



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Gymnázium, Střední odborná škola a Vyšší odborná škola
Ledeč nad Sázavou**



PROGRAMOVÁNÍ CNC OBRÁBĚCÍCH STROJŮ

(VERZE 2013)

MGR. VÁCLAV NĚMEC A ING. STANISLAV DLOUHÝ

Vytvořeno v rámci projektu:

Implementace řízení strojů do výuky technických předmětů na SOŠ Ledeč nad Sázavou

Registrační číslo projektu: CZ.1.07/1.1.36/01.0019

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.

Obsah

1	Číslicově řízené obráběcí stroje	2
1.1	Vývojové stupně číslicově řízených strojů.....	2
1.2	Porovnání výrobního postupu konvenčního a CNC stroje.....	3
2	Základní prvky konstrukce číslicově řízených strojů	8
2.2	Odměřovací zařízení.....	11
2.3	Ovládací panely CNC strojů.....	15
2.4	Systémy automatické výměny nástrojů	17
3	Práce technologa - programátora	18
4	Kótování výkresů pro obrábění.....	19
5	Stavba CNC Programu.....	26
5.1	STRUKTURA PROGRAMU	27
5.2	PŘÍPRAVNÉ FUNKCE.....	29
5.3	POMOCNÉ FUNKCE	30
6	Pracovní prostor CNC soustruhu	31
6.1	Základní body v pracovním prostoru CNC soustruhu.....	31
6.2	Souřadný systém na CNC strojích.....	32
7	Vztažné body, nulové body a přesuny vztažných bodů	33
7.1	Konturové programování	33
8	Vysvětlení některých programovacích funkcí	34
8.1	PŘÍPRAVNÉ FUNKCE.....	34
8.2	POMOCNÉ FUNKCE	39
9	Samostatná cvičení.....	41
9.1	Rádusy, sražené hrany – funkce G01, G02, G03	43
9.2	Zápichy – funkce G01, G03, G66	44
9.3	Vrtání, vystružování	46
10	CVIČNÉ PRÁCE.....	47
11	Frézování.....	52
11.1	Vztažné a nulové body při frézování	52
11.2	Poloměrové korekce dráhy nástroje.....	53
11.3	Základní druhy frézování.....	54
11.4	Použití funkce nájezdu nástroje	54
11.5	PŘEHLED PŘÍPRAVNÝCH FUNKCÍ	56
11.6	PŘEHLED POMOCNÝCH FUNKCÍ.....	57
11.7	PROGRAMOVÁNÍ FRÉZKY	57
12	Samostatná cvičení.....	59
12.1	PROGRAM - obrobit čtvercový výstupek	59
12.2	PROGRAM – ukázka využití cyklu G967	61
13	Pravidla bezpečnosti práce a ochrana zdraví při práci na obráběcích strojích v učebně	61
14	Příloha:	64
15	Seznam použité literatury.....	65

1 Číslicově řízené obráběcí stroje

Trvalým dlouhodobým směrem rozvoje ve všech výrobních odvětvích, a tedy i ve strojírenství, je automatizace výrobního procesu. Tam, kde převládá kusová a malosériová výroba se používá stroje, 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.

Číslicové řízení se uplatňuje skoro ve všech oblastech strojírenské výroby

- obráběcí stroje
- tvářecí stroje
- měřicí a rýsovací stroje
- dělení a svařování materiálů.

1.1 Vývojové stupně číslicově řízených strojů

Vývoj CNC strojů lze členit do čtyř vývojových stupňů:

1.1.1 NC stroje 1. vývojového stupně

Vyznačují se nejjednodušší koncepcí založenou na konstrukci konvenčních strojů. Základem jsou částečně upravené konvenční stroje, ke kterým jsou přiřazeny číslicové řídicí systémy. To umožňovalo řízení jen v pravoúhlých cyklech, vždy jen v jednom směru.

1.1.2 NC stroje 2. vývojového stupně

Stroje jsou již svou koncepcí přizpůsobeny požadavkům číslicového řízení. Pohon posuvů obstarávají servomotory. Stroje pracují v obecných cyklech. Stroje jsou opatřeny revolverovými hlavami a zásobníky nástrojů.

1.1.3 NC stroje 3. vývojového stupně

Konstrukce je změněna především pro použití ve výrobních soustavách. Jsou přizpůsobeny s ohledem na řízení technologického i výrobního procesu pomocí počítačů. (CNC)

Technologický postup – řízení funkcí NC strojů od vstupu výrobků a výrobních pomůcek až po jejich výstup z výrobní soustavy.

Výrobní proces - dělba práce mezi technologickými pracovišti, včetně průchodu výrobních dávek danou výrobní soustavou.

1.1.4 NC stroje 4. vývojového stupně

Na strojích jsou uplatněny vědeckotechnické poznatky. Jsou zde zavedeny progresivní metody v konstrukci strojů a v jejich využití. Uplatňuje se zde např. odměřování pomocí laserových paprsků, uplatňování programů, které dokážou v kritických situacích přehodnotit pořadí následujících operací apod. Stroje jsou již obráběcí centra. (CNC)

1.1.5 Výhody a přednosti číslicově řízených strojů

- výroba na číslicově řízených strojích je produktivnější a hospodárnější
- odpadá výroba, skladování, údržba a obsluha rýsovacích, vrtacích a jiných přípravků
- výrobní program lze snadno měnit
- zvýší se kvalita výrobků – odpadají chyby a nepřesnosti způsobené nepozorností, únavou apod.

- zmenšují se požadavky na kvalifikaci pracovníků pro 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
- číslíkové řízené stroje si vynucují použití dokonalého nářadí a tím zvýšení produktivity a hospodárnosti výroby
- číslíkové 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.

1.2 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 tj. geometrický tvar, materiál, tolerance apod. zpracuje a ukládá v mozku. Podle své úvahy nastaví otáčky, provede ručně posuv a provádí jednotlivé operace. Po každém úkonu plánuje další výrobní krok, až obrobek odpovídá výrobnímu výkresu (obr. a).

U CNC stroje plánování postupu výroby je provedeno před vlastním obráběním (obr. 2):

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 a zajistí jeho archivaci.

Obsluha – provede seřízení obráběcího stroje.

1.3 Vysvětlení některých používaných zkratk:

- CAO (Computer Aided Organisation) počítačová podpora obchodní činnosti
- CAE (Computer Aided Engineering) počítačová podpora inženýrských, projekčních činností
- CAD (Computer Aided Desing) počítačová podpora konstrukčního procesu
- CAP (Computer Aided Produkción) počítačová podpora technologické přípravy výroby
- CAPP (Computer Aided Process Planing) počítačová podpora pro funkce plánovací v oblasti operativního řízení výroby
- CAQ (Computer Aided Quality Control) počítačová podpora při plánování a řízení kvality
- CAM (Computer Aided Manufacturing) počítačová podpora pro návrh drah nástrojů při obrábění a vytváření CNC programů pro automatizované řízení strojů
- CAT (Computer Aided Testing) ve spojení s CAM je to počítačová podpora a kontrola výroby, testování materiálů, polotovarů a výrobků po všech technologických operacích
- NC (Numerical Control) číslíkové řízené stroje (v praxi je to označení pro stroje, které ke svému řízení používali děrnou pásku či děrný štítek)
- CNC (Computerized Numerical Control) počítačem (číslíkově) řízené stroje (stroj je řízen a ovládán počítačem, do kterého mohou být též zaváděny již hotové programy např. pomocí diskety nebo přenosem dat po lince)
- DNC (Direkt Numerical Control) direktivně řízené stroje, tj. stroje řízené z centrálního počítače (může řídit i více strojů současně)

CAD/CAM propojení systému CAD a CAM zasahující do CAE (Profi nastavba v AutoCadu), přes CAD, CAP, případně CAPP až po výrobu CAM. V tomto procesu mohou být zařazeny prvky CAT (mezioperační kontrola), dále prvky pro plánování a řízení dílny. V běžném výkladu se často pojem CAD/CAM zužuje na vygenerování výkresu součásti (data rozměrů součásti jsou uložena v digitalizované formě výkresu) v CNC programu včetně přiřazení příslušných

technologií (např. upínání, rozměry polotovaru, řezné podmínky atd.). Jedná se o propojení práce konstruktéra, technologa a technologa-programátora

- CIM (Computer Intrated Manufacturing) vyšší stupeň sloučení v rámci celé výroby a předvýrobních etap – platí za předpokladu, že nejen jednotlivé útvary mají počítačovou podporu, ale také že informace z jednotlivých útvarů jsou výpočetní technikou přenášeny a využívány v dalších útvarech podniku. Rozsah této integrace je dán typem podniku.

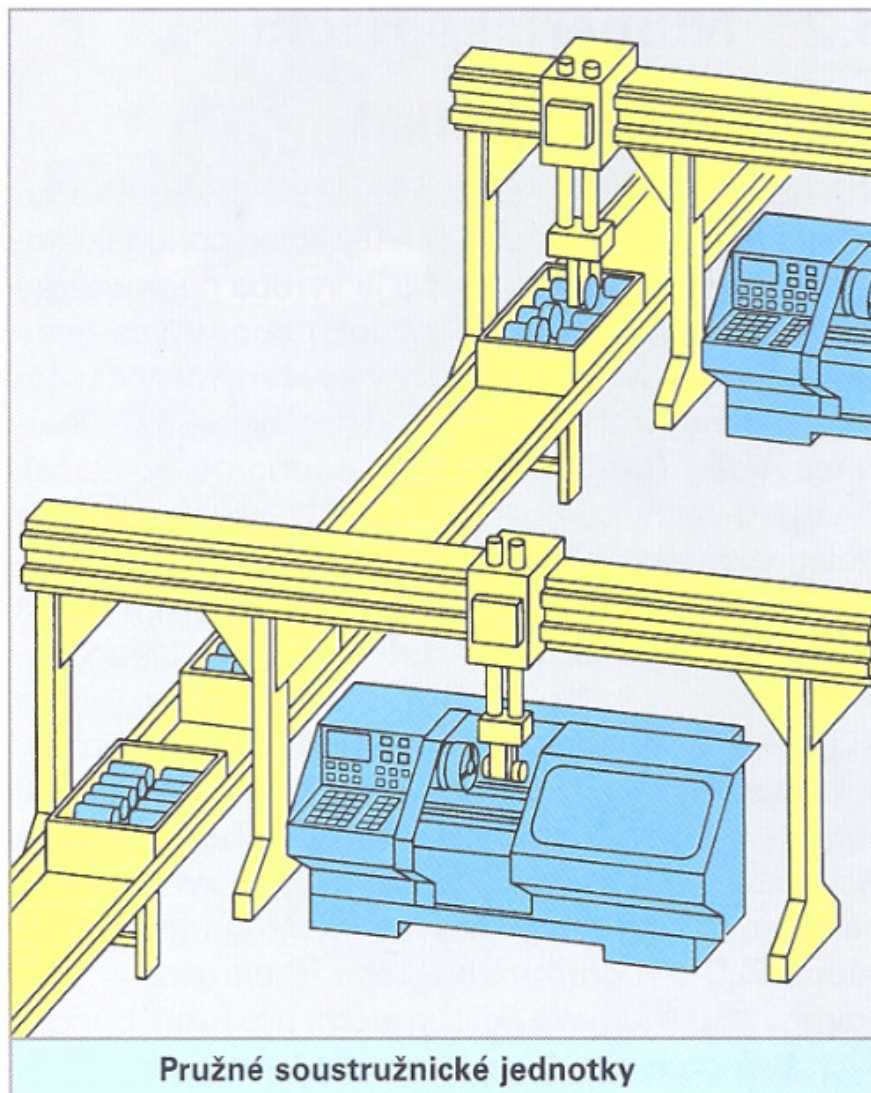
1.4 Integrované výrobní úseky (IVS, PVS)

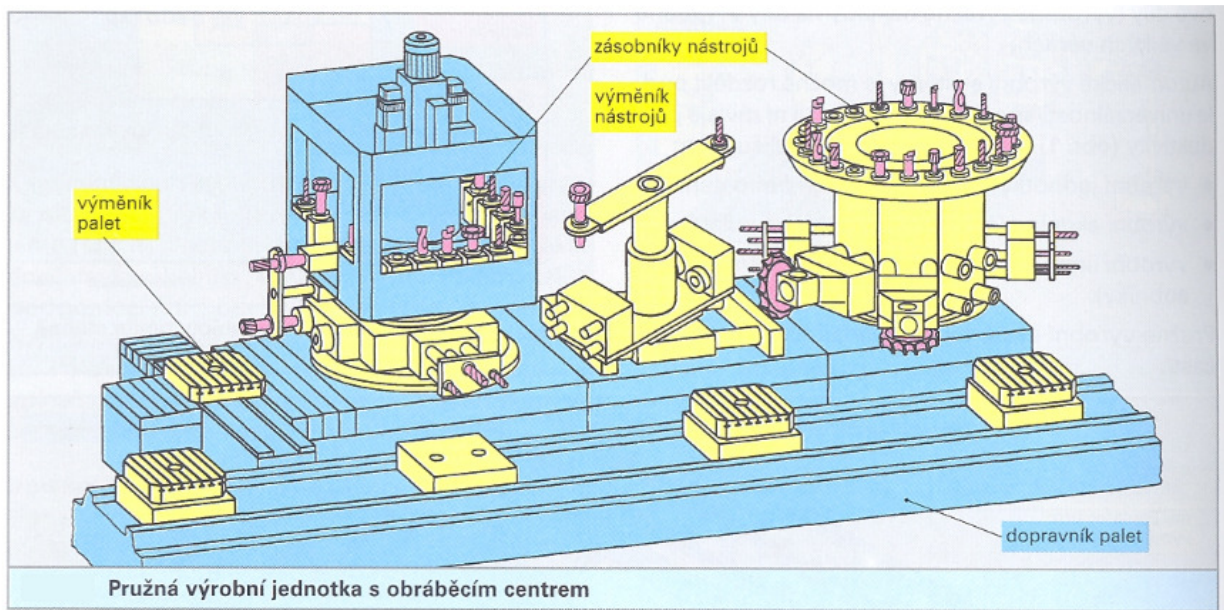
Cílem pružné výroby v pružných výrobních systémech je vyrábět obrobky v nestanovené posloupnosti a v různých počtech kusů zcela automaticky a levně.

Odpadají z části vysoké časy přestavováním strojů, upínacích systémů a dopravních systémů /kontrola tolerancí obrobků s příslušnými korekcemi je přebírána komponentami pružných výrobních systémů. Pružné výrobní systémy spojují stroje CNC, dopravní jednotky strojů, dopravní jednotky obrobků a kontrolní jednotky pomocí počítače a programu.

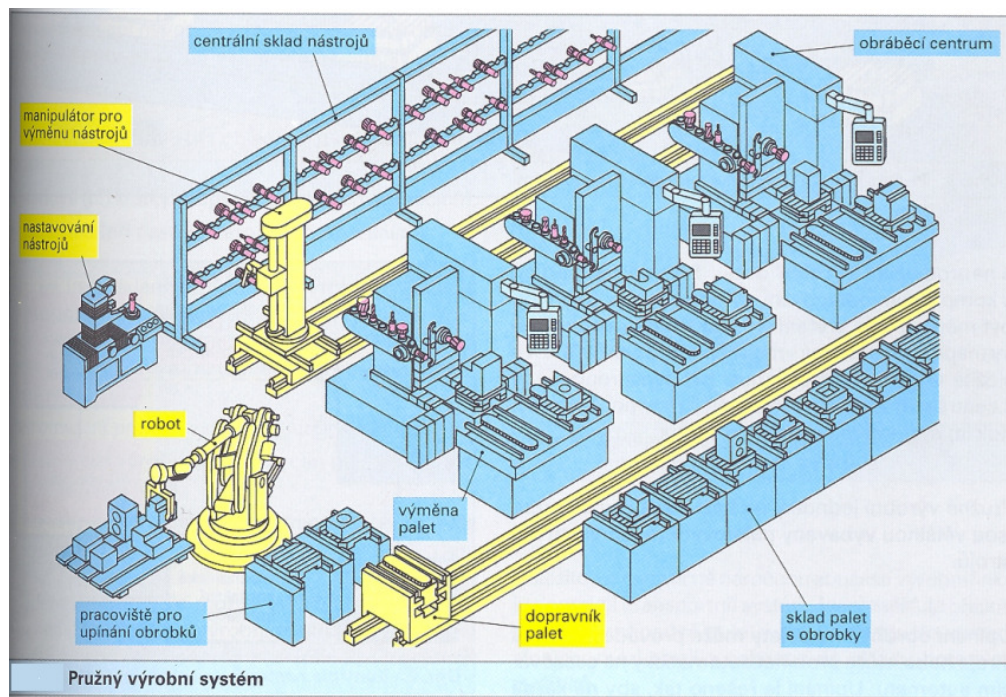
Pružné výrobní systémy (PVS)

- a) CNC stroje – v současné době jsou 3. nebo 4. Vývojového stupně.
3. vývojový stupeň – klasické obráběcí stroje s možností řízení NC od vstupu výrobků a výrobních pomůcek, až po jejich výstup z výrobní soustavy.



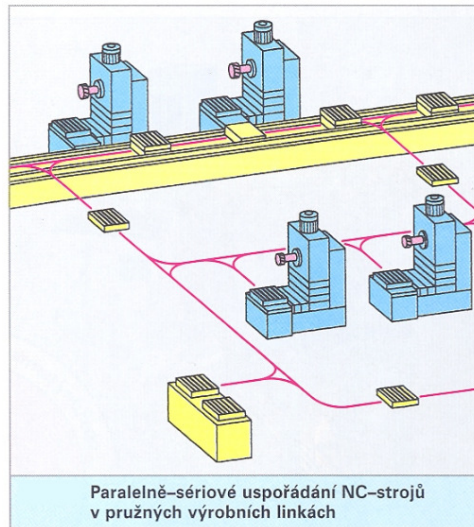


4. vývojový stupeň – jsou zde zavedeny progresivnější metody v konstrukci strojů. Tj. obráběcí centra a jsou zde integrovány systémy pro kontrolu rozměrů výrobků, nové programy.



Pružné výrobní linky – dosahují v rámci pružných výrobních systémů největší produktivity, a to díky pevnému propojení navazujících výrobních strojů, které naopak omezuje univerzálnost využití linky:

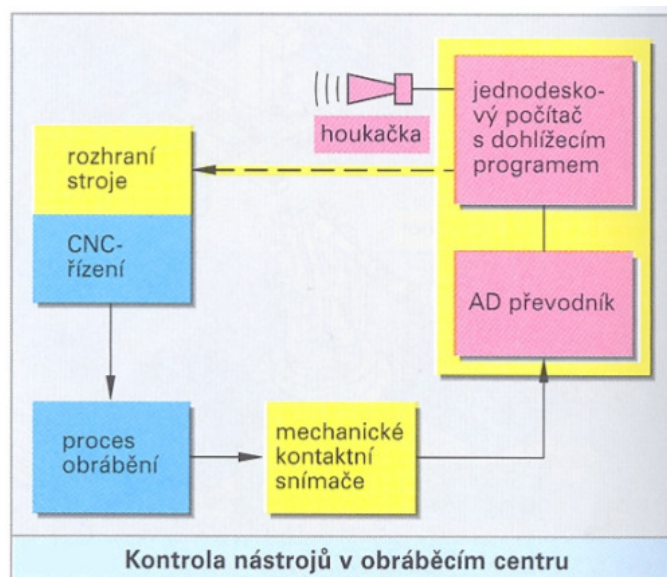
- sériově – při krátkých specializovaných operacích
- paralelně – při časově náročných operacích



- b) Manipulátory – vykonávají jednoduché pracovní pohyby (upnutí nástroje do vřetenku, upnutí obrobku, otočení obrobku apod.) Manipulují s nástroji při jejich zakládání do zásobníku nástrojů, při upínání do vřetene, práce s náhradními nástroji (dublery) apod. Nástroje jsou pro práci v PVS kódovány.
- c) Průmyslové roboty – slouží k obsluze výrobních procesů, nebo pracují jako výrobní zařízení (svařovací robot, lakovací robot apod.) Umísťují se nad obráběcí systémy – tj. portálové průmyslové roboty. Průmyslové roboty s hlubkovými rameny stojí zpravidla před nebo mezi systémy, které obsluhují.

Při obrábění přebírají různé pracovní úkony

- rozpoznávají tvar obrobku a správné polohování na základě snímání a zpracování obrazu
- příprava palet pro obrábění a následné vyprazdňování
- přenášení obrobků z palet do pracovního prostoru stroje
- manipulační propojení několika strojů
-



- d) Paletové vozíky
- kolejové
 - řízené indukčně
 - řízené opticky

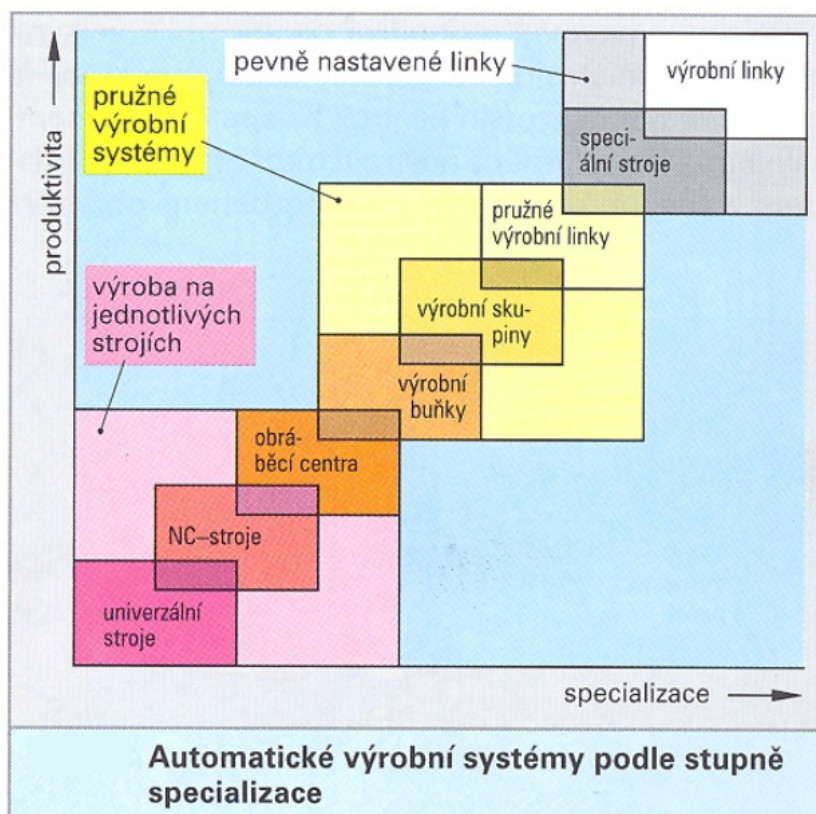
kolejové vozíky – přepravují zpravidla velké výrobky na delší vzdálenosti. Slouží i k dopravě velkých zásobníků nástrojů.

induktivní – jako vedení slouží elektrický vodič, který je zapuštěný do podlahy a zalit syntetickou pryskyřicí. Induktivní senzory ve vozidle snímají magnetické pole vodiče optické – jsou naváděny pomocí optických snímačů

- e) Obráběcí centrum – číslicově řízené obráběcí stroje pro různé druhy obrábění (frézování, soustružení, vrtání apod.) s automatizovanou výměnou nástrojů a současně se systémem výměny obrobků. Může zde být integrován měřicí systém pro kontrolu rozměrů obrobků.
- f) Manipulace s nástroji – operační manipulace s nástroji zajišťuje uložení potřebných nástrojů i náhradních (dublerů), dodání nástroje do pracovní polohy, dále sledování opotřebovaných břitů a nahrazení opotřebovaného nástroje dublérem
 - výměna nástroje mezi operačním zásobníkem a vřetenem obráběcího centra
 - výměna nástroje ukládacím zásobníkem a operačním zásobníkem nástrojů
- g) Manipulace s obrobky – operační manipulace s obrobky zajišťuje pohyb obrobku na technologickém pracovišti nebo ve výrobním systému do upnutí, přes obrábění, až po odepnutí
 1. všechna tato zařízení slouží k usnadnění výroby, urychlení výroby, zkvalitnění výroby, snížení nákladů na výrobu ve zdraví škodlivých prostředích, apod.
 2. lidská práce je nahrazena novými výrobními systémy. Pracovník zde provádí řídicí a kontrolní činnost. Pro zajištění výroby je zapotřebí malého počtu pracovníků.
 3. Příkladem pro zastoupení robotizace je pružný výrobní systém (PVS).

