

Štruktúra programu

a)

- vysvetlite štruktúru riadiaceho programu CNC stroja
- definujte pojmy „slovo programu, rozmer slova, blok programu“
- vysvetlite pojem pevná a premenná dĺžka slova, popíšte ich vlastnosti a použitie

V programe pre číslicové riadenie musia byť obsiahnuté všetky geometrické a technologické informácie nutné pre obrábanie danej súčiastky.

Program sa skladá z viet (blokov), vety sú zostavené zo slov, ktoré obsahujú adresný znak a číselný kód. Slovo popisuje jeden príkaz.

Slovo sa skladá z dvoch častí

1. adresa (vyjadrená písmenom, je symbolickou adresou odpovedajúcej časti pamäti systému) Napríklad: **N, G, X, Y, Z, F, S, T, M**
2. číselný údaj je tvorený jednou či viacerými dekadickými číslicami a môže obsahovať aj znamienko. Základný význam číselného údajja každého slova je určený jeho adresou. Napríklad: **10, 00, 100, 100, 100, 0.2, 1200, 02, 8**

Druhy slov podľa rozmeru:

- **bezrozmerné slová** (špecifikujú technologické a doplňujúce údaje),

Patria sem:

číslo vety N (Number)
prípravná funkcia G (Go),
funkcia posuvu F (Feed),
funkcia otáčok vretena S (Speed),
funkcia nástroja T (Tool),
funkcia pre korekciu nástroja D (Difference),
pomocná funkcia M (Make).

Například: G00, M03

- **rozmerné slová** (slúžia na určenie relatívnej dráhy nástroja vzhľadom k obrobku).

Patrí sem:

pre pohyb priamočiary: X, Y, Z, príp. U, V, W, príp. aj P, Q, R.
pre pohyb kruhový: A, B, C a ďalej D, E.
pre interpoláciu: I, J, K (resp. interpolačné parametre).

Například: X 100 Z 50

Druhy slov podľa dĺžky:

- Formátu s konštantnou (pevnou) dĺžkou bloku má každé slovo presne stanovenú polohu a to aj v prípade, že sa funkcia nevyskytuje alebo sa opakuje v predchádzajúcom bloku, príklad

N10 G00 X20 Y100 Z2 F10

N20 G00 X25 Y100 Y2 F10

- Formát s premennou dĺžkou bloku je možné vynechať slová, ktoré sa v bloku nevyskytujú alebo sa opakujú v predchádzajúcom bloku, príklad

N10 G00 X20 Y100 Z2 F10

N20 X25

Adresy sú označované veľkými písmenami gréckej abecedy. Ich význam je uvedený tabuľke. Základné značenie adres vychádza z normy a používa sa pre tzv. **ISO PROGRAMOVANIE**. Je známe, že norma je odporúčajúci predpis, preto firmy vyvíjajúce riadiace systémy CNC strojov (napr. Heidenhain, Siemens, Mazak, FANUC, ...), ktoré sa normou riadia, ale len do určitej miery. Každá firma chce byť niečím unikátna, preto dochádza u niektorých adres a významových častí príkazov k odlišnostiam napríklad u tzv. **DIELENSKÉHO PROGRAMOVANIA**.

b)

- popíšte štandardný blok programu, vysvetlite jednotlivé slová bloku
- na príklade popíšte význam N40 G00 X100 Z-50 (F, S, T, M)
- vysvetlite a popíšte geometrickú a technologickú časť programu

Príklad vety podľa STN 200670 (ISO 6983):

N20 G00 X30 Z0 F0.3 S1600 T03 M08

Slová v tejto vete sú: N20, G00, X30, Z0, F0.3, S1600, T03, M08

Adresami sú: N, G, X, Z, F, S, T, M

Číselné údaje sú: 20, 00, 30, 0, 0.3, 1600, 03, 08

N - číslo vety

G - prípravné funkcie

X,Z – súradnice

F – rýchlosť posuvu

S – otáčky vretena

T – vyvolanie nástroja

M – pomocné funkcie

↓ GEOMETRICKÁ ČASŤ PROGRAMU

↓ TECHNOLOGICKÁ ČASŤ PROGRAMU

Geometrické informácie určujú tvar súčiastky, obsahujú spôsob pohybu nástroja -posuv, rýchloposuv, pohyb po priamke alebo po kruhovom oblúku.

