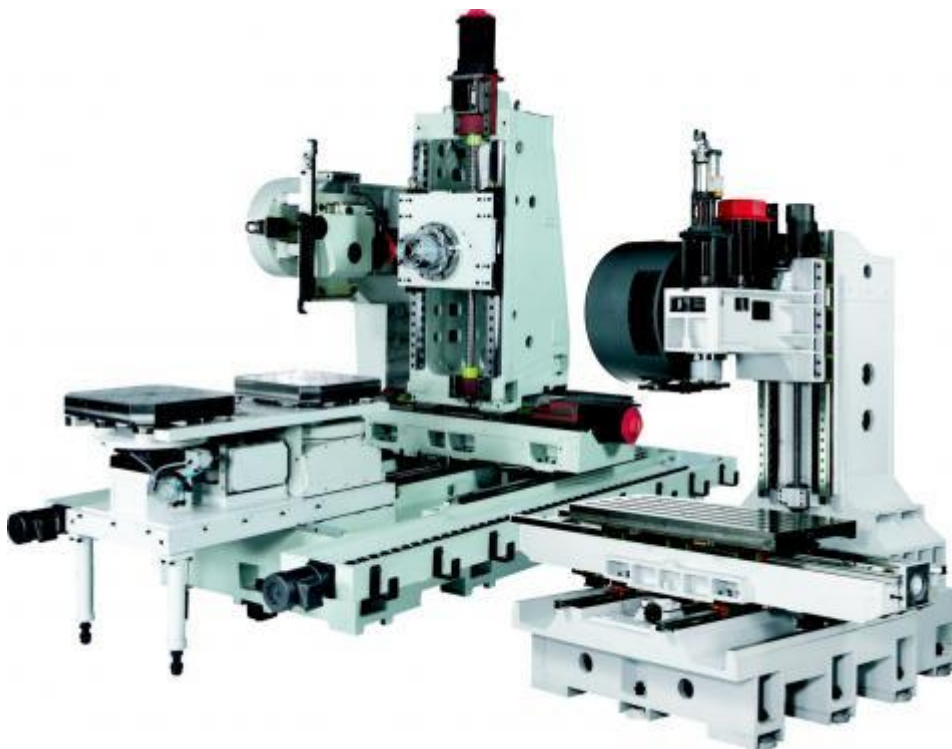


# Stavebnicové obráběcí stroje, výrobní linky, CNC obráběcí stroje

## Obráběcí centra



Jsou to číslicově řízené obráběcí stroje, na kterých je možné obrábět z různých stran bez změny v upnutí obrobku a různými způsoby obrábění. Jsou velmi přesné, s vysokou produktivitou, a vzhledem k pružnosti výměny nástrojů jsou vhodné pro malosériovou výrobu. Výměna nástrojů je samočinná a jejich úprava je závislá na počtu nástrojů. Při menším počtu nástrojů lze nastavit v zásobnících revolverového nebo hvězdicového typu. Střední počty nástrojů se sestaví v kotoučových a bubnových zásobnících. Pro větší počty nástrojů jsou vhodné řetězové a etážové zásobníky, v nichž lze umístit i několik desítek nástrojů. Výměna nástrojů je samočinná. Nástroje se mohou připravovat a seřizovat v pomocných zařízeních. Automatická a rychlá výměna dovoluje podstatné zkrácení jejich trvanlivosti v důsledku zvyšování řezných podmínek, a tím zvyšování výkonu obráběcího centra.

## Integrované výrobní úseky



Číslicové řízení strojů ve spojení s počítači umožňuje vytvořit integrovaná pracoviště, integrované úseky i celé automatické provozy. Umožňuje i komplexní řešení univerzální soustavy, schopné obrábět velké množství různých obrobků ve velmi malých výrobních dávkách.

Integrované výrobní úseky jsou tvořeny kombinací skupin číslicově řízených strojů s obráběcími centry s vyčleněnými úseky konvenčních obráběcích strojů a pomocných pracovišť. Počítač zvolí ze vstupních údajů nejvhodnější kombinace obrobků a jejich počty a sestaví program např. na příští den pro celý integrovaný výrobní úsek, včetně samočinné výměny nástrojů. Na konvenčních strojích se obrábějí základní plochy obrobků, provádějí se na nich i některé další vhodné operace, popř. operace dokončovací. Pomocná pracoviště tvoří programovací středisko, středisko pro přípravu nástrojů. Středisko pro údržbu strojních a elektrických zařízení, oddělení kontroly obrobků apod. Obrobky jsou dodávány ke strojům ve skladbě a počtech kusů určených počítačem.

Integrované výrobní úseky podstatně zkracují dobu výroby, zvyšují produktivitu práce a velmi snižují náklady na speciální přípravky a na nástroje. Umožňují obrábět velmi mnoho druhů obrobků v malých sériích, zpravidla jen v několika desítkách kusů. Ekonomický přínos je tím vyšší, čím jsou obrobky složitější. Snižuje se také potřeba pracovních sil, snižuje se fyzická a duševní námaha obsluhy, zvyšuje se bezpečnost práce a hygiena pracoviště.

Velké celky lze řídit řídicím počítačem a dílčími počítači, tzv. satelitními. Řídicí počítač obdrží vstupní informace o stavu výroby a výrobních úkolech na požadovaný časový úsek. Propočte nejvhodnější obsazení strojů obrobky, jejich skladbu a počta kusů a určí nejvhodnější způsob obrábění a postup operací. Takto sestavený program je dále propojen se satelitními počítači, kde každý z nich řídí skupinu až šestnácti NC strojů.

Takové řešení umožňuje skupinové nasazení i několika set NC strojů a obráběcích center a vyřešení potíží spojených s výrobou výrobků v malých dávkách nebo výrobků, které se často opakují.

## **Stavebnicové obráběcí stroje**

Jednouúčelové obráběcí stroje jsou výkonné a přesné stroje pro velkosériovou výrobu. Pro jiný obrobek jsou téměř nepoužitelné pro zdoluhavou a nákladnou přestavbu. Stavebnicové řešení obráběcích strojů má výhody jednoúčelových strojů a odstraňuje jejich nevýhody. Stroje se sestavují z typizovaných a normalizovaných skupin (jednotek) a ze speciálních skupin. Skupiny je možné pro výrobu jiného obrobku přestavět jako stavebnici. Typizované a normalizované skupiny jsou dodávány v několika velikostech, obsáhnou tedy obrobky různých velikostí. Obráběcí stroje se pak jen doplní skupinami, které souvisí s tvarem a velikostí obrobku. Každá skupina je samostatná a může být použita v různých sestavených kombinacích. Stavebnicové obráběcí stroje jsou používány nejčastěji jako vrtací a jim příbuzné operace.

Na stavebnicových obráběcích strojích je obrobek během obrábění zpravidla v klidu. Může být obráběn z několika stran více nástroji současně. Stavebnicová konstrukce umožňuje spojovat tyto stroje do výrobních linek.

### **Části stavebnicových obráběcích strojů**

Stroje jsou sestaveny stavebnicovým způsobem z pracovních jednotek, pomocných jednotek a speciálních skupin. Pomocné jednotky tvoří stojany, základní deska, boční deska, konzola, upínací stanice a nádoba na řeznou kapalinu a třísky. Např. u třístranného desetivřetenového stavebnicového obráběcího stroje je jedna ze tří pracovních jednotek svislá a dvě vodorovné. Speciální skupiny tvoří např. čtyřvřetenové a dvou vřetenové vrtací hlavy, upínač obrobku, nástroje a elektrická zařízení pro řízení stroje umístěná ve stojanu. Je zřejmé, že strojem lze obrábět jen z jedné, ze dvou nebo ze tří stran jedním nebo více vřeteny. Hlavní pohyb konají vřetena, nebo celá pracovní jednotka i s vřeteny.

Pracovní rozsah stavebnicového obráběcího stroje je tedy dán použitými jednotkami a strojními skupinami, ze kterých je sestaven.

Pracovní jednotky pracují většinou v automatickém cyklu. Jejich řešení umožňuje, aby pracovaly většinou ve všech polohách, vodorovné, svislé i šikmé. Podle prací, které konají, jsou vrtací, vyvrtávací, závitorezné, frézovací, soustružnické, brousící, honovací, finišování

(nejrozšířenější pracovní jednotky jsou vrtací jednotky, podle uložení vřeten v tělese jsou pracovní jednotky s výsuvnými pouzdry – pinolové, nebo sáňové s pohybem celého tělesa po vedení).

Pomocné jednotky jsou strojové celky nebo skupiny pro pomocné funkce a pomáhají pracovním jednotkám vykonávat pracovní cyklus. Patří k nim hnací, posuvové a stolové jednotky, otočné stoly a bubny, upínací stanice, utahovací jednotky, stojany a konzoly, hydraulická čerpadla, hydromotory, řídicí jednotky apod.

Speciální skupiny jsou nutným doplňkem pracovních a pomocných jednotek. Patří k nim vrtací hlavy, upínače, nástroje, zařízení pro seřízení nástrojů, skupiny elektrického řízení apod.

### **Pracovní jednotky**

Nejrozšířenější jsou vrtací jednotky. Podle uložení vřeten v tělese jsou pracovní jednotky s výsuvnými pouzdry (pinolové), nebo sáňové s pohybem celého tělesa po vedení. Pinola s vřetenem se vysouvá vačkou, otáčky vřetena se mění ozubenými koly. Pinolové jednotky jsou vhodné pro kratší nástroje. Na vřeteno lze také připevnit několikavřetenové vrtací hlavy, které se však musí podepřít zvláštním vedením. Při hydraulickém pohybu pinoly je posuv plynule měnitelný.

Sáňové vrtací jednotky mají pracovní vřeteno uloženo v tělese jednotky. Posuv tělesa je mechanický (šroubem), hydraulický nebo hydromechanický. Mechanické vrtací jednotky jsou jednodušší a levnější. Hydraulické vrtací jednotky mají plynulou regulaci posuvů a jsou vhodné i pro složitější pracovní cykly. Hydromechanické vrtací jednotky se používají nejčastěji ve spojení s jednovřetenovou nebo vícevřetenovou hlavou k vrtání s hlavou vyvrtávací. Připojením závitovací hlavy je možné řezat závity a připojením frézovací hlavy frézovat. Vřeteno má jeden stupeň otáček. Další stupně umožňují výměnná ozubená kola nebo doplnění vrtací jednotky rychlostní skříní.

Hydraulické jednotky s osmi až dvaceti čtyřmi stavitelnými vřeteny se používají pro vrtání, vystružování, zahlubování, řezání závitů a umožňují vyvrtávání děr v požadovaných roztečích. Vřetena jsou poháněna kulovými klouby, čepy a spojovacími tyčemi. Otáčky se nastavují výměnnými ozubenými koly, posuvy jsou plynule měnitelné.

Vyvrtávací jednotky v porovnání s vodorovnými nebo jemnými vyvrtávačkami, které obrábějí jen z jedné strany, umožňují obrábění z několika stran. Pracují obvykle jedním vřetenem uloženým v pinole. Posuv pinoly je šroubem nebo hydraulickým válcem. Kromě přesného vyvrtávání umožňují čelní soustružení a zapichování. Pro čelní soustružení jsou vybaveny pomocným hydraulickým válcem pro pomocný suport s nástrojem.