Automatické výrobní systémy je možné rozdělit podle univerzálnosti nebo specializovanosti a na ní závislé produkty. Podle velikosti pak rozlišujeme:

- výrobní jednotky – jednotlivé stroje nebo centra
- výrobní skupiny – skupiny strojů s manipulátory
- výrobní linky – komplexy strojů s dopravníky a zásobníky



2 Základní prvky konstrukce číslíkově řízených strojů

Konstrukce se od konvenčních obráběcích strojů značně liší. Důvodem k tomu je požadovaná přesnost tvaru a rozměru součástí, požadovaná drsnost povrchu, bezporuchovost stroje a bezpečné obsluhování stroje. Proto se číslíkově řízené stroje odlišují takto:

- vysoká tuhost konstrukce
- vodící plochy jsou vyrobeny s velkou přesností a velkou životností
- snadná vyměnitelnost opotřebených součástí
- posuvy jsou vybaveny servomotory a odměřovacími zařízeními
- automatická výměna nástrojů
- stroje jsou vybaveny speciálními systémy upínání
- automatický odvod třísek
- manipulátory pro přemísťování nástrojů a obrobků
- aktivní a pasivní kontrola obráběných součástí atd.

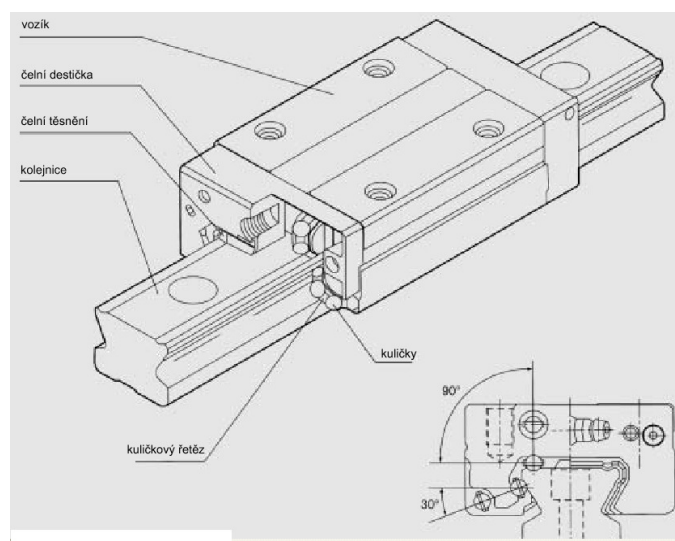
2.1.1 Lože stroje a vodící plochy

Základní částí číslíkově řízených strojů je lože nebo rám stroje. Při konstrukci stroje se musí zajistit:

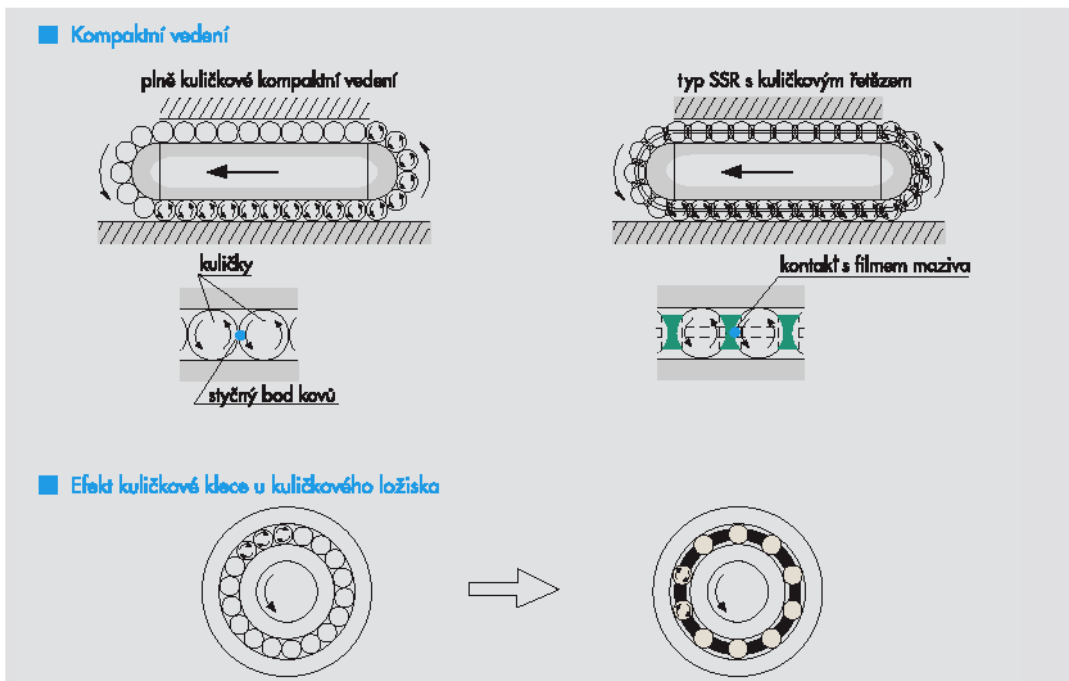
- vysoká tuhost
- schopnost přenášet všechny zatěžující síly
- minimální deformace
- schopnost tlumit chvění
- jednoduchá obsluha, údržba
- dobrý odvod třísek a tepla
- stálá teplota stroje

Rychlým a automatickým způsobem práce vzniká více třísek, které musí být rychle a spolehlivě odvedeny z pracovního prostoru. Třísky vadí v pracovním prostoru a také zahřívají lože stroje, které se tím deformuje a má proto velký vliv na nepřesnost výroby. Aby se předešlo těmto problémům, konstruuje se lože stroje s velkými otvory, horizontální uspořádání bylo nahrazeno za šikmé a také se často buduje dopravník třísek

Vysoký požadavek je kladen na kvalitu vodících ploch, protože mají přímý vliv na přesné vyrobení výrobku. V konstrukci se nejčastěji používají lože, která mají vedení kluzná s polosuchým třením, hydrodynamická nebo valivá. Rozvod mazacího prostředku je proveden tak, aby bylo umožněno mazání celé stykové plochy.



Eliminace vzájemného tření pomocí kuličkového řetězu

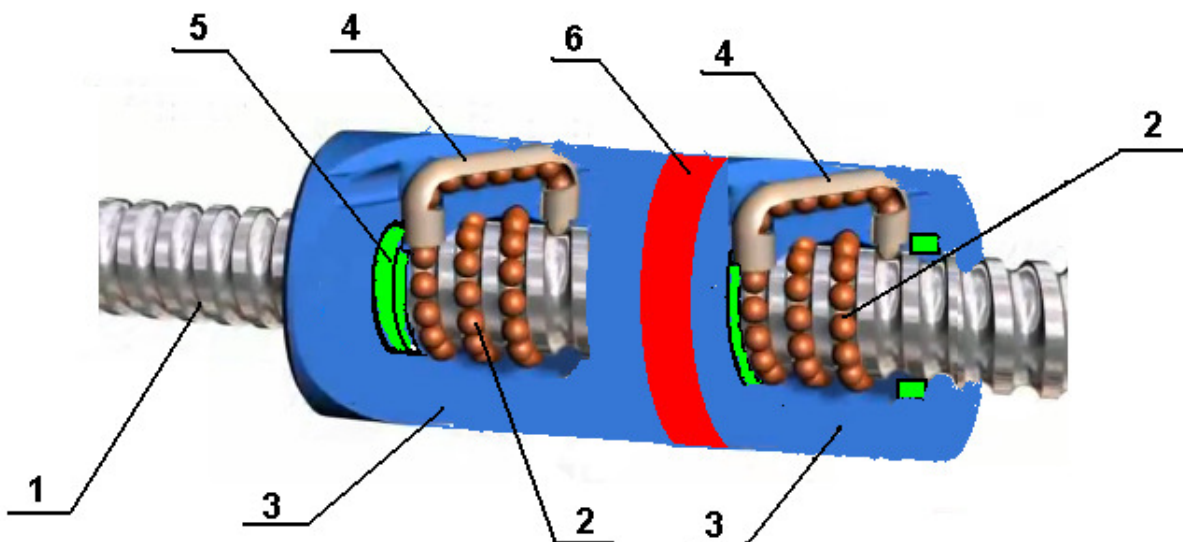


2.1.2 Posunové kuličkové šrouby

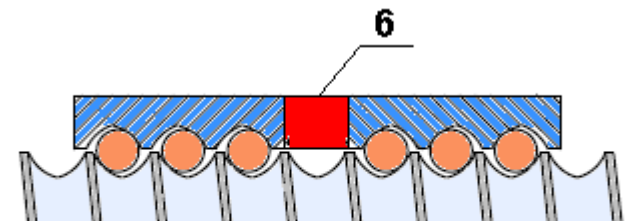
V konstrukci CNC strojů se používá kuličkového šroubu s kuličkovou maticí s předpětím. Tím se dosáhne tuhosti a přesnosti posuvu. Předpětí se dosáhne pomocí dolícovacího kroužku (příložky), který rozepře obě části matice vůči sobě na opačnou stranu.

Výhody kuličkového šroubu:

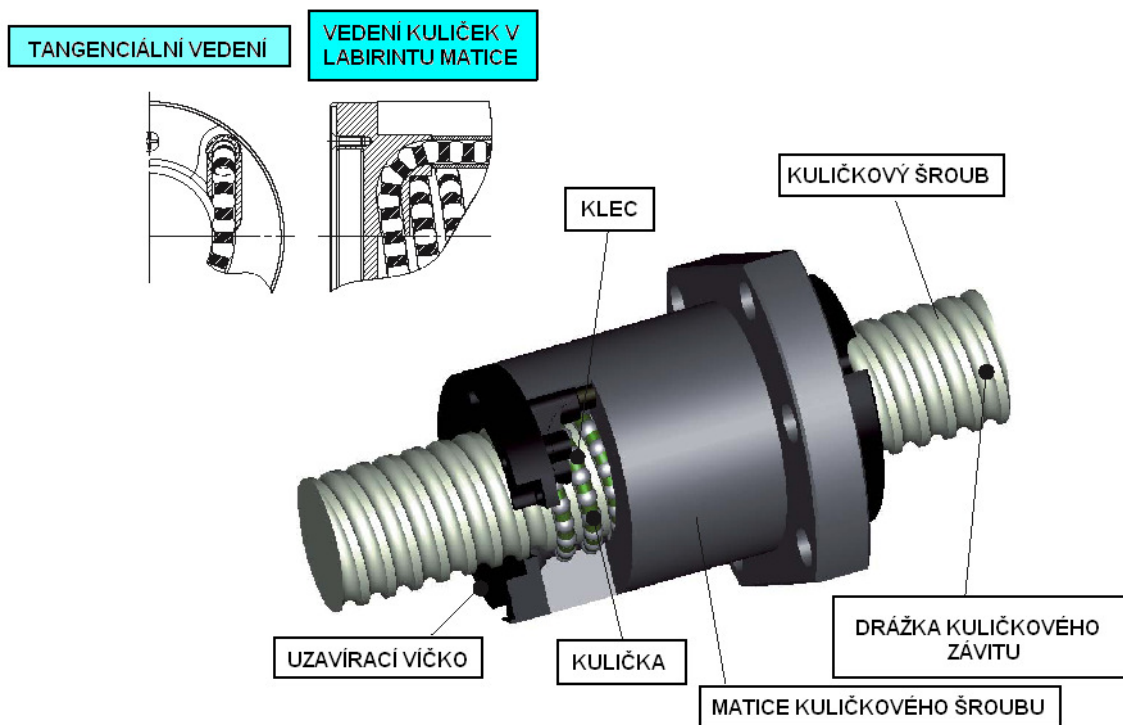
- nepatrné tření
- vysoká účinnost (až 95%) = příkony pohonů mohou být podstatně nižší než je u strojů s klasickými pohybovými šrouby
- dlouhá životnost
- trvalá přesnost
- takřka žádné opotřebení a zahřívání
- plynulý pohyb i při nízkých rychlostech
- mazání není nutné, ale doporučuje se



1- šroub s broušeným, popř. válcovaným gotickým profilem kuličkových drah
 2 - oběžné kuličky 3 – matice 4 – zpětný kanál 5 - stěrač 6 – příložka 7 – spojovací šroub
 Princip: kuličky 2 jsou vráceny zpětným kanálem 4 do výchozího místa, při použití dvou matic 3 a příložky 6 je možno předběžným zatížením vyloučit axiální vůli



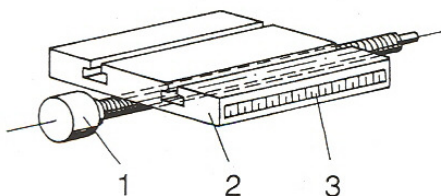
Pomocí podložky č. 6 vymezíme axiální vůli



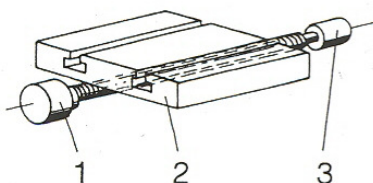
2.2 Odměřovací zařízení

Odměrování lze rozdělit podle umístění snímače polohy na obráběcím stroji. Používá se odměrování přímé a nepřímé.

Přímé odměřování



Nepřímé odměřování

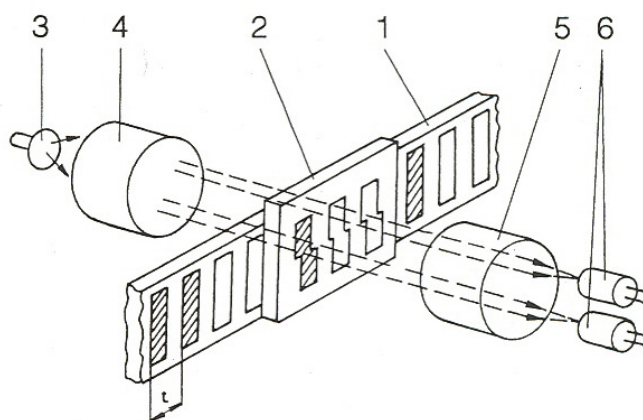


- 1 – vodící šroub s pohonem
- 2 – suport
- 3 – odměřovací zařízení

2.2.1 Princip přímého impulsního odměřovacího zařízení

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. Jezdecké připevněno k pohybující se části stroje a pohybuje se spolu se světelným zdrojem a fotosnímačem.

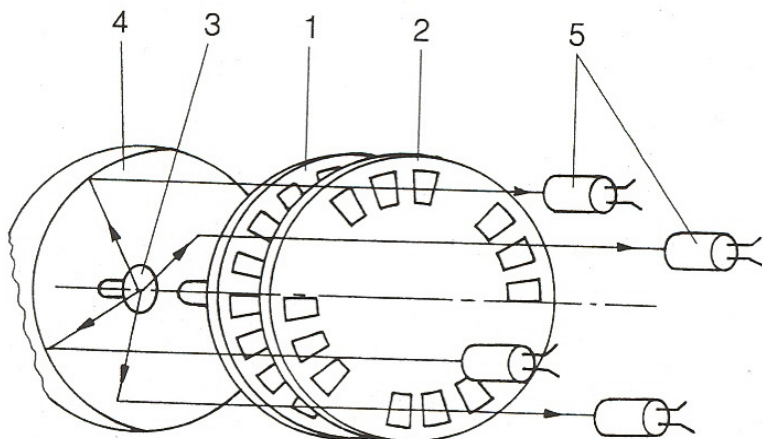
Následkem překrývání světlých a tmavých polí při vzájemném pohybu jezdce a pravítka se mění intenzita světla dopadajícího přes objektiv na fotosnímač. Ve fotosnímači vznikají elektrické impulsy, které se zesilují a zpracovávají v řídicím systému. Pro rozlišení smyslu pohybu se používá různých úprav rysek jezdce. Snímání probíhá na dvou fotosnímačích a tím se získávají dva signály. Podle toho, zda se jeden signál proti druhému zpožďuje nebo jej předbíhá, je možné určit smysl pohybu.



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

2.2.2 Princip nepřímého impulsního odměřovacího zařízení

Nepřímé impulsní digitální odměřování využívá měřítko ve tvaru skleněného kotouče s velkým počtem světlých a tmavých polí. Kotoučem procházejí světelné paprsky od světelného zdroje přes objektiv a dopadají štěrbinami pevného kotouče na fotosnímače. Úhel pootočení je úměrný velikosti dráhy. Při otáčení kotouče jsou štěrbininy pevného kotouče střídavě zakrývány tmavými a odkrývány světlými ryskami. Tím se mění intenzita osvětlení fotosnímačů. Určení smyslu pohybu je stejné jako u přímého odměřování.



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

2.2.3 Odměřování – tachograf

Přístroje pro snímání úhlové rychlosti se nazývají tachogenerátory či tachodynamy. Používají se ke snímání otáček pohonu posunů i hlavního vřetena číslicově řízených strojů.

Dávají na výstupu stejnosměrné napětí úměrné otáčkám, tj. úhlové rychlosti nebo frekvenci otáček. Hlavní části tachodynamy jsou rotor s komutátorem, který se otáčí v nehybném statoru. Konstrukce odpovídá konstrukci **komutátorového elektrického točivého stroje**, ale je v malém provedení. Stejnosměrné napětí se odvádí přes **kartáče** z **komutátoru** a je úměrné otáčkám. Typické hodnoty výstupního napětí na jednu otáčku za minutu jsou 0,012 V. min až 0,06 V. min.

1. Ultrazvukový snímač rychlosti proudění

Skládá se z vysílače a přijímače. Doba mezi vysláním a přijetím ultrazvukového signálu je závislá na rychlosti proudění přenášejícího tento signál a proto můžeme z této doby vypočítat rychlost proudění.

2. Radarový snímač rychlosti

Radarový vysílač vysílá pomocí malé antény, kterou zároveň přijímá odraženou vlnu. K měření rychlosti je pak využit **Dopplerův princip**. Citlivost radarového snímače je závislá na odrazivosti radarových vln od sledovaného předmětu, tedy na materiálu a tvaru jeho povrchu.

2.2.4 Hlavní pohon

Pohon musí umožňovat nastavení takového počtu otáček, který odpovídá optimální řezné rychlosti. Nastavení otáček realizujeme plynulou nebo stupňovitou regulací otáček. Plynulá regulace umožňuje nastavit otáčky, které odpovídají řezné rychlosti. K tomu se používají

střídavé servomotory (AC), nebo stejnosměrné servomotory (DC). Automaticky udržují otáčky bez ohledu na zátěž. Tyto pohony mají malé rozměry a hmotnosti, vysokou účinnost a bezporuchový chod. Jsou vybaveny elektromagnetickou brzdou, která slouží jako bezpečnostní brzda. Je v činnosti při použití tlačítka „Centrál stop“ nebo při vypnutí hlavního pohonu. Stupňovitá regulace otáček se již v konstrukci moderních CNC strojů opouští. Při jejím použití se nastaví takové otáčky, které se nejvíce přibližují určené optimální řezné rychlosti.

2.2.5 Pohon posuvu

Pohon posuvu řízené osy CNC převádí příkazy od regulátoru polohy na pohyb nástroje nebo obrobku. Sestává se z posunového motoru a posunového šroubu, který je u CNC strojů kuličkový. Tento převod mění pohyb otáčivý na přímočarý.

2.2.6 Pohony pomocí servomotorů

Trojfázové synchronní a asynchronní motory s elektronickou komutací /změnou/ jsou stále více využívány namísto stejnosměrných motorů, zvláště **jako servomotory** na místech pomocných pohonů. Elektrickou komutaci provádí elektronicky řízený **měníč kmitočtu**.

Tyto servomotory mají magnetické snímače polohy pólů kotvy /např. Hallovy sondy/, které umožňují regulaci otáček řízením kmitočtu napájecího měniče. Snímače polohy pólů bývají často používány i k regulaci polohy rotoru. Hlavní předností trojfázových synchronních pohonů je menší velikost ve srovnání se stejnosměrnými pohony, malý setrvačný moment vylehčeného rotoru, rychlá reakce na řídicí povely, velký rozsah otáček, malé náklady na údržbu, lepší chlazení, větší životnost atd.

Stator i rotor jsou složeny z elektroplechů. Rotor má vylehčenou konstrukci /velké dutiny/. Jeho povrch je osazen magnety ze slitiny kobaltu a samaria /prvek vzácných zemin/. Statorové vinutí je uloženo v šikmých drážkách z důvodu rovnoměrného otáčení i při pomalých otáčkách.

Trojfázové synchronní servomotory jsou většinou napájeny z trojfázové sítě 50 Hz přes **měníč kmitočtu se stejnosměrným proudovým mezistupněm**. Při odpovídajícím provedení napájecího kmitočtového měniče je možné servomotory provozovat v obou směrech, tzn. v **motorovém** i v **brzdném režimu** v rozpětí otáček od – 5 000 min do + 5 000 min. Ve statorovém vinutí je teplotní čidlo obsahující **pozistor PTC**, který hlídá teplotu vinutí. Motory mají vlastní chlazení a zapouzdření /stupeň krytí IP 65/.

