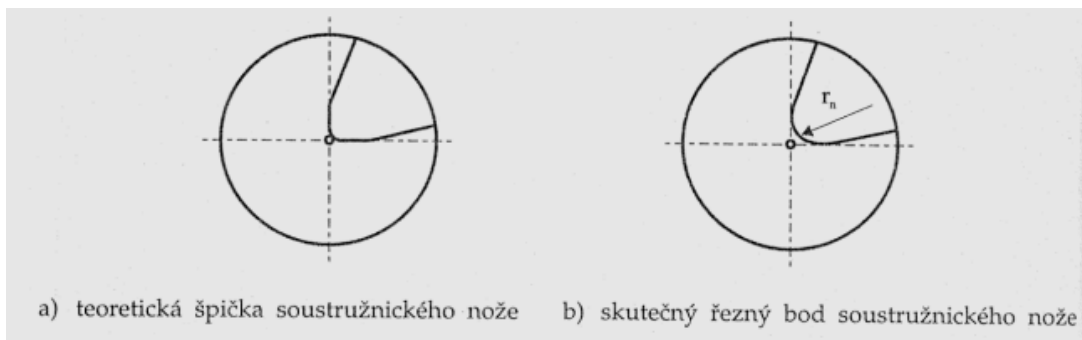
##### Poloměrová korekce

Tato korekce se týká špičky soustružnického nože. Mikroskopem se zjistí poloměr zaoblení špičky nástroje. V CNC programu se využívá takto zjištěných poloměrů zaoblení nástroje pro usnadnění programování při zařazení funkcí G41 a G42. Není nutno programovat ekvidistantu nástroje, neboť se programuje pohyb teoretické špičky nástroje. Použitím funkcí G41 a G42 daný řídicí systém koriguje pohyb nástroje po ekvidistantě na rozměry programovaného obrobku. Tyto poloměry zaoblení nástroje jsou také uvedeny v tabulce korekcí nástrojů.



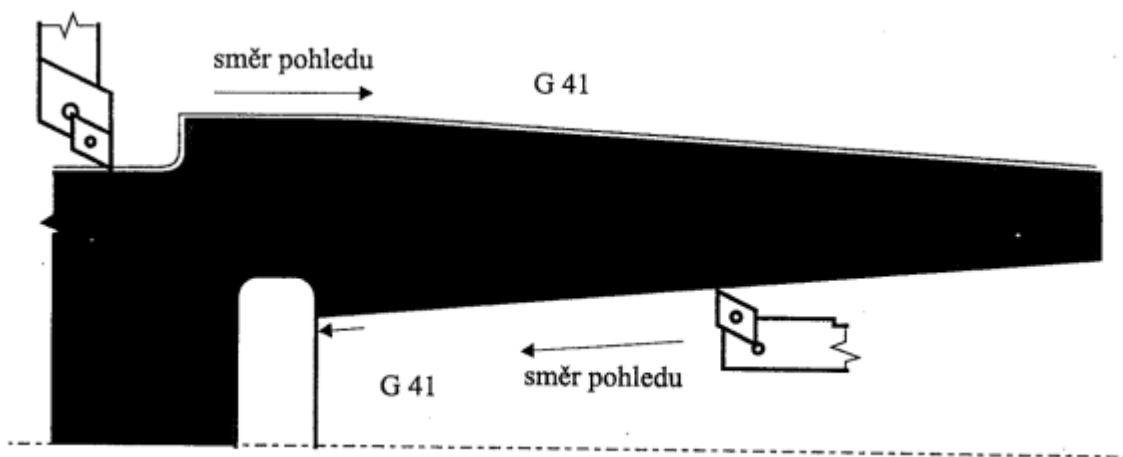
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## Řezné nástroje pro CNC stroje

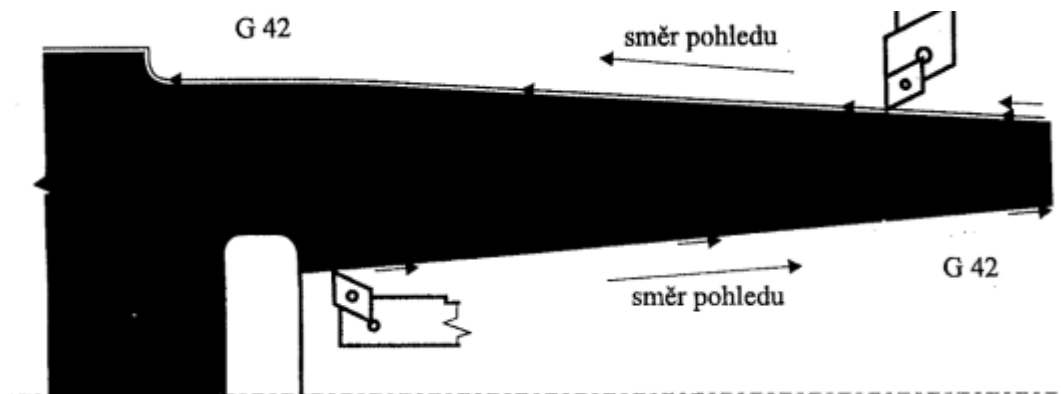


9-11 Teoretická a skutečná špička soustružnického nože

Nástroj se při obrábění nachází při funkci G41 (G42) na levé (na pravé) straně povrchu obrobku při pohledu ve směru uvažovaného pohybu nástroje. Hodnocení, je-li nástroj vpravo nebo vlevo od obrysu součásti, se provádí z pohledu ve směru posuvu nástroje.