Technologické informácie určujú optimálne rezné podmienky, obsahujú hodnoty posuvu reznej rýchlosti, otáčky, smer otáčania vretena, výmenu nástrojov,...

c)

- vysvetlite význam prípravných a pomocných funkcií v programe
- vysvetlite význam posuvu nulového bodu
- popíšte syntax absolútneho a inkrementálneho programovania
- popíšte lineárnu interpoláciu a syntax jej zadania
- popíšte kruhovú interpoláciu a syntax jej zadania

Prípravné funkcie S 2000

Funkcie	Význam	Adresy
G00	Rýchle polohovanie (rýchloposuv)	X,Z
G01	Lineárna interpolácia -pohyb po priamke	X,Z, F
G02	Kruhovú interpoláciu - pohyb po kružnici v smere hodinových ručičiek (rovina je určená G17/G18/G19)	X,Z,I,K X,Z,R

G03	Kruhová interpolácia - pohyb po kružnici proti smeru hodinových ručičiek (rovina je určená G17/G18/G19)	X,Z,I,K X,Z,R
G04	Časová výdrž -Prerušenie behu programu na T sekúnd	T
G33	Rezanie závitov	X,Z,K
G54-G58	Absolútne posunutie nulového bodu	X,Z
G90	Absolútne programovanie	
G91	Prírastkové (inkrementálne) programovanie	

Programové cykly

Funkcia	Význam	Adresy
G64	Pozdĺžny hrubovací cyklus	X,Z,U,F
G66	Zapichovací cyklus	X,Z,W,F
G68	Čelný hrubovací cyklus	X,Z,W,F
G73	Vŕtací cyklus s výdržou	Z,W,F
G78	Cyklus rezania závitov s kolmým prísuvom	X,Z,U,K
G79	Cyklus rezania závitov so šikmým prísuvom	X,Z,U,K
G81	Vŕtací cyklus	Z,F
G83	Vŕtací cyklus s výplachom	Z,W,F
G85	Vyhrubovací cyklus	Z,F

- Pomocné funkcie

M00	Programové zastavenie. Zastaví sa vykonávanie programu vrátane zastavenia vretena do doby opätovného štartu stroja. Funkcia umožňuje obsluhu urobiť potrebné úkony, prípadne odstrániť triesky.
M01	Podmienené zastavenie. Riadiaci systém realizuje zastavenie vykonávania programu na vstupný digitálny signál /to znamená zvonku od periférneho alebo nadriadeného zariadenia/ po dobu trvania signálu. Po ukončení vstupného signálu pokračuje vykonávanie programu nasledujúcim blokom.
M03	Spustenie otáčok vretena doprava. Pohľad na vreteno je v smere osy Z. Pre zjednodušenie M03 sa používa keď je nástroj pred, alebo za osou pri použití pravého noža.
M04	Spustenie otáčok vretena doľava. Používa sa keď je ľavý nôž za, alebo pred osou..
M05	Zastavenie vretena.
M06	Výmena nástroja. Podrobný popis v kapitole „Výmena nástroja“.
M08	Zapnutie chladenia.
M09	Vypnutie chladenia.
M17	Koniec podprogramu.
M30	Koniec programu.
M63	Vysunutie pinoly koníka. Funkcia sa realizuje vysunutím pinoly koníka za účelom podoprenia obrobku.
M64	Zasunutie pinoly koníka.
M65	Zatvorenie krytu stroja.
M66	Otvorenie krytu stroja.

Prípravné funkcie F 2000

Funkcie	Význam	Adresy
G00	Rýchle polohovanie (rychloposuv)	X, Y, Z
G01	Lineárna interpolácia -pohyb po priamke	X, Y, Z, F
G02	Kruhová interpolácia - pohyb po kružnici v smere hodinových ručičiek (rovina je určená G17/G18/G19)	X,Y,Z,I,K,F X, Y,Z,R,F
G03	Kruhová interpolácia - pohyb po kružnici proti smeru hodinových ručičiek (rovina je určená G17/G18/G19)	X,Y,Z,I,K,F X, Y,Z,R,F
G04	Časová výdrž -Prerušenie behu programu na T sekúnd	T,X
G40	Zrušenie korekcie nástroja	X,Z,K
G41	Korekcie dráhy nástroja vľavo od kontúry	
G42	Korekcie dráhy nástroja vpravo od kontúry	
G54-G58	Absolútne posunutie nulového bodu	X,Z
G90	Absolútne programovanie	
G91	Prírastkové (inkrementálne) programovanie	