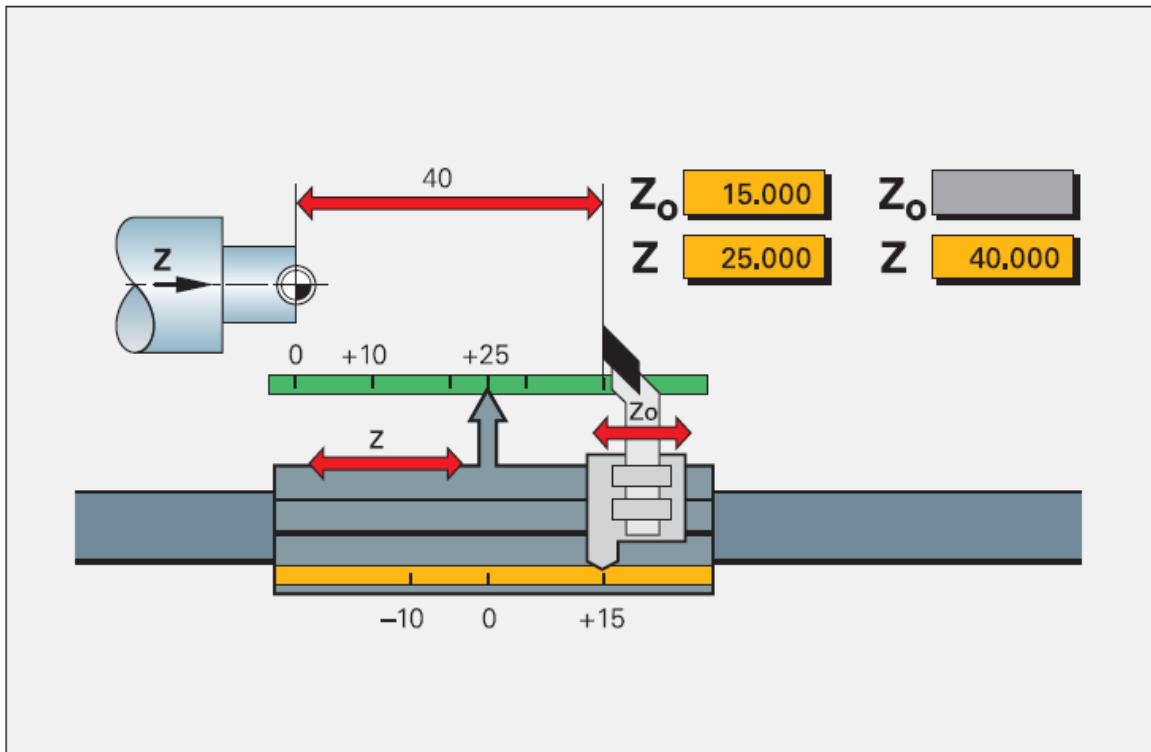
Kmitočtově řízené asynchronní trojfázové motory jsou používány převážně pro pohon hlavního vřetena obráběcích strojů.

2.2.7 Součtový záznam podélných os

Některá odměřovací zařízení je možné v režimu soustružení polohy hlavních a nožových sání zobrazovat odděleně nebo součtově.

V samostatném zobrazení se poloha sání na displeji vztahuje k nulovému bodu každé z obou os samostatně. Pokud se pohybují hlavní sání, zůstává beze změny indikace nožových sání.

V součtovém záznamu se sčítají polohy hlavních a nožových sání s ohledem na směr jejich pohybu. Tak je možné odečítat absolutní polohu nástroje, vztaženou k nulovému bodu dílce, bez přepočítávání.

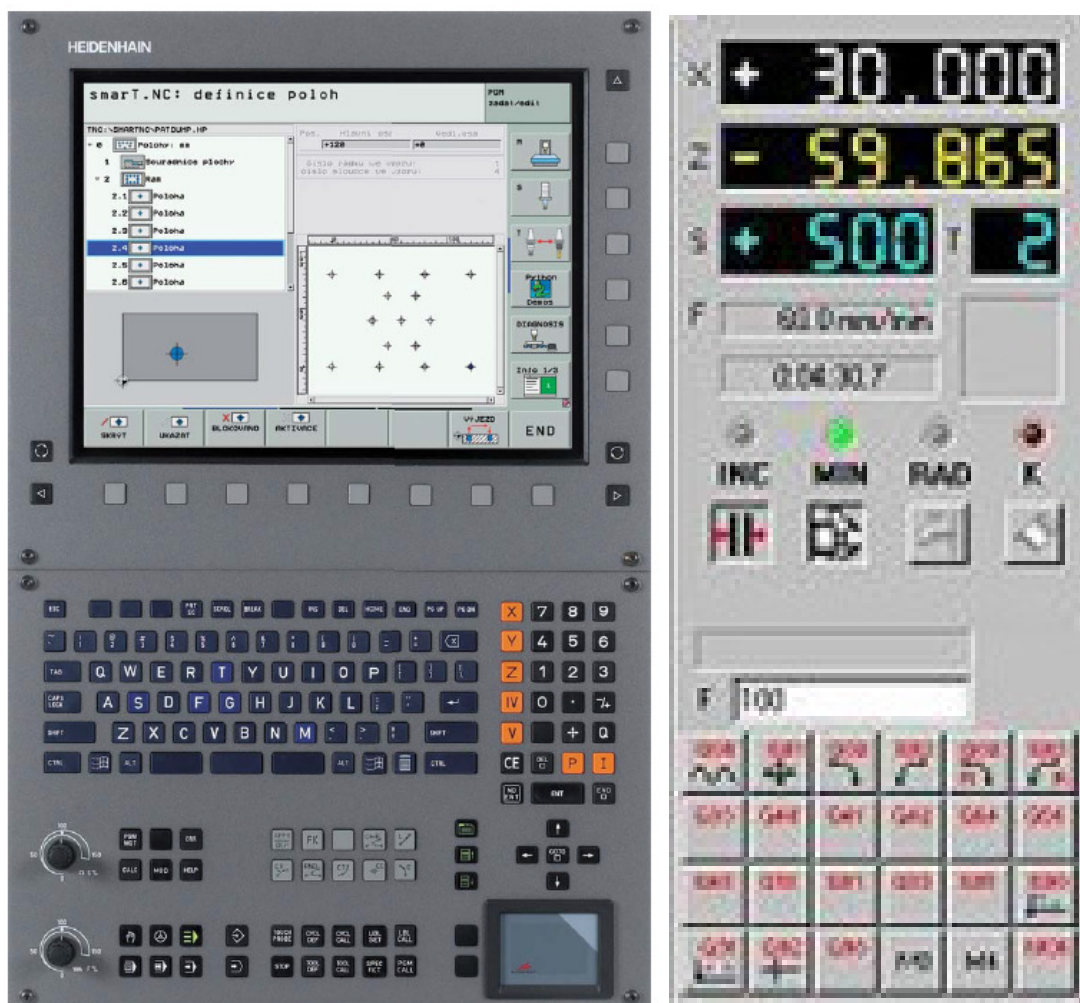


2.3 Ovládací panely CNC strojů

Řídicí panel slouží ke komunikaci mezi obsluhou a řídicím systémem stroje. Pomocí něj vkládá obsluha do řídicího systému příkazy řídicích programů i speciální parametry stroje. Obslužný panel je vybaven displejem, klávesnicí, tlačítky pro speciální funkce a otočnými ovladači. Ruční řízení programově řízených strojů (NC a CNC stroje) je prováděno pomocí různých obslužných panelů, které jsou různé pro řídicí systémy. Obslužný panel slouží ke komunikaci mezi obsluhou a řídicím systémem stroje.

Ruční řízení NC a CNC strojů je prováděno pomocí jednotlivých speciálních tlačítek na obslužném panelu. Pomocí tlačítek mohou být spuštěny ručně všechny funkce stroje. Tlačítka obslužného panelu jsou opatřena grafickými symboly, které označují řídicí funkce číslicově řízených strojů. Označení tlačítek je stanoveno normami (např. normou DIN 55003) a skládají se ze značek základních a doplňujících funkcí. Značky se dělí na značky pro ovládání stroje a stavbu programu. Používané symbolické značky usnadňují orientaci a umožňují překonat problém s jazykovou bariérou.

Ukázka řídicích panelů:





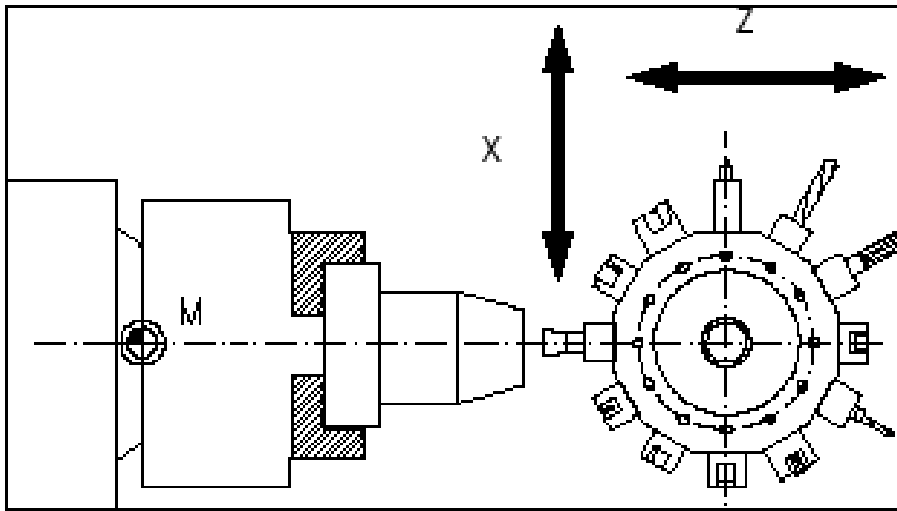
TNC-funkce	TNC-tlačítko	TNC-funkce	TNC-tlačítko
Volba a mazání programů/souborů, externí přenos dat		Zvolte provozní režim Ručně (Manuálně)	
Zobrazit kalkulačtor		Volba provozního režimu smarT.NC	
Volba funkce MOD		Volba provozního režimu Ruční kolečko	
Zobrazit nápovědu při chybových hlášeních NC		Volba provozního režimu Polohování s Ručním Zadáním	
Zobrazit všechna stávající chybová hlášení		Volba provozního režimu Provádění programu po bloku	
Najetí na obrys/opuštění obrysu		Volba provozního režimu Provádění programu plynule	
Volné programování obrysů FK		Volba provozního režimu Zadat/ Editovat.	
Programování zkosení		Volba provozního režimu Testování programu	
Programování přímky		Definování cyklů dotykové sondy	
Programování kruhové dráhy s rádiusem		Definování obráběcích cyklů	
Programování rohového zaoblení		Vyvolání obráběcích cyklů	
Programování kruhové dráhy s tangenciálním napojením		Definování podprogramů a opakování části programu	
Programování středu kruhu/pólu pro polární souřadnice		Vyvolání podprogramů a opakování části programu	
Programování kruhové dráhy kolem středu kruhu		Zadání zastavení programu	
		Definování nástroje v programu	

2.4 Systémy automatické výměny nástrojů

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

2.4.1 Systémy se zásobníky, které přenášejí řezné síly

- a) **otočné nástrojové hlavy** (revolverové) – nástroje jsou pevně upnuty v hlavě a konají pouze vedlejší pohyb, hlavní řezný pohyb koná obrobek. Osa otáčení může být vodorovná nebo svislá.

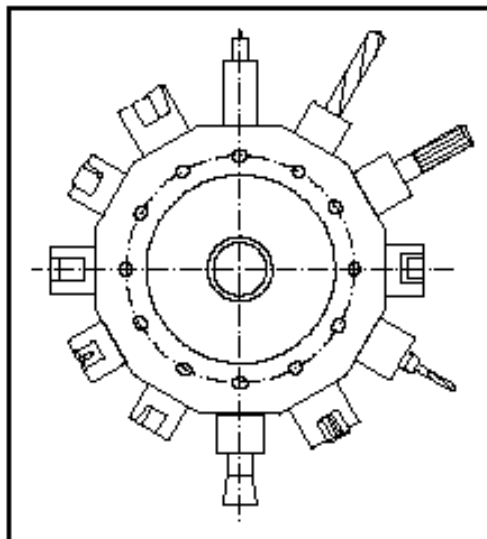


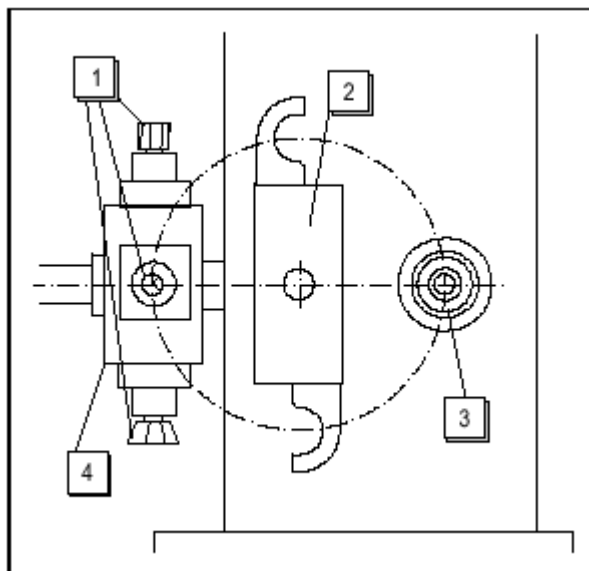
- b) **nožové hlavy** – bývají nejčastěji čtyřboké se svislou nebo vodorovnou osou otáčení.

2.4.2 Systémy automatické výměny nástrojů s výměnou celých vřeten nebo vřeteníků

Používají se nejčastěji u číslicově řízených frézovacích strojů a obráběcích center

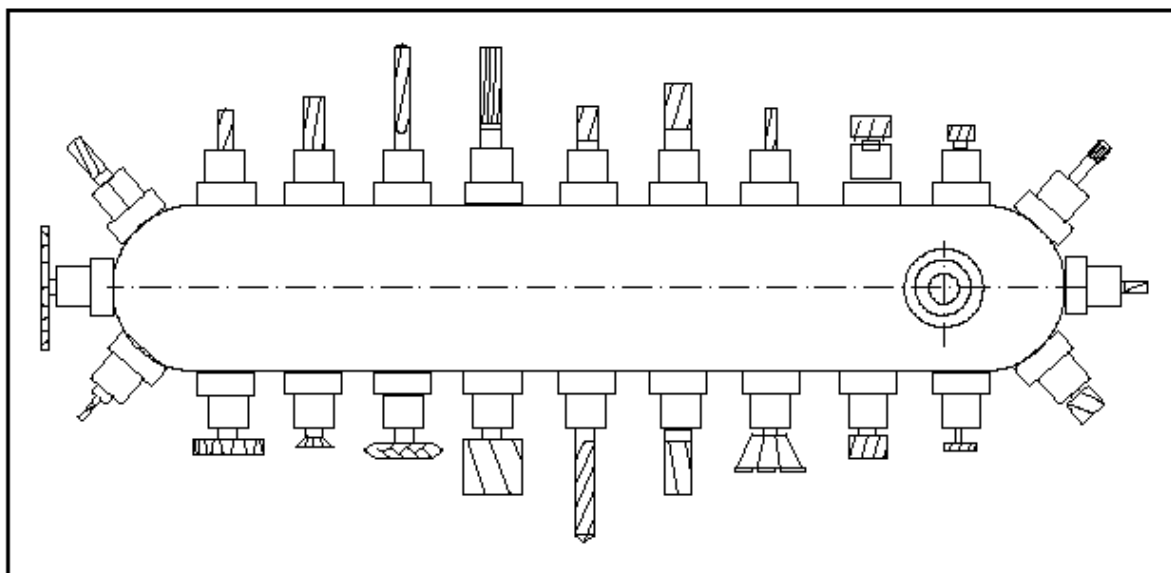
- a) **maloobjemové zásobníky** – mají až 40 nástrojových míst. Umísťují se nejčastěji na vřeteníku nebo základním stojanu stroje. Jsou kotoučové nebo bubnové.





1. nástroje
2. manipulátor pro výměnu nástrojů mezi zásobníkem nástrojů a vřetenem
3. nástrojové vřeteno
4. zásobník nástrojů

b) **velkoobjemové zásobníky** – mají více jak 40 nástrojových míst a mohou být bubnové, kotoučové a řetězové. Pro svou velkou hmotnost jsou tyto zásobníky umístěny na zvláštním stojanu. Velké řetězové zásobníky jsou na zvláštním stojanu jako samostatné zařízení.



3 Práce technologa - programátora

Práce technologa programátora je velmi rozmanitá a nepředstavuje jen tvorbu vlastního CNC programu, ale i celou řadu dalších činností. Na základě výrobní dokumentace (výrobní výkres, pracovní postup) musí určit CNC obráběcí stroj, zvážit výrobně ekonomické podmínky a vypracovat pracovní postup pro tvorbu programu. Práce má tyto etapy:

- 1) zařazení výrobku do součástkové základny - určení CNC stroje

- 2) vypracování technologického postupu – postup obsahuje základní přípravné práce, hlavní operace prováděné na CNC stroji a dokončovací práce.
- 3) Vypracování řídicího programu
 - určení způsobu upnutí
 - vypracování technologického postupu pro obrábění na CNC stroji
 - provedení náčrtku součásti pro účely programování
 - sestavení nástrojového listu
 - sestavení souřadnicového listu

nástrojový list obsahuje tyto údaje:

- druh nástroje
- obsazení nástrojů v zásobnících systému automatické výměny nástrojů nebo ruční výměny nástrojů
- specifikace nástrojů a druh držáku z knihovny nástrojů
- korekce nástroje
- určení řezných podmínek
- schematický náčrt speciálních nástrojů
- poznámky nutné pro obrábění součásti

4 Kótování výkresů pro obrábění

Konvenční kótování není nejvhodnější pro přenos údajů do NC-programu. Proto používáme tyto hlavní metody: při **absolutní kótování** jsou všechny polohy kótovány souřadnicovým způsobem vzhledem k (osám souřadnic) vztažným přímkám. Tento způsob je také nazýván jako **absolutní** či **souřadnicové kótování**.

Průsečík vztažných přímek je počátkem souřadnic a odpovídá **nulovému bodu** obrobku. Jeho poloha je určena podle programátorských a technologických hledisek.

Dalším možným způsobem je **inkrementální** (nebo též **řetězové** či **relativní**) kótování. Rozměr se vždy vztahuje k poloze jednoho z koncových bodů kóty. Inkrementální kótování se používá poměrně zřídka, protože při změně postupu obrábění ztrácejí některé míry význam a musí být vypočteny míry vztažené k jiným bodům nebo přímkám.

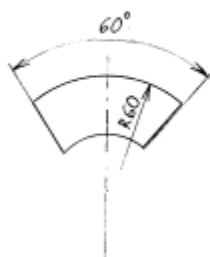
Při kótování pomocí tabulek se na výkrese uvádějí jen čísla pozic. Vlastní hodnoty souřadnic jsou pak spolu s doplňkovými údaji (např. průměry otvorů, lícování) uvedeny v tabulce souřadnic.

Pravidla kótování pro obrábění na CNC strojích

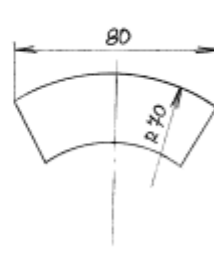
Kótování oblouků

Kruhové oblouky kótujeme poloměrem **R** a jedním z těchto rozměrů: středovým úhlem, délkou tětivy, délkou oblouku na daném poloměru.

**KÓTOVÁNÍ OBLOUKU
STŘEDOVÝM ÚHLEM**



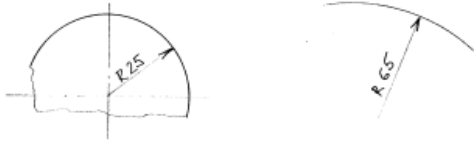
**KÓTOVÁNÍ OBLOUKU
DÉLKOU TĚTIVY**



Kótování poloměrů

Kóta poloměru je složena z písmene R (RADIUS) a číselné hodnoty, např. R22, R16. Kótovací čára je vedena ze středu oblouku nebo ve směru do středu oblouku. Má vždy jednu šipku, která končí na oblouku. Pokud je střed oblouku mimo kreslicí plochu, kótovací čáru pak lomíme směrem k ose.

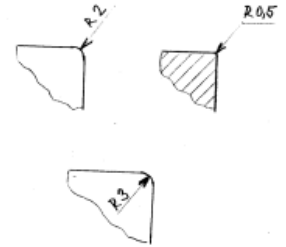
KÓTOVÁNÍ POLOMĚRŮ



KÓTOVÁNÍ POLOMĚRŮ, KDYŽ STŘED OBLOU JE MIMO KRESLICÍ PLOCHU, LOMENÁ KÓTOVACÍ ČÁRA



KÓTOVÁNÍ VELMI MALÝCH POLOMĚRŮ



Kótování průměrů

Kóta je složena ze značky ϕ a číselné hodnoty, např. $\phi 18$.

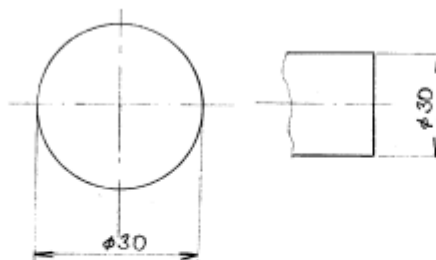
Průměry se kótují:

- značkou umístěnou v nebo vně obraze, pokud se kótovaný prvek zobrazí jako kružnice,
- délkou úsečky, pokud se kótovaný prvek zobrazí jako úsečka
- u malých kružnic je kóta umístěna k prodloužené kótovací čáře
- u nezobrazených kružnic je odkazová čára vedena z průsečíku os.

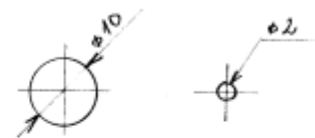
VNITŘNÍ KÓTA PRŮMĚRU



VNĚJŠÍ KÓTA PRŮMĚRU



KÓTOVÁNÍ MALÝCH PRŮMĚRŮ



NEZOBRAZENÝ PRŮMĚR, ZNÁZORNĚNÝ OSOU



Kótování koulí

Kótovací značka se skládá : S (angl. zkratka koule = SPHERE), pak následuje R nebo ϕ a číselná hodnota.

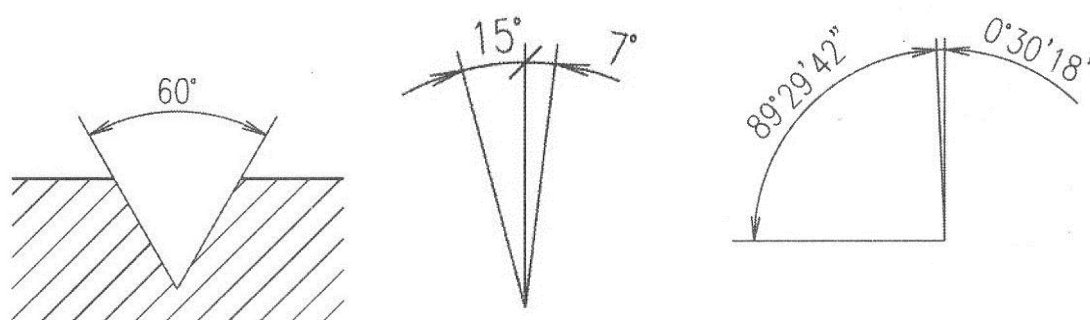
- So31 : zobrazená část koule je **větší** jak její polovina
- SR31 : zobrazená část koule je **menší** jak její polovina.