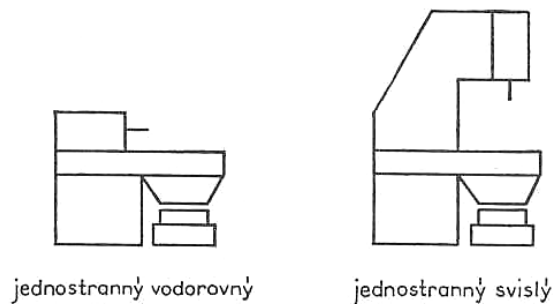
Závitořezné jednotky řezou závit vřetenem vysouvaným pomocí pouzdra a ozubených kol nebo závitovým vodícím pouzdem. Pro různá stoupání závitů se vodící závitová pouzdra vyměňují. Závity se řezou najednou třetím závitníkem závitové sady. Pouzdro musí mít závit stejného stoupání jako řezaný závit. Závitořezné hlavy mohou mít několikavřetenové hlavy a mohou řezat několik závitů současně.

Frézovací jednotky se používají obvykle pro dokončovací frézovací operace. Např. hydromechanická frézovací jednotka se vyrábí podle ukončení vřetena v několika variantách.

Soustružnické jednotky se používají méně. Častější je čelní soustružení, které lze zajistit vyvrtávacími a čelně soustružicími jednotkami. Rovněž brousící jednotky a jednotky honovací a finišovací jsou celkem málo rozšířeny.

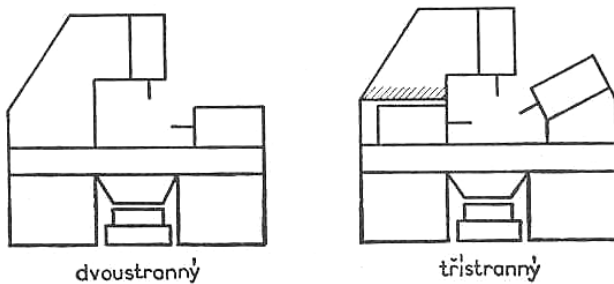
### **Provedení stavebnicových obráběcích strojů**

Podle obsluhy lze tyto stroje rozdělit na jednoduché, poloautomatické a automatické. Jednoduché stavebnicové obráběcí stroje jsou jednopokojové a vícepokojové. Jednoduché dvupolohové stroje mají změnu polohy obrobku po přímočaré dráze. Po obrábění v I. pracovní poloze je obrobek přemístěn do II. pracovní polohy. Je-li obrobek upínán v upínací poloze, která není současně pracovní polohou, je možná výměna obrobku za nový během obrábění a stroj je lépe využit. U stavebnicových obráběcích strojů s otočným stolem se přemístí obrobek do další polohy po kruhové dráze. Místo stolů mohou mít stroje bubny s vodorovnou osou.



jednostranný vodorovný

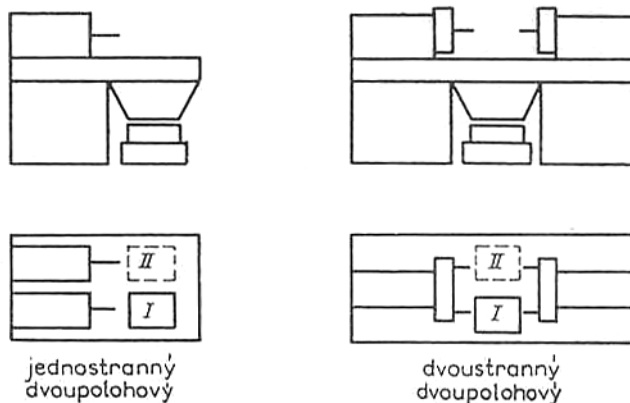
jednostranný svislý



dvoustranný

třístranný

Schéma jednoduchých jednopokojových stavebnicových obráběcích strojů



jednostranný dvoupolohový

dvoustranný dvoupolohový

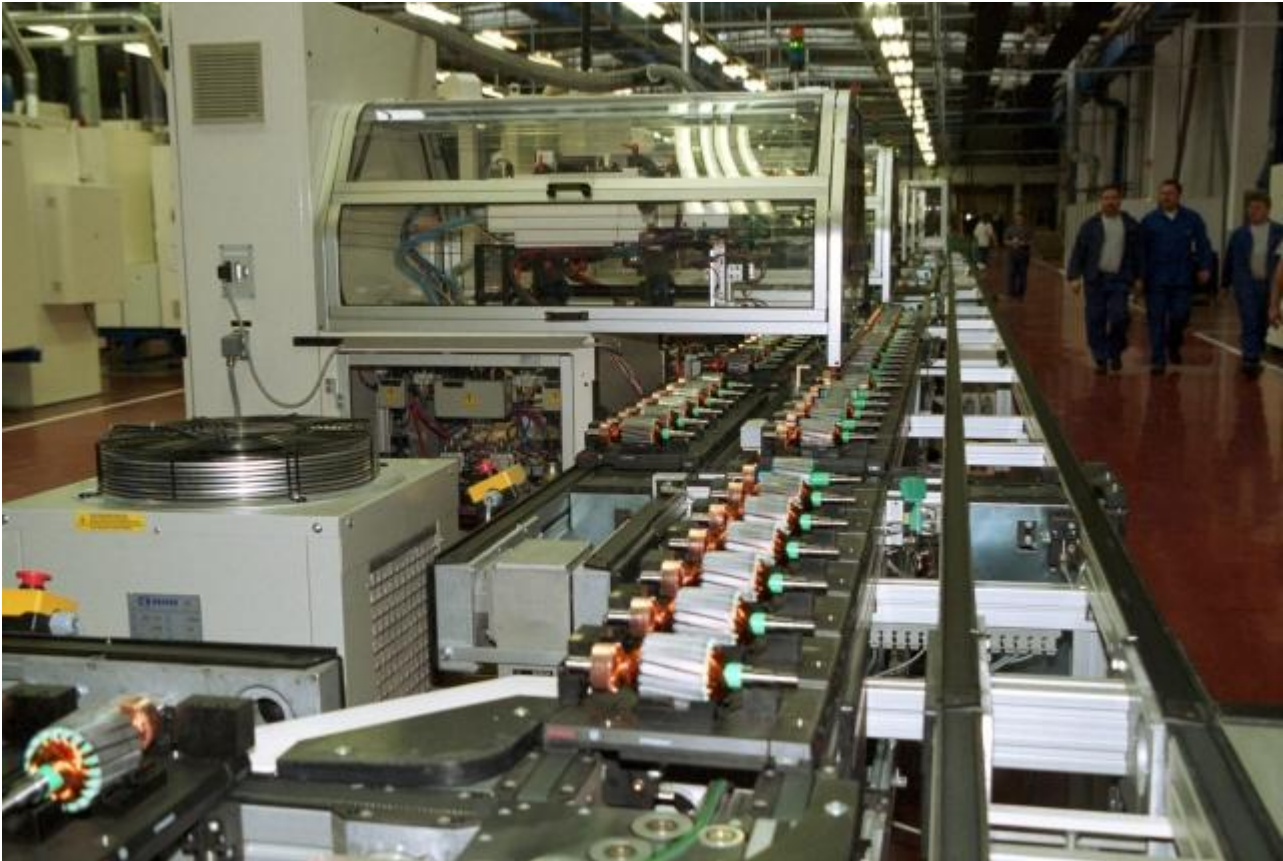
Schéma jednoduchých dvoupolohových stavebnicových obráběcích strojů

Stavebnicové obráběcí poloautomaty jsou stroje s pohyblivými upínači. Na upnutých obrobkách lze na několika místech současně provádět určené operace. Obrobky se přemisťují po přímé nebo po kruhové dráze. Stroje mají upínací stanice, ve které se vyměňuje obrobek během obrábění ostatních obrobků v jejich pracovních polohách.

Stavebnicové obráběcí automaty mají zásobníky s obrobky nebo automatické nakládače obrobků. Obrobky jsou v upínači samočinně upnuty a po obrábění jsou samočinně z upínače odstraněny.

Stavebnicové obráběcí stroje jsou výkonné stroje, které v provedeném sestavení pracují jako jednoúčelové. Pro další zvyšování jejich efektivity nestačí obvykle jen zvyšovat počet vřeten, ale je nutné zvyšovat koncentraci nástrojů na vřeteno a využívat kombinovaných nástrojů.

## Výrobní linky



Tvoří je automatické nebo poloautomatické stroje, tzv. *stanice* seřazené podle výrobního postupu a vzájemně spojené dopravním zařízením. Bývají doplněny měřícím, kontrolním a regulačním zařízením. Polotovary se během průchodu linkou mění ve výrobek. Takt linky je doba, za kterou je zhotoven jeden výrobek. Automatizace výrobního procesu není omezena technickými možnostmi, ale může být omezena ekonomickými hledisky, protože automatizační zařízení jsou nákladná. Výrobní linka má svou produktivitou vrátit náklady na ni vynaložené nejpozději do pěti let. Jednotlivé stroje zařazené do linky nemají větší výkon, než by měly mimo linku. Stroje v lince nejsou tedy efektivnější a takt linky je ovlivněn strojem s nejdelší pracovní dobou pro provedení požadovaného úkonu. Zkrátí se však podstatně doba výměny polotovaru ve stanicích, výměny nástrojů a kontroly výrobků. Zjednoduší se manipulace s obrobky a materiálem ve stanicích a mezi stanicemi, zvyšuje se jakost výrobků, snižuje se zmetkovitost a výroba se stává mnohem rovnoměrnější. Další výhody jsou snižování námahy obsluhy, snižování úrazovosti a zvyšování kulturnosti pracoviště. Vyrůstají však nároky na seřízení a údržbu linky.

Strojírenství se vyznačuje širokým rozsahem výrobků s různorodou technologií. Rozdílnost a různá množství výrobků jsou značnou nevýhodou, protože převládají malé počty kusů v sériích, výroba je malosériová až kusová, a v takové výrobě se obtížněji uplatňují automatizační prvky.

Pro převládající menší počty výrobků je důležitá pružnost výrobní linky, tj. možnost její přestavby na podobný výrobek nebo výrobek zcela jiný. U linky sestavené z jednoúčelových strojů je přestavba nákladná a zdlouhavá a často i nemožná. Pružnější je linka sestavená z univerzálních strojů, pružná je linka ze stavebnicových strojů a nejpružnější je ze strojů programově řízených. Zatímco přestavba málo pružné linky může trvat několik měsíců, je přestavba pružné linky provedena za několik dní až několik hodin.