Programové cykly

Funkcie	Význam	Adresy
G81	Vrtací cyklus s konštantným rozstupom (K)	X, Y,Z,R,K,F
G82	Vrtací cyklus s prerušením (P)	X, Y,Z,P,R,F
G83	Vrtací cyklus s výplachom a prerušením (P)	X,Y,Z,P,Q,R,F
G84	Cyklus vystužovania s prerušením (P)	X,Y,Z,P,Q,R,F
G85	Cyklus vystužovania bez prerušenia	X,Y,Z,R,F
G86	Cyklus vrtanie predvrtaných otvorov	X,Y,Z,R,F

Pomocné funkcie

M00	Programové zastavenie. Zastaví sa vykonávanie programu vrátane zastavenie vretena do doby opätovného štartu stroja. Funkcia umožňuje obsluhu urobiť potrebné úkony, prípadne odstrániť triesku.
M01	Podmienené zastavenie. Riadiaci systém realizuje zastavenie vykonávania programu na vstupnom digitálnom signáli /to znamená zvonku od periférneho alebo nadriadeného zariadení/ po dobu trvania signálu. Po ukončení vstupného signálu pokračuje vykonávanie programu nasledujúcim blokom. Príklad : M01 I1 - znamená, keď po linke 1 tečie prúd, zastav vykonávanie programu.
M03	Spustenie otáčok vretena doprava. Pohľad na vreteno je vo smere osy Z.
M04	Spustenie otáčok vretena doľava.
M05	Zastavenie vretena.
M06	Výmena nástroja. Podrobný popis v kapitole „Výmena nástroja“.
M08	Zapnutie chladenia.
M09	Vypnutie chladenia.
M17	Koniec podprogramu.
M30	Koniec programu.
M65	Zatvorenie krytu stroja.
M66	Otvorenie krytu stroja.

Absolútne posunutie nulového bodu G54 - G58

Pri tvorbe CNC programu je potrebné definovať polohu nulového bodu obrobku. Implicitne je definovaný nulový bod stroja. Tento je potrebné posunúť tak, aby pre konkrétnu súčiastku bol minimálny počet pomocných výpočtov a bolo možné použiť rozmery priamo z výkresu. Pri sústruhu spravidla posúvame nulový bod len v smere osy Z na čelo obrobku.

Posunutie nulového bodu je jednou z prvých funkcií programu. Absolútne posunutie nulového bodu určuje o aké hodnoty **X,Z** sa má posunúť nulový bod vzhľadom k nulovému bodu stroja. Napríklad sa posune nulový bod na pravé čelo obrobku pri dĺžke súčiastky a upnutí podľa obrázku. Zároveň je posunutie zapísané do pamäti do času prepísania funkcie G54 s inými adresami X,Z, alebo do času prepísania hodnôt X,Z priamo v registre posunutí nulového bodu.