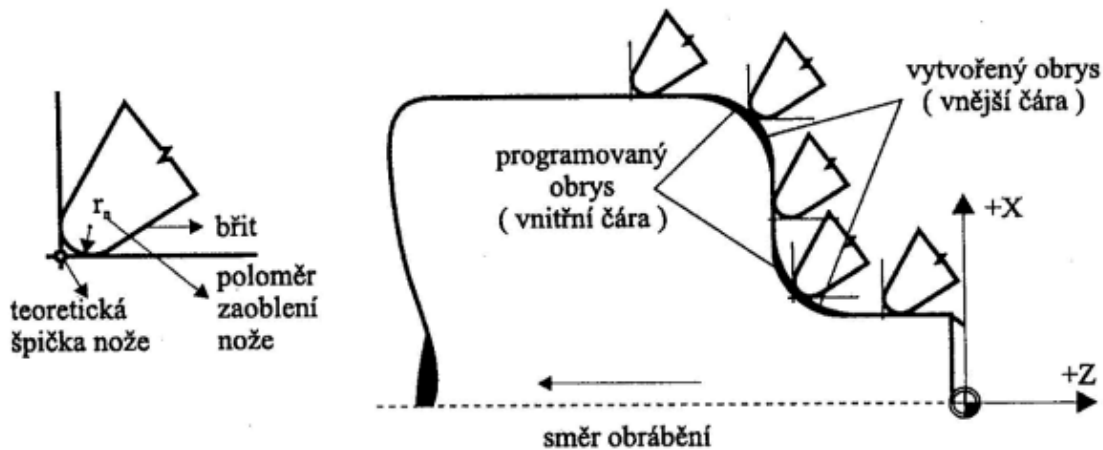


9-12 Korekce poloměru špičky nástroje vlevo od obrysu - G41



9-13 Korekce poloměru špičky nástroje vpravo od obrysu - G42

## Řezné nástroje pro CNC stroje

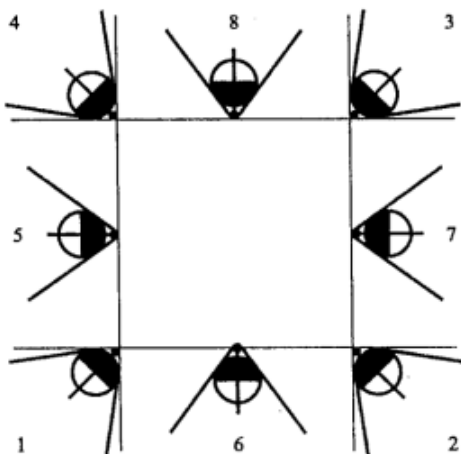


9-14 Příklad dopadu zaoblení špičky nástroje při soustružení vnějšího obrysu

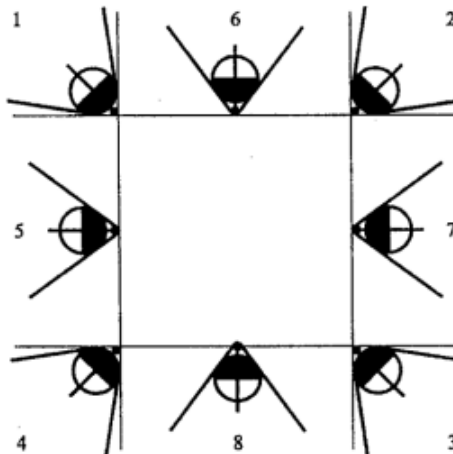
### Určení kvadrantu

Do tabulky korekcí je nutno též uvést polohu nástroje vzhledem k obráběné ploše, aby řídicí systém věděl, jak má tyto korekce vypočítat.

#### a) poloha nástroje za osou



#### b) poloha nástroje před osou



9-15 Poloha nástroje vzhledem k obráběné ploše

### 9.4.2 Korekce nástrojů u frézky

#### Délková korekce LK<sub>z</sub>

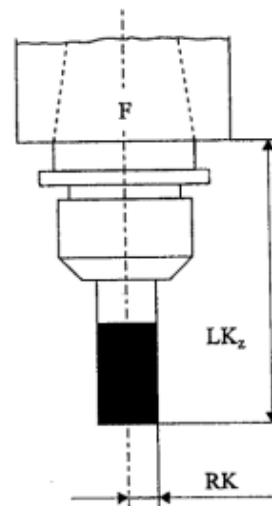
Tato korekce platí jak pro frézovací nástroje, tak i pro ostatní osové nástroje – středící vrtáky pro středící důlky, vrtáky, výhrubníky, výstružníky, záhlubníky atd.



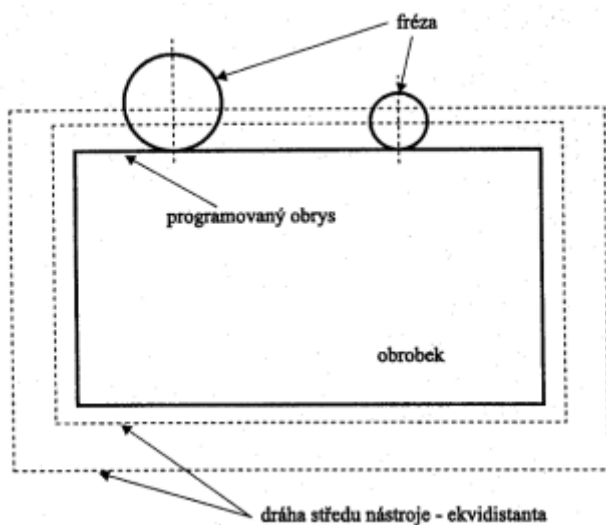
## Řezné nástroje pro CNC stroje

### Korekce poloměru nástroje RK

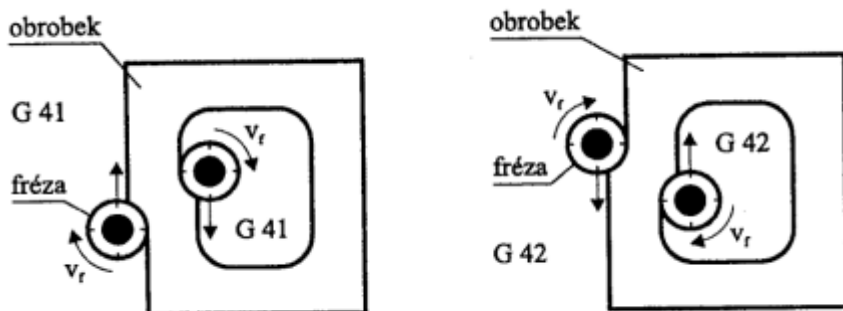
Měřením se zjistí poloměr nástroje. V CNC programu se využívá takto zjištěných poloměrů nástroje pro programování při zařazení funkcí G41 a G42 (programuje se pohyb teoretické špičky nástroje – průsečík osy nástroje a čela nástroje). Použitím uvedených funkcí daný řídicí systém koriguje pohyb nástroje po ekvidistantě na rozměry programovaného obrysu obrobku. Tyto poloměry nástrojů jsou uvedeny také v tabulce korekcí nástrojů.



9-16 Délková a poloměrová korekce



9-17 Pohyb nástroje po ekvidistantě



9-1 Korekce poloměru špičky nástroje vlevo nebo vpravo od obrysu

## Nářadí v provozu CNC strojů

### 10 Nářadí v provozu CNC strojů

#### 10.1 Používané nástrojové materiály

Vývoj řezných materiálů stále pokračuje, je ovlivněn moderní technologií obrábění, novými konstrukcemi obráběcích strojů a nástrojů. Základní podmínkou dobré a spolehlivé práce každého nástroje a uskutečnění požadované technologické operace je správný výběr řezného materiálu. Nástrojový materiál vybíráme především podle jeho odolnosti proti předpokládanému namáhání. Na řezné materiály jsou kladeny především tyto požadavky:

- dostatečná tvrdost
- vysoká pevnost v ohybu
- odolnost proti otěru za tepla
- dostatečná houževnatost

Souhrnně se těmto vlastnostem říká **řezivost**.