KÓTOVÁNÍ KULOVÝCH PLOCH



Kótování úhlů

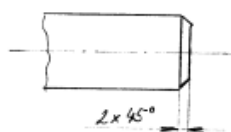
Kótovací čáry se kreslí jako oblouky kružnic se středy ve vrcholech úhlů a vynášecí čáry vycházejí z vrcholů. Rovinné úhly se udávají v úhlových stupních, minutách a vteřinách, např. $12^{\circ}45'24''$. Je-li úhel menší než 1° , píše se vždy celá kóta – $0^{\circ}12'54''$. Desetinné číslo je vyjádřeno pouze v hodnotě vteřin – $0^{\circ}12'54,4''$.



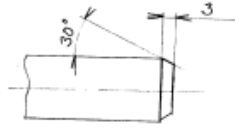
Kótování zkosených hran

Zkosené hrany se kótují délkovým a úhlovým rozměrem – $2 \times 45^{\circ}$. Součtin se umísťuje na kótovací čáru, na její prodloužení nebo na/k odkazovací čáře. U rotačních součástí (hřídele) se kótovací čára délkového rozměru vede **rovnoběžně** s osou rotace.

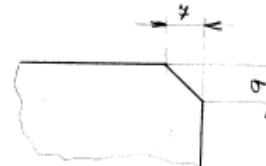
HRANA ZKOSENÁ POD ÚHLEM 45°



HRANA ZKOSENÁ POD JINÝM ÚHLEM NEŽ 45°



KÓTOVÁNÍ POMOCÍ DVOU DÉLKOVÝCH ROZMĚRŮ



HRANA NENÍ ZKOSENÁ



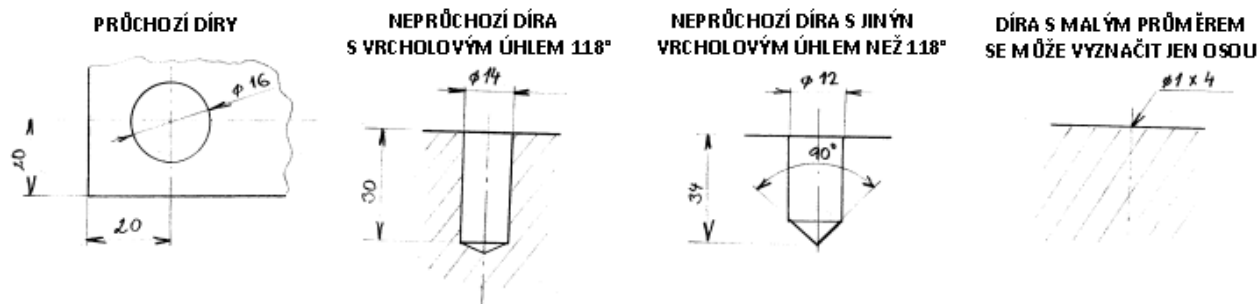
ZKOSENÍ NENÍ ZOBRAZENO ANI ZÁKÓTOVÁNO
- PROVEDENO DLE NORMY: a) $0,4 \times 45^{\circ}$ b) R 0,4



Kótování děr

U průchodných děr kótujeme jejich průměr a polohu osy vzhledem k jiné ose nebo obrysové hraně. U neprůchodných děr kótujeme navíc i hloubku. Hloubka díry se kótuje bez kuželového ukončení, vrcholový úhel kreslíme asi 120° . Tam, kde by vrták mohl součást provrtat, se hloubka díry kótuje až k samému vrcholu kuželového zakončení. Pokud je vrcholový úhel jiný než běžný úhel vrtáku, kótujeme i vrcholový úhel tohoto kužele. Hloubka nenakreslené díry (díry velmi

malých průměrů) se zapisuje na/k odkazové čáře např. O1x4. Kóty průměru a hloubky umístujeme do jednoho obrazu.



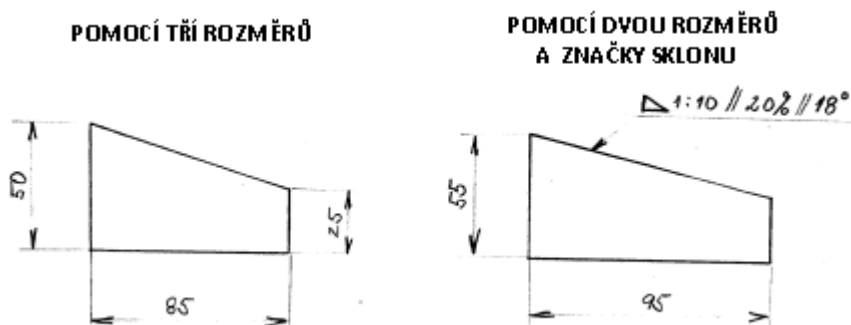
Kótování sklonu

Sklon **S** plochy nebo přímky kótujeme:

- dvě výšky a délka (3 rozměry)
- výška a délka (2 rozměry) a úhel sklonu
- výška a délka a značka sklonu.

Velikost sklonu zapisujeme 1:5 (přednostně), v procentech – 20%, popř. v úhlových stupních – 16°25'.

Značka sklonu (pravoúhlý trojúhelník – tlustá čára) je nakreslena shodně jako sklon plochy. Je zapsána buď na praporku odkazové čáry, nebo nad povrchem plochy.



Kótování kuželů

Kuželovitost kótujeme:

- 2 průměry a délka
- 1 průměr, délka a poloviční vrcholový úhel
- 1 průměr, délka a hodnota kuželovitosti.

Hodnota kuželovitosti **C** je zapisována: 1:5 (přednostně), 1/5 nebo 20%, vrcholovým úhlem – 18°29'58''.

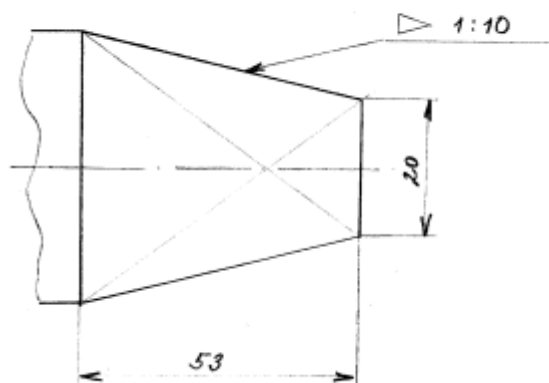
Značka kuželovitosti je rovnoramenný trojúhelník, shodně orientovaný s kuzelem a kreslí se tlustou čarou. Jeho velikost je odvozena od výšky písma.

Kótování jehlanů

Jehlanovitost **Cp** kótujeme podobně jako kuželovitost. Hodnotu jehlanovitosti zapisujeme nad praporek odkazové čáry za značku jehlanovitosti. Odkazová čára je ukončena šipkou na obrysové hraně jehlanové plochy. Značka jehlanovitosti je nakreslena **tenkou** čarou jako rovnoramenný

trojúhelník, který leží celou plochou **nad praporkem** odkazové čáry.

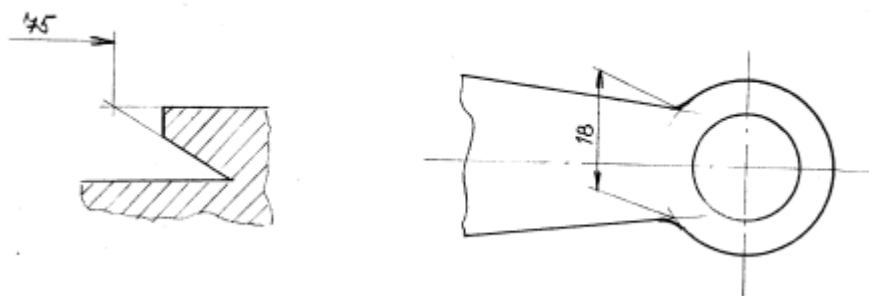
KÓTOVÁNÍ JEHLANŮ



Kótoování přechodů

Zaoblené přechody, zešikmené hrany se kótují k myšleným průsečkům obrysových čar. Obrysové čáry se prodlouží tenkými pomocnými čarami a kótujeme až od jejich průsečků.

KÓTOVÁNÍ PŘECHODŮ

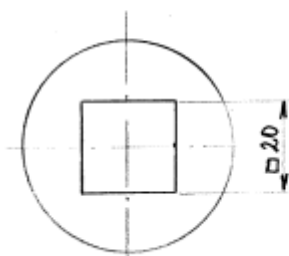


Kótoování hranolů

Pravidelné hranoly čtyřboké a šestiboké kótujeme jako vzdálenost dvou navzájem **rovnoběžných** bočních ploch. Kóta se skládá ze značky čtyřhranu/šestihranu a čísla (velikost/vzdálenost bočních hran). Čtyřhran nebo šestihran zobrazený v nárožní poloze se kótuje na/k odkazové čáře.

KÓTOVÁNÍ HRANOLŮ

a) VNITŘNÍCH



b) VNĚJŠÍCH

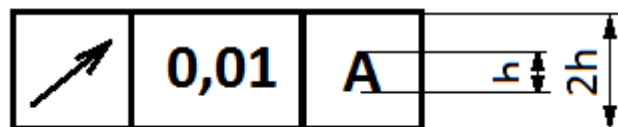


Tolerování rozměru

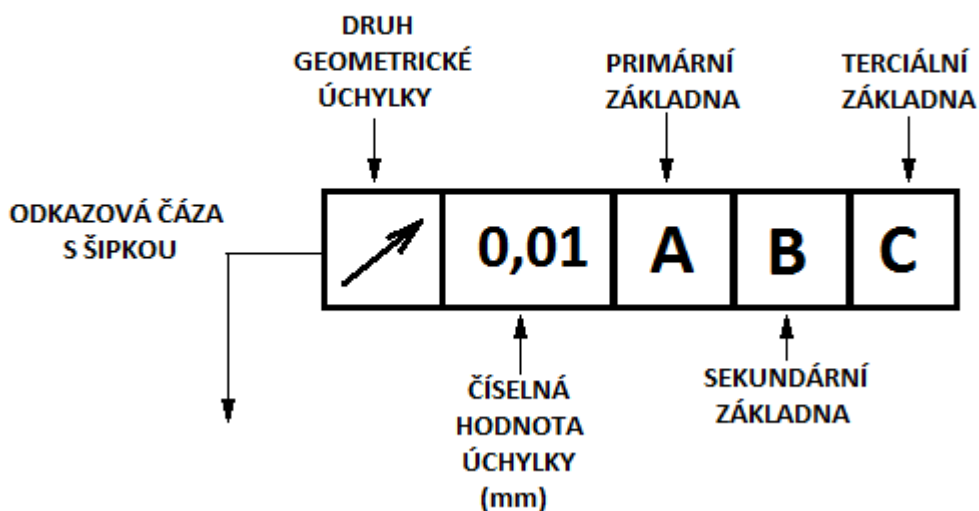
Rozměry předepsané výkresem jsou ve skutečnosti jenom teoretické. Při výrobě součástí vzniká celá řada nepřesností. Skutečný rozměr se pak od ideálního odlišuje v určitém rozmezí. Předepisování mezí a tím i přesnosti se provádí **tolerováním**.

Tolerování je předepsání rozměru v určitých mezích a provádíme ho pouze pro rozměry **funkční!** Znalost tolerování je nutná pro tvorbu výkresové dokumentace a pro přesnou výrobu součástí. Tolerance délkových a úhlových rozměrů je dána normou ISO, která rozděluje hodnoty tolerancí do **4 tříd přesnosti – f, m, c, v**. Konkrétní třída přesnosti (a zároveň i požadavek na přesnost výroby) je uveden v popisovém poli výrobního výkresu: **PŘESNOST ISO 2768 m**.

ROZMĚRY TOLETANČNÍCH RÁMEČKŮ



STRUKTURA TOLERANČNÍHO RÁMEČKU



Zapisování tolerancí na výkresech

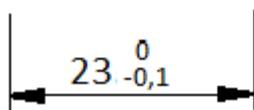
Pro funkční rozměry se konkrétní tolerance na výrobním výkrese zapisují pomocí:

- a/ mezních úchylek
- b/ mezních rozměrů
- c/ tolerančních značek.

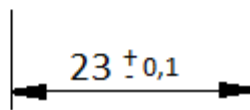
Mezní úchylky: číselně vyjádřená hodnota zapsaná těsně za jmenovitým rozměrem. Hodnoty se zapisují číslicemi stejné velikosti jako jmenovitý rozměr se stejným počtem desetinných míst (s výjimkou nulové úchylky).

MEZNÍ ÚCHYLKY

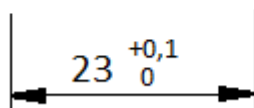
ZÁPORNÁ ÚCHYLKA



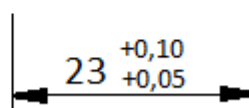
SOUMĚRNÁ ÚCHYLKA



KLADNÁ ÚCHYLKA

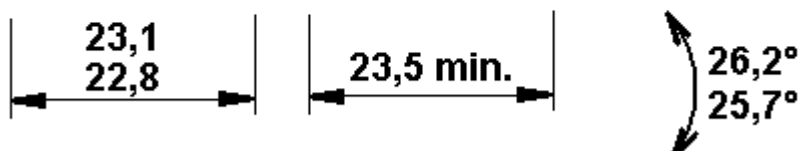


STEJNÝ POČET
DESETINÝCH MÍST



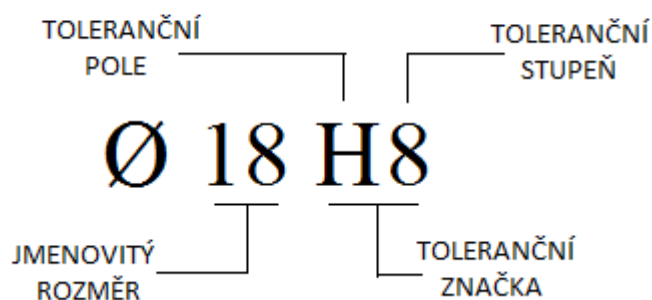
Mezní rozměry: jsou minimální a maximální rozměr dovolený tolerancí. Předepisujeme je vzestupně nad sebe se stejným počtem desetinných míst.

MEZNÍ ROZMĚR



Toleranční značky: zapisují se za jmenovitý rozměr pomocí písmen (velká nebo malá) a čísel. Písmeno určuje polohu tolerančního pole vzhledem k jmenovitému rozměru a nazývá se **toleranční pole**. Číslo pak určuje velikost dané tolerance a nazývá se **toleranční stupeň**.

TOLERANČNÍ ZNAČKY



Geometrické tolerance

Pro správnou funkci součásti kromě přesných rozměrů délkových a úhlových je nutné dodržet přesný geometrický tvar funkčních ploch.

Jsou to přípustné odchylky skutečných tvarů od tvarů teoreticky přesných. Předepisujeme je pouze pro **funkční plochy!**

Pokud není na výkrese předepsána konkrétní geometrická úchylka, jsou geometrické tolerance uvedeny všeobecně v popisovém poli **PŘESNOST ISO 2768 – H** (viz. Tolerance délek) společně s tolerancemi délkovými a úhlovými. Tyto tolerance jsou rozděleny do 3 tříd přesnosti H, K, L.

Zapísování geometrických tolerancí na výkresech

Požadované tolerance se zapisují v **pravoúhlých rámečcích**, které jsou rozděleny na dvě a více polí. V prvním poli je značka tolerance, která určuje druh geometrické úchytky. V druhém poli je uvedena její číselná hodnota v milimetrech. Třetí pole obsahuje označení základního prvku, ke kterému se uvedená geometrická tolerance vztahuje.

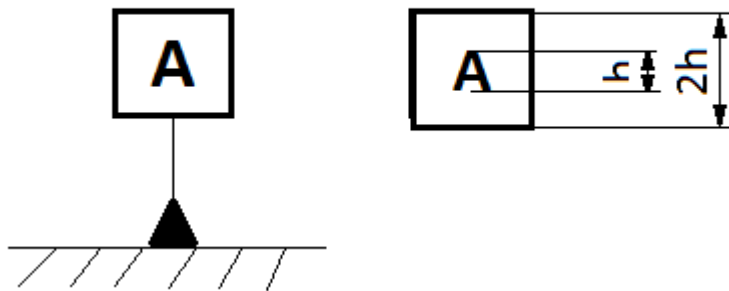
Základny pro geometrické tolerance

Základna je teoreticky přesný geometrický prvek (osa, přímka, rovina), k němuž vztahujeme tolerance daného prvku. Základny mohou být tvořeny jedním nebo více základními prvky na součásti. Je-li základnou pouze jednotlivý prvek, je základna označena velkým písmenem v třetím poli pravoúhlého rámečku. Tvoří-li dva a více prvků soustavu základen, pak se tyto základny (sekundární, terciární) označí v dalších polích rámečku. Jestliže společnou základnu tvoří prvky dva, označí se taková základna ve třetím poli dvěma velkými písmeny spojenými spojovníkem, např.: **A-B**.

Označování základen

Základny se označují plným nebo prázdným trojúhelníkem na konci odkazové čáry. Základny rozlišujeme velkými písmeny vepsanými do čtvercového rámečku spojeného s trojúhelníkem.

OZNAČOVÁNÍ ZÁKLADEN



5 Stavba CNC Programu

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

Program obsahuje:

- a) **technologické informace** – zabývají se technologií obrábění (posuv otáčky apod.)
- b) **geometrické informace** – určují tvar součástky
- c) **pomocné a přídatné informace** – zahrnují všechny ostatní informace nutné pro výrobu součásti na NC a CNC strojích

Základní rozdělení programování

1. podle způsobu programování
 - a) ruční programování
 - b) strojní programování
2. podle způsobu vyjádření souřadnic
 - a) absolutní programování

b) přírůstkové programování

Program se skládá z vět neboli bloků. Každá věta obsahuje slovo, které popisuje jeden příkaz (adresa) a číselný kód. Dále obsahuje programovatelné funkce

VĚTA

ČÍSLO VĚTY	SLOVO	PROGRAMOVATELNÉ FUKCE
N 000	adresa číslo x 00.000z 00.000	F 000
G 00		

Číslo vět je nutné nataktovat tak, aby bylo možné dodatečné vložení dalších vět v případě nutné opravy nebo úpravy programu.

Program je sestaven z přídavných (**G**) a pomocných funkcí (**M**).

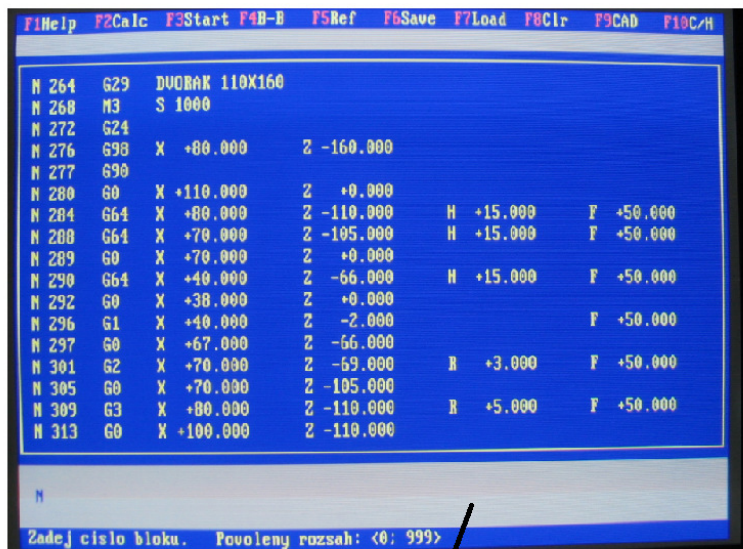
5.1 STRUKTURA PROGRAMU

Každý program má při svém sestavení určité zásady. Začátek programu je vždy stejný. Programátor zde musí sdělit uživatelům programu základní údaje o použitých nástrojích, výchozí bod pro obrábění apod..

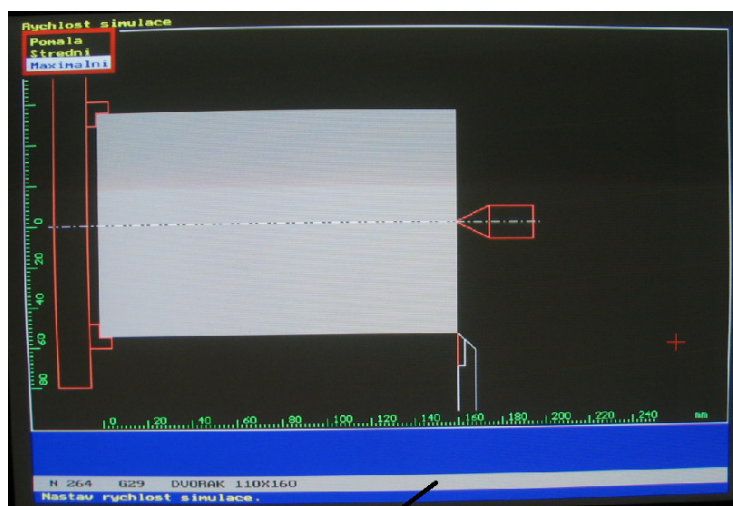
Struktura programu pro soustružení bude vypadat takto:

N 000	G29	název programu, průměr materiálu, délka materiálu	
N 004	G29	nástroj	
N 008	G29	nástroj	
N 012	G24		
N 016	G98	X.....	Z....
N 020	G90		
N 024	M03	S.....	
N 028	G00	X.....	Z.....
.....			
.....			
N XXX	M30		

G 29 **TEXTOVÁ POZNÁMKA NEBO NÁVĚSTÍ** – při programování je dobré v prvním řádku uvést rozměry materiálu, protože při nastavování grafické animace obrábění i některých programu vidíme u některých systémů z programu jen první řádek. Řádků s textem můžeme mít v počtu podle potřeby.