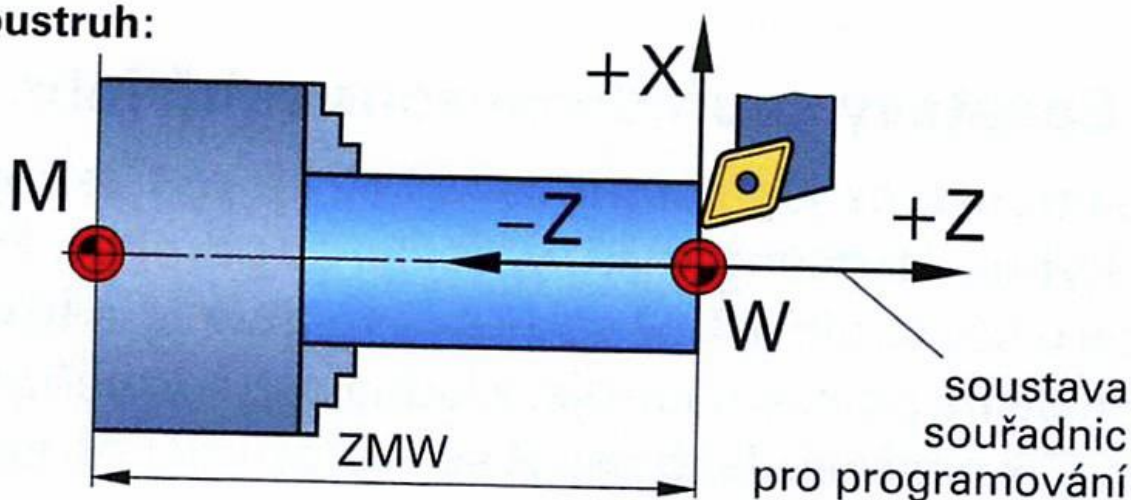
register posunutí nulového bodu

	X	Z
G54	0.000	117.000
G55	0.000	0.000
G56	0.000	0.000
G57	0.000	17.000
G58	0.000	0.000

G57 - vyvolá posunutie v osy Z o 17 mm, t.j. na ľavé čelo

G59 posunie nulového bodu k práve platnému nulovému bodu. Nejedná sa len o absolútne posunutie vzhľadom k nulovému bodu stroja, ale i relatívne posunutie vzhľadom k nulovému bodu obrobku.

Soustruh:



Frézovanie

Pri tvorbe programu je potrebné definovať polohu nulového bodu obrobku. Implicitne je definovaný nulový bod stroja. Tento je potrebné posunúť tak, aby pre konkrétnu súčiastku bol minimálny počet pomocných výpočtov a bolo možné použiť rozmery priamo z výkresu. Pri fríze spravidla posúvame nulový bod len v smere osy Z na čelo obrobku.

Posunutie nulového bodu je jednou z prvých funkcií NC programu. Absolútne posunutie nulového bodu určuje o aké hodnoty **X,Y,Z** sa má posunúť nulový bod vzhľadom k nulovému bodu stroja.

Funkcia **G54 X0 Y0 Z57**

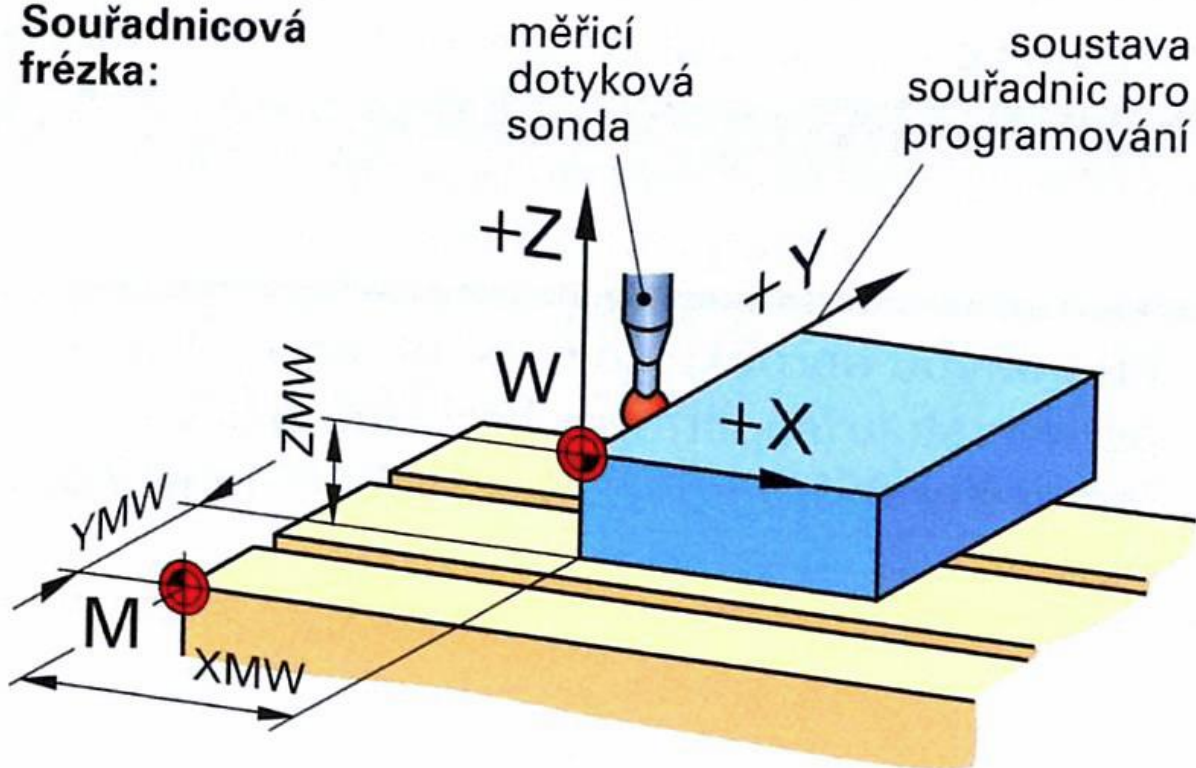
posunie nulový bod do ľavého horného bodu obrobku. Zároveň je posunutie zapísané do pamäti funkcie G54 s inými adresami X,Y,Z , nebo do času prepísanie hodnôt X,Y,Z priamo v registru posunutí nulového bodu.