Pro výrobu řezných částí nástrojů se používají tyto druhy řezných materiálů:

- nástrojové oceli
- slinuté karbidy
- keramické řezné materiály
- cermety
- polykrystalický kubický nitrid bóru
- polykrystalický diamant
- coronit

V aplikaci na CNC obráběcí stroje a obráběcí centra se v současné době nejčastěji používá nástrojů s vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutých karbidů, včetně destiček povlakovaných. Ve zbývajícím rozsahu se používají nástroje z rychlořezné oceli, zejména v aplikaci na osové nástroje (vrtáky, výhružníky, výstružníky, tvarové nástroje). Použití nástrojových ocelí je pro tyto relativně drahé stroje nevhodné z důvodu nutnosti použití neproduktivních řezných podmínek.

Použitelnost nástrojů na CNC obráběcích strojích je podmíněna jejich vysokou kvalitou a stabilitou parametrů, čehož se dosahuje:

- volbou vhodného druhu materiálu řezné části nástroje
- volbou optimálních řezných parametrů (optimální geometrie, řezné podmínky)
- výrobou a údržbou těchto nástrojů ve speciálních provozech

## Nářadí v provozu CNC strojů

### 10.2 Přehled nástrojových materiálů

#### 10.2.1 Nástrojové oceli

##### **Nástrojové oceli nelegované - uhlíkové**

Tyto oceli se používají pro ruční nástroje – výstružníky, výhrubníky, pilníky, závitníky, pily apod. Jejich vlastnosti jsou dány pouze množstvím uhlíku. Pro nástroje se používají nadeutektoidní oceli s obsahem uhlíku 0,6 až 1,35 %. Oceli mají dostatečnou tvrdost a houževnatost.

Pro strojní obrábění se tyto oceli téměř nepoužívají. Odolávají teplotě 200 až 220 °C. Dosažením vyšší teploty obráběného materiálu dochází k podstatnému poklesu tvrdosti a tím i k poškození břitu nástroje. Tvrdost těchto ocelí je 63 až 65 HRC.

##### **Nástrojové oceli slitinové nízkolegované**

Tyto oceli se používají pro výrobu ručních i strojních nástrojů pracujících při malých řezných rychlostech – vrtáky, výhrubníky, výstružníky, záhlubníky, závitové čelisti, závitníky, frézy apod. Podstatu těchto ocelí tvoří slitinové prvky – chrom, křemík, vanad, wolfram a molybden. Obsah těchto prvků v oceli je do 2,5 %. Obsah uhlíku je 0,6 až 1,3 %.

Tyto oceli vydrží teplotu do 260 °C, jejich tvrdost je 63 až 65 HRC.

##### **Nástrojové oceli vysokolegované - rychlořezné oceli**

Rychlořezné oceli jsou ve skutečnosti oceli slitinové. Podle obsahu jednotlivých legujících prvků a vlastností jsou vhodné pro nejvíce namáhané nástroje. Jsou vhodné pro obrábění ocelí a ocelí na odlitky o vysoké pevnosti a tvrdosti a k obrábění těžko obrobitelných materiálů. Používají se pro výrobu vrtáků, výhrubníků, výstružníků, závitníků, fréz, soustružnických nožů apod.

Obsahují 10 až 20 % legujících prvků a 0,7 až 0,9 % uhlíku. Po zakalení a popouštění mají vysokou tvrdost 63 až 65 HRC, jsou odolné proti otěru za tepla i za studena. Nástroje z rychlořezné oceli vydrží teplotu až 600 °C.

Při volbě nástroje je nutno respektovat:

- složitost tvaru obrobku a obrobitelnost jeho materiálu
- druh operace obrábění
- možnosti volby řezných parametrů
- výkon a tuhost obráběcího stroje
- požadované parametry obrobeného povrchu, zejména drsnost povrchu a rozměrovou a tvarovou přesnost
- náklady na obrábění

Pro nástroje z rychlořezných ocelí je ekonomicky velmi vhodné používání sice poněkud dražších, ale podstatně kvalitnějších novějších druhů vysoce výkonných rychlořezných ocelí, jejichž přehled je uveden v tabulce.

## Náradí v provozu CNC strojů

Důležitým předpokladem optimálního využití nástrojů z rychlořezných ocelí je použití vhodného řezného prostředí, tj. řezných emulzí a olejů. Rychlořezná ocel se rovněž uplatňuje ve výrobě tvarových nástrojů vystavených nárazům při přerušovaném řezu.

Označení podle normy	Hutní označení	Obráběné materiály a charakteristika pracovních podmínek
19 802	Maximum Speciál G Extra	Značně namáhané nástroje pro obrábění materiálů o nižší a střední pevnosti cca do 850 MPa hrubováním
19 830	Maximum Speciál M05	Značně namáhané nástroje pro obrábění materiálu do pevnosti 900 MPa i přerušovaným řezem a při požadavku na vysokou houževnatost
19 855	Maximum Speciál 55	Vysoce namáhané nástroje pro obrábění ocelí a ocelolitiny o vysoké pevnosti a materiálů těžkoobrobitelných při vysokých řezných rychlostech
19 856	Maximum Speciál 55G	Vysoce namáhané nástroje pro obrábění ocelí a ocelolitiny o vysoké pevnosti a materiálů těžkoobrobitelných při vysokých řezných rychlostech
19 857	MKG	Hrubování oceli a ocelolitiny o vysoké pevnosti a materiálů těžkoobrobitelných
19 858	Radeco C	Jemné a přesné obrábění oceli a ocelolitiny o vysoké pevnosti, tvrdých a abrazivních materiálů, nepřerušovaný řez
19 859	MK	Nejvýše namáhané nástroje pro obrábění, zejména hrubování oceli a ocelolitiny o vysoké pevnosti, pevných a houževnatých materiálů
19 860	MKH	Nejvýše namáhané nástroje pro obrábění, zejména hrubování oceli a ocelolitiny o vysoké pevnosti, pevných a houževnatých materiálů
19 861	Radeco M10	Jemné obrábění oceli a ocelolitiny, ubírání třísek velkého průřezu u oceli a ocelolitiny o vysoké pevnosti

Tab. 1 Rychlořezné oceli vhodné pro používání nástrojů na CNC strojích

Dnes se rovněž používají rychlořezné oceli povlakované, na nichž jsou naneseny podobné povlaky jako u slinutých karbidů. Jejich cílem je zvýšení životnosti i výkonnosti.