## Druhy výrobních linek

Rozdělení výrobních linek ovlivňuje mnoho činitelů. Vliv některých je tak výrazný, že dávají linkám charakteristické znaky a linky takových znaků lze zařadit do společné skupiny. Z tohoto hlediska se dají linky rozdělit:

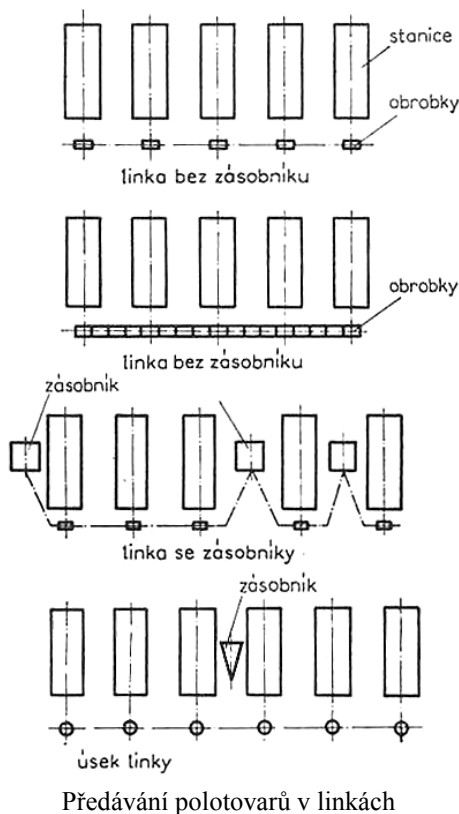
1. podle přívodu materiálu do linky a odvodu výrobků z linky,
2. podle způsobu předávání polotovarů mezi stanicemi linky,
3. podle dopravy v lince,
4. podle stupně automatizace linky,
5. podle technologického procesu.

### 1. Rozdělení podle přívodu materiálu a odvodu výrobků z linky.

Z tohoto hlediska je možno linky rozdělit do devíti tříd. Devátá třída je ve strojírenství nejběžnější. Nejsnadněji se řeší linka první třídy, neobtěžněji linka třídy deváté. Dá-li se např. zajistit přívod polotovarů v dávkách a odvod ponechat v kusech, linka se tím zjednoduší a její řešení se usnadní.

### 2. Rozdělení podle způsobu polotovarů mezi stanicemi.

Předávání polotovarů v lince je znázorněno na obrázku. Tak vzniknou linky bez zásobníků, linky se zásobníky, linky upravené v úseky apod.



U linky bez zásobníku je polotovar přemístěn buď do další stanice, nebo se jen přemístí o jednu rozteč – tyto linky jsou vhodné pro polotovary, které se nemohou do zásobníků umístit. Linka je přehledná, doprava v ní se řeší snadněji, ale porucha v kterékoli stanici vyřadí z provozu celou linku.

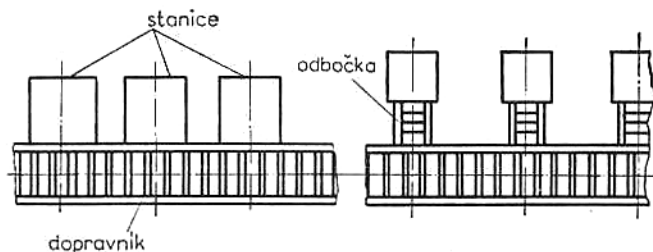
U linek se zásobníky procházejí polotovary jednotlivými stanicemi i zásobníky. Zásobníky mohou být buď pro jednotlivé části linky, nebo pro každou stanici. Při poruše dodává rozpracované polotovary zásobník a porucha se současně odstraňuje, tzn. že linka není vyřazena z provozu. Doprava se však řeší obtížněji.

Předností linek obou uvedených druhů spojuje linka upravená v úseky, mezi nimiž jsou zásobníky. Obrobky procházejí pouze stanicemi linky a neprocházejí zásobníky. V zásobnících jsou obrobky obrobené v předchozích stanicích a dodávají se z nich obrobky jen v případě poruchy, takže linka není vyřazena z provozu, pokud zásoba v zásobnících stačí.

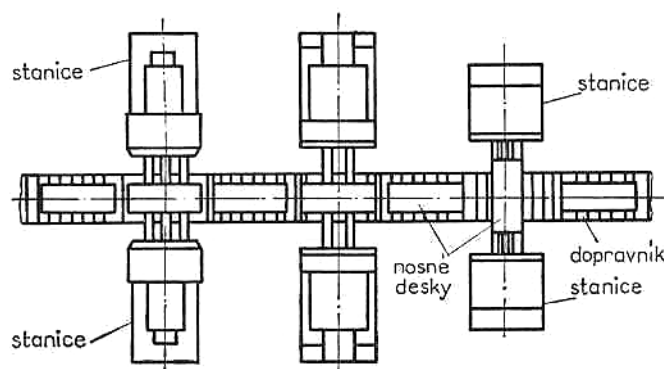


### 3. Rozdělení podle dopravy v lince.

Doprava v lince může být zajištěna buď centrálním dopravníkem, nebo dílčími dopravníky. Centrální dopravník prochází linkou a stanice jsou z jedné nebo obou stran dopravníku. Dopravník může procházet stanicemi nebo jednotlivé stanice mají z centrálního dopravníku odbočky (viz obr.). Linka je přehledná a dopravní systém je dobře řešitelný. Obrobek může linkou procházet bez upínače, nebo je v upínači na nosné desce.



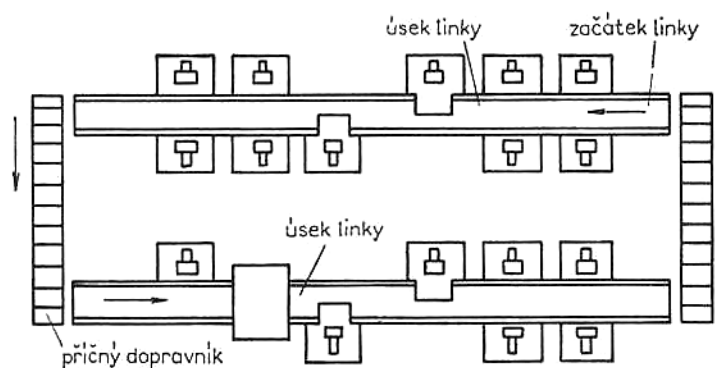
Stanice na jedné straně



Stanice z obou stran

Linky s centrálním dopravníkem

U linky s dílčí dopravou jsou polotovary do stanic dopravovány výtahy, podávači, nakládači a mezi stanicemi žlaby, skluzy, vozíky, vibračním zařízením, závěsnými dopravníky apod. Je-li obrobek dopravován linkou v přípravku a musí-li se přípravek vrátit zpět do počáteční stanice, je možné linku řešit podle uvedeného obrázku. Linka tvoří úseky, které spojuje příčný dopravník. Konec jednoho úseku je spojen příčným dopravníkem s počátkem druhého úseku a jeho konec je dalším příčným dopravníkem spojen s počátkem linky. Přípravek se tedy vrátí do základní polohy, tzv. upínací stanice.



Linka se zpětnou dopravou přípravku

Není-li linka takto rozdělena a přípravky se musí vrátit do počáteční polohy stanice, umístí se doprava přípravků obvykle vedle linky. Někdy bývá dopravník umístěn nad nebo pod linkou.

#### 4. *Rozdělení podle stupně automatizace linky.*

Výrobní linky mohou být na různém stupni automatizace. Vrcholem je automatická linka, která nevyžaduje obsluhu. Má-li zpětnou vazbu, porovnává se plánovaná činnost linky se skutečnou činností a odchylky od plánované činnosti se hned automaticky opravují. Není-li zpětná vazba, neovlivňuje obrobek práci předchozích stanic. Je-li pracovní čas jednotlivých stanic stejný, má linka tzv. tvrdou automatizaci. Není-li pracovní takt v lince vázán, má linka pružnou automatizaci a tyto linky se snadněji řeší. Méně vytížené stanice s kratším pracovním časem se dají mnohdy lépe vytížit zařazením přidavných prací a nepravidelností linky lze vyrovnat pomocí zásobníků. Taková opatření jsou vhodná v linkách pro výrobu hřídelí, ozubených kol apod.

#### 5. *Rozdělení podle technologického postupu.*

Linku mohou tvořit stroje pro operace stejného druhu nebo pro operace různorodé. V lince ze stejnorodých strojů lze operace lépe rozvrhnout na jednotlivé stroje a také se usnadní manipulace. U linky z různorodých strojů je výhodné, že se výrobek může v lince dokončit. Obtížněji se však určuje takt linky, aby byl v jednotlivých stanicích alespoň přibližně stejný. Další nevýhodou je, že je zpravidla nutné v každé stanici obrobek znova ustavit do správné polohy k nástrojům a upnout jej. Jsou také větší nároky na dopravní zařízení, na nakládání obrobků do stanic a také na potřebnou změnu jejich polohy v následujících stanicích.

Linka se stejnorodým technologickým procesem je pro obrábění, pro výrobu odlitek nebo výkovků, pro tepelné zpracování, pro povrchové úpravy apod.

U linek s různorodými technologickými procesy se procesy prolínají, např. odlitek vyrobený v lince je hned obráběn, pak tepelně zpracován apod. Takové linky mohou vytvářet celé automatizované provozy. Jejich málo početná obsluha jen kontroluje výrobní proces a zasahuje v případě poruchy. Nároky na teoretické znalosti a řemeslnou zručnost pracovníků obsluhy jsou však vysoké, protože tak nákladná linka nepřipouští zdlouhavé odstraňování poruch, kdy je linka vyřazena z provozu.

Důležité jsou obráběcí linky pro obrobky skříňovitého anebo deskovitého tvaru. Bývají řešeny jako linky průchozí a jako linky s nosnými deskami. U průchozích linek (transfernih) prochází obrobek stanicemi bez upínače. Dopravní zařízení dopraví obrobek do další stanice, ve které je ustaven do požadované polohy a upnut. U linek s nosnými deskami je obrobek v upínači na nosné desce a tak prochází stanicemi. Z poslední stanice se musí nosná deska s přípravkem vrátit do výchozí stanice. Průchozí linky jsou vhodné pro větší počet operací vrtacích, vyvrtávacích, pro řezání závitů, ale také pro frézování apod., takže vyhovují stavebnicové obráběcí stroje. Linky bývají automatické a mají zařízení pro kontrolu obrobku, ochranu před poškozením a zajištění proti přetížení.

Pro obrábění obrobků rotačního tvaru, jako hřídele, pouzdra, ozubená kola apod., se používají automatické linky. Mohou být sestaveny ze samostatných obráběcích strojů seřazených podle výrobního postupu obrobku a spojených dopravním zařízením. Pro obrobky ve středních sériích je nutná určitá pružnost linky, takže vyhovují univerzální obráběcí stroje upravené na automaty. Pro velké výrobní série mohou být sestaveny z jednoúčelových obráběcích strojů. Pro výrobky v menších sériích je nejpružnější linka sestavená z programově řízených strojů. Ještě větší pružnost se získá doplněním linky rozeznávacím zařízením, které určí druh obrobku a zajistí výměnu programu v řídicím systému, takže linka může automaticky přejít v nejkratším čase na obrábění obrobku jiného druhu.

Pro výrobu menších obrobků ve velkých sériích se používají rotorové linky (nazývají se podle dopravy obrobků do stanic i ve stanicích). Dopravní rotory přemístí obrobky po kruhové dráze do pracovních rotorů. V pracovních rotorech se obrobek obrátí buď bez pohybu obrobku během obrábění, nebo při pohybu. Dopravní rotory tvoří kruhové desky nebo řetězy vedené kladkami. na řetězech je zařízení k upínání obrobků. Nástroje jsou upraveny v blocích a rovněž se vyměňují po kruhové dráze. Blok otupených nástrojů samočinně odstraní vyjímají zařízení a



vyměňovací zařízení ihned provede výměnu celého bloku. Je-li nutná změna polohy obrobku, provede ji rotor.