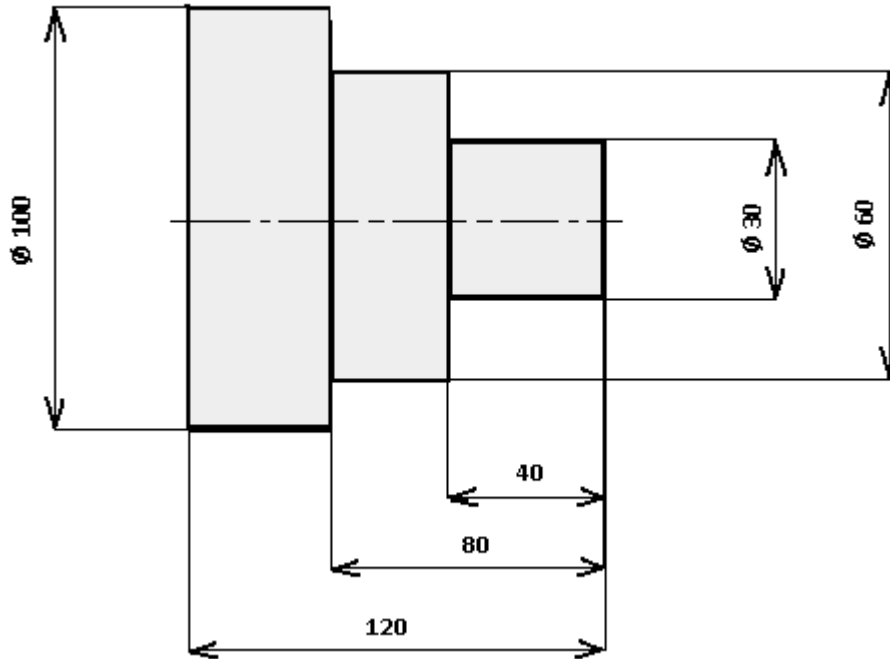
ŘÁDEK PRO ZÁPIS PROGRAMU



ŘÁDEK PRO ČTENÍ PROGRAMU

- G 24 POLOMĚROVÉ PROGRAMOVÁNÍ – do poloměrového programování se přepínáme při soustružení z důvodu nastavení referenčního bodu
 - G 98 REFERENCE – každý výrobce programově řízeného stroje stanoví souřadnice do kterých najede nástroj a z tohoto bodu nastává odměřování souřadnic.
 - G 90 ABSOLUTNÍ PROGRAMOVÁNÍ – programujeme rozměry při soustružení v průměrech
 - M 03 START OTÁČEK CW/M 04 START OTÁČEK CCW – naprogramujeme velikost otáček S
 - G 00 RYCHLOPOSUV – najedeme do bodu, ze kterého budeme začínat obrábění
- Dále pokračuje program sestavený podle výrobního výkresu.
- M 30 KONEC PROGRAMU - ukončí CNC program. Systém se vrací do režimu CNC editoru.

Ukázka výrobního výkresu a programu



Program pro podélné hrubování G64

```
G29 X 100 Z 120
G24
G98 X 80 Z -120
G90
M03 S 800
G00 X 100 Z 0,0
G64 X 60 Z -80 H 2 F 100
G00 X 60 Z 0,0
G64 X 30 Z -40 H 2 F 100
G00 X 120 Z 100
M30
```

5.2 PŘÍPRAVNÉ FUNKCE

- G 00 RYCHLOPOSUV
- G 01 LINEÁRNÍ INTERPOLACE (posuv)
- G 02 KRUHOVÁ INTERPOLACE CW
- G 03 KRUHOVÁ INTERPOLACE CCW
- G 04 ČASOVÁ PRODLEVA
- G 09 PŘESNÉ ZASTAVENÍ
- G 21 PRÁZDNÝ BLOK
- G 22 VYVOLÁNÍ PODPROGRAMU
- G 24 POLOMĚROVÉ PROGRAMOVÁNÍ
- G 25 VOLÁNÍ PROGRAMU
- G 26 VOLÁNÍ CYKLU
- G 27 PROGRAMOVÝ SKOK
- G 29 TEXTOVÁ POZNÁMKA NEBO NÁVĚSTÍ
- G 33 ŘEZÁNÍ ZÁVITŮ
- G 40 ZRUŠENÍ KOREKCE NÁSTROJŮ






G 41 KOREKCE POLOMĚRU NÁSTROJE VLEVO OD KONTURY
G 42 KOREKCE POLOMĚRU NÁSTROJE VPRAVO OD KONTURY
G 53 ZRUŠENÍ IKLEMENTÁRNÍHO POSUNUTÍ NULOVÉHO BODU
G 54 ABSOLUTNÍ POSUNUTÍ NULOVÉHO BODU
G59 INKLEMENTÁRNÍ POSUNUTÍ NULOVÉHO BODU
G 64 PODÉLNÉ HRUBOVÁNÍ
G 66 ZAPICHOVACÍ CYKLUS
G 68 ČELNÍ HRUBOVÁNÍ
G 73 VRTÁNÍ S PŘERUŠENÍM
G 78 ŘEZÁNÍ ZÁVITU ZAPICHOVACÍM ZPŮSOBEM
G 79 ŘEZÁNÍ METRICKÉHO ZÁVITU SE ŠIKMÝM PŘÍSUVEM
G 81 VRTÁNÍ
G 83 VRTÁNÍ S VÝPLACHEM
G 85 VYSTRUŽOVÁNÍ
G 90 ABSOLUTNÍ PROGRAMOVÁNÍ
G 91 INKLEMENTÁRNÍ PROGRAMOVÁNÍ
G 92 NASTAVENÍ HODNOT SOUŘADNIC X, Z
G 94 POSUV ZA MINUTU
G 95 POSUV NA OTÁČKU
G 96 KONSTANTNÍ ŘEZNÁ RYCHLOST
G 97 VYPNUTÍ KONSTANTNÍ ŘEZNÉ RYCHLOSTI
G 98 REFERENCE

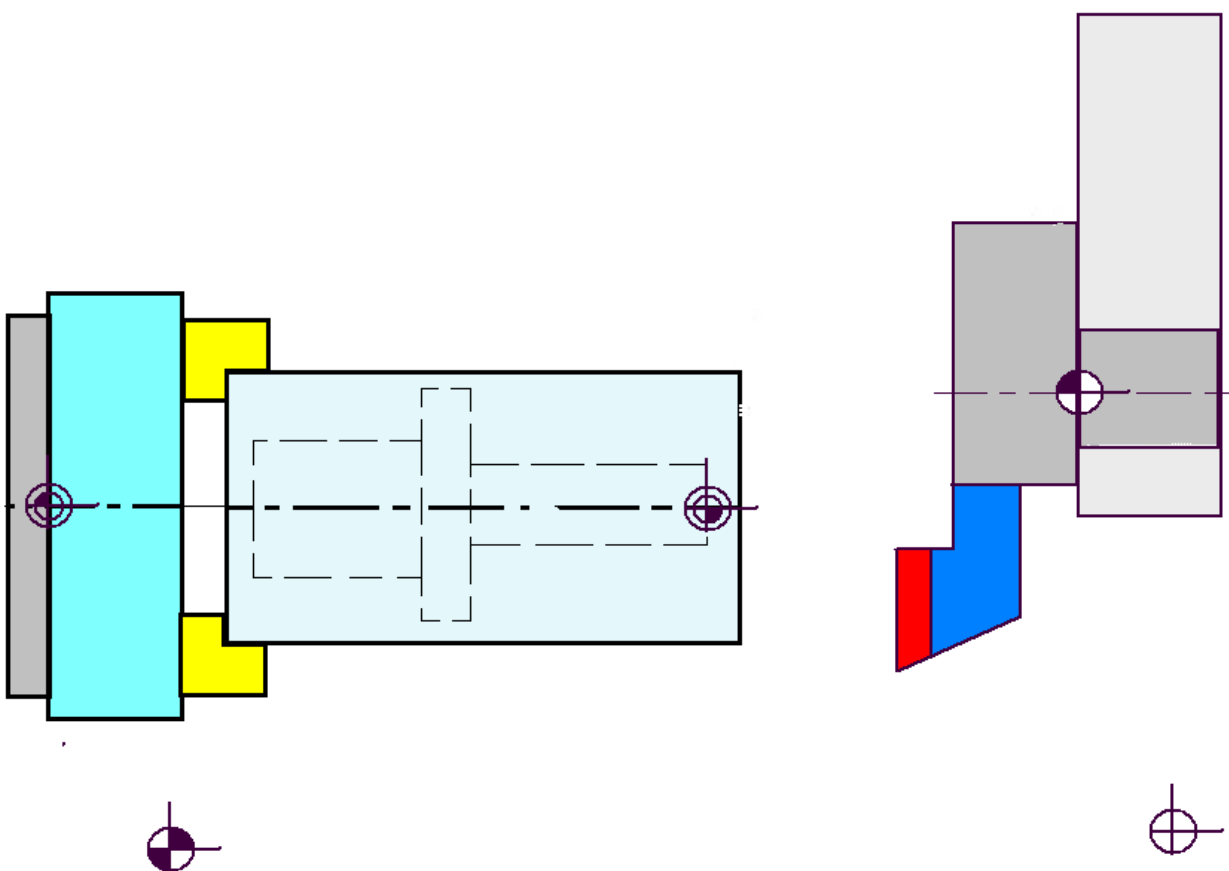
5.3 POMOCNÉ FUNKCE

M 00 PROGRAMOVÝ STOP
M 03 START OTÁČEK CW
M 04 START OTÁČEK CCW
M 05 STOP OTÁČEK
M 06 VÝMĚNA NÁSTROJE
M 07 ZAPNUTÍ – SPUŠTĚNÍ 1. ČERPADLA CHLAZENÍ
M 08 ZAPNUTÍ – SPUŠTĚNÍ 2. ČERPADLA CHLAZENÍ
M 09 VYPNUTÍ ČERPADLA CHLAZENÍ
M 17 NÁVRAT Z PROGRAMU
M 30 KONEC PROGRAMU
M 99 DEFINICE RYCHLOSTI POSUVU

6 Pracovní prostor CNC soustruhu

6.1 Základní body v pracovním prostoru CNC soustruhu

-  Nulový bod stroje
-  Referenční bod stroje
-  Základní bod pro nástroje
-  Nulový bod obrobku
-  Bod pro výměnu nástrojů



6.1.1 Referenční bod stroje R

Je to pevně stanovené místo v pracovním prostoru stroje, jehož poloha je stanovena výrobcem. V tomto místě je koncový spínač, na kterém dojde ke sladění odměřovacího systému CNC ve všech odměřovacích osách. Teprve potom může stroj začít správně pracovat, protože poloha referenčního bodu je dána vůči nulovému bodu stroje. Tato poloha je známá a je uložena v tabulce strojních konstant.

6.1.2 Nulový bod stroje M

Je počátkem souřadného systému pracovního prostoru CNC stroje. U soustruhu je umístěn ve středu otáčení tj. na průsečíku osy X a Z a v místě dosedací plochy upínacího prvku v ose Z. V nulovém

bodu stroje leží střed základního koordinačního systému stroje. Není možno jej měnit. Je to absolutní počátek souřadnic.

6.1.3 Základní bod pro nosič nástroje T



Tento bod je na ustavovací (upínací) ploše nástroje např. čelní plocha nástrojové hlavy. Od tohoto bodu systém odměřuje pohyb nástroje v příslušné ose a přepočítává k tomuto bodu základní rozměry a korekce nástrojů. V bodě T má nástroj nulové rozměry. Skutečnou dráhu nástroje musíte opravit (korigovat) podle rozměrů (X_{TP} , Y_{TP} , Z_{TP}) určujících polohu špičky nože vzhledem k bodu T.

6.1.4 Nulový bod obrobku W



Je programově určen na nejvýhodnějším místě obrobku. Je počátkem souřadnicového systému obrobku. K tomuto bodu jsou přepočítávány zadané souřadnice pro jednotlivé pohyby nástroje. Jeho polohu volí programátor a je možné jí měnit i během programu.

6.1.5 Výchozí bod programu

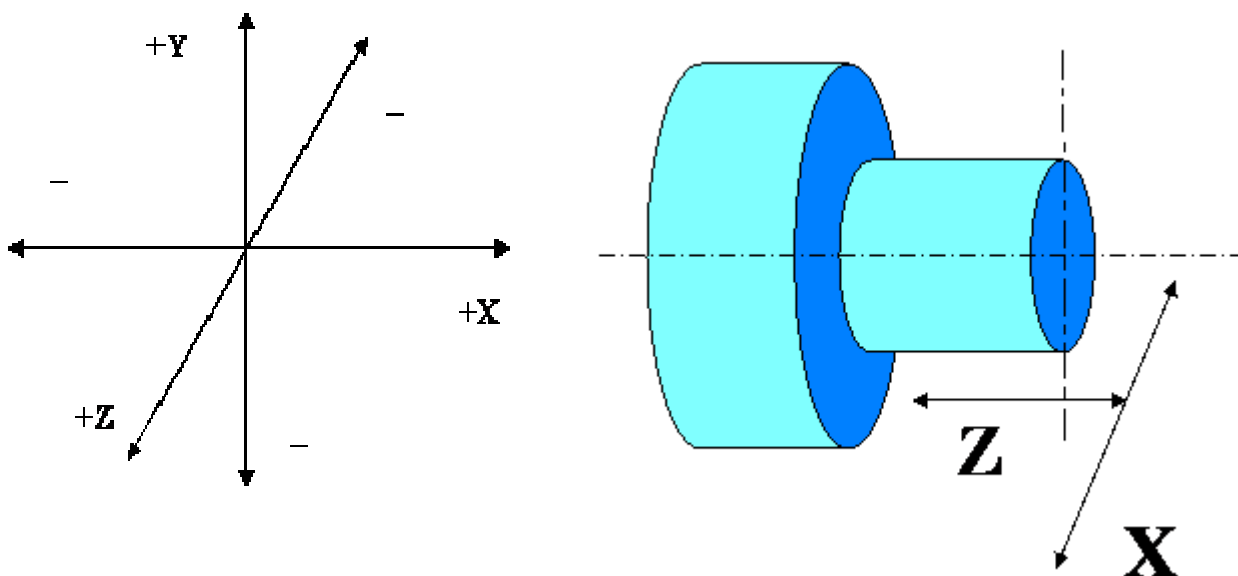


Je to bod pro počátek a často i pro ukončení programu. Je stanoven u složitých strojů výrobcem. U jednoduchých strojů je stanoven programátorem. Jeho umístění bývá zakresleno v seřizovacím listě.

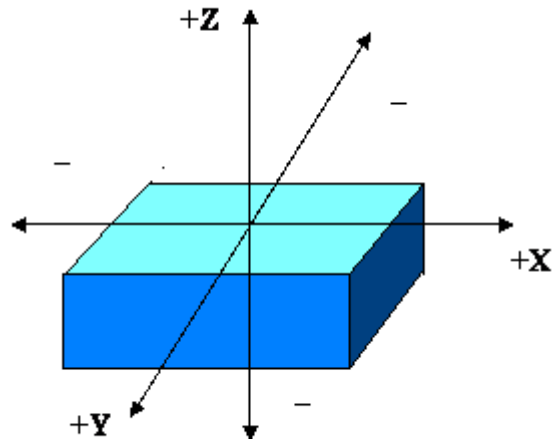
6.2 Souřadný systém na CNC strojích

Naprogramování pracovních pohybů v pracovním prostoru CNC obráběcího stroje je nutné definovat v souřadnicovém systému. Pohyby se určují v soustavě pravoúhlých souřadnic. Osy souřadného systému jsou rovnoběžné s hlavními vodícími plochami stroje a jsou vztažené k obrobku v pracovním prostoru stroje. Osa Z je vždy rovnoběžná s osou hlavního vřetena, osa X je kolmá k ose Z a osa Y je kolmá k ose Z a X.

všeobecný souřadnicový systém souřadnice při soustružení



souřadnicový systém strojů pracujících ve třech osách (frézka, vrtávačka apod.)



U obráběcích center, kde je více vřeten, musí hlavní vřeteno stanovit výrobce.

7 Vztažné body, nulové body a přesuny vztažných bodů

Před zahájením výroby daného hrobkuje třeba určit nulový bod součásti. Nulový bod obrobku je důležitý pro tvorbu programu a pro bezchybné najetí nástrojem při zahájení obrábění. Umístění si volí programátor.

Posun souřadnicové soustavy (nulového bodu stroje) pomocí funkcí G54 až G59 (absolutně). Dále je možné využít k dalšímu posunu funkcí G58 až G59 (přírůstkově). Přesun lze zapsat v kterémkoli místě programu. Změna se provede za běhu CNC stroje. Posunutí nulového bodu provedeme posunutím souřadného systému.

G54 (neuvádí se souřadnice) – posun souřadnicové osy, nulového bodu z čela na čela sklíčidla (absolutně). Uvedená vzdálenost je vložena do řídicího systému jako konstanta a platí pro dané sklíčidlo. Do téhož řídicího systému může být vloženo např. pro G55 hodnota (Z) 60 – píšeme do programu G55, což platí pro jiné sklíčidlo. Obdobně lze řešit i pro další upínače lišící se velikostí vlastního tělesa nebo čelistí.

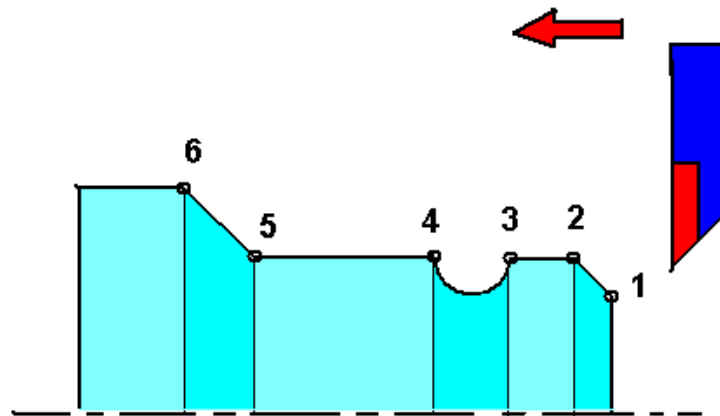
G58 X0 Z65 – již píšeme do programu. CNC program provede další požadovaný posun nulového bodu (přírůstkově). Velikost posunutí závisí na výkrese konkrétní součásti při volbě upínací základny a bodu, v němž programátor umístí nulový bod.

7.1 Konturové programování

Při programování obrysu obrobku se sraženými a zaoblenými musíme často řešit problém průsečíků nebo bodů dotyku přímk a kruhových oblouků. Pokud jsou přímkové části obrysu rovnoběžné se souřadnými osami, jsou tyto úlohy jednoduché a průsečíky se dají obvykle vyčíst přímo z výkresu. Horší situace však je, když přímk nejsou rovnoběžné s osami a kruhové oblouky nejsou celými kvadranty. V těchto případech je výpočet průsečíků či bodů

dotyku velmi pracný a navíc jistým zdrojem chyb. Počítačové řídicí systémy nabízejí možnost tzv. konturového programování, což představuje:

- Zjednodušený popis geometrických elementů pomocí parametrů, které jsou k dispozici na výkrese
- Spojování geometrických elementů do větších částí obrysu
 - Postupně se jednotlivé elementy propojí do větší celků a celky vytvoří obrys obrobku.



Propojením jednotlivých elementárních částí vznikne kontura obrobku:

1. Posun nožem G01 z bodu 1 do bodu 2
2. Posun nožem G01 z bodu 2 do bodu 3
3. Posun nožem G03 z bodu 3 do bodu 4
4. Posun nožem G01 z bodu 4 do bodu 5
5. Posun nožem G01 z bodu 5 do bodu 6

8 Vysvětlení některých programovacích funkcí

8.1 PŘÍPRAVNÉ FUNKCE

G 00 RYCHLOPOSUV

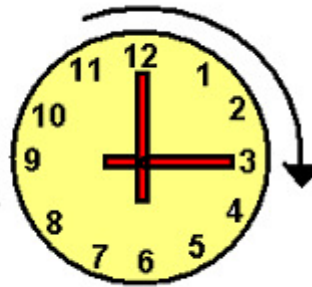
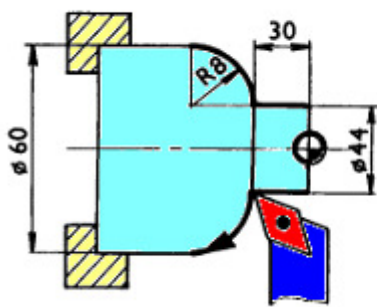
Funkce provede posuv po přímce na souřadnice X a Z

G 01 LINEÁRNÍ INTERPOLACE (posuv)

Funkce provede posuv po přímce na souřadnice X, Z rychlostí F

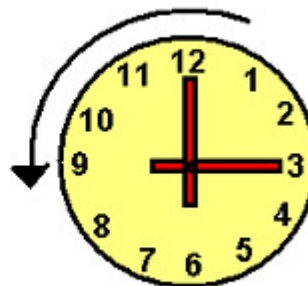
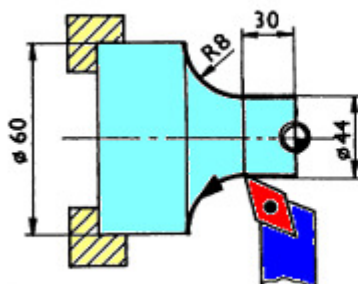
G 02 KRUHOVÁ INTERPOLACE CW

Funkce provede posuv ve směru hodinových ručiček po kruhovém oblouku o poloměru R na souřadnice X, Z rychlostí F menší než 250mm/min.



G 03 KRUHOVÁ INTERPOLACE CCW

Funkce provede posuv proti směru hodinových ručiček po kruhovém oblouku o poloměr R na souřadnice X, Z rychlostí F menší než 25 mm/min.



G 04 ČASOVÁ PRODLEVA

Časová prodleva v délce T sekund

G 21 PRÁZDNÝ BLOK

Vymaže daný blok programu

G 24 POLOMĚROVÉ PROGRAMOVÁNÍ

Nastaví řídicí systém tak, aby souřadnice X se nastavovaly jako poloměry

G 25 VOLÁNÍ PROGRAMU

Funkce vyvolá program, který začíná od bloku číslo L (= číslo od 0 do 1000) nebo od symbolické adresy L (= 7 znaků, první znak je písmeno)

G 26 VOLÁNÍ CYKLU

Funkce vyvolá program, který začíná od bloku číslo L nebo od symbolické adresy L. Volání programu je J krát opakováno.

G 27 PROGRAMOVÝ SKOK

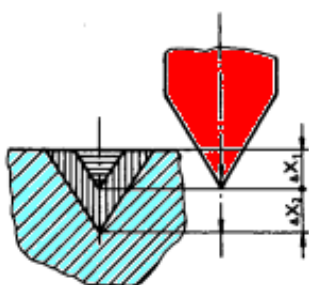
Program pokračuje od bloku číslo L nebo od symbolické adresy L.

G 29 TEXTOVÁ POZNÁMKA NEBO NÁVĚSTÍ

Prvních 12 znaků je testováno skokovými operacemi jako symbolická adresa (návěstí). Celkový počet znaků slouží jako textová poznámka.

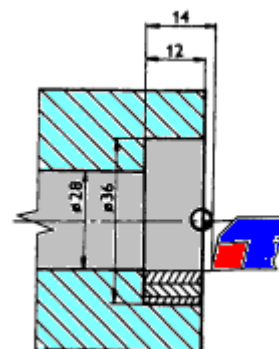
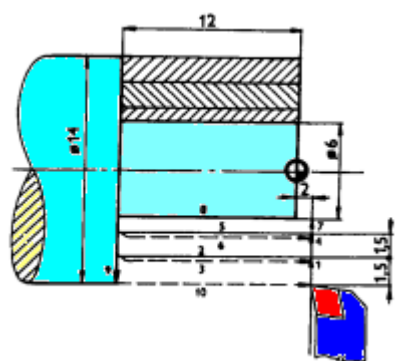
G 33 ŘEZÁNÍ ZÁVITŮ

Funkce provede posuv v ose Z . Na jednu otáčku vřetene připadá stoupání K. Maximální rychlost posuvu $S \times K$ je 250 mm/min. Otáčky vřetene 40, max. 3000 ot./min. Posuv je přesně synchronizován s otáčkami vřetene a začíná vždy při stejném nastavení vřetene.