register posunutia nulového bodu

G54	0.000	0.000	57.000
G55	0.000	0.000	0.000
G56	0.000	0.000	0.000
G57	0.000	0.000	57.000
G58	150.000	220.000	57.000

G54 - vyvolá posunutie v osy Z o 57 mm . Funkcia **G58** pri rozmeroch obrobku x=150mm, y=220mm, z=57mm, spôsobí posunutie nulového bodu do pravého horného vzdialeného bodu.

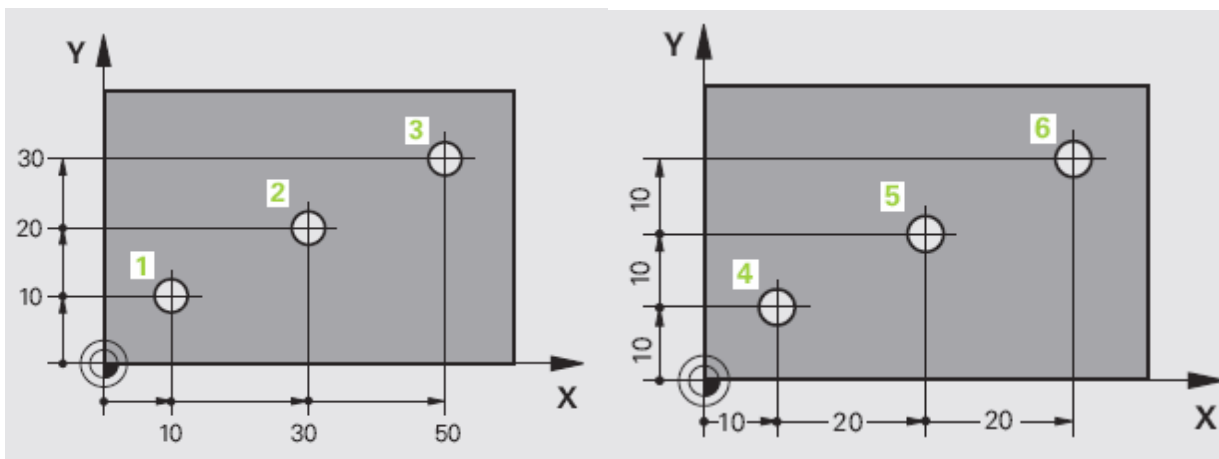
Souřadnicová frézka:



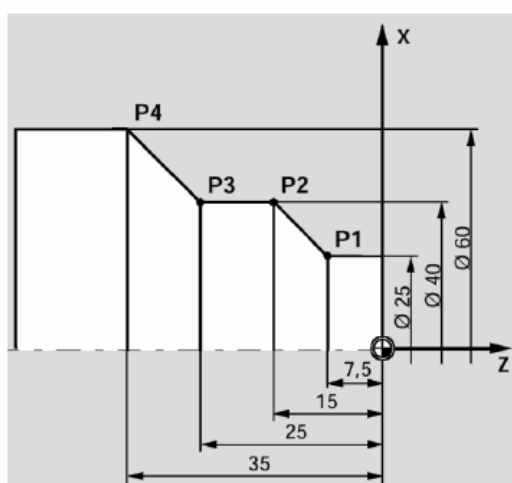
Absolútne a prírastkové programovanie G90 a G91