### Oceli na odlévané obráběcí nástroje

Obráběcí nástroje se v podstatě odlévají z rychlořezných ocelí. Jako přísada se používá bor a titan, které zvyšují zabíhavost oceli při odlévání. Z těchto ocelí se nejčastěji vyrábějí frézy.



## Nářadí v provozu CNC strojů

### 10.2.2 Slinuté karbidy

Slinuté karbidy jsou nekovové řezné materiály vyráběné práškovou metalurgií z karbidů těžkých kovů: karbidu wolframu, karbidu titanu, karbidu tantalu a nízkotavitelného pojiva – kobaltu. Pojivo tvoří tuhý roztok karbidů v kobaltu. Zvyšováním obsahu kobaltu u slinutých karbidů roste jejich pevnost a tažnost, ale současně klesá jejich tvrdost. Tvarově a rozměrově upravovat slinuté karbidy je možné jen broušením, elektroerozivním obráběním a lapováním.

Slinuté karbidy se vyznačují těmito vlastnostmi:

- vysoká tvrdost až 90 HRC
- tvrdost si podrží do teploty až 1000 °C
- vysoká otěruvzdornost
- jsou křehké, mají sklon k vydrolování břitů, nehodí se pro přerušovaný řez
- malá pevnost v ohybu, ale velká v tlaku
- horší tepelná vodivost

Rozdělení slinutých karbidů podle ISO zahrnuje tři hlavní skupiny:

**P** – slinuté karbidy pro obrábění materiálů s plynulou třískou (barevné značení modře)

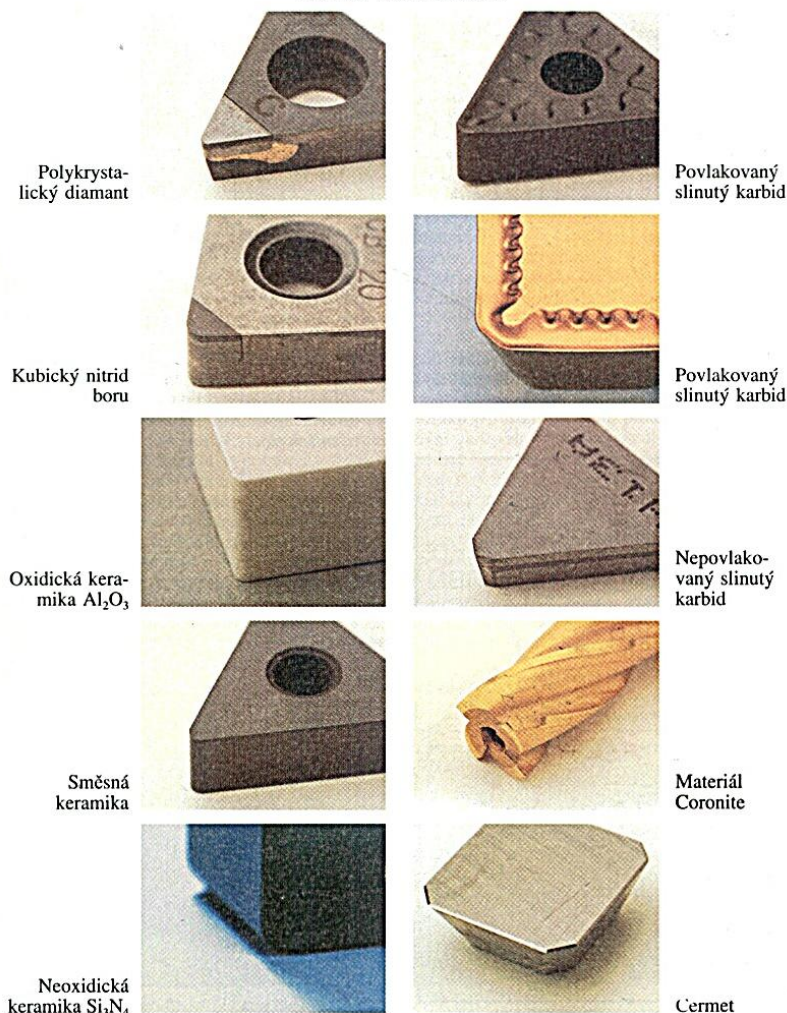
**M** – slinuté karbidy pro obrábění materiálů s plynulou i krátkou třískou (barevné značení žlutě)

**K** – slinuté karbidy pro obrábění materiálů s krátkou třískou (barevné značení červeně)

Ke každé skupině je přiřazena podskupina, která se označuje dvoumístným číslem. Vyjadřuje houževnatost přiřazených druhů a jejich odolnost proti otěru. V podskupinách s nízkým číslem jsou materiály s velkou odolností proti otěru a malou houževnatostí a naopak.

V následujících tabulkách je uvedeno použití jednotlivých skupin slinutých karbidů.

#### ŘEZNÉ MATERIÁLY



10-1 Přehled řezných materiálů



**INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ**
**Nářadí v provozu CNC strojů**

ISO		ANSI	Houževnatost	Otěruvzdornost
P	P 01	C 8	↓	↑
	P 10	C 7		
	P 15			
	P 20	C 6		
	P 25			
	P 30			
	P 40	C 5		
P 50				
M	M 10	-	↓	↑
	M 15	-		
	M 20	-		
	M 30	-		
K	K 01	C 5	↓	↑
	K 05	C 4		
	K 10	C 3		
	K 20	C 2		
	K 30	C 1		

**Tab. 2 Použití slinutých karbidů**

Označení podle ISO	Doporučená použití pro	
	soustružení	frézování
P 01 - P 15	Soustružení načisto, vyvrtávání oceli a ocelolitiny. Obrábění vyššími řeznými rychlostmi, s malými průřezy třísky a nepřerušovaným řezem. Vysoká tuhost stroje.	
P 10 - P 20	Soustružení načisto, polohrubování oceli a ocelolitiny. Obrábění vyššími a středními rychlostmi s malými průřezy třísek. Rovnoměrná hloubka a nepřerušovaný řez.	
P 25 - P 35	Soustružení oceli a ocelolitiny. Obrábění výkovků a odlitků s nečistým povrchem. Obrábění středními a nižšími řeznými rychlostmi s nerovnoměrnou hloubkou s přerušovaným řezem. Střední a větší průřezy třísek.	Frézování oceli a ocelolitiny středními a nižšími rychlostmi, středními průřezy třísek při méně příznivých podmínkách obrábění. Vysoká houževnatost a odolnost proti opotřebení.
P 30 - P 50	Soustružení oceli a ocelolitiny. Obrábění při nízkých řezných rychlostech a velkých průřezech třísky. Pro hrubování obrobků s nerovnoměrnou hloubkou třísky a nečistým povrchem za ztížených podmínek.	Frézování oceli a ocelolitiny středními až nižšími rychlostmi, středními a většími průřezy třísek při horších podmínkách. Vysoká houževnatost.