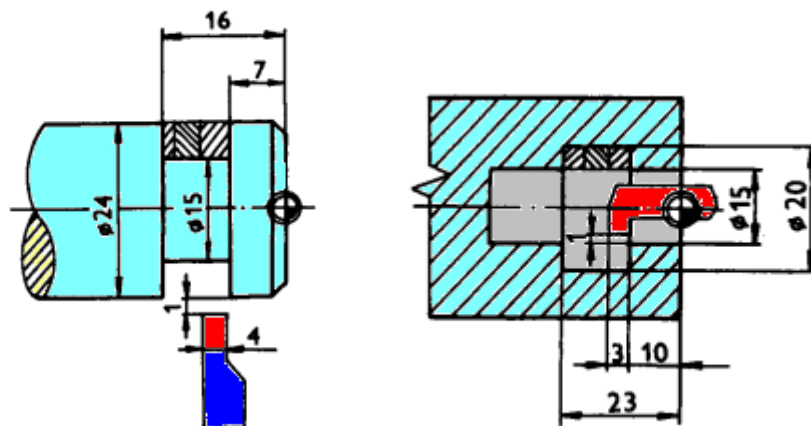
G 64 PODÉLNÉ HRUBOVÁNÍ

Odebírání třísky o tloušťce H je prováděno podélné hrubování postupně až na souřadnice X, Z pracovním posuvem F. Cyklus je dokončen začištěním čela a návratem na původní souřadnice.



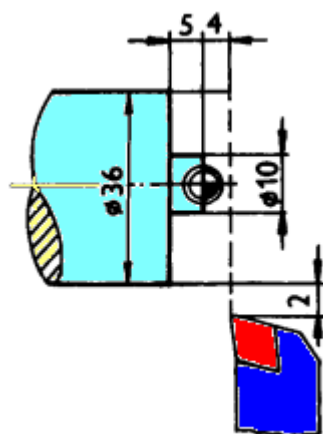
G 66 ZAPICHOVÁČÍ CYKLUS

Odebírání třísky zapichovacím nožem šířky H. Zápich je postupně vytvářen až na souřadnice X, Z . Cyklus je zakončen začištěním zápichu a návratem na původní souřadnice.



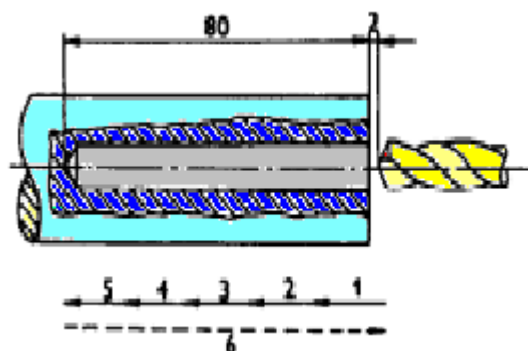
G 68 ČELNÍ HRUBOVÁNÍ

Odebírání třísky o tloušťce H je prováděno na čele součásti až na souřadnice X, Z . Cyklus je zakončen začištěním čela a návratem na původní souřadnice.



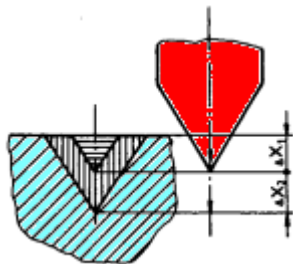
G 73 VRTÁNÍ S PŘERUŠENÍM

Vrtání hlubokého otvoru na souřadnici Z rychlostí F . Po každém vyvrtání o hloubku H je provedeno přerušení posuvu F a tím dojde k přerušení třísky. Výjezd vrtáku z otvoru je proveden automaticky rychloposuvem.



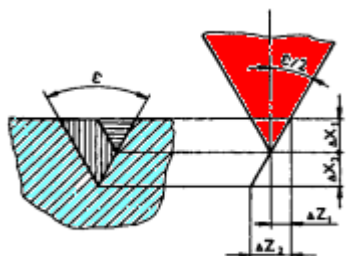
G 78 ŘEZÁNÍ ZÁVITU ZAPICHOVACÍM ZPŮSOBEM

Postupným odebíráním třísky o hloubce H a stoupání K až na souřadnice X, Z . Cyklus je zakončen návratem na výchozí souřadnice.



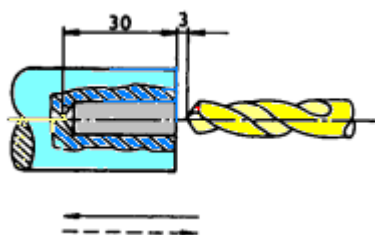
G 79 ŘEZÁNÍ METRICKÉHO ZÁVITU SE ŠIKMÝM PŘÍSUVEM

Postupným odebráním třísky o hloubce H a stoupání K až na souřadnice X , Z . Přísuv nástroje se provádí rovnoběžně s boční stranou metrického závitu. Cyklus je zakončen návratem na výchozí souřadnice.



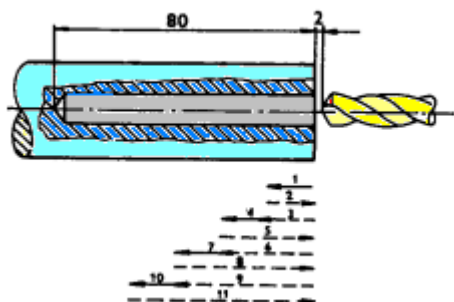
G 81 VRTÁNÍ

Vrtání otvoru na souřadnici Z posuvem F . Návrat vrtáku automaticky rychloposuvem.



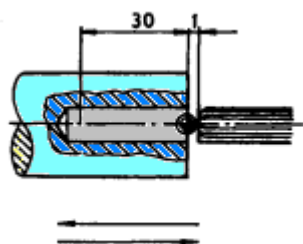
G 83 VRTÁNÍ S VÝPLACHEM

Vrtání hlubokých otvorů až na souřadnici Z posuvem F . Po vyvrtání přírůstku H se vrták vysune rychloposuvem z otvoru za účelem odstranění třísek.



G 85 VYSTRUŽOVÁNÍ

Vystružování na souřadnici Z posuvem F. Zpětný pohyb je proveden také posuvem F.



G 90 ABSOLUTNÍ PROGRAMOVÁNÍ

Nastaví absolutní a přírůstkové programování. Hodnoty v souřadnicích X a Z jsou absolutní. Hodnota X je uváděna jako průměr. Z absolutní délka.

G 91 INKLEMENTÁRNÍ PROGRAMOVÁNÍ

Nastaví programování o dané přírůstky v pohybových funkcích v hodnotách X a Z.

G 92 NASTAVENÍ HODNOT SOUŘADNIC X, Z

Hodnoty souřadnic X a Z jsou přiřazeny okamžité poloze soustruhu. Hodnota X je poloměrová nebo průměrová podle zadaného programu. Řezná rychlost se ruší.

G 94 POSUV ZA MINUTU

Funkce nastaví posuv v mm za minutu. CNC stroje mají toto nastaveno automaticky při spouštění programu.

G 95 POSUV NA OTÁČKU

Funkce nastaví zadávání v mm za minutu. Využívá celý rozsah 40 – 3000ot/min.

G 96 KONSTANTNÍ ŘEZNÁ RYCHLOST

Funkce nastaví konstantní rychlost. V následujících funkcích jsou otáčky měněny tak, aby se řezná rychlost neměnila v důsledku změny průměru. Tato funkce se ruší funkcemi M 03, M 04, M 05, G 92 a G 98.

G 98 REFERENCE

Nájezd suportu do referenčního bodu nejdříve v ose X a potom v ose Z. Referenční bod je stanoven výrobcem.

8.2 POMOCNÉ FUNKCE

M 00 PROGRAMOVÝ STOP

Funkce přerušuje běh programu a program se spustí až po povelu z klávesnice.

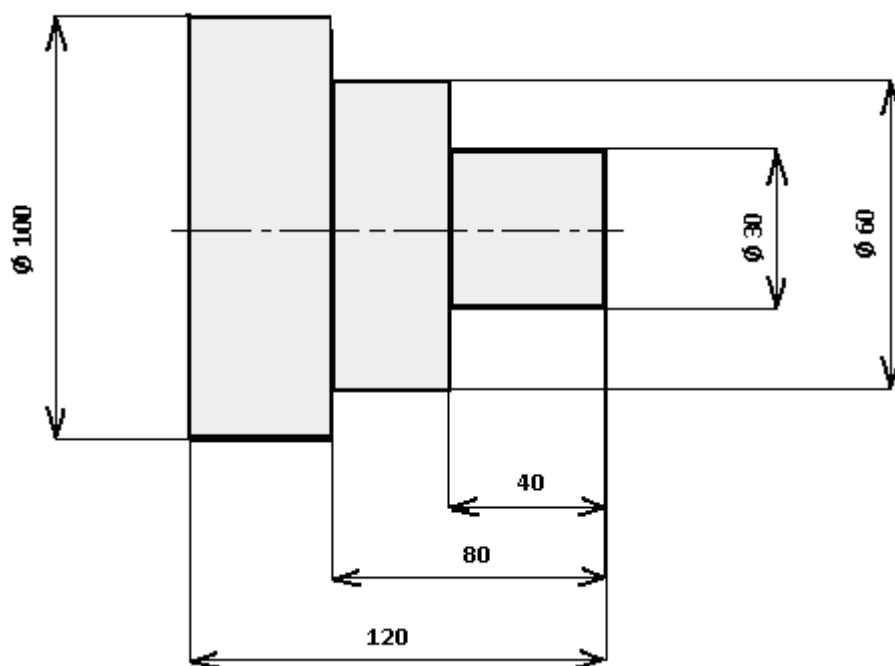
M 03 START OTÁČEK CW

Start otáček včetně konstantní řeznou rychlostí S ve směru hodinových ručiček.

- M 04 START OTÁČEK CCW
Start otáček vřetene konstantní řeznou rychlostí S proti směru hodinových ručiček.
- M 05 STOP OTÁČEK
Zastavení otáček vřetene.
- M 06 VÝMĚNA NÁSTROJE
Program zajistí výměnu nástroje číslo T. Souřadnice X a Z mají význam korekce nástroje. 1. nástroj se přesně seřídí a jeho korekce se zvolí rovny 0. Korekce ostatních nástrojů se určí vzhledem k nástroji číslo 1.
- M 07 ZAPNUTÍ – SPUŠTĚNÍ 1. ČERPADLA CHLAZENÍ
- M 08 ZAPNUTÍ – SPUŠTĚNÍ 2. ČERPADLA CHLAZENÍ
Většinou se používá funkce M 08
- M 09 VYPNUTÍ ČERPADLA CHLAZENÍ
- M 17 NÁVRAT Z PROGRAMU
Ukončí program a provede návrat do programu odkud proběhlo volání.
- M 30 KONEC PROGRAMU
Ukončí CNC program. Systém se vrací do režimu CNC editoru.
- M 99 DEFINICE RYCHLOSTI POSUVU
Ve všech následujících funkcích, kde je definována rychlost posuvu = 0, platí hodnota F.

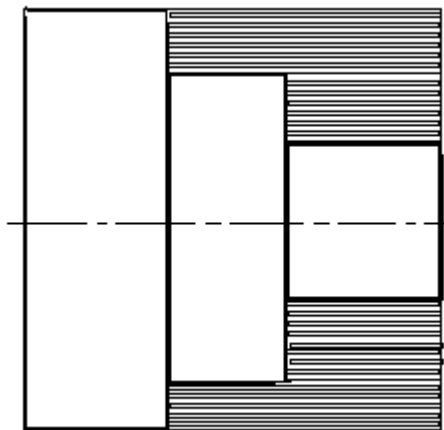
9 Samostatná cvičení

VYPRACOVÁNÍ SAMOSTATNÝCH CVIČENÍ PRO G64 A G68



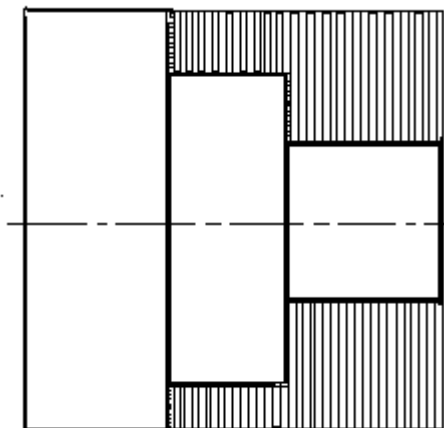
Program pro podélné hrubování G64

```
G29 X 100 Z 120  
G24  
G98 X 80 Z -120  
G90  
M03 S 800  
G00 X 100 Z 0,0  
G64 X 60 Z -80 H 2 F 100  
G00 X 60 Z 0,0  
G64 X 30 Z -40 H 2 F 100  
G00 X 120 Z 100  
M30
```

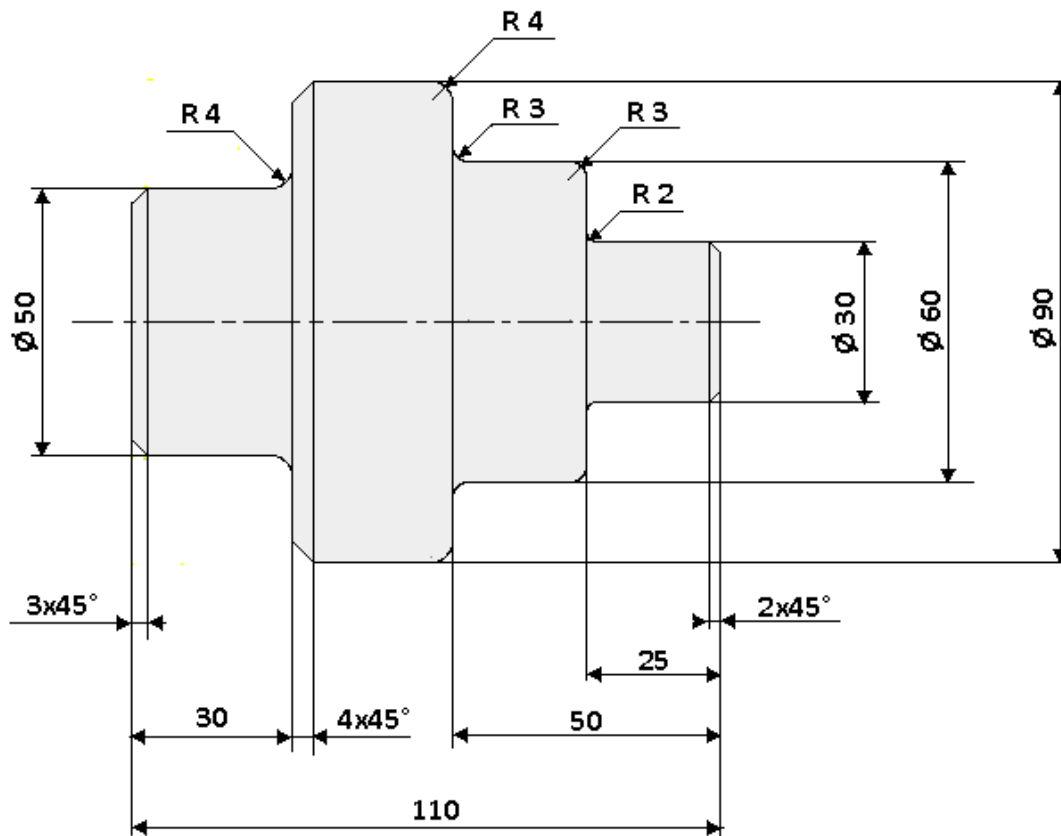


Program pro čelní hrubování G68

```
G29 X 100 Z 120  
G24  
G98 X 80 Z -120  
G90  
M03 S 800  
G00 X 100 Z 0,0  
G68 X 30 Z -40 H 2 F 100  
G00 X 100 Z -40  
G64 X 60 Z -80 H 2 F 100  
G00 X 120 Z 100  
M30
```



9.1 Rádiusy, sražené hrany – funkce G01, G02, G03



SRAŽENÍ HRAN A RÁDIUSY

G29 průměr 90 mm

G29 délka 110 mm

G29 nůž stranový

G24

G98 X 80 Z -110

G90

M03 S 600

G00 X 90 Z 0

G64 X 66 Z -50 H 1 F 50

G00 X 66 Z 0

G64 X 60 Z -47 H 1 F 50

G00 X 60 Z 0

G64 X 34 Z -25 H 1 F 50

G00 X 34 Z 0

G64 X 30 Z -23 H 1 F 50

G00 X 26 Z 0

G01 X 30 Z -2 F 50

G00 X 30 Z -23

G03 X 34 Z -25 R 2 F 50

G00 X 54 Z -25

G02 X 60 Z -28 R 3 F 50

G00 X 60 Z -47

G03 X 66 Z -50 R 3 F 50

G00 X 82 Z -50

G02 X 90 Z -54 R 4 F 50

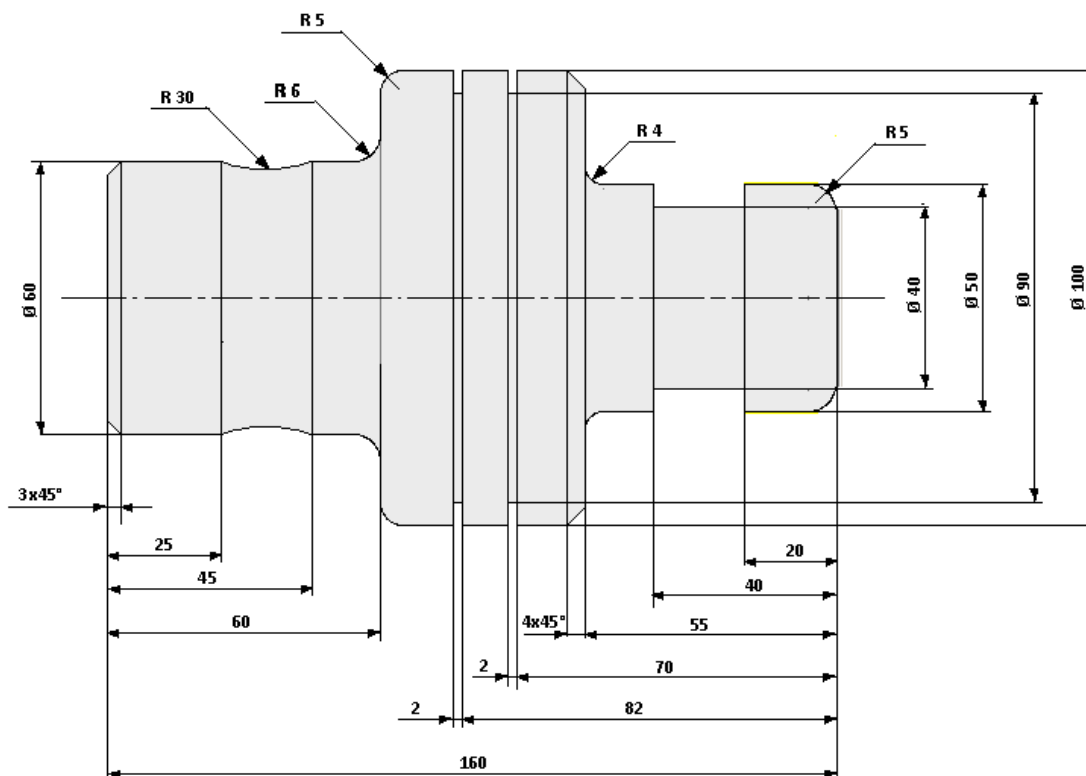
G00 X 150 Z 100

```

M05
G29 otoč obrobek
M00
M03 S 600
G00 X 90 Z 0
G64 X 58 Z -30 H 1 F 50
G00 X 58 Z 0
G64 X 50 Z -26 H 1 F 50
G00 X 44 Z 0
G01 X 50 Z -3 F 50
G00 X 50 Z -26
G03 X 58 Z -30 R 4 F 50
G00 X 82 Z -30
G01 X 90 Z -34 F 50
G00 X 150 Z 100
M30

```

9.2 Zápichy – funkce G01, G03, G66



```

G29 zápichy
G29 průměr 100 mm
G29 délka 160 mm
G24
G98 X 80 Z -160
G90
M03 S 600

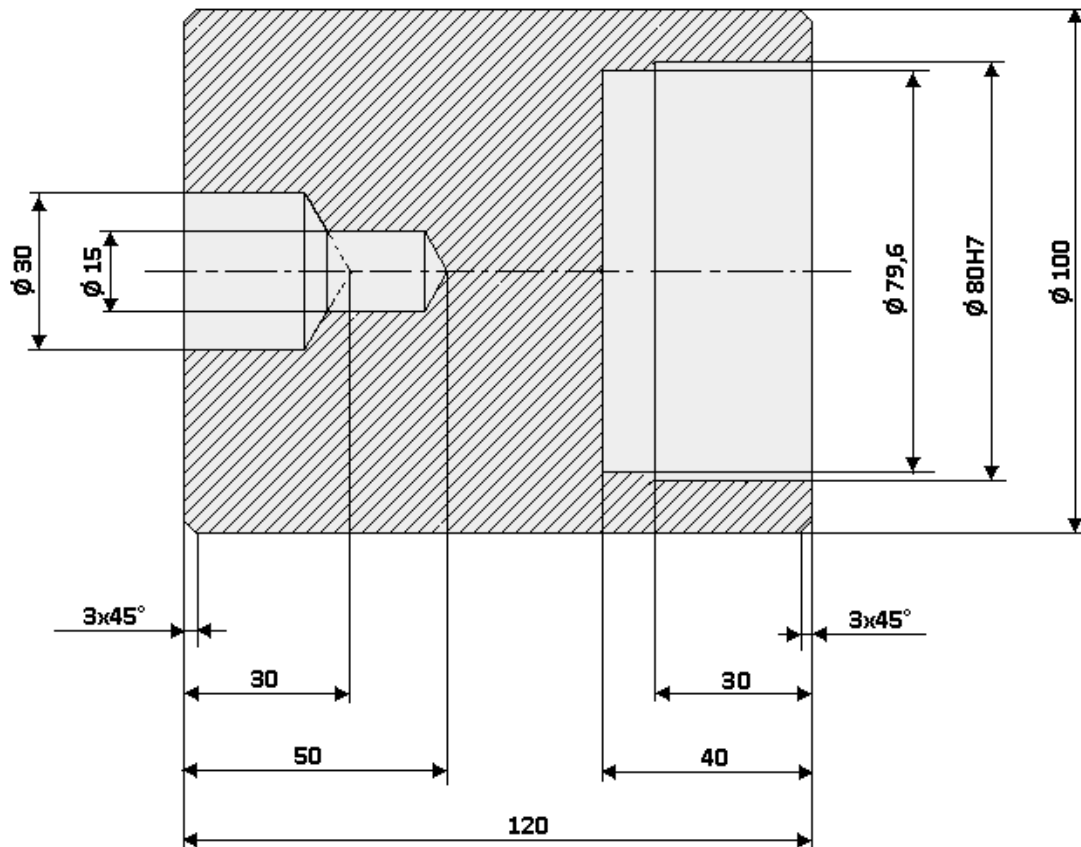
```

```

G00 X 150 Z 100
M06 X 150 Z 100 T 001
G00 X 100 Z 0
G64 X 58 Z -55 H 1 F 50
G00 X 58 Z 0
G64 X 50 Z -51 H 1 F 50
G00 X 38 Z 0
G02 X 50 Z -6 R 6 F 50
G00 X 50 Z -51
G03 X 58 Z -55 R 4 F 50
G00 X 92 Z -55
G01 X 100 Z -59 F 50
G00 X 150 Z 100
M06 X 150 Z 100 T 002
G00 X 50 Z -20
G66 X 40 Z -40 H 2 F 50
G00 X 100 Z -20
G00 X 100 Z -70
G01 X 90 Z -70 F 50
G01 X 100 Z -70 F 50
G00 X 100 Z -82
G01 X 90 Z -82 F 50
G01 X 100 Z -82 F 50
G00 X 150 Z 100
M06 X 150 Z 100 T 001
M05
G29 OTOČ OBROBEK
M00
M03 S 600
G00 X 100 Z 0
G64 X 72 Z -60 H 1 F 50
G00 X 72 Z 0
G64 X 60 Z -54 H 1 F 50
G00 X 54 Z 0
G01 X 60 Z -3 F 50
G00 X 60 Z -25
G03 X 60 Z -45 R 30 F 50
G00 X 60 Z -54
G03 X 72 Z -60 R 6 F 50
G00 X 90 Z -60
G02 X 100 Z -65 R 5 F 50
G00 X 150 Z 100
M30

```

9.3 Vrtání, vystružování



VRTÁNÍ VYSTRUŽOVÁNÍ

G29 průměr 100 mm

G29 délka 120 mm

G29 stranový nůž levý

G29 vnitřní nůž

G29 vrták průměr 15 mm

G29 vrták průměr 30 mm

G29 výstružník 80H7

G24

G98 X 80 Z -120

G90

M03 S 600

G00 X 150 Z 100

M06 X 150 Z 100 T 001

G00 X 94 Z 0

G01 X 100 Z -3 F 50

G00 X 150 Z 100

M06 X 150 Z 100 T 003

G00 Z 10

G81 Z -40 F 50

G00 X 150 Z 100

M06 X 150 Z 100 T 002

G00 X 10 Z 0

G64 X 79.6 Z -40 H 2 F 50

G00 X 150 Z 100

```

M06 X 150 Z 100 T 005
G00      Z 0
G85      Z -30      F 50
G00 X 150 Z 100
M06 X 150 Z 100 T 003
M05
G29 otoč obrobek
M00
M03 S 600
G00      Z 10
G83      Z -50 H 10 F 50
G00 X 150 Z 100
M06 X 150 Z 100 T 004
G00      Z 10
G73      Z -30 H 8 F 50
G00 X 150 Z 100
M06 X 150 Z 100 T 001
G00 X 94 Z 0
G01 X 100 Z -3      F 50
G00 X 150 Z 100
M30

```

10 CVIČNÉ PRÁCE

Pro procvičování probraného učiva využijeme následující cvičné práce, které povedou studenty k samostatné práci programátora, a umožní využít mezipředmětové vztahy při zpracovávání protokolů. Na základě těchto cvičení každý student navrhne a naprogramuje jinou součást. Práci odevzdá ve formě jednoduchého protokolu, který se bude skládat z titulní strany, zadání, výrobního výkresu a programu.