### Kontrolní zařízení výrobních linek



Kontrola výrobků je závislá na stupni automatizace linky. Při částečné automatizaci, kdy obsluha provádí např. výměnu obrobků a jejich upínání, může také výrobky kontrolovat. Automatická linka musí mít také automatickou kontrolu obrobků. Měřidla jsou mechanická, elektrická, pneumatická, mohou být kontaktní nebo bezkontaktní. Místo kontroly přímo ve stanicích se dává přednost soustředění měřících a kontrolních úkonů do samostatných kontrolních stanic. Kontrolní stanice se umístí za jednotlivými stanicemi nebo za skupinou několika stanic.

Linky mívají také kontrolní zařízení, které je chrání před poškozením a přetížením. Např. nástroje jsou kontrolovány světelnými paprsky. Je-li nástroj poškozen, projdou paprsky k fotočlánku a buď signalizují závadu, nebo stroj zastaví. Jiným řešením jsou koncové spínače. Nástroje při návratu po provedené operaci zapnou koncové spínače a je dán signál k opakování cyklu. Poškozený nástroj nemůže spínač zapnout a signál není dán.

Pojistné zařízení chrání linku před trvalejším přetížením. Přetížení může vzniknout při obrábění otupenými nebo poškozenými nástroji, ale také nestejnorodostí materiálu, nesprávným tepelným zpracováním apod. Pojistné zařízení zastaví stroj, který je přetížen, a signalizuje místo poruchy. Je-li další obrábění vyloučeno, je dán signál k vysunutí obrobku z linky nebo k jeho dalšímu průchodu linkou, ale bez obrábění tohoto vadného obrobku.

## Řízení výrobních linek

Automatické linky mohou být řízeny centrálně z ústředí, nebo postupným způsobem a způsobem kombinovaným.

Centrální řízení soustředěné do jednoho místa je přehledné. Je odloučeno od hluku, prachu a nečistoty. Signální zařízení jsou soustředěna na panelu. Centrální řízení nevyžaduje také tolik přístrojů. Mezi jednotlivými funkcemi však musí být v lince určitá časová rezerva, aby byla jistota, že předcházející funkce byla spolehlivě provedena.

Při postupném řízení je ukončení jedné funkce povelem k provedení funkce následující. Tento způsob řízení linky je spolehlivý a pro linky vhodný. Nevyžaduje časové rezervy mezi funkcemi, protože další funkce nemůže následovat, nebyla-li předcházející funkce skončena.

Předností obou uvedených způsobů řízení linky spojuje kombinovaný způsob řízení. Nejdůležitější funkce se řídí postupně a ostatní centrálně.

V řídicích systémech linek převládají elektrické prvky, které umožňují jak funkční kombinace v lince, tak také kontrolu linky, její zajištění a informační signalizaci. Řídící části a obvody je možné řešit stavebnicovým způsobem, což umožňuje různé funkční kombinace a také rychlejší nalezení místa poruchy a její rychlé odstranění.

## CNC obráběcí stroje

Trvalým Dlouhodobým směrem vývoje ve všech výrobních odvětvích, a tedy i ve strojírenství, je automatizace výrobního procesu. Tam, kde převládá kusová a malosériová výroba se používá strojů, u nichž se může poměrně snadno a rychle provést změna výrobního programu. Automatizace výroby přispívá ke zvyšování produktivity práce a současně ke snižování výrobních nákladů. To znamená, že tyto stroje se mohou velmi rychle přizpůsobit výrobě jiného druhu strojních součástí. Lze je nazvat jako stroje s pružností, např. výrobovou, řídicí apod. Pracují v automatickém pracovním cyklu, který se zajišťuje převážně číslicovým řízením.

Číslicovým řízením se rozumí činnost číslicového počítače pro řízení fyzikálních veličin a uplatňuje se téměř ve všech oblastech strojírenské výroby:

- obráběcí stroje,
- tvářecí stroje,
- měřicí a rýsovací stroje,
- manipulační technika.

Mimo tyto oblasti je číslicové řízení rozšířeno i na vypalovací stroje, stroje pro svařování, nýtovačky, drátovací stroje, montážní stroje, stroje pro kontrolu vad apod.

### Vývojové stupně číslicově řízených strojů.

Ve vývoji NC strojů je možné zaznamenat určité charakteristické etapy označované za vývojové stupně nebo také vývojové generace. V podstatě lze vývoj NC strojů členit do čtyř vývojových stupňů.

- *NC stroje 1. vývojového stupně* – vyznačují se nejjednodušší koncepcí založenou na konstrukci konvenčních strojů. Vycházejí z upravených konvenčních strojů, ke kterým jsou přiřazeny číslicové řídicí systémy. Tyto stroje většinou umožňují řízení v pravoúhlých cyklech. S ohledem na současné požadavky již nevyhovují po stránce přesnosti, spolehlivosti a technologických možnostech.
- *NC stroje 2. vývojového stupně* – tyto stroje jsou již svou koncepcí přizpůsobeny požadavkům číslicového řízení. Jsou vybaveny servosystémy, které umožňují řízení v obecných cyklech. V jednom pracovním cyklu je zpravidla možné použít více nástrojů. Stroje jsou opatřeny revolverovými hlavami a zásobníky nástrojů.
- *NC stroje 3. vývojového stupně* – konstrukce těchto strojů je zaměřena především na použití ve výrobních soustavách, pro které jsou přizpůsobeny s ohledem na řízení technologického i výrobního procesu počítači. Řízením technologického postupu rozumíme řízení funkcí NC strojů od vstupů výrobků a výrobních pomůcek až po jejich výstup z výrobní soustavy. Řízením

výrobního procesu pak rozumíme dělbu práce mezi technologickými pracovišti, včetně průchodu dávek danou výrobní soustavou.

- *NC stroje 4. vývojového stupně* – vyznačují se vlastní realizací vědeckých poznatků. Jde převážně o vývojové typy strojů, u nichž se zavádějí progresivnější metody v konstrukci a využití strojů (např. uplatnění laserových paprsků – zejména v měření, řízení atd.).

### **Rozdělení číslicově řízených obráběcích strojů**

1. *podle vykonávaného druhu práce lze CNC obráběcí stroje rozřadit na:*

- CNC soustruhy,
- CNC frézky,
- CNC brusky,
- CNC obráběcí stroje na výrobu ozubení,
- CNC obráběcí centra a CNC stavebnicové stroje,
- CNC stroje pro nekonvenční metody obrábění – např. stroje pro elektrojiskrové obrábění, popř. pro elektrojiskrové vyřezávání drátovou metodou, stroje pro řezání laserem atd.,
- další CNC stroje – z ostatních strojů se používají např. CNC ohýbačky plechu, CNC děrovací (vysekávací) stroje, a také programovatelné manipulační automaty, průmyslové roboty, které mají rozličné spektrum použití – např. při svařování, lakování, nanášení lepidla, manipulaci se žhavými výkovky apod.

2. *podle jejich specializace či naopak univerzálnosti:*

- a) *jednoprofesionální* – určené pro vykonávání pouze určitého druhu operace – mohou na obrobku vykonat při jednom upnutí jeden druh operace (např. soustružení, frézování, vrtání apod.); do této skupiny patří CNC soustruhy, frézky vrtáčky vyvrtávačky atd.,
- b) *víceprofesionální* – pro více druhů operací na obrobku při jednom upnutí, nazývají se obráběcí centra; podle tvaru obráběných součástí je lze rozdělit na:
  - obráběcí centra pro výrobu rotačních obrobků hřídelových nebo přírubových,
  - obráběcí centra pro výrobu skříňovitých obrobků,
  - obráběcí centra umožňující výrobu rotačních i nerotačních součástí s určitým omezením operací.

### **Výhody a přednosti CNC strojů**

- výroba je produktivnější a hospodárnější,
- odpadá výroba, skladování, údržba a obsluha rýsovacích, vrtacích a jiných přípravků,
- výrobní programy lze snadno měnit,
- lze zmenšit sklady náhradních dílů – požadovanou součást lze snadno vyrobit pomocí archivovaného, dříve vytvořeného, programu,
- zvýší se kvalita výrobků – odpadají chyby a nepřesnosti způsobené nepozorností, únavou pracovníků atd.,
- zmenšují se požadavky na kvalifikaci pracovníků na obsluhu,
- výrobní čas je přesně určen programem a nezávisí na obsluze – je možné upřesnit plánování výroby,
- umožňují výrobu součástí, jejichž tvar je zadán matematickými funkcemi, např. profily lopatek turbín, kompresorů apod.,
- umožňují rychlé zavádění nových typů strojů do výroby,
- CNC stroje si vynucují použití dokonalého nářadí a tím zvýšení produktivity a hospodárnosti výroby,
- číslicově řízené stroje na jedné straně požadují nižší kvalifikaci pracovníků určených k obsluze, na druhé straně však vyžadují vyšší kvalifikaci pracovníků zabezpečujících výrobu, servis, údržbu a seřizování strojů.

### **Porovnání výrobního postupu konvenčního a CNC stroje**

Na konvenčním obráběcím stroji se obrábí obrobek tak, že si pracovník nejdříve zhruba naplánuje výrobu podle technologického postupu. Při obrábění čte výkres. Veškeré informace

(geometrický tvar, materiál, tolerance apod.) zpracuje a ukládá do paměti. Podle své úvahy nastaví řezné podmínky a začne provádět jednotlivé úkony operace. Po každém úkonu plánuje úkon další, až obrobek odpovídá požadavku obrobku danému technologickým postupem a výrobnímu výkresu.

U CNC stroje plánování postupu výroby je provedeno před vlastním obráběním technologem-postupářem, technologem-programátorem a obsluhou.

*Technolog-postupář* – provede rozbor současné technologie, určí operace pro CNC stroj a zvolí vhodný obráběcí stroj. Dále spolupracuje s programátorem na vytvoření technicko-technologické dokumentace.

*Technolog-programátor* – z výrobního výkresu, pracovního postupu, seřizovacího, nástrojového a souřadnicového listu sestaví řídicí program, provede jeho simulaci a zajistí jeho archivaci.

*Obsluha* – provede seřízení obráběcího stroje.

## Konstrukce CNC strojů

Konstrukce CNC strojů se musí výrazně lišit od konstrukce konvenčních strojů z důvodů požadované přesnosti tvaru a rozměru součástí, požadované drsnosti povrchu, bezporuchovosti stroje, snadné a bezpečné obsluhy atd. Proto se CNC stroje vyznačují charakteristickými znaky, vlastnostmi a parametry:

- konstrukce musí mít vysokou tuhost a přesnost provedení,
- řezný režim při automatickém chodu stroje musí být co nejehospodárnější,
- vodící plochy mají být vyrobeny s vysokou přesností a velkou životností; vhodnou konstrukcí je nutno zajistit snadnou vyměnitelnost opotřebovaných částí,
- 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,
- aby se zvýšila přesnost a životnost stroje, musí být u některých strojů stabilizace teploty oleje,
- automatickou výměnu nástrojů během pracovního cyklu stroje zajišťují systémy automatické výměny nástrojů,
- pro zajištění opracování obrobku z více stran při jednom upnutí slouží upínací různé upínací přípravky, otočné a sklopné stoly, speciálně konstruované palety apod.,
- automatický cyklus CNC strojů vyžaduje tzv. třískové hospodářství; jde o čištění a odvod třísek,
- vybavení strojů soubory nástrojů, jejich předseřizování, údržba, výměna,
- pro bezporuchový provoz slouží pomocné, kontrolní, seřizovací a jiné přípravky,
- aktivní a pasivní kontrola obráběných součástí atd.