**Tab. 3 Klasifikace slinutých karbidů podle ISO**

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

### Nářadí v provozu CNC strojů

M 10 - M 20	Soustružení oceli a ocelolitiny, manganových ocelí, austenitických ocelí a temperované litiny a žáruvzdorných slitin. Obrábění s plynulým i přerušovaným řezem, střední i nižší řeznou rychlostí s většími průřezy třísek. Vysoká houževnatost a odolnost proti opotřebení.	Frézování oceli, ocelolitiny, austenitických ocelí, temperované litiny a žáruvzdorných slitin střední a nižší řeznou rychlostí. Vysoká houževnatost, dobrá odolnost proti opotřebení.
K 05 - K 10	Soustružení, vrtání a vyvrtávání šedé litiny, tvrzené litiny, kalených ocelí, hliníkových slitin s vyšším obsahem křemíku, barevných kovů, dřeva a umělých hmot. Obrábění při vyšších řezných rychlostech a malých průřezech třísky. Vyžaduje vysokou tuhost stroje.	
K 10 - K 20	Soustružení šedé litiny, temperované litiny, automatových ocelí, kalené oceli, hliníkových slitin s vyšším obsahem křemíku, barevných kovů, dřeva a umělých hmot. Obrábění při vyšších a středních rychlostech, malých a středních průřezech třísky. Vhodný pro obrobky s nečistým povrchem a pro přerušovaný řez.	Frézování nelegované šedé litiny, temperované litiny, automatové oceli a lehkých a barevných kovů při středních a vyšších řezných rychlostech malými a středními průřezy třísek. Vysoká odolnost proti opotřebení.

Tab. 4 Doporučené použití slinutých karbidů bez povlaku

#### Povlakované slinuté karbidy

V současné době většina výrobců slinuté karbidy povlakuje. Hlavním cílem povlaků je získání tvrdého povrchu při zachování houževnatého jádra, snížení součinitele tření, neulpívání třísek na čele a prodloužení životnosti nástroje. Výsledkem jsou lepší materiály pro vysoké řezné a posuvové rychlosti, vysoký úběr třísky a přerušovaný řez. Těmto požadavkům vyhovují vyměnitelné destičky ze slinutého karbidu s tvrdými povlaky karbidu titanu, nitridu titanu, oxidu hlinitého a karbonitridu titanu. Povlaky mohou být jednovrstvé i vícevrstvé, s jedním nebo více komponenty.

Označení podle ISO	Doporučená použití pro	
	soustružení	frézování
P 10 - P 20	Soustružení načisto, oceli, ocelolitiny. Obrábění vyššími řeznými rychlostmi při rovnoměrné hloubce třísky, nižších a středních průřezech třísky.	
P 25 - P 30	Soustružení oceli, ocelolitiny, temperované litiny, nerez ocelí. Obrábění vyššími a středními řeznými rychlostmi při proměnlivé hloubce a přerušovaném řezu.	Frézování oceli, ocelolitiny, korozivzdorných ocelí a temperované litiny při běžných pracovních podmínkách středními a vyššími průřezy třísek. Vysoká odolnost proti opotřebení.
M 15 - M 20		Frézování oceli, ocelolitiny, korozivzdorné oceli a šedé litiny nižšími až středními rychlostmi při méně stabilních podmínkách obrábění. Vysoká houževnatost.
P 30 - P 40	Soustružení oceli, ocelolitiny a ušlechtilých ocelí. Obrábění středními řeznými rychlostmi při nerovnoměrné hloubce třísky s přerušovaným řezem. Střední až velké průřezy třísek.	
K 10 - K 20	Soustružení šedé litiny, temperované litiny, tvrzené litiny, kalených ocelí. Obrábění vyššími řeznými a středními řeznými rychlostmi při stabilních podmínkách. Použitelné při nižší řezné rychlosti a těžších podmínkách při obrábění.	Frézování legované i nelegované litiny s krátkou třískou středními a vyššími řeznými rychlostmi a středními průřezy třísek. Vysoká odolnost proti opotřebení a stabilita břítu. Frézování kalené oceli a tvrdé litiny.

Tab. 5 Doporučené použití povlakovaných slinutých karbidů



## Nářadí v provozu CNC strojů

### 10.2.3 Keramické řezné materiály

Jsou to v podstatě slinuté korundy, které se vyrábějí práškovou metalurgií. Dělí se do tří základních skupin podle chemického složení, vlastností a doporučeného použití:

- **Čistá keramika** – základ tvoří oxid hlinitý. Je vhodná pro dokončování soustružení šedé litiny, uhlíkových a nízkolegovaných ocelí.
- **Směsná keramika** – vedle korundu obsahuje i přísadu karbidu titanu. Je vhodná pro frézování šedé litiny a oceli, pro soustružení na čisto a jemné soustružení ocelí cementačních, zušlechtěných a tvrdé litiny.
- **Směsná keramika na bázi nitridu křemíku** – doporučuje se pro dokončování a hrubování šedé litiny, pro soustružení žárupevných slitin apod.

Keramické řezné materiály se vyznačují těmito základními vlastnostmi:

- zachovávají si tvrdost i při teplotách až 1200 °C, nově vyvinuté až 1600 °C
- mají menší pevnost v ohybu (nehodí se pro větší průřezy třísek a pro přerušovaný řez)
- jejich výroba je v porovnání s cenou slinutých karbidů levná
- destičky se po otupení neostří, v držácích se natáčejí, po otupení se vyřazují
- mají horší tepelnou vodivost, teplo se odvádí obrobkem a třískou
- chlazení se nedoporučuje, pokud musí být, pak nepřetržitě, jinak dochází k praskání
- dovolují používat vyšší řezné rychlosti než rychlořezné oceli a slinuté karbidy
- jsou výkonnější

Podíl řezné keramiky na celkovém objemu obráběcího procesu nepřesahuje v dnešní době 10 %. Očekává se, že nové CNC stroje budou osazeny z 80% povlakovanými slinutými karbidy a zbytek případně na keramiku a nepovlakované slinuté karbidy.