Pri tvorbe NC programu sa používajú dva spôsoby programovania:

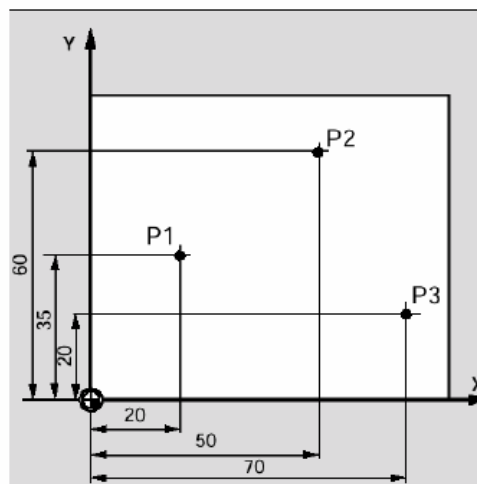
1. absolútnu programovanie G90
všetky zadávané súradnice, na ktoré sa nástroj pohybuje, sa vzťahujú k nulovému bodu obrobku. Je preddefinovanú funkcií a platí do doby použitia funkcie G91.
2. prírastkové programovanie G91 zadávané údaje sa vzťahujú k východiskovému bodu pohybu nástroja. Platí do doby použitia funkcie G 90. Prírastkové programovanie sa používa hlavne v podprogramoch. Pri prírastkovom programovaní sa musia písať znamienka + alebo – pre určenie smeru pohybu nástroja. Pri pohybe nástroja v smere len jednej osi programuje sa len tá os, po ktorej sa má nástroj pohybovať.



č. bodu	súradnice X	súradnice Y	č. bodu	súradnice X	súradnice Y
1	10	10	4	10	10
2	30	20	5	20	10
3	50	30	6	20	10



Soustružení



Frézování

	ABS		INK	
č. bodu	súradnice X	súradnice Y	súradnice X	súradnice Y
1				
2				
3				
4				
č. bodu	súradnice X	súradnice Y	súradnice X	súradnice Y
1				
2				
3				

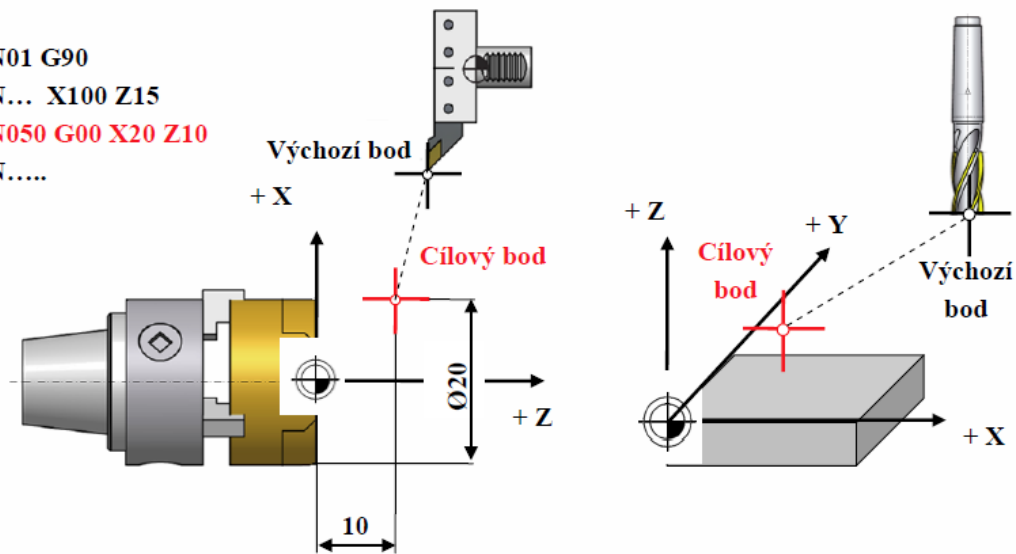
Rýchloposuv G00

Funkcia **G00** sa používa pre **rýchle prestavenie nástroja**, nástroj nie je v reze ani v kontakte s obrobkom. Nástroj sa pohybuje **maximálnou** konštrukčnou **rýchlosťou** stroja z východných súradníc (bod A) do cieľových súradníc (bod B) **po priamkovej dráhe**.