## Lože stroje a vodící plochy

Základní část všech CNC obráběcích strojů tvoří lože nebo rám stroje. Hlavními požadavky na konstrukci lože jsou vysoká tuhost, schopnost přenášet všechny zatěžující síly s minimální deformací, dobrá schopnost tlumit chvění, jednoduchost a snadná obsluha, údržba, dobrý odvod třísek, tepla atd. Je nejčastěji vyrobeno z litiny nebo konstrukční oceli.

Nedílnou součástí všech loží jsou vodící plochy, jejichž kvalita má přímý vliv na výslednou přesnost stroje. V konstrukci strojů jsou nejrozšířenější:

- vedení kluzná s polosuchým třením,
- vedení kluzná . hydrodynamická,
- vedení valivá.

Rozvod mazacího prostředku je proveden tak, aby bylo umožněno mazání celé stykové plochy.

## Hlavní pohon

Tyto pohony musí umožňovat nastavení takového počtu otáček, který odpovídá optimální řezné rychlosti. Nastavení otáček je možno realizovat plynulou nebo stupňovitou regulací otáček.

Plynulá regulace umožňuje nastavit otáčky odpovídající optimální řezné rychlosti. Nejčastěji se používají střídavé servopohony, popř. stejnosměrné servopohony. Automaticky udržují otáčky bez zřetele k zátěži v širokém rozsahu. Tyto systémy se vyznačují poměrně malými rozměry, podstatně menší hmotností, vysokou účinností a bezporuchovým provozem. Součástí hlavního pohonu bývá elektromagnetická brzda, která slouží jako bezpečnostní brzda pro zabrzdění hlavního

motoru, a tím i vřetene. Je v činnosti při použití tlačítka „Central stop“ nebo vypnutí hlavního pohonu.

### **Vřeteník**

Tvoří samostatný celek. U CNC soustruhu je pevně spojen s ložem stroje. Obráběcí centra mají vřeteník upevněn na vedení sloupu stroje. Ve vřeteníku je uložen převodový mechanismus a vřeteno s upínacím zařízením. To je ovládáno hydraulicky s možností na stavení velikosti upínacího tlaku v daném rozsahu.

### **Hydraulický agregát**

Hydraulický agregát je zdrojem tlakového oleje a tvoří typizovaný celek. Slouží k ovládání pomocných funkcí, jak vlastního stroje, tak i celku jeho příslušenství. Je vybaven hydrogenerátorem s regulací na konstantní tlak. Hlavní rozvod je tvořen systémem hadic, ocelových trubek a spojovacích kostek. Spojuje zdroje tlakového oleje s jednotlivými spotřebiči umístěnými na stroji.

### **Agregát mazání**

Tvoří samostatný celek – tlakové čerpadlo, rozvod tlakového oleje, olejovou nádrž a kontrolní systém. Zajišťuje mazání kluzných ploch, suportů, kuličkových šroubů apod. Mazání je automatické. Probíhá speciálními mazacími jednotkami, které dávkují mazací olej v nastaveném časovém intervalu. V případě potřeby lze tlačítkem zapnout mazací cyklus ručně.

### **Suporty**

Tvoří samostatný montážní celek, který se skládá z podélného a příčného suportu. Umožňuje pohyb ve dvou navzájem kolmých osách. Suporty jsou uloženy kluzně na vodících kalených lištách, přišroubovaných k loži, popřípadě na valivém vedení. Pohyb podélných a příčných saní provádějí kuličkové šrouby, mazání vodících ploch je automatické z mazacího agregátu v časových intervalech.

### **Posunové mechanismy (servomechanismy)**

Číslicové řízení obráběcích strojů klade zvýšené nároky na pohony posuvů, které zajišťují rychlost pohybu a nastavení vzájemné polohy nástroje a obrobku. Servomechanismy lze v zásadě rozdělit:

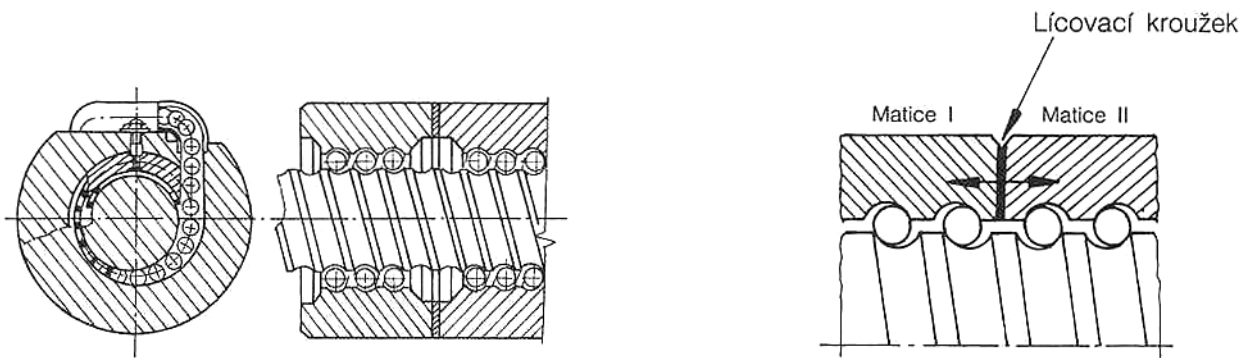
1. *podle požadovaného pohybu*, který je určen druhem řídicího systému
2. *podle konstrukce* – servomechanismy se zpětnou vazbou, která může být rychlostní nebo polohová.

### **Pohon posuvu**

Pohon posuvu řízené osy CNC převádí příkazy od regulátoru polohy na pohyb nástroje nebo obrobku. Sestává obecně z posunového motoru (servomotor), který přenáší buď přímo nebo přes ozubený řemen kroutící moment na šroubový převod tvořený kuličkovým šroubem a maticí. Tento šroubový převod převádí otáčivý pohyb na přímočarý. Používají se servopohony elektrické, méně často hydraulické.

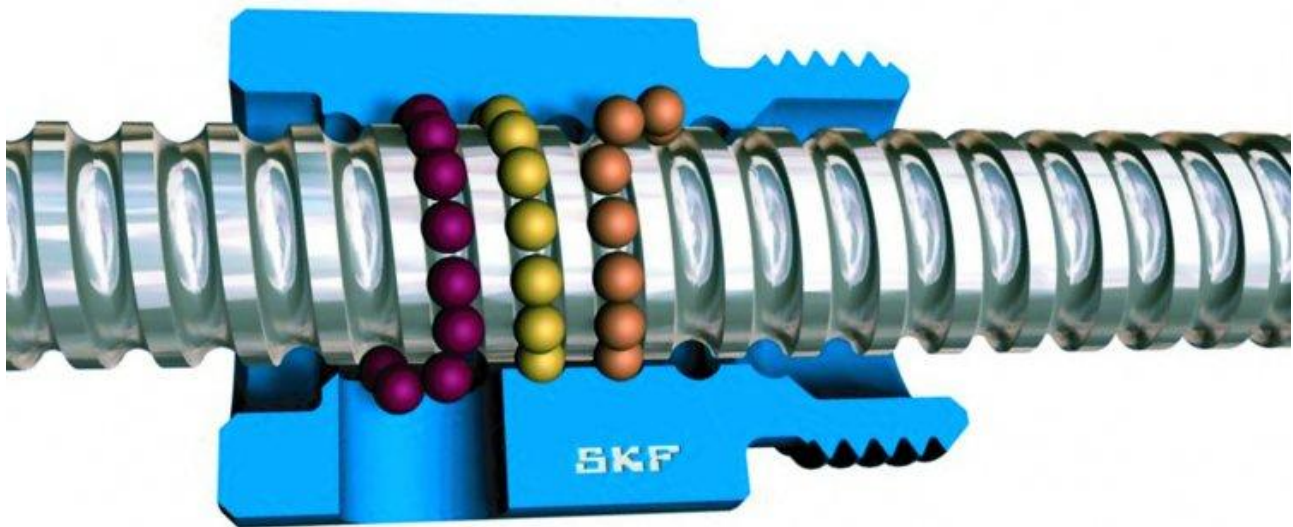
### **Posuvové kuličkové šrouby**

Pomocný šroub je velmi důležitou částí posunového mechanismu. Jsou na něj kladeny zvýšené nároky na tuhost, přesnost a možnost dosažení nízkých pasivních odporů. V konstrukci CNC strojů se používá kuličkového šroubu s kuličkovou maticí s předpětím, čímž se dosahuje vyšší tuhosti, a tím i přesnosti. K tomu musí být vzájemně nastaveny obě části matice. To je provedeno pomocí doléčovacího kroužku, který rozepře obě části matice vůči sobě na opačnou stranu.



Kuličkový posunový šroub

Předeptnutí matic kuličkového šroubu



### Tachogenerátor (tachodynamo)

Tachogenerátory jsou vestavěny přímo do regulačních pohonů v jednotlivých osách. Typ snímače je závislý na použitém řídicím systému. Slouží ke snímání skutečných otáček hnacího motoru a porovnává je s požadovanou hodnotou.

### Rychlostní regulační obvod

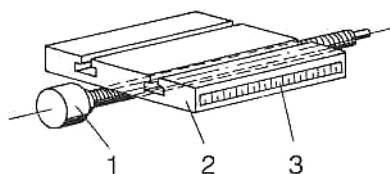
Pohybující se suport nelze okamžitě zastavit, díky své setrvačné hmotě, i když je regulační rozdíl nulový. Z tohoto důvodu je součástí servomechanismu regulační obvod rychlosti. Jeho úkolem je nejenom zajistit, aby vlivem setrvačnosti nedošlo k přejetí koncového bodu, ale i regulace posunových rychlostí. **Regulátor rychlosti od určité velikosti polohové odchylky zmenšuje rychlost posuvu tak, aby suport dojížděl do koncového bodu téměř nulovou rychlostí.** K tomu musí znát regulační polohovou odchylku, kterou získává z regulátoru polohy.

### Odměrovací zařízení

Odměrovací zařízení je důležitou částí CNC stroje, protože do značné míry ovlivňuje jeho výslednou přesnost. U řídicího systému pro řízení obráběcích strojů se pojmem odměrování rozumí celý diferenční člen. Do diferenčního členu vstupují informace z výpočetní části řídicího systému o požadovaných pokynech ve tvaru řídicích inkrementů. Z diferenčního členu vstupují informace pro servomechanismy, které závisí na řadě dalších informací, a to především na informaci ze snímače polohy.

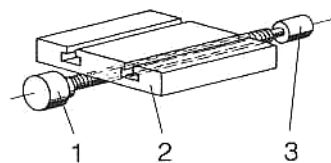


V zásadě lze rozdělit odměřování podle umístění snímače polohy na obráběcím stroji na přímé a nepřímé. Další dělení je závislé na principu práce odměřovacího zařízení, charakteru informací, které odměřovacímu zařízení předává a konstrukčním provedení.