10-2 Destičky z řezné keramiky

## Nářadí v provozu CNC strojů

Obráběný materiál	Tvrdost dle Brinella [MPa]	Řezná rychlost [m/min]	
		hrubování	jemné obrábění
Šedá litina	1500	450	700
	2000	350	550
	2500	275	450
Tvárná litina	3000	200	350
	3500	150	250
	4000	100	175
	4500	55	125
Tvrzená litina	5000	50	75
	5500	30	50
	6000	20	30

Tab. 6 Hodnoty řezných rychlostí keramických řezných materiálů pro litinu

Obráběný materiál	Pevnost v tahu [MPa]	Tvrdost dle Rockwella [MPa]	Řezná rychlost [m/min]	
			hrubování	jemné obrábění
Cementační oceli	400		550	700
	600		400	550
Stavební oceli	800		300	400
	1000		250	350
Zušlechtné oceli	1100		230	300
	1200		200	260
	1300		180	230
Nitridové oceli	1400		160	200
	1500	450	140	180
Nástrojové oceli pro zvýšené teploty		500		100
		550		80
Rychlořezné oceli		600		50
		650		30

Tab. 7 Hodnoty řezných rychlostí keramických řezných materiálů pro oceli

### 10.2.4 Cermety

Jsou vyráběny podobnou technologií jako slinuté karbidy. Jsou ale zhotoveny na bázi titanu místo karbidu wolframu. Jejich mechanické vlastnosti vykazují výhodnou kombinaci tvrdosti keramiky a houževnatosti kovu. Jsou rozšířené při dokončovacím obrábění. Mezi jejich základní vlastnosti patří:

- vysoká odolnost proti opotřebení
- nižší houževnatost
- vysoká tvrdost za tepla



10-3 Destička z cermetu

## Nářadí v provozu CNC strojů

- odolnost proti vzniku nárůstku
- zvýšení produktivity
- nízká měrná hmotnost

Další vlastnosti jsou podobné jako u slinutých karbidů.

### 10.2.5 Supertvrdé řezné materiály

Do skupiny perspektivních řezných materiálů, které jsou v současné době ve světě realizovány, patří mimo řeznou keramiku další dva druhy řezných materiálů:

- polykrystalický kubický nitrid bóru
- polykrystalický diamant

Jejich hlavní nevýhodou při použití na CNC strojích je vysoká pořizovací cena. Z tohoto důvodu se zatím moc nerozšířily. Používají se vesměs pro velkosériovou výrobu a speciální metody obrábění.

#### 10.2.5.1 Polykrystalický kubický nitrid bóru

Je druhým nejtvrdějším materiálem po diamantu. Nástroje s kubickým nitridem bóru se používají při obrábění bílé litiny s tvrdostí nad 50 HRC, při obrábění legované litiny, při soustružení tvrdých a žáruvzdorných materiálů apod. Při opracování těchto materiálů se dosáhne mnohem vyšší životnosti nástroje než při obrábění slinutými karbidy či řeznou keramikou. Tento materiál odolává teplotě až 1500 °C. Při obrábění se dosahuje vysoké jakosti povrchu. Jsou vhodné i jako nástroje nahrazující broušení třískovým obráběním.



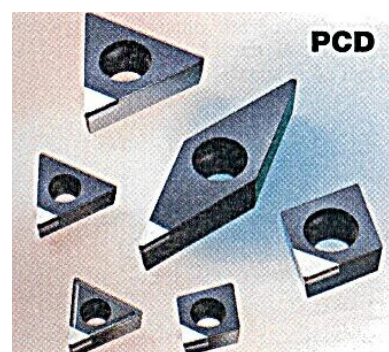
10-4 Břítová destička z nitridu bóru

#### 10.2.5.2 Polykrystalický diamant

Je nejtvrdějším řezným materiálem. Chemické složení odpovídá čistému uhlíku. Mezi jeho základní vlastnosti patří:

- vysoká tvrdost, kterou si podrží do teploty až 1400 °C
- vysoká trvanlivost a otěruvzdornost
- vhodný pro řezné rychlosti 600 až 1200 m/min
- vhodný i pro přerušovaný řez
- získá se hladký povrch obrobku apod.

Používá se pro obrábění neželezných kovů a slitin (hliník, měď, mosaz, titan) a nekovových materiálů (sklolaminát, tvrdý kaučuk, grafit, sklo atd.)



10-5 Břítové destičky z diamantu



## Nářadí v provozu CNC strojů

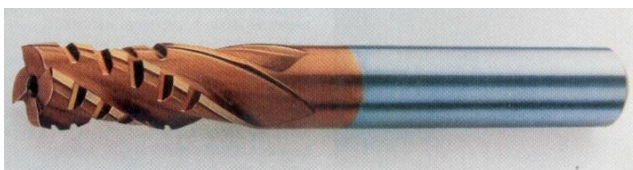
Materiál	Způsob obrábění	v [m/min]	h [mm]	s [mm/ot]
Ocel HRC 55 ÷ 67	jemné	80 - 160	0,2 - 0,6	0,04 - 0,08
	velmi jemné	120 - 180	0,05 - 0,2	0,02 - 0,04
Ocel HRC 45 ÷ 609	střední	80 - 120	1 - 2	0,12 - 0,20
	jemné	80 - 120	0,05 - 1	0,04 - 0,10
	velmi jemné	80 - 120	0,01 - 0,3	0,02 - 0,06
Litina HB 200	střední	150 - 250	3 - 4	0,20 - 0,60
	jemné	300 - 400	2 - 3	0,12 - 0,40
	velmi jemné	400 - 500	0,2 - 1	0,04 - 0,10
Litina HB 600	střední	100 - 200	3 - 4	0,20 - 0,40
	jemné	200 - 300	1 - 2	0,12 - 0,20
	velmi jemné	300 - 500	0,1 - 0,8	0,04 - 0,12

Tab. 8 Řezné podmínky destiček polykrystalického nitridu bóru

### 10.2.6 Coronit

Jedná se o zcela nový materiál. Slučuje se v něm houževnatost rychlořezných ocelí s odolností proti opotřebení, které je vlastní slinutým karbidům. Vyznačují se vyšší trvanlivostí, pracují rychleji, mají vyšší spolehlivost a vynikající jakost povrchu.

Tyto nástroje slouží hlavně pro obrábění ocelí, jsou však použitelné i pro slitiny titanu, různých lehkých neželezných kovů a také šedé litiny. Používají se hlavně pro stopkové frézy. Složení tvoří nitrid titanu v základní fázi oceli.