Zápis bloku: N... **G00** X... Y... Z... X, Y, Z – súradnice cieľového bodu B

Příklad:

N01 G90
 N... X100 Z15
 N050 G00 X20 Z10
 N.....



Příklad bloku programu obsahující funkci G00

Lineárna interpolácia G01

Nástroj sa pohybuje po priamke z východzieho bodu do bodu definovaného súradnicami X,Y,Z, rýchlosťou F.

G01 X.. Z.. / F.. S..T.. M../

X,Z - súradnice cieľového bodu ,

F - rýchlosť pohybu nástroja (posuv) mm/min, mm/ot,

S - otáčky vretena ot/min ,

T - použitý nástroj

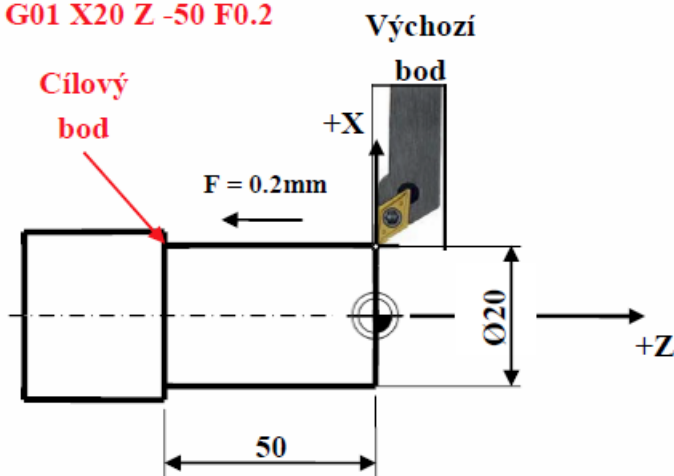
M - pomocné funkcie

N01 G90

N...

N055 G01 X20 Z -50 F0.2

N.....



Příklad bloku programu obsahující funkci G01

Kruhov interpolácia G02, G03

Pohyb nástroja sa realizuje po kruhovej dráhe z východzieho bodu do bodu daného súradnicami X,Z, rýchlosťou F.

G02 - pohyb v smere hodinových ruiek

G03 - pohyb proti smeru hodinových ruiek

G02 X.. Z.. R.. / F.. S.. T.. M.. /

G03 X.. Z.. R.. / F.. S.. T.. M.. /

X,Z - súradnice koncového bodu,

I - prrastkov vzdialenosť stredu kruhovej dráhy od počiatočného bodu v smere osy X,

K - prrastkov vzdialenosť stredu kruhovej dráhy od počiatočného bodu v smere osy Z,

R - polomer stredu kruhovej dráhy

/ / - dalie adresy

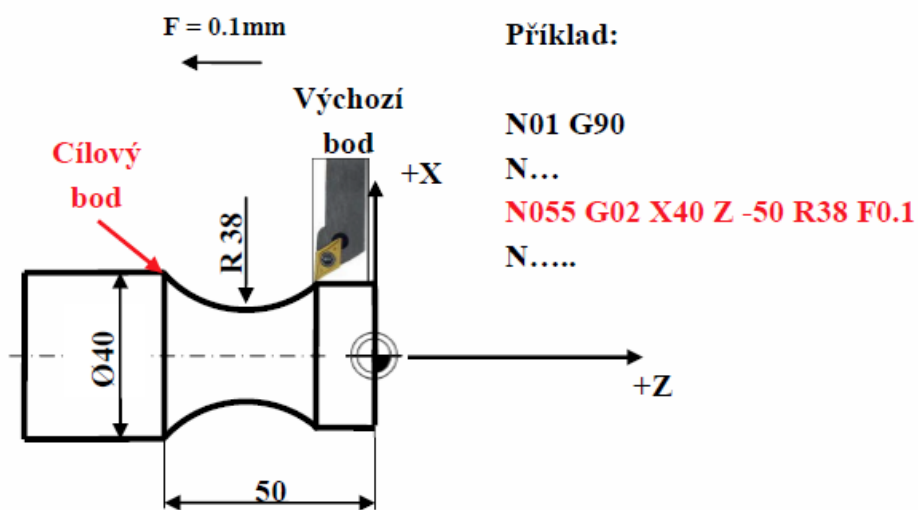
F - rýchlosť pohybu nástroja (posuv) mm/min, mm/ot,

S - otáčky vretena ot/min ,

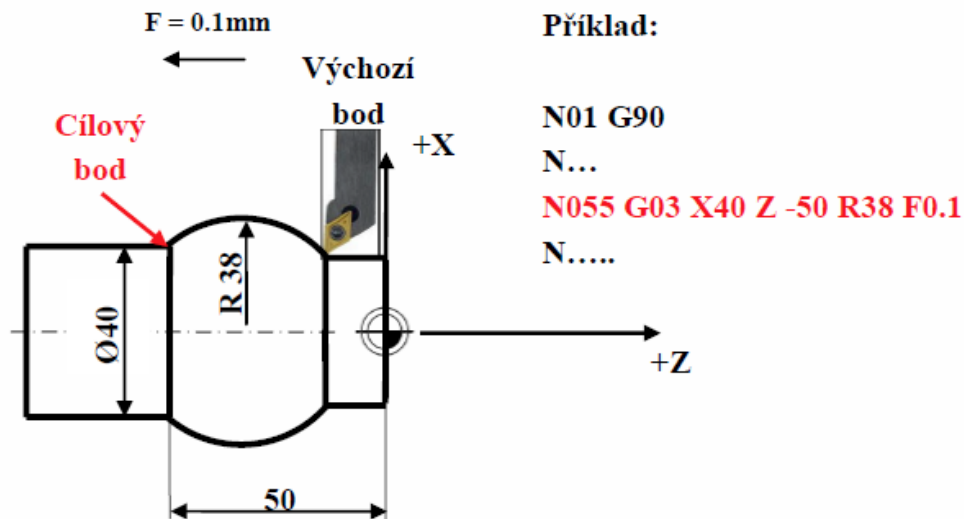
T - pouit nástroj

M - pomocn funkcie

Princíp funkcie G02



Pklad bloku programu obsahujúci funkciu G02



Příklad:

N01 G90

N...

N055 G03 X40 Z -50 R38 F0.1

N.....

Příklad bloku programu obsahující funkci G02

d)

- vysvetlite význam nástrojovej, posuvovej a otáčkovej funkcie v programe
- popíšte postup pri voľbe nástroja
- vysvetlite postup pri voľbe rezných podmienok pri obrábání na CNC strojoch
- porovnajzte voľbu rezných parametrov na klasických a CNC strojoch
- za pomoci strojnícových tabuliek určte rezné parametre pre sústružení

Posuvová funkcia F sa pri sústružení programuje v mm na otáčku.

Otáčková funkcia S udáva počet otáčok za minútu.

Nástrojová funkcia T sa určuje podľa polohy nástrojovej hlavy nástroj, ktorým má byť obrábané.

Otáčky a posuv je nutné stanoviť z rezných podmienok

Pred vlastnou stavbou programu je nutné zvoliť polotovár, nástroj a upínač.

Program začína značkou % alebo písmenom P pre počiatok programu, za ktorým nasleduje číslo programu a v zátvorke komentár k programu, ktorý je riadiacim systémom ignorovaný.

V ďalšej vete programu je riadiaci systém informovaný o polohe nulového bodu obrobku vzhľadom k nulovému bodu stroje a volí sa spôsob programovania. Program pokračuje zápisom ďalších viet, usporiadaných podľa postupu práce stroje.

Program je ukončený funkciou M30

- **%100** (KOMENTÁR - napr. rozmery polotovaru)
- **P100** (KOMENTÁR - iné dokumentové údaje)
- **M30**

Voľba rezných parametrov

Hrubovanie: Cieľom je odrezať čo najväčšiu vrstvu materiálu za čo najkratší čas

Pri CNC sústruhoch sa hĺbka odoberanej vrstvy volí od 3-5 mm a vysoká rezná rýchlosť z dôvodu menšieho zaťaženia posuvového mechanizmu stroja a tiež vretena

Používajú sa rôzne uberacie nože: ohnutý uberací, priamy uberací, stranový