- 1 – vodící šroub s pohonem
- 2 – suport
- 3 – odměřovací zařízení

Přímé odměřování



Nepřímé odměřování

U *nepřímého odměřování* je zařízení umístěno přímo na pohybujících se uzlech stroje, např. suportu, stolu. Přímé odměřování se proto vyznačuje větší přesností, protože závisí jen na přesnosti snímání z měřítka. Používá se u velmi přesných strojů, zejména u souřadnicových vrtaček, vyvrtávaček a u některých obráběcích center. K nevýhodám patří vyšší pořizovací cena.

U *nepřímého odměřování* je snímač polohy umístěn na posunovém kuličkovém šroubu, a to buď přímo, nebo pomocí převodu. Dráha pohybové části stroje se odměřuje nepřímo a závisí na pootočení kuličkového šroubu nebo jeho převodu. Podstatnou nevýhodou tohoto způsobu odměřování je, že nepřesnosti pohonu, kuličkového šroubu, převodu i vlivy silových účinků na snímač polohy se přenáší do vlastního měření. Přesto se tento způsob měření značně rozšířil, protože je podstatně jednodušší, levnější a zvýšením přesnosti pohonu dovoluje splnit i náročné požadavky přesnosti.

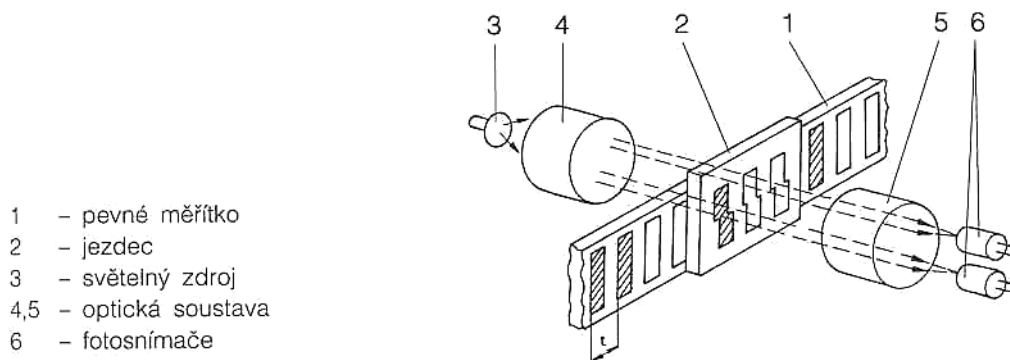
### Princip přímého impulsního odměřovacího zařízení



Přímé impulsní číslicové odměřovací zařízení přímkové se skleněným pravítkem je znázorněno na obrázku. Světlo ze světelného zdroje prochází přes spojné čočky na pevné skleněné pravítko a jezdec. Na skleněném pravítku i na jezdcí jsou světlá a tmavá políčka provedená jako rysky. Skleněné pravítko je připevněno k pevné části stroje. Délka pravítka musí odpovídat rozsahu měření. Jezdec je připevněn k pohybující se části stroje a pohybuje se spolu se světelným zdrojem a fotosnímačem. Následkem překrývání světlých a tmavých polí při vzájemném pohybu jezdce a pravítka se mění intenzita světla dopadajícího přes objektiv na fotosnímač. Ve fotosnímači vznikají elektrické impulsy, které se zesilují a dále zpracovávají v řídicím systému.

Pro rozlišení smyslu pohybu se používá různých úprav rysek jezdce. Nejčastěji jsou tmavá i světlá políčka rozdělena na dvě části a vzájemně posunuta o čtvrtinu rozteče. Snímání probíhá na dvou fotosnímačích a tím se získávají dva signály. Podle toho, zda se jeden signál vůči druhému zpožďuje nebo jej předbíhá, je možno určit smysl pohybu.



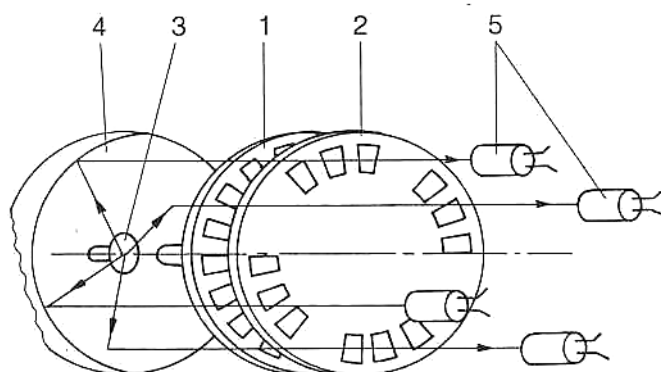


- 1 - pevné měřítko
- 2 - jezdec
- 3 - světelný zdroj
- 4,5 - optická soustava
- 6 - fotosnímače

Schéma přímého impulsního odměřovacího zařízení

### Princip nepřímého impulsního odměřování

Při nepřímém impulsním digitálním odměřování má měřítko tvar skleněného kotouče s velkým množstvím světlých a tmavých polí. Na kotouč dopadají 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 štěrbininy pevného kotouče střídavě zakrývány tmavými a odkrývány světlými ryskami. Tím se mění intenzita osvětlení fotosnímačů. Vznikají elektrické impulsy – jedem impuls odpovídá pootočení kotouče o jednu rysku. Pro rozlišení smyslu jsou štěrbininy 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 1.000 impulsů. Při stoupání vodícího šroubu 10 mm se získá setinový inkrement 0,01 mm.



- 1 - otočný kotouč s ryskami
- 2 - pevný kotouč s ryskami
- 3 - světelný zdroj
- 4 - optická soustava
- 5 - fotosnímače

Schéma nepřímého odměřovacího zařízení

### Přesnost polohování a opakovaná přesnost

U převážné většiny CNC strojů je přesnost polohování 0,001 mm. Skutečné rozměry obrobenej součásti však nejsou shodné s naprogramovanou hodnotou. Důvody rozměrových odchylek nespočívají v řízení, nýbrž tuhosti soustavy stroj – nástroj – obrobek.. Vlivy na přesnost:

*Stroj* a) vůle ve vedení v ložiskách

b) pružná deformace konstrukčních částí stroje

c) tepelná roztažnost konstrukčních částí stroje

*Nástroj* - řeznou silou se deformují nástroje, což vede k rozměrovým odchylkám. Deformace jsou tím větší, čím větší jsou síly obrábění

*Obrobek* - tuhost upnutí, deformace materiálu atd.

## Optoelektronické lineární snímače

Pracují na principu odrazu světelného paprsku od ocelového pásku, na němž je nanesen přesný čárový rastr.



Vzhledem k vlastnímu vedení snímací hlavy v tělese pravítka je zajištěný její přesný lineární pohyb, což umožňuje upustit od drahého uchycení odměřovacího systému na stroji a zlepšuje mechanickou přesnost spojení mezi pravítkem a jezdcem.

## Inkrementální rotační snímače

Slouží ke snímání úhlového natočení a rotačních pohybů a pracují na principu odrazu světelného paprsku od skleněného kotouče, na němž je nanesen přesný čárový rastr.

U CNC řídicích systémů je častým požadavkem ruční ovládání pohybu os. K tomu slouží elektronické ruční kolečko, převádějící rotační pohyb na elektrické signály.



Rotační snímače

## Systémy automatické výměny nástrojů

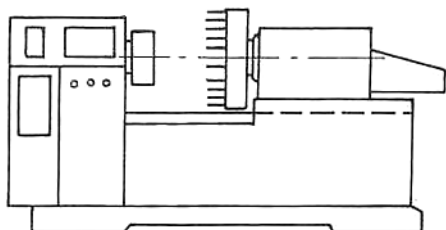
Systémy automatické výměny nástrojů mají za úkol u CNC strojů během automatického pracovního cyklu vyměnit, upnout a správně nastavit potřebný nástroj do výchozí polohy. Základní rozdělení systémů je nejvhodnější podle druhu použitého zásobníku:

### 1. *Systémy se zásobníky, které přenášejí řezné síly*

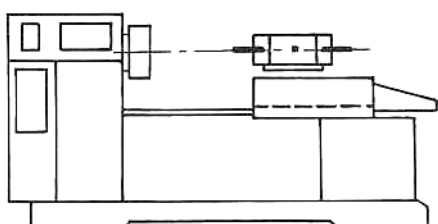
a) *otočné nástrojové hlavy – revolverové* – nástroje jsou pevně upnuty v hlavě a konají pouze vedlejší pohyby, hlavní řezný pohyb koná obrobek; používají se u NC soustruhů. Výhodou je

jednoduchost konstrukce, velmi krátký čas výměny nástrojů, malá poruchovost, možnost použití držáků nástrojů, menší náklady atd., nevýhodou je omezený počet nástrojů, větší zatížení suportu nebo vřeteníku, větší možnost kolize nástrojů s obrobkem, zhoršený odvod třísek atd.

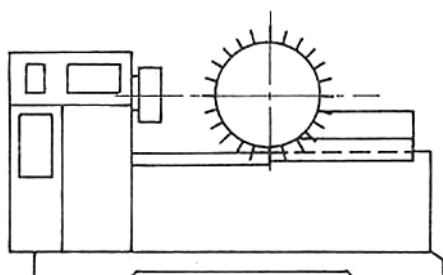
b) *nožové hlavy* – bývají nejčastěji čtyřboké se svislou nebo vodorovnou osou otáčení; vodorovná osa může být rovnoběžná nebo kolmá k ose soustružení.



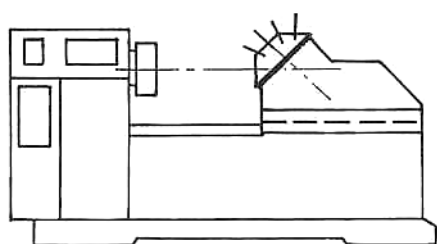
S osou vodorovnou podélnou



S osou svislou



S osou vodorovnou příčnou



S osou šikmou

2. **Systémy automatické výměny nástrojů s výměnou celých vřeten nebo vřeteníku** – používají se nejčastěji u CNC frézovacích strojů a obráběcích center. Podle kapacity zásobníku lze systémy rozdělit na systémy s maloobjemovým a velkoobjemovým zásobníkem nástrojů:

a) *maloobjemové zásobníky* – mají 10 až 40 nástrojových míst; umísťují se nejčastěji na vřeteníku nebo základním stojanu stroje; mohou být bubnové, kotoučové atd.

b) *velkoobjemové zásobníky* – mají více než 40 nástrojových míst (150 i více) a nejčastěji jsou řazeny jako bubnové, kotoučové nebo řetězové. Vzhledem k velké hmotnosti a rozměrům jsou zásobníky umístěny mimo stroj na zvláštním stojanu, který může být pevný nebo pohyblivý.