10-6 Stopkové frézy z coronitu



#### Kontrolní otázky:

1. Jaké požadavky jsou kladeny na nástrojové materiály?
2. Vyjmenujte druhy řezných materiálů.
3. Proveďte rozdělení nástrojových ocelí a charakterizujte jednotlivé skupiny z hlediska použití a složení.
4. Jaké složení a vlastnosti mají rychlořezné oceli?
5. Co je to slinutý karbid, jaké má složení?
6. Jaké vlastnosti mají slinuté karbidy?
7. Uveďte základní skupiny slinutých karbidů a jejich použití.
8. Jaké výhody mají povlakované destičky ze slinutých karbidů a které znáte druhy používaných povlaků?
9. Jaké je složení řezné keramiky a uveďte jednotlivé skupiny.

## Náradí v provozu CNC strojů

10. Které vlastnosti má řezná keramika?
11. Co je to cermet a jaké má vlastnosti?
12. Co rozumíte pod pojmem supertvrdé řezné materiály?
13. Uveďte vlastnosti polykrystalického nitridu bóru.
14. Uveďte vlastnosti a složení polykrystalického diamantu.
15. Co je to cermet a jaké má vlastnosti?
16. Co je to coronit a k čemu se používá?

### Cvičení:

1. Uveďte oblast použití a pracovní podmínky pro ocel 19855.
2. Porovnejte použití slinutého karbidu P10 a P50 z hlediska houževnatosti a otěruvzdornosti.
3. Uveďte doporučené použití slinutého karbidu typu M20 pro soustružení a frézování.
4. Vyhledejte v tabulce hodnoty řezných rychlostí pro hrubování a jemné obrábění při obrábění šedé litiny.
5. Vyhledejte v tabulce hodnoty řezných rychlostí pro hrubování a jemné obrábění při obrábění cementační oceli s pevností v tahu 600 MPa.
6. Vyhledejte v tabulce řezné podmínky pro obrábění oceli HRC 60 destičkou z polykrystalického nitridu bóru.

## Náradí v provozu CNC strojů

### 10.3 Označování vyměnitelných břitových destiček

















Pro označování vyměnitelných břitových destiček platí určité smluvní značení. Jednotlivé parametry v označení jsou uvedeny v následujících tabulkách.










1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T	N	M	M	22	04	08	E	N	- 58

Označení sestává ze symbolů, které charakterizují základní parametry destiček v této posloupnosti pozic:

- 1 - symbol tvaru destičky
- 2 - symbol velikosti úhlu hřbetu  $\alpha_n$
- 3 - symbol třídy přesnosti
- 4 - symbol konstrukčních zvláštností (utvářeče třísky a upínací otvor)
- 5 - symbol délky ostří destičky [mm]
- 6 - symbol tloušťky destičky [mm]
- 7 - symbol poloměru zaoblění špičky [0,1mm]
- 8 - symbol provedení řezné hrany
- 9 - symbol směru řezání
- 10 - doplňující symbol podle volby výrobce

**Poznámka :** Uvádění symbolů na pozicích 1 ÷ 7 je závazné.  
 Symboly pozic 8 a (nebo) 9 se uvádějí pouze v případě nutnosti. Je-li uváděn pouze jeden ze symbolů, zaujímá pozici 8.  
 Symbol 10 se odděluje od ostatních symbolů spojovníkem.

① TVAR DESTIČKY			
			
H	O	P	R
			
S	T	C	D
			
E	M	V	W
			
L	A	B	K

② ÚHEL HŘBETU $\alpha_n$	
	
A	B
	
C	D
	
E	F
	
G	N
	SPECIAL
P	O

Tab. 9 Označování VBD - 1. část



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# Nářadí v provozu CNC strojů

③ TŘÍDA PŘESNOSTI – Dovolené úchytky

Symbol Označení	Tolerance (mm)			Tolerance (palce)		
	m	s	ϕd = I.C.	m	s	ϕd = I.C.
A	± 0,005	± 0,025	± 0,025	± 0,0002	± 0,001	± 0,0010
F	± 0,005	± 0,025	± 0,013	± 0,0002	± 0,001	± 0,0005
C	± 0,013	± 0,025	± 0,025	± 0,0005	± 0,001	± 0,0010
H	± 0,013	± 0,025	± 0,013	± 0,0005	± 0,001	± 0,0005
E	± 0,025	± 0,025	± 0,025	± 0,0010	± 0,001	± 0,0010
G	± 0,025	± 0,013	± 0,025	± 0,0010	± 0,005	± 0,0010
J	± 0,005	± 0,025	± 0,05 + 0,13	± 0,0002	± 0,001	± 0,002 + 0,005
K	± 0,013	± 0,025	± 0,05 + 0,13	± 0,0005	± 0,001	± 0,002 + 0,005
L	± 0,025	± 0,025	± 0,05 + 0,13	± 0,0010	± 0,001	± 0,002 + 0,005
M	± 0,08 + 0,18	± 0,13	± 0,05 + 0,13	± 0,003 + 0,007	± 0,005	± 0,002 + 0,005
N	± 0,08 + 0,18	± 0,025	± 0,05 + 0,13	± 0,003 + 0,007	± 0,001	± 0,002 + 0,005
U	± 0,13 + 0,38	± 0,13	± 0,08 + 0,25	± 0,005 + 0,015	± 0,005	± 0,003 + 0,010

④ KONSTRUKČNÍ ZVLÁŠTNOSTI

Symbol Označení	Vyobrazení	Konstrukční zvláštnosti	
		Utvářeč třísky	Upínací otvor
N		Bez utvářečů třísky	
R		S utvářečem třísky na jednom čele	Bez upínacího otvoru
F		S utvářečem třísky na obou čelech	
A		Bez utvářečů třísky	S válcovitým otvorem
M		S utvářečem třísky na jednom čele	
G		S utvářečem třísky na obou čelech	S válcovitým otvorem
W		Bez utvářečů třísek	S jednostranným toroidálním otvorem pro zápusťný šroub s úhlem od 40° do 60°
T		S utvářeči třísky na jednom čele	
Q		Bez utvářečů třísky	S dvoustranným toroidálním otvorem pro zápusťný šroub s úhlem od 40° do 60°
U		S utvářeči třísky na obou čelech	
B		Bez utvářečů třísky	S jednostranným toroidálním otvorem pro zápusťný šroub s úhlem od 70° do 90°
H		S utvářeči třísky na jednom čele	
C		Bez utvářečů třísky	S dvoustranným toroidálním otvorem pro zápusťný šroub s úhlem od 70° do 90°
J		S utvářeči třísky na obou čelech	
X	Se zvláštnostmi, vyžadujícími dodatečné vysvětlení, výkresy nebo popis		