GSV

Ledeč nad Sázavou



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

CNC

programování

Programování CNC obráběcích strojů

Předmět: CVIČNÁ PRÁCE

Třída:

Školní rok: 2012 - 2013

Číslo protokolu: 1 – (třída)– 2012/2013

Téma: PROCVIČOVÁNÍ PODÉLNÉHO HRUBOVÁNÍ - G64

Vypracoval:

Datum zadání:

Termín předání:

Podpis:

Hodnocení:

KONTROLNÍ PRÁCE Č. 1

ZADÁNÍ: navrhnete a naprogramujete soustruženou součást, která bude obsahovat

- a. šest různých průměrů
- b. maximální průměr 130 mm
- c. maximální délka 180 mm

Termín:

Práce bude obsahovat:

- titulní stranu
- zadání
- výrobní výkres
- program

Při nesplnění zadaného termínu vypracuje žák do další dvouhodinovky další práci na stejné téma !!!!

KONTROLNÍ PRÁCE Č. 2

ZADÁNÍ: navrhnete soustruženou součást, která bude obsahovat

- a. alespoň 8 různých průměrů
- b. 6x vnější rádius (G2)
- c. 7x vnitřní rádius (G3)
- d. nezaoblené hrany sraženy

Termín:

Práce bude obsahovat: - titulní stranu
- zadání
- výrobní výkres
- program

Při nesplnění zadaného termínu vypracuje žák do další dvouhodinovky další práci na stejné téma !!!!

KONTROLNÍ PRÁCE Č. 3

ZADÁNÍ: navrhnete soustruženou součást, která bude obsahovat

- a. 6x vnější rádius (G2)
- b. 7x vnitřní rádius (G3)
- c. vrtaný otvor
- d. 2x soustružený otvor
- e. 2x vystružený otvor
- f. 2x zápich
- g. nezaoblené hrany sraženy

Termín:

Práce bude obsahovat: - titulní stranu
- zadání
- výrobní výkres
- program

Při nesplnění zadaného termínu vypracuje žák do další dvouhodinovky další práci na stejné téma !!!!

KONTROLNÍ PRÁCE Č. 4

ZADÁNÍ: navrhnete soustruženou součást, která bude obsahovat

- a. 1x kulová čelní plocha, která zvětší rádius, než průměr hřídele na kterém je vyrobena
- b. 3x vnější rádius (G2)
- c. 3x vnitřní rádius (G3)
- d. 2x zápich
- e. 2x metrický závit
- f. 3x soustružený otvor
- g. 2x vystružený otvor
- h. nezaoblené hrany sraženy

Termín:

Práce bude obsahovat: - titulní stranu
 - zadání
 - výrobní výkres
 - program

Při nesplnění zadaného termínu vypracuje žák do další dvouhodinovky další práci na stejné téma !!!!

KONTROLNÍ PRÁCE Č. 5

ZADÁNÍ: navrhnete soustruženou součást, která bude obsahovat

- a. 1x kuželová plocha
- b. 2x vnější rádius (G2)
- c. 2x vnitřní rádius (G3)
- d. 2x zápich
- e. 4x metrický závit
- f. 4x zápich typu G
- g. na obou stranách součásti budou tři otvory pro obě strany stejné
- h. 2x vystružený otvor
- i. nezaoblené hrany sraženy
- j. při sestavování programu využijte pro výrobu zápichu tytu G a pro otvory volání podprogramu G25

Termín:

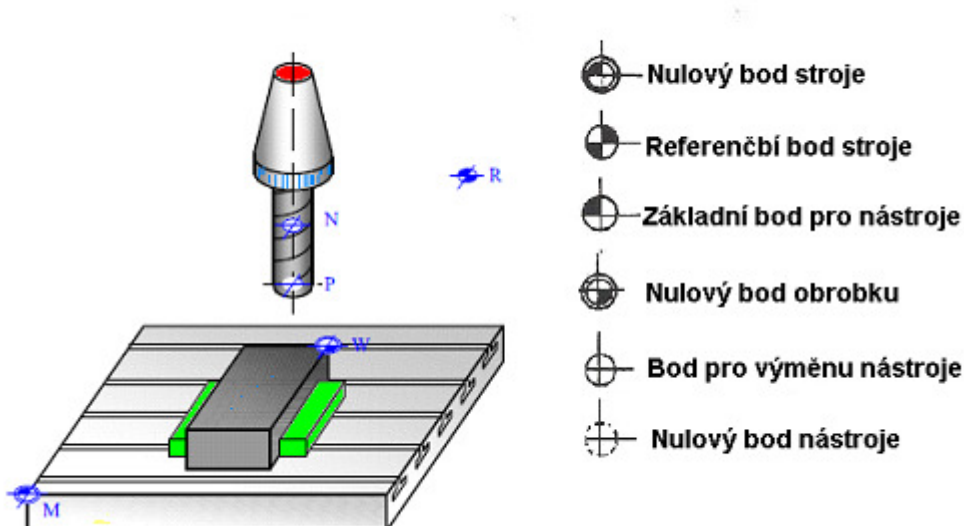
Práce bude obsahovat: - titulní stranu
 - zadání
 - výrobní výkres

Při nesplnění zadaného termínu vypracuje žák do další dvouhodinovy další práci na stejné téma !!!!

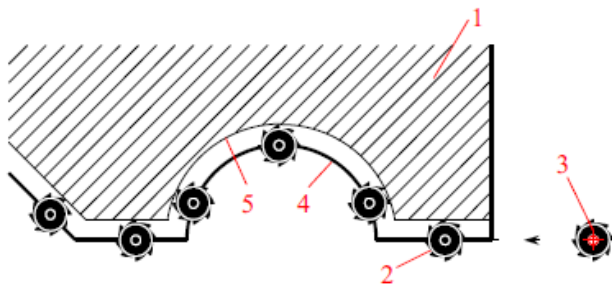
11 Frézování

11.1 Vztažné a nulové body při frézování

Poloha v souřadnicovém systému se určuje vzhledem k nulovému bodu nebo k počátku souřadnic. Pro zjednodušení obsluhy CNC stroje i programování se stanovují body, jako je referenční bod, nulový bod obrobku, nulový bod stroje apod.



11.2 Poloměrové korekce dráhy nástroje



- 1 - obrobek,
- 2 - nástroj,
- 3 - nulový bod nástroje (bod P),
- 4 - žádaný tvar obrobku po obrábění (programovaná dráha nástroje),
- 5 - výsledný tvar po obrobení

Při programování se řídí pohyb bodu P nástroje vůči obrobku. Nástroj zpravidla obrábí jiným bodem než jak byl sestaven program. Nástroj by díky svému poloměru vyráběl zmatek. Vnější rozměr by byl při frézování menší o poloměr nástroje.

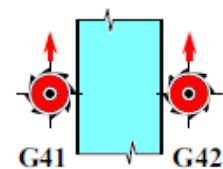
Při výpočtu korigované dráhy nástroje se vypočítává jako ekvivalenta (křivka s konstantní vzdáleností od původního tvaru) vzdálená o poloměr frézy od programované dráhy (tj. od obrysu součásti dle výkresu).

Funkce pro práci s poloměrovými korekcemi dráhy nástroje:

G40 - zrušení korekce dráhy nástroje

G41 - korekce dráhy nástroje vlevo od kontury

G42 - korekce dráhy nástroje vpravo od kontury

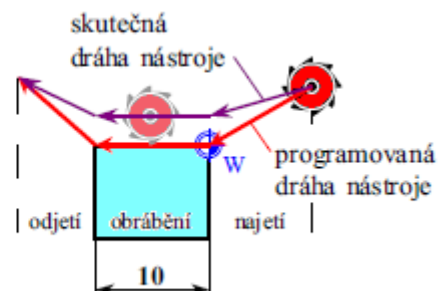


Aktivace a deaktivace korekcí dráhy nástroje musí být v programu spojena s najetím a odjetím. Během těchto pohybů totiž dochází k přepočtu korekce dráhy nástroje z programované na požadovanou (a zpět), např.:

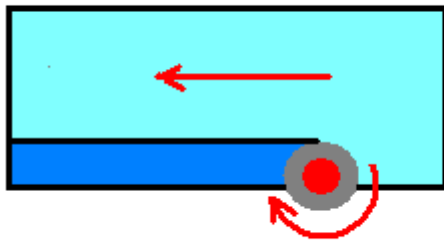
```

:
N0030 G01 G42 X0.0 Y0.0 F100
N0040 G01 X-10.0 Y0.0 F100
N0050 G01 G40 X-15.0 Y5.0 F100
:

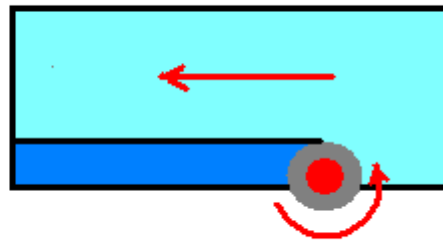
```



11.3 Základní druhy frézování



Frézování nesousledné



Frézování sousledné

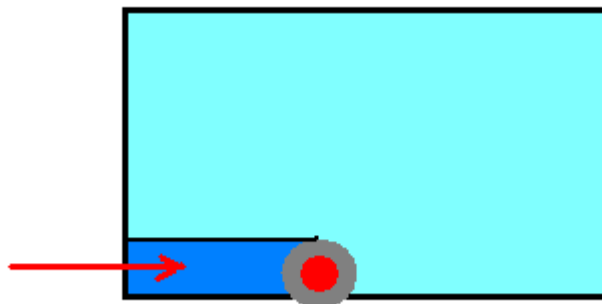
Nesousledné frézování – otáčky nástroje jsou v proticoměru proti posuvu materiálu. Tříška je odebírána od minima k maximumu. Povrch obráběné ploch méně kvalitní. Vhodné při hrubování.

Sousledné frézování – otáčky nástroje a posuv materiálu jsou ve stejném směru. Tříška je odebírána od maxima k minimumu. Povrch obráběné ploch je kvalitnější.

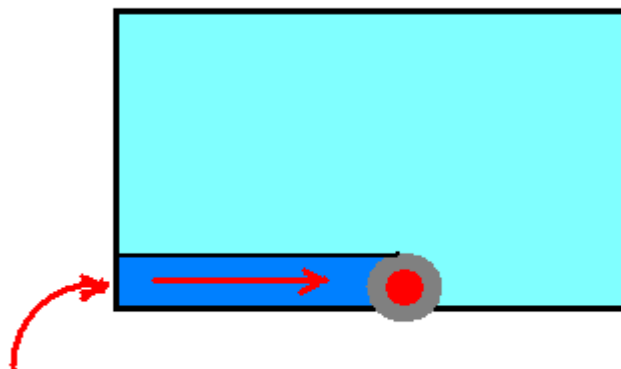
11.4 Použití funkce nájezdu nástroje

Použití této funkce dostává význam u všech druhů obrábění. Nájezdy a výjezdy nástroje ke kontuře a od kontury:

a) Po přímce



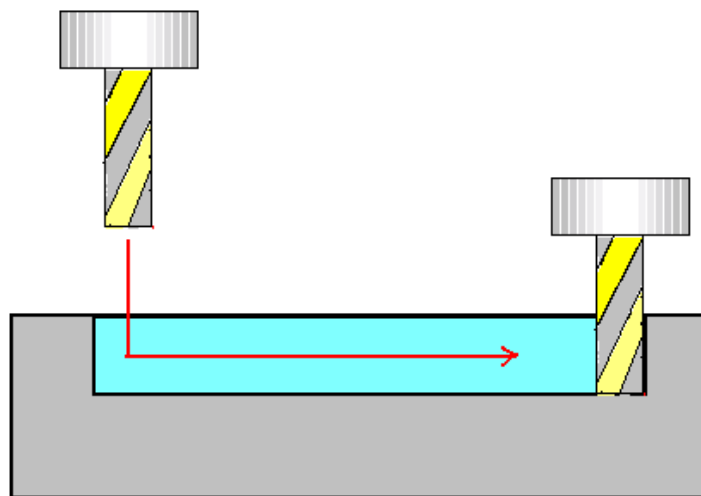
b) Po obluku



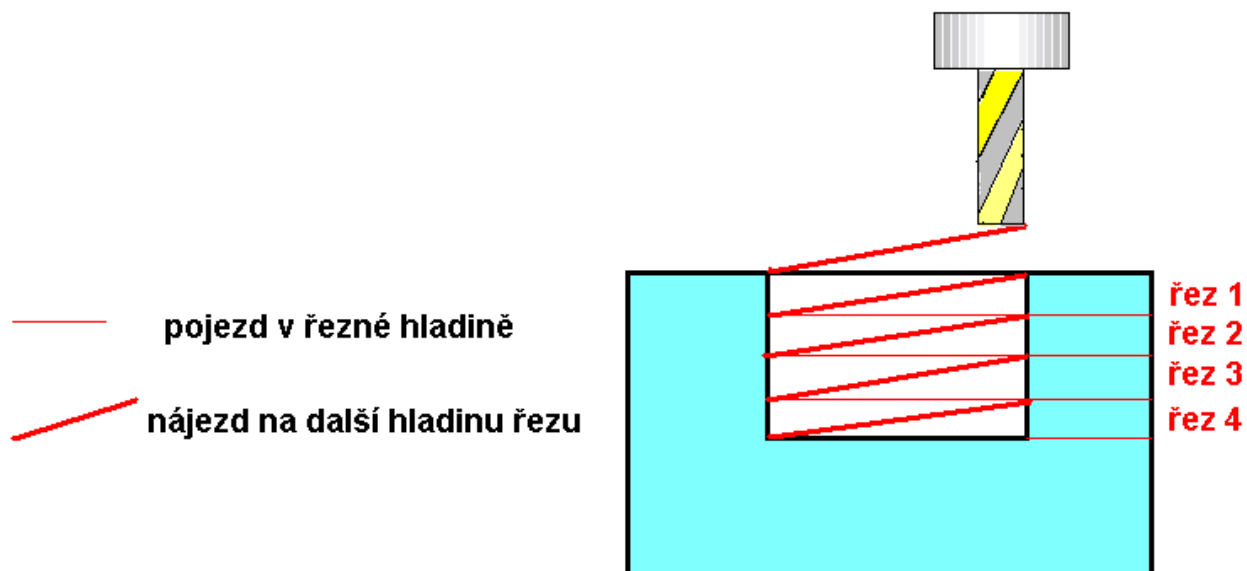
c) Půlkruhem



d) Zavrtáním a posuvem



e) Rampování



Nájezdy se programují za účelem:

- Plynulého nájezdu bez rázu nástrojem do materiálu hlavně při vysokorychlostním obrábění
- Při plynulém nájezdu na obrobek nevznikají vruby. Například při odjezdu otupěným nástrojem a následně nájezdem ostrým nástrojem pro dokončení obráběné konruty.

11.5 PŘEHLED PŘÍPRAVNÝCH FUNKCÍ

Funkce	Význam	Adresy
G00	RYCHLOPOSUV - pohyb nástroje po přímce max. rychlostí do bodu (X, Y, Z)	X Y Z
G01	LINEÁRNÍ INTERPOLACE – pohyb nástroje po přímce pracovním posuvem (F) do bodu (X, Y, Z)	X Y Z F
G02	KRUHOVÁ INTERPOLACE ve směru hodinových ručiček - pohyb nástroje po kružnici o poloměru (R) pracovním posuvem (F) do bodu (X, Y, Z)	X Y Z R F
G03	KRUHOVÁ INTERPOLACE proti směru hodinových ručiček - pohyb nástroje po kružnici o poloměru (R) pracovním posuvem (F) do bodu (X, Y, Z)	X Y Z R F
G04	ČASOVÁ PRODLEVA – přerušení běhu programu na dobu (T) sekund	T
G08	FUNKCE DALŠÍ OSY – pohyb další osy o počet impulsů (A) posuvem (F)	A F
G17	VOLBA ROVINY X – Y	
G18	VOLBA ROVINY X – Z	
G19	VOLBA ROVINY Y – Z	
G21	PŘÁZDNÝ BLOK – slouží k vymazání nežádoucího bloku (N...)	
G25	SKOK DO PODPROGRAMU – skok do podprogramu na číslo bloku uvedené v adrese (L)	L
G26	PROGRAMOVÝ CYKLUS – skok do podprogramu na číslo bloku uvedené v adrese (L) s počtem opakování uvedeným v adrese (H)	L H
G27	PROGRAMOVÝ SKOK – skok na libovolný blok programu uvedený v adrese (L)	L

G29	TEXTOVÁ POZNÁMKA – text v rozsahu dvaceti znaků v ACII	
G31	NAJETÍ NA SONDU v jedné ose	X Y Z
G40	ZRUŠENÍ KOREKCE	
G43	KOREKCE Kladná	
G44	KOREKCE Záporná	
G45	KOREKCE Kladná poloviční	
G46	KOREKCE Záporná poloviční	
G72	OBDELNÍKOVÝ CYKLUS - zhotoví obdélníkové vybrání, definované souřadnicemi (X, Y, Z) s hloubkou záběru (W), posuvem (F)	X Y Z WF
G81	CYKLUS VRTÁNÍ – vrtání otvoru do hloubky (Z) posuvem (F)	Z F
G83	CYKLUS VRTÁNÍ S VÝPLACHEM – vrtání otvoru do hloubky (Z) posuvem (F), po vyvrtání úseku (W) dojde k vypláchnutí třísek rychloposuvem	Z W F
G85	CYKLUS VYSTRUŽOVÁNÍ – vystružování do hloubky (Z) posuvem (F) a návrat do výchozí pozice posuvem (F)	Z F
G90	ABSOLUTNÍ PROGRAMOVÁNÍ	
G91	INKREMENTÁLNÍ PROGRAMOVÁNÍ – programování přírůstkové	
G92	ABSOLUTNÍ PROGRAMOVÁNÍ S POSUNUTÍM NULOVÉHO BODU – umístění nulového bodu kdekoliv v pracovním prostoru stroje, (X, Y, Z) – souřadnice nástroje vzhledem k novému nulovému bodu	X Y Z

11.6 PŘEHLED POMOČNÝCH FUNKCÍ

M00	PROGRAMOVÉ ZASTAVENÍ – zastavení běhu programu a otáček vřetena, opětovné spuštění programu po stisknutí tlačítka START	
M03	ROZTOČENÍ VŘETENE DOPRAVA – roztočení vřetena v kladném směru na hodnotu otáček (S)	S
M04	ROZTOČENÍ VŘETENE DOLEVA – roztočení vřetena v záporném směru na hodnotu otáček (S)	S
M05	ZASTAVENÍ OTÁČEK VŘETENA – vypnutí otáček vřetena	
M06	VÝMĚNA NÁSTROJE – zastavení otáček vřetena a výměna nástroje číslo (T), průměr (D), délková korekce (Z)	D Z T
M07	ZAPNUTÍ CHLADICÍ KAPALINY	
M09	VYPNUTÍ CHLADICÍ KAPALINY	
M17	KONEC PODPROGRAMU – ukončení podprogramu a návrat do hlavního programu	
M30	KONEC PROGRAMU - ukončení hlavního programu a všech činností stroje	
M99	DEFINICE VELIKOSTI POSUVU	

11.7 PROGRAMOVÁNÍ FRÉZKY

Při programování frézky je postup obdobný jako při programování soustruhu. Programujeme dráhu osy nástroje, to znamená, že vytváříme ekvidistantu, která je posunuta od povrchu obrobku o poloměr nástroje. Dráhy nástrojů lze programovat **absolutně** nebo **inkrementálně**.

Význam přípravných funkcí **G00, G01, G02, G03, G04, G21, G25, G26, G27, G29, G81, G83, G85, G90, G91, G92** je stejný jako u soustruhu, nebudou dále uváděny.

Význam pomocných funkcí **M00**, **M03**, **M04**, **M05**, **M17**, **M30** je stejný jako u soustruhu, nebudou dále uváděny.