## Číslicově řízení stroje



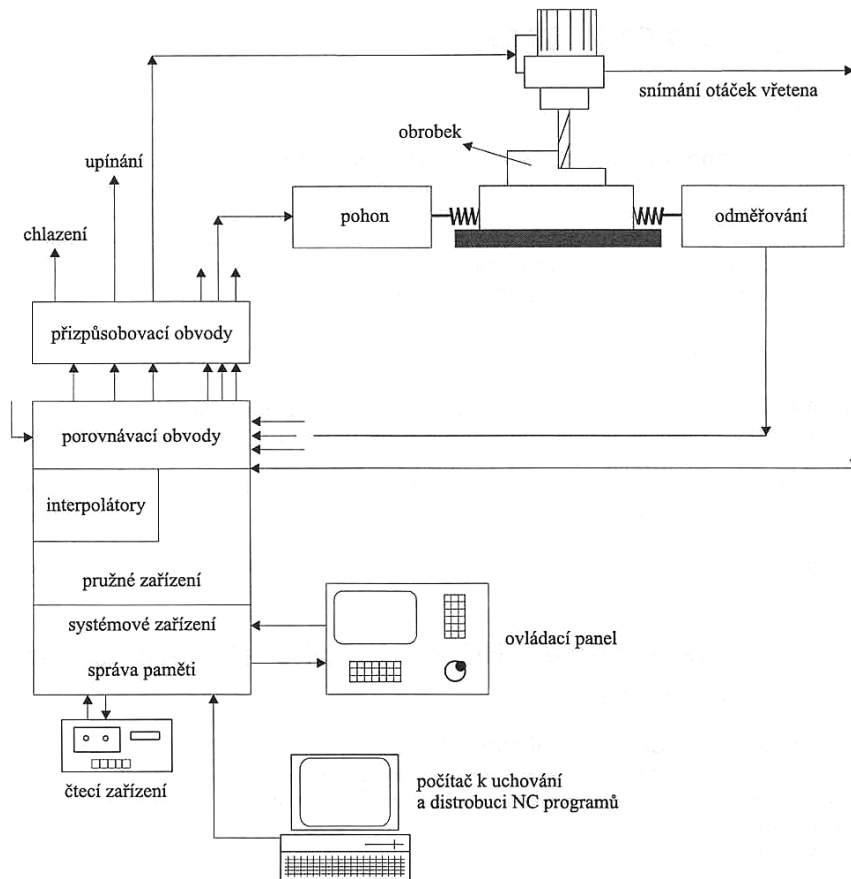
Číslicově řízené stroje jsou charakteristické tím, že ovládání všech funkcí stroje je prováděno výhradně řídicím systémem stroje pomocí programu. Všechny údaje potřebné k obrobení součástí na požadovaný tvar a s požadovanou přesností jsou při číslicovém řízení předem připraveny ve formě řady čísel. Tato čísla v určitém kódu, srozumitelném pro řídicí systém stroje jsou pak zaznamenána na nosič informací, který aktivizuje a řídí silové a ovládací prvky stroje a následně probíhá výroba součástí.

### Informace

Informace používané v oblasti CNC obráběcích strojů lze rozdělit na:

- *geometrické (o geometrii obrábění)* – určují rozměry součástí nebo vzdáleností otvorů, tj. popisují dráhu nástroje vzhledem k obrobku,
- *technologické (o technologii obrábění)* – charakterizují řídicí funkce, které musí obráběcí stroj vykonávat v jednotlivých fázích obrábění, např. velikost posuvu, otáčky vřeten a apod.,
- *pomocné* – jsou to informace o určitých pomocných funkcích, např. zapínání chladicí kapaliny, otáček apod.

## Blokové schéma CNC obráběcího stroje



Obecné blokové schéma CNC obráběcího stroje

- čtecí zařízení – u NC strojů slouží ke čtení děrné pásky, u CNC strojů připojení externího PC
- ovládací panel – umožňuje provádět potřebné funkce a seřizování CNC obráběcího stroje
- CNC řízení, které tvoří:
  - blok systémového řízení a správy paměti
  - blok pružného řízení
  - interpolátory – zajišťují současný pohyb po zadané dráze
  - porovnávací obvody (komparátory) . dochází zde k porovnání hodnot požadovaných v programu CNC stroje s hodnotami skutečně naměřenými a přes řídicí a polohovací obvody se ovládají jednotlivé servomotory tak dlouho, až je odchylka odstraněna; potom je vyslán impuls k zastavení stroje a k načtení dalšího bloku CNC programu; komparátory také odstraňují zařazení zpomalovacích bodů před dosažením konce dráhy
- přizpůsobovací obvody – v těchto obvodech se logické signály převádí pomocí relé, stykačů a tyristorového řízení na silnoproudé elektrické povelové signály a těmito se pak přímo ovládají jednotlivé části stroje – motory, spojky, ventily apod.
- pohony – hlavní, pomocné pohony
- odměřovací zařízení – přímé nebo nepřímé odměřovací zařízení – z odměřovacího zařízení pracuje tzv. zpětná vazba, která je zpracována v porovnávacích obvodech a souhlasí-li údaje s údaji vyslanými a danými větou programu, je umožněno provedení příkazů další věty programu – věty programu jsou prováděny tzv. skokově.

## **Systemy číslicového řízení**

Na počátku padesátých let byly vyvinuty první NC stroje. NC je zkratka **Numerical Kontrol** – **číslíkové řízení**. To znamená, že všechny potřebné informace jsou řídicímu systému zadávány ve formě čísel a písmen.

Od roku 1966 většina světových výrobců začala postupně přecházet na systémy třetí generace – CNC. CNC je zkratka výrazu **Computerized Numerical Control** – **číslíkové řízení počítačem**. Vynikají především spolehlivostí a miniaturizací.

### **Druhy řízení číslicových systémů**

Řídicí systémy CNC obráběcích strojů je možno rozdělit podle mnoha hledisek, a to podle použití zpětné vazby, podle pohybu v souřadnicích a podle způsobu programování:

#### **1. podle použití zpětné vazby:**

- *bez zpětné vazby* – zadávací signál je převeden na pohyb, přičemž není zpětně hlášena skutečná poloha nebo rychlost pohybujících se částí
- *se zpětnou vazbou* – zadávací signál je stále porovnáván se zpětnovazebním signálem a odchylka zjištěná tímto porovnáváním je poté převáděna na pohyb

#### **2. podle pohybu v souřadnicích:**

- *pravoúhlé* – 1D – pohyb nástroje je prováděn rovnoběžně se souřadnými osami, teprve po skončení pohybu v jedné souřadnici může nastat obrábění v druhé souřadnici; umožňuje soustružit válcové plochy, frézovat pravoúhlé obrobky popř. vrtat díry; použití zejména u jednoduchých strojů jako vrtačky, soustruhy, lisy, nůžky, pily atd.
- *souvislé řízení* – současně ve dvou osách
  - a) *souvislé řízení 2D* – provádí lineární nebo rotační pohyb ve dvou osách, jako soustružení kuželů, zaoblení, kulové plochy, frézování zaoblení, úkosů apod.; použití u soustruhů, frézek, vrtaček atd.
  - b) *souvislé řízení 2,5D* – má význam pro frézky a umožňuje lineární interpolaci ve všech osách (X, Y, Z), a to tak, že současný pohyb je možný v osách X a Y, pohyb v ose Z se přiřazuje pouze před vlastním obráběním zadané plochy
- *souvislé řízení 3D* – umožňuje současný pohyb ve všech třech osách X, Y, Z; tímto způsobem je možné obrábět obecně definované plochy; použití u frézek
- *souvislé řízení 4D, 5D* – tvoří technický vrchol u frézek s pěti i více řízenými osami, která umožňuje obrábět plochy vytvořené pomocí matematických vztahů jako lopatky turbín apod.; tohoto řízení využívají také manipulátory, roboty apod.

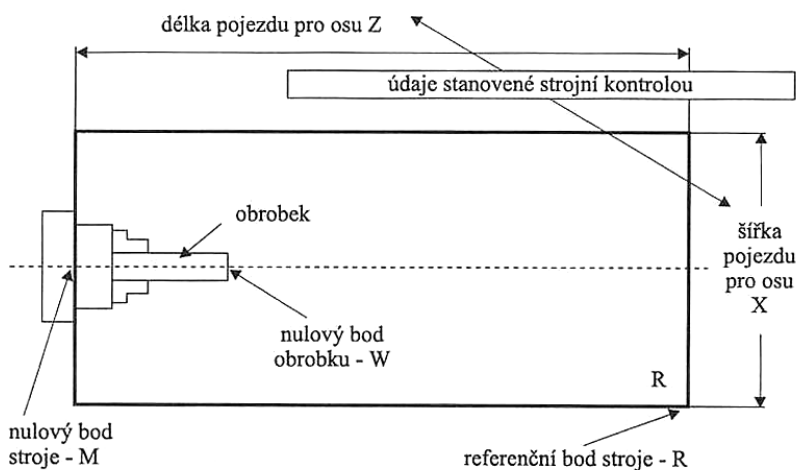
#### **3. podle způsobu programování:** řídicí systémy i simulační programová vybavení umožňují v základní konfiguraci nastavení do jednoho z obou typů programování, nebo umožňují programování v obou způsobech.

- *G90 – absolutní programování:* popisuje cílový bod pojezdu nástroje vztažený k předem zvolenému počátku souřadnic – k nulovému bodu obrobku, tj. do programu se zapisují souřadnice cílového bodu, kam nástroj dojede. Jedná se tedy o určení souřadnic cílového bodu vůči nějaké základně
- *D91 – přírůstkové (inkrementální) programování:* souřadnice všech bodů se udávají v hodnotách měřených vzhledem k předchozímu bodu – zapisují se souřadnice, o kolik se nástroj posune od startovacího do cílového bodu. Součet všech hodnot souřadnic je nula, pokud se nástroj vrací do výchozí polohy.
- *Poznámka:* Z jednoho typu programování do druhého a naopak lze přecházet v rámci jednoho a téhož programu.

Dalšími způsoby programování, které lze provádět v rámci výše uvedených možností G90 a G91 jsou:

- *programování v kartézských souřadnicích* – poloha bodu je určena vzdáleností bodu od nulového bodu souřadného systému na jednotlivých osách
- *programování pomocí polárních souřadnic* – cílový bod je popsán vzdáleností (úsečkou) a úhlem od počátečního bodu
- *programování pomocí parametrů* (parametrické – používá se v systému absolutního i inkrementálního programování. Rozměrová část adres X, Y, Z a případně dalších je v programu nahrazena obecnými čísly (parametry) a tyto parametry jsou samostatně v programu definovány reálnými čísly nebo goniometrickými funkcemi. Jako parametr  $n$  může být totiž použito nejen číslo, ale i slovo, věta nebo matematický výraz.

## Pracovní prostor CNC obráběcího stroje



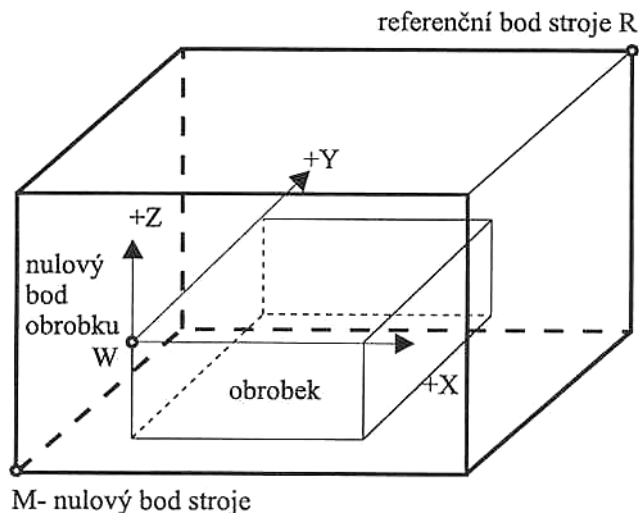
Pracovní prostor CNC soustruhu

V pracovním prostoru CNC obráběcího stroje jsou určeny některé vztažné body, jejichž znalost je důležitá i pro vlastní programování. Jsou to:

1. **referenční bod stroje** – je přesně stanoven výrobcem a jeho aktivací dochází k sjednocení mechanické a výpočetní části stroje. Slouží k přesnému nastavení odměřovacího systému po zapnutí stroje a zařazení referenčního bodu do programu také vede k odstranění chyb, které mohou vzniknout interpolací (pokud stroj nemá zpětnou vazbu)
2. **nulový bod stroje** – je druhý pevný bod v systému a je tudíž také stanoven výrobcem. Je výchozím bodem pro všechny další souřadnicové systémy a vztažné body na stroji. Ve většině případů výrobci řídicích systémů používají variantu, kdy spojnice nulového bodu a referenčního bodu stroje je úhlopříčkou pracovního prostoru stroje – většinou frézky, vrtačky apod. U soustruhů je nulový bod stroje umístěn v ose rotace obrobku, a to na čele vřetene stroje.
3. **nulový bod obrobku** – lze nastavit pomocí speciálních funkcí řídicího systému v libovolném místě pracovního prostoru stroje, tzn. že jeho polohu si programátor určuje sám, a to do takového místa, aby se co nejvíce zjednodušil výpočet přechodových míst jednotlivých konstrukčně technologických prvků (např. tam, kde začíná kótování na výkrese, konstrukční či měřicí základna apod.)

Pracovní prostor CNC stroje je tedy vymezen polohou referenčního bodu stroje a polohou nulového bodu stroje.





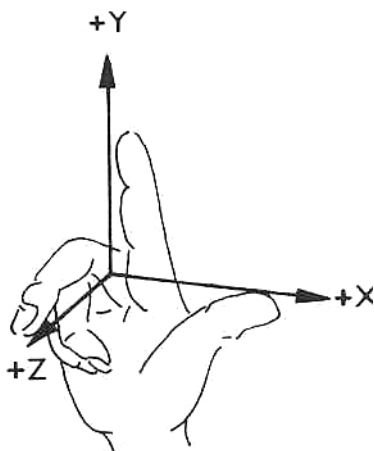
M- nulový bod stroje

Pracovní prostor frézky

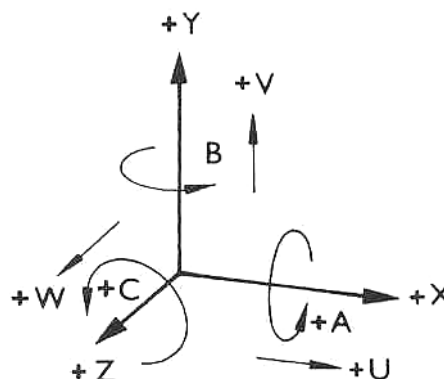
## Souřadné systémy u CNC

Pohyby uzlů obráběcích strojů se určují v soustavě pravoúhlých souřadnic pravotočivých (pravoúhlá souřadná soustava). Osy souřadného systému jsou rovnoběžné s hlavními vodícími plochami stroje. Souřadné osy jsou vztaženy k obrobku v pracovním prostoru tak, že kladný smysl pohybu v určité ose je ve směru narůstání obrobku. Osa Z je vždy rovnoběžná s osou hlavního vřetena. Osa X je kolmá k ose Z a rovnoběžná s povrchem upínací plochy stolu. Osa Y doplňuje osy X a Z.

Rotační pohyby kolem os X, Y, Z se označují A, B, C. Kladný smysl těchto pohybů je pravotočivý.



Pravoúhlá souřadná soustava



Souřadná soustava s otočnými a rovnoběžnými osami

## Poloha souřadných os na obráběcích strojích

**Soustruh** – obrobek z hlediska posuvu je nehybný a nástroj se pohybuje vůči obrobku. Osa Z je rovnoběžná s osou pracovního vřetena. Kladný smysl probíhá od obrobku k nástroji. Osa X je kolmá k ose Z. Kladný smysl směřuje opět od obrobku k nástroji.

**Frézka** – nástroj je z hlediska posuvu nehybný a pohybuje se obrobek vůči nástroji. Pohyb stolu, a tím i obrobku, je v rovině dané osami X a Y, pohyb nástroje se děje v ose Z.

## Stavba CNC programu

Řídící program je soubor číselně vyjádřených informací, které podrobně popisují činnost stroje. Prostředky pro programování zachovávají jednoduchou skladbu slov a používají omezeného souboru znaků. Program se zhotovuje v tzv., strojovém kódu.

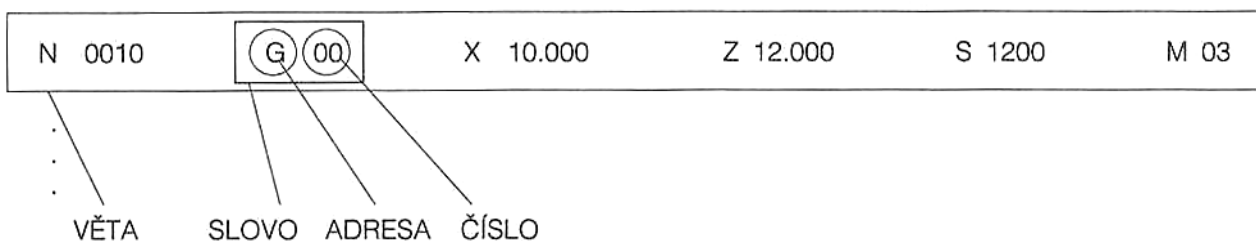
Program obsahuje:

- technologické informace** – zabývají se technologií obrábění, tj. volbou optimálních řezných podmínek atd.,
- geometrické informace** – určují tvar součásti,
- pomocné a přípravné informace** – zahrnují všechny ostatní informace nutné pro vlastní výrobu součásti na CNC.

## Struktura věty

Program se skládá z vět (bloků), věty jsou sestaveny ze slov. Slovo popisuje jeden příkaz. Obsahuje číselný kód, kterému předchází adresový znak. Ten určuje příslušnost ke skupině příkazů.

Struktura věty:



Podle významu slov rozlišujeme slova rozměrová a bezrozměrová. Rozměrové slovo vyjadřuje uspořádaný sled adresného znaku, jednoho znaménka a určitého počtu číslic. Pro slova uvozená symbolem souřadné osy (X, Y, Z) má význam požadované polohy nebo přírůstek polohy v odpovídající ose. Pro slova I, J, K má význam parametru kruhové interpolace. Jako rozměrová slova mohou být zadány další parametry, např. slovo R.

Bezrozměrová slova řadíme podle významu do skupin, které nazýváme funkce.

## G – přípravné funkce

Číselný údaj bývá dvoumístný a má význam kódové informace, která je využívána pro vnitřní potřebu číslicového systému. Sdělují informace, za jakých podmínek se bude provádět relativní pohyb nástroje a obrobku. Jsou to např. funkce:

G 00 – pohyb rychloposuvem do zadaného bodu

G 01 – pohyb do zadaného bodu po přímkové dráze programovanou pracovní rychlostí

G 02 – kruhová interpolace po směru hodinových ručiček

G 03 – kruhová interpolace proti směru hodinových ručiček

G 04 – časová prodleva atd.

## M – pomocné funkce

Číselný údaj bývá dvoumístný a má význam kódové kombinace. Jsou specifické pro každý stroj. Vyjadřují převážně technologické informace. Při programování konkrétního stroje je třeba bezpodmínečně užívat návod k obsluze příp. návod k programování příslušného řídicího systému. Jsou to např. funkce:

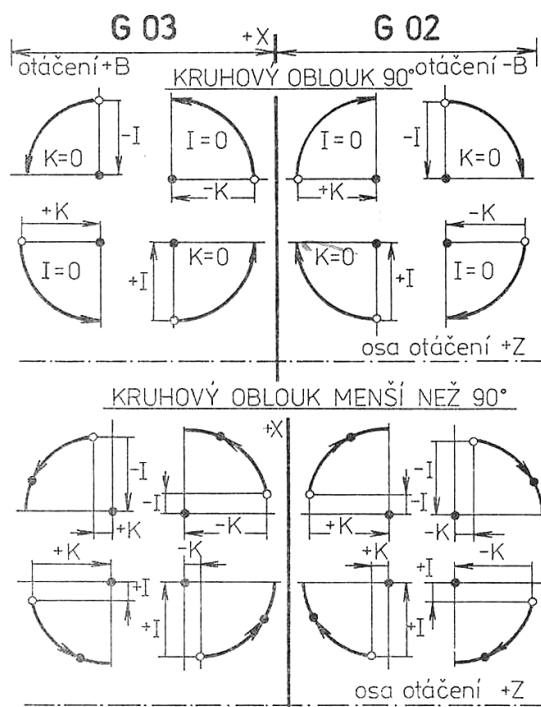
- M 00 – nepodmíněný stop automatického cyklu
- M 01 – podmíněný stop
- M 03 – otáčení vřetene vpravo – spuštění stroje
- M 04 – otáčení vřetene vlevo – spuštění stroje
- M 06 – výměna nástroje
- M 30 – konec programu atd.

## Ostatní technologické funkce

- F – Posuvová funkce – číselný údaj mívá rozsah 4 až 6 desítkových míst. Má význam rychlosti pracovního posuvu. Může udávat posuv v mm/min nebo mm/otáčku
- S – Otáčková funkce – číselný údaj mívá 4 až 6 desítkových číslic. Obvykle přímo určuje otáčky vřetene v ot/min
- T – Funkce nástroje – číselný údaj určuje nástroj, kterým má být obráběno. Obvykle určuje číslo a polohu nástrojové hlavy, pozici zásobníku nástrojů nebo přímo identifikační kód nástroje
- D – Funkce korekce – číselný údaj určuje korekci nástroje
- N – Číslo věty – slouží k označení jednotlivých vět programu. Řízení zpracovává věty v jejich posloupnosti. U čísla N se jedná pouze o programově technickou informaci. Obvykle se udává čtyřmístným číslem.

## Funkce kruhové interpolace

U funkcí kruhové interpolace je nutné určit směr pohybu, zda G02 (ve směru hodinových ručiček), nebo G03 (proti směru hodinových ručiček) a po určení cílových hodnot v osách X, Y, Z určit ještě střed kruhové interpolace I, J, K. Používá se inkrementální zadání středu kruhové interpolace, kdy inkrement je počítán od počátečního bodu kruhové interpolace. U některých strojů je možné pro interpolaci kruhového oblouku do 180° (včetně) zadávat jen požadovaný koncový bod a poloměr interpolace. Jinak je kruhový oblouk jednoznačně určen tehdy, jestliže vedle počátečního a koncového bodu je určen ještě i střed kružnice – tedy k tomu účelu slouží interpolační parametry I, J, K. Objasnění hodnot I, J, K je uvedeno na obrázku



Hodnoty I, J, K