Tab. 10 Označování VBD - 2. část

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Nářadí v provozu CNC strojů

⑤ DÉLKA OSTRÍ

Ød = I.C. mm	R	S	T	C	D	V	W
3,97			06				
5,0	05						
5,56			09				03
6,0							
6,35	06						
8,0			11	06	07		04
9,525	09	09	16	09	11	16	06
10,0	10						
12,0	12						
12,7	12	12	22	12	15		08
15,875	15	15	27	16			
16,0	16						
19,05	19	19	33	19			
20,0	20						
25,0	25						
25,4	25	25		25			
31,75	31						
32,0	32						

⑥ TLOUŠŤKA

Symbol Označení	s	
	mm	
01	1,59	
T1	1,98	
02	2,38	
03	3,18	
T3	3,97	
04	4,76	
05	5,56	
06	6,35	
07	7,94	
09	9,52	

⑦ TVAR ŠPIČKY (soustružení)

Symbol Označení	R	
	mm	
00	0	
02	0,2	
04	0,4	
08	0,8	
12	1,2	
16	1,6	
24	2,4	
32	3,2	

KRUHOVÉ DESTIČKY

Ød = I.C.	Symbol Označení
mm	M0

⑦ TVAR ŠPIČKY (frézování)

Úhel nastavení		Úhel hřbetu fazetky	
Symb. Označ.	$\alpha_r$	Symb. Označ.	$\alpha'_n$
A	45°	A	3°
D	60°	B	5°
E	75°	C	7°
F	85°	D	15°
P	90°	E	20°
Z	spec.	F	25°
		G	30°
		N	0°
		P	11°
		Z	spec.

⑧ PROVEDENÍ OSTRÍ

F		Ostré hrany	E		Zaoblené hrany
T		Hrany s fazetkou	S		Zaoblené hrany s fazetkou

⑨ SMĚR ŘEZÁNÍ (soustružení)

R		N		L	
Posuv ←		Posuv ←		Posuv →	

⑨ SMĚR ŘEZÁNÍ (frézování)

R		Posuv →
L		Posuv ←
N		Posuv →

Tab. 11 Označování VBD - 3. Část



## Nářadí v provozu CNC strojů

### 10.4 Očekávaný vývoj řezných materiálů

Další vývoj řezných materiálů je ovlivňován snahou o jeho široké použití a výzkumem nových materiálů. Nové požadavky na řezné materiály kladou zejména obráběné materiály s nižší měrnou hmotností a vysokou pevností.

Nejpoužívanějším řezným materiálem zůstanou pravděpodobně i nadále povlakované slinuté karbidy s tím, že bude snaha především zdokonalit proces slinování a povlakování. U řezné keramiky není rovněž proces ukončen, zvláště u keramiky a různých výztužných vláken. Očekává se, že keramika na bázi oxidu hliníku nebude svůj podíl využití zvyšovat, protože její vývoj je pravděpodobně ukončen. Možnosti dalšího vývoje jsou ale u nitridové keramiky. Také cermetům bude věnována pozornost, zejména pro jejich vhodnost k obrábění při malých úběrech a velkých řezných rychlostech.

Perspektivním se jeví řezný materiál z rychlořezné nebo zušlechtěné oceli, který má silnou povrchovou vrstvu nitridu titanu, tzv. coronit. Je vhodný zejména pro stopkové frézy. Syntetický diamant a polykrystalický kubický nitrid bóru bude mít dále použití ve speciálních případech obrábění. Také povlakování vhodných komponentů diamantem je jedním z perspektivních směrů rozvoje oproti povlakování kubickým nitridem bóru. Je ale zatím příliš nákladné a nepřináší očekávané výsledky.

#### **Kontrolní otázky:**

1. Které údaje jsou uvedeny v označení vyměnitelné břitové destičky?
2. Které znáte tvary břitových destiček?
3. Nakreslete břitové destičky s utvářečem třísky a s upínacím otvorem.

#### **Cvičení:**

1. Proved'te rozbor označení břitové destičky CNMG 12 04 08.
2. Jakou délku ostří a jaký tvar má destička RNMG 09 04 04?

## Náradí v provozu CNC strojů

### Použitá literatura a informační zdroje

EVŽEN SVOBODA. *Technologie a programování CNC strojů*. 1. vydání. Havlíčkův Brod: FRAGMENT, 1998.

V. BARTOŠ, M. Král, R. Minárik, M. Štulpa. *Základy CNC obráběcích strojů*. 1. vydání. Havlíčkův Brod: FRAGMENT, 1998.

ING. J. HÁJÍČEK, Ing. S. Komíž. *Technologie strojního obrábění III*. Praha: SNTL, 1986.

PROF. ING. KAREL KOČMAN, DrSc. *Speciální technologie: Obrábění*. Brno: Fakulta strojní VUT v Brně, 1998.

[http://dilna.aeroomni.com/download/manual\\_programovani\\_CNC.pdf](http://dilna.aeroomni.com/download/manual_programovani_CNC.pdf)

<http://coptel.coptkm.cz/index.php?action=2&doc=27921&docGroup=4931&cmd=0&instance=2>

[http://www.sjf.tuke.sk/vitralab/upload/CNC%20prirucka\\_CZ.pdf](http://www.sjf.tuke.sk/vitralab/upload/CNC%20prirucka_CZ.pdf)

[http://www.sjf.tuke.sk/kvtar/2/files/19\\_Cislicove\\_Riadenie\\_Obrabacich\\_Strojov\\_Interpolacie.pdf](http://www.sjf.tuke.sk/kvtar/2/files/19_Cislicove_Riadenie_Obrabacich_Strojov_Interpolacie.pdf)

[http://download.vladimirmrazek.com/==AVP==/7\\_systemy\\_cislicoveho\\_rizeni.pdf](http://download.vladimirmrazek.com/==AVP==/7_systemy_cislicoveho_rizeni.pdf)

[http://old.fst.zcu.cz/\\_files\\_web\\_FST/\\_SP\\_FST\(SVOC\)/\\_2007/\\_sbornik/PapersPdf/Bc/Tyc\\_Ondrej.pdf](http://old.fst.zcu.cz/_files_web_FST/_SP_FST(SVOC)/_2007/_sbornik/PapersPdf/Bc/Tyc_Ondrej.pdf)

<http://technik.ihned.cz/c1-11353200-automaticka-vymena-nastroju-a-obrobku>

<http://www.fs.vsb.cz/books/TAV/technologie-automatizovanych-vyrob.pdf>

<http://coptel.coptkm.cz/index.php?action=2&doc=30355&docGroup=4931&cmd=0&instance=2>

<http://www.pegas-gonda.cz/cz/vynasece-trisek.htm>

[http://www.kvs.tul.cz/download/cnc\\_cadcam/pnc\\_1.pdf](http://www.kvs.tul.cz/download/cnc_cadcam/pnc_1.pdf)

<http://sstzr.cz/download/cat1/ucebnicecnc.pdf>