G08 – FUNKCE DALŠÍ OSY

Funkce vyvolá pohyb další osy (natočení) počtem pulsů (**A**) a posuvem (**F**)

VOLBA ROVINY

Pro jednoznačné určení roviny při frézování kruhového oblouku se používají funkce:

G17 – VOLBA ROVINY X – Y

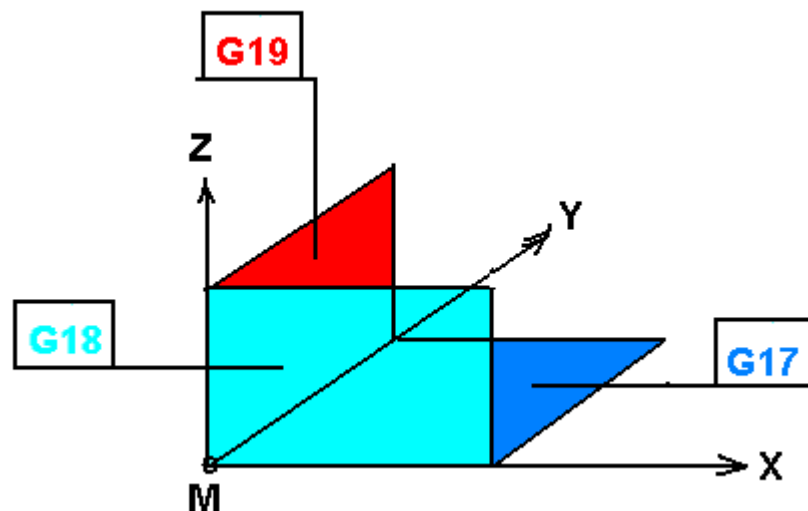
Kruhová interpolace bude probíhat v rovině X – Y

G18 – VOLBA ROVINY X – Z

Kruhová interpolace bude probíhat v rovině X - Z

G19 – VOLBA ROVINY Y – Z

Kruhová interpolace bude probíhat v rovině Y - Z



G31 – NAJETÍ NA SONDU

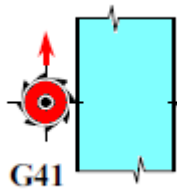
Funkce se používá pro využití dotykové sondy, jež se dá použít např. k nalezení výchozího bodu obrábění, určení korekcí nástrojů, při odměřování obrobku nebo při digitalizaci tvaru součásti. Sonda se pohybuje maximálně ve dvou osách takovou rychlostí, jež umožňuje její okamžité zastavení až do doby, dokud se dotyk sondy nedostane do kontaktu s překážkou, v tomto okamžiku se zaznamenají souřadnice bodu. Program pokračuje na dalším bloku.

G40 – ZRUŠENÍ KOREKCE

Funkce se používá pro zrušení předem nastavených korekcí (**G40**, **G41**). Je vhodné použít funkci vždy po dokončení kontur se zadanou korekcí na průměr nástroje před odjetím do výchozího bodu nástroje.

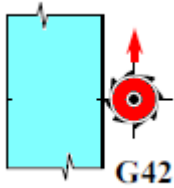
G41 – KOREKCE ZPRAVA

Funkce umožňuje programovat požadovaný tvar obrobku bez ohledu na použitý průměr nástroje. Funkce přesune skutečnou dráhu nástroje na ekvidistantu vzdálenou od programované dráhy o poloměr nástroje. Funkce G41 se použije tehdy, má-li obráběná plocha ležet vpravo od programované dráhy nástroje.



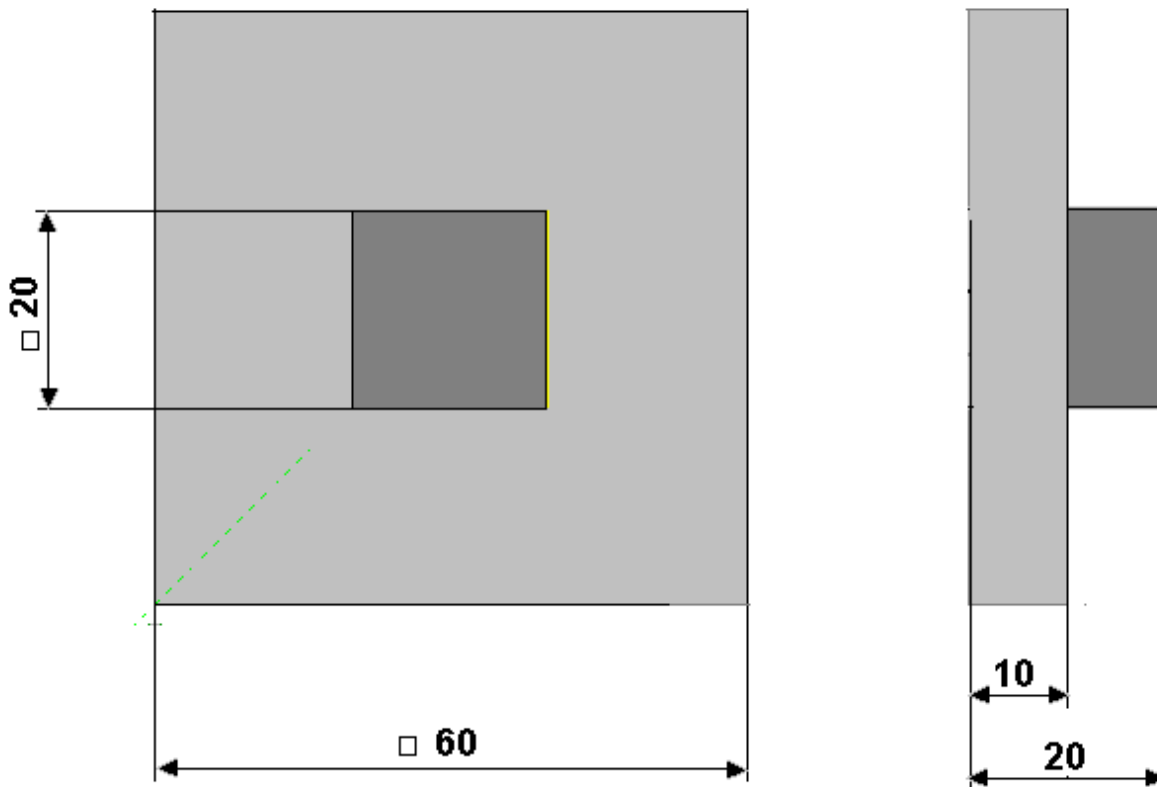
G42 – KOREKCE ZLEVA

Význam funkce je stejný jako u funkce G41, s tím rozdílem, že obráběná plocha má ležet vlevo od programované dráhy nástroje.



12 Samostatná cvičení

12.1 PROGRAM - obrobít čtvercový výstupek



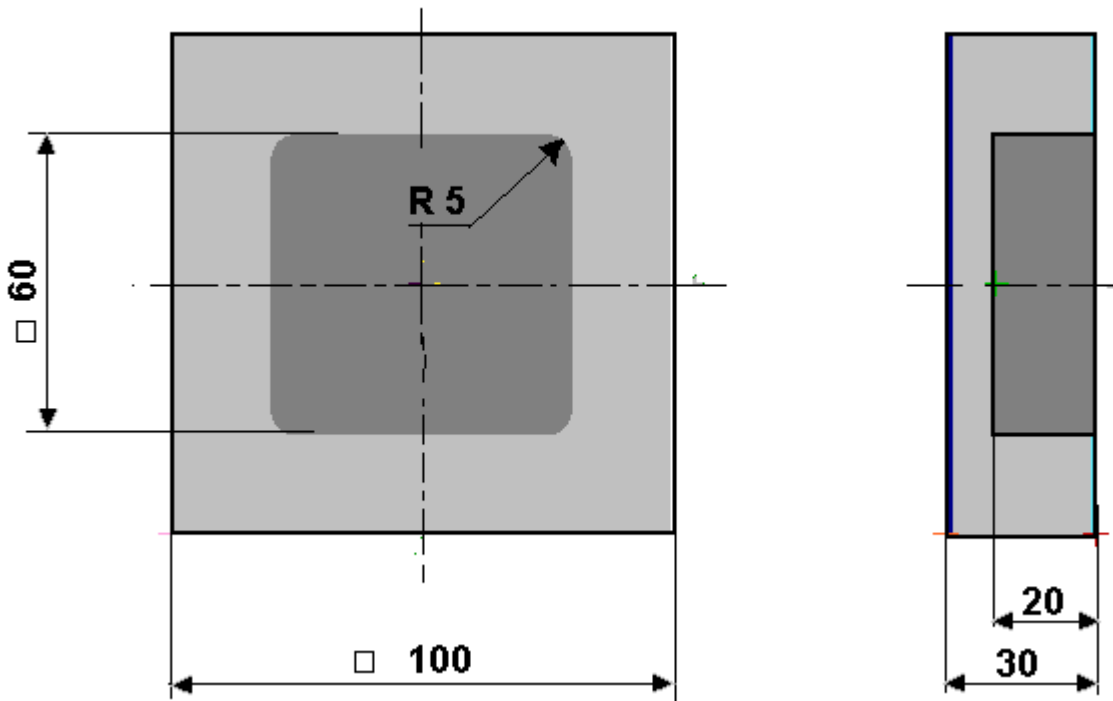
G29 -----

G29 PROGRAM - obrobít čtvercový výstupek

G29 obrobek 60x60x20
G29 výchozí bod nástroje v levém
G29 dolním rohu obrobku (0,0)
G29 fréza průměr 8, délka L 10, úhel alfa 180°
G29 -----

```
M06 D +8.000 Z 0.000      T 1
G00 X -8      Y -8      Z +60.000
G00 X -4.00  Y -4.00      Z +10.000
M03 S 2000
G01 X -4      Y 0      Z 10      F 50
G01 X 60      Y 0      Z 10      F 50
G01 X 60      Y 60      Z 10      F 50
G01 X 0      Y 60      Z 10      F 50
G01 X 0      Y 0      Z 10      F 50
G01 X 0      Y 4      Z 10      F 50
G01 X 56      Y 4      Z 10      F 50
G01 X 56      Y 56      Z 10      F 50
G01 X 4      Y 56      Z 10      F 50
G01 X 4      Y 8      Z 10      F 50
G01 X 4      Y 8      Z 10      F 50
G01 X 52      Y 8      Z 10      F 50
G01 X 52      Y 52      Z 10      F 50
G01 X 8      Y 52      Z 10      F 50
G01 X 8      Y 12      Z 10      F 50
G01 X 8      Y 12      Z 10      F 50
G01 X 48      Y 12      Z 10      F 50
G01 X 48      Y 48      Z 10      F 50
G01 X 12      Y 48      Z 10      F 50
G01 X 12      Y 16      Z 10      F 50
G01 X 12      Y 16      Z 10      F 50
G01 X 44      Y 16      Z 10      F 50
G01 X 44      Y 44      Z 10      F 50
G01 X 16      Y 44      Z 10      F 50
G01 X 16      Y 16      Z 10      F 50
G00 X -10     Y -10     Z 60
M30
```

12.2 PROGRAM – ukázka využití cyklu G967



G29 Cyklus G967
G29 Obrobek 100x100x30
G29 Nulový bod 60x60x20
G29 Výchozí bod 0,0,2
G29 Fréza válcová průměr 10, délka L 50, úhel alfa 180
T 1
G98 X 0 Y 0 Z 20
M3 S 2000
M99 F 100
G967 I 60 J 60 K 20 E 3
M30

13 Pravidla bezpečnosti práce a ochrana zdraví při práci na obráběcích strojích v učebně

Každý pracovník musí být dokonale seznámen se strojem a jeho funkcemi. Dokonalá **odborná znalost** pak odhalí technologické nedostatky, špatnou jakost použitého materiálu, chybnou funkci stroje či nástroje a chrání pracovníka před úrazy. Jeho povinností je nejen znát, ale i používat všech ochranných zařízení. Každý pracovník je povinen zúčastnit se vstupního a pak následných periodických školení o bezpečnosti práce.

Je povinen pozorně a soustavně sledovat práci na stroji, udržovat ho v pořádku společně s nástroji, měřidly a upínacími pomůckami. Musí je pravidelně ošetřovat.

Všechny pohyblivé a otáčející se části (ozubená kola, řemenové převody, hnací mechanismy atd.) musí být chráněny ochrannými kryty. Pracovník musí mít pokrývku na vlasy, oděv bez volných či vlnících částí (zapnuté rukávy apod.).

Musí mít pracovní obuv, která je zavázaná a funkční. Musí používat ochranné brýle. Pokud stroj není vybaven ochranným štítem, je pracovník vždy povinen používat ochranné brýle nebo obličejový štít. Jakékoli nedostatky v ochranných pomůckách je povinen hlásit nadřízenému.

Proti odlétajícím třískám musí být chráněn kryty, které jsou povinnou součástí stroje. Třísky odstraňuje háčkem a nikdy rukou. Drobné třísky se musí smetat štětcem nebo košťátkem.

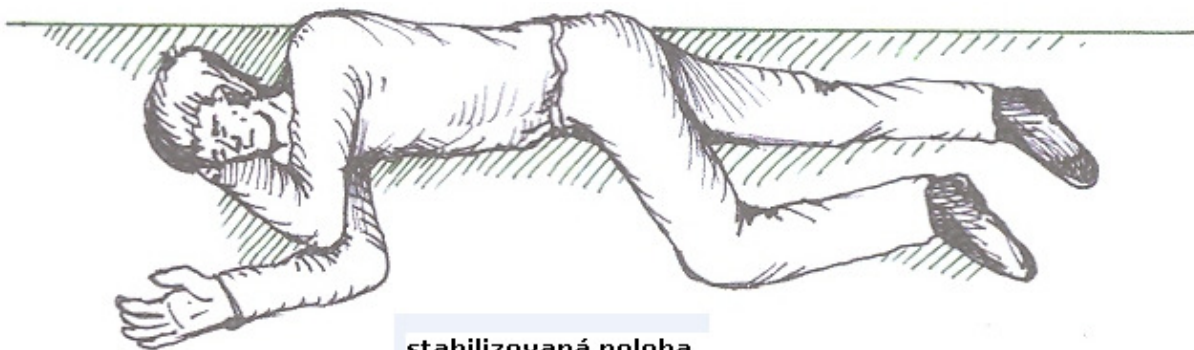
Obrobek nikdy neměříme za chodu stroje, stejně tak nic nečistíme, nemažeme. Před spuštěním stroje se pracovník musí přesvědčit, že ze sklíčidel nebo upínací desky byly vyjmuty utahovací klíče. Jakoukoliv závadu na stroji je pracovník povinen nahlásit svému nadřízenému a nesmí provádět žádnou opravu na stroji.

Při frézování pracovník bere nástroj do rukavice (vrstvený hadr), aby nedošlo k poranění. Při vrtání u výměny nástroje musí být vřeten v klidu. Dobíhající vřeten se nesmí brzdít rukou nebo v ruce držným předmětem. Při práci na vrtačkách se nesmí používat rukavic. Obrobek se musí upínat do svěráku nebo do přípravku.

První pomoc při úrazu elektrickým proudem:

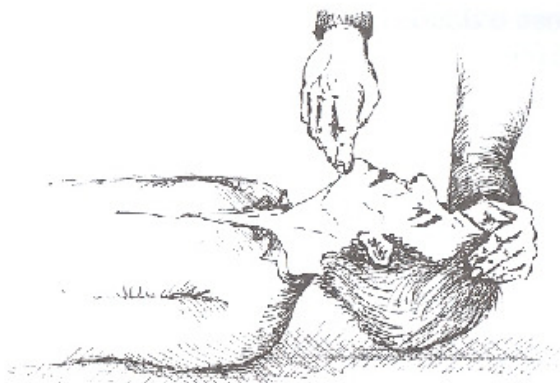
Nejdříve musíme postiženého vyprostit mimo dosah zdroje úrazu, aby v žádném případě nemohlo dojít k následnému úrazu zachránce nebo dalších osob.

- a) vypnout přívod elektrického proudu
- b) odtážení postiženého z dosahu elektrického proudu – provádíme tehdy, je-li časově náročné nebo neproveditelné vypnutí proudu. Vytvoříme improvizovanou odizolovanou plošinu, na které budeme stát. Postiženého vytáhneme izolovaným nástrojem (hrábě s dřevěnou násadou apod.).
- c) poskytnutí první pomoci – přivoláme odbornou pomoc, zkontrolujeme životně důležité funkce. Postižený je v bezvědomí ale dýchá – uložíme jej do stabilizované polohy.



stabilizovaná poloha

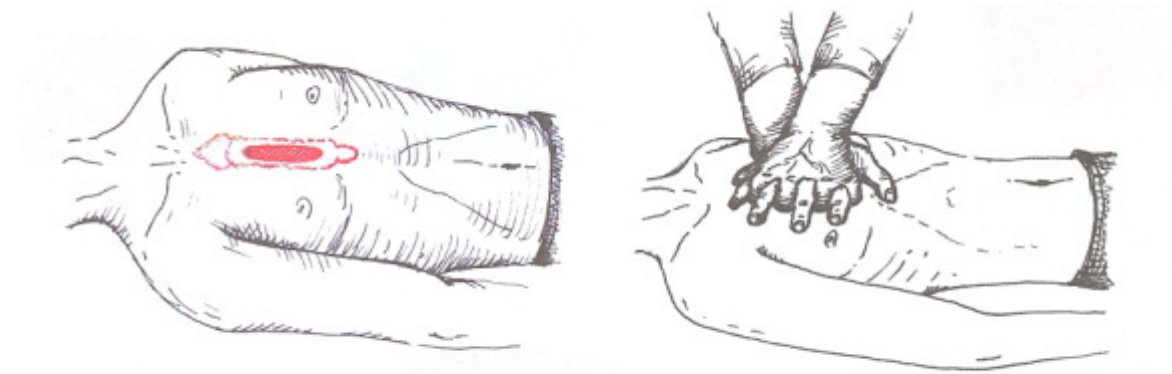
Pokud postižený nedýchá, uložíme jej na záda na zem, zakloníme mu hlavu a předsuneme čelist, zahájíme umělé dýchání z úst do úst asi 12x za minutu.



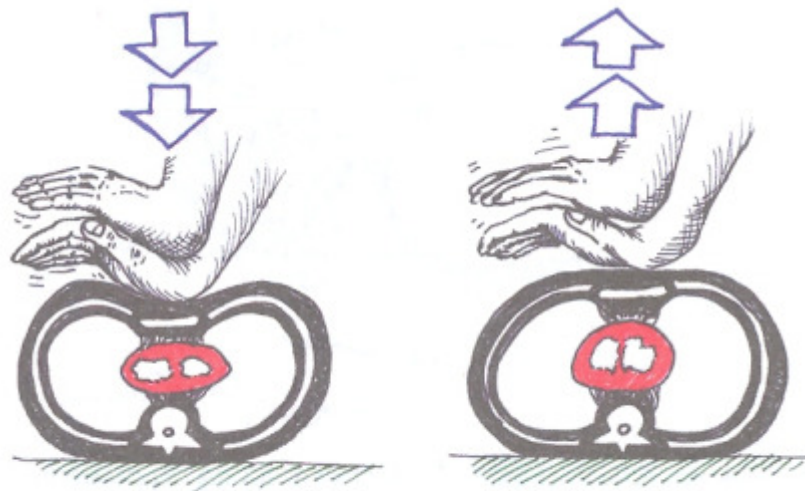
uvolnění dýchacích cest

Pokud je tep nehmatný přistoupíme k nepřímé masáži srdce. Dlaň ruky položíme 3 až 5 cm nad dolní konec hrudní kosti. Na zápěstí této ruky položíme dlaň druhé ruky. Hrudní kost stlačujeme

kolmo proti páteři do hloubky 4 až 5cm. Frekvence stlačování je asi 60 až 80 krát za minutu. Kombinujeme s umělým dýcháním 2x vdechnout 30x stlačit.



masáž srdce – vyhledání polohy rukou



masáž srdce – komprese

masáž srdce – dekomprese

Bezpečnost práce při svařování plamenem a řezání kyslíkem

- svařovat (řezat) může jen pracovník s průkazem svářeče
- prostor, kde se svařuje nebo řeže musí být zajištěno větrání a odsávání.
- nesmí se zaměnit hadice nebo kyslík s acetylenem
- acetylén nesmí proudit měděným potrubím
- kyslík nesmí přijít do styku s mastnotou
- při zahřívání láhví okamžitě přerušit svařování (řezání), uzavřít ventily a řídit se bezpečnostními předpisy (láhve chladit na volném prostranství vodou nebo je do vody ponořit)
- pracovník musí mít vhodný oděv a výbavu (pracovní oděv, rukavice, ochranné brýle a respirátor. Poranění odletujícími kovem zabraňují kamaše a při řezání kyslíkem ještě kožená zástěra. Ochranné brýle chrání svářeče jednak proti odletujícím jiskrám a jednak proti oslnivému světlu plamene.
- zavařovat nebo řezat nádoby, u kterých nevíme co obsahovali, můžeme jen tehdy, když s nimi zacházíme jako s nádobami s nebezpečným obalem

14 Příloha:

Programování CNC obráběcích strojů

[Vstupní test / výstupní test](#)



Jméno a příjmení:

Třída:

Odpovězte na následující otázky (za každou odpověď lze získat 0 až 10 bodů, celkem max. 50 bodů).

1. Vysvětlete 4 vývojové stupně CNC obráběcích strojů.

.....

.....
.....
.....
.....
.....
.....
2. Vysvětlete rozdíl mezi pohybovým šroubem s lichoběžníkovým rovnoramenným závitem a kuličkovým šroubem.

.....
.....
.....
.....
3. Vysvětlete metodu „přímé odměřování“.

.....
.....
.....
4. K čemu slouží přípravné funkce?

.....
.....
.....
5. Vysvětlete rozdíl mezi doplňkovou funkcí M00 a M30.

Hodnocení:

Otázka	1	2	3	4	5
Body					

15 Seznam použité literatury

- [1] SVOBODA, E. *Technologie a programování CNC strojů*. 1. vydání. Havlíčkův Brod: FRAGMENT, 1998. 100 s. ISBN 80-7200-297-X.
- [2] KRÁL, M. BARTOŠ, V. MINÁRIK, R. ŠTULPA, M. *Základy CNC obráběcích strojů*. 1. vydání. Havlíčkův Brod: FRAGMENT, 1998 64 s. ISBN 80-7200-295-3.
- [3] SCHMID, M. *Řízení a regulace pro strojírenství a mechatroniku*. 1. vydání. Praha: EUROPA – SOBOTÁLES, 2005. 420 s. ISBN 80-86706-10-9.
- [4] ŠTUPLA, M. *CNC obráběcí stroje a jejich programování*. 1. vydání. Praha: Technická literatura BEN. 2006. 128 s. ISBN 80-7300207-8.

- [5] KELLER, P. *Programování a řízení CNC strojů, prezentace přednášek – 2. část*. Liberec: TECHNICKÁ UNIVERZITA LIBEREC, FAKULTA STROJÍ, KATEDRA VÝROBNÍCH SYSTÉMŮ. 2005. 100 s.
- [6] CHUDOBA, M. *Základy programování a obsluha CNC strojů – učební texty*. Jihlava: STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA. 44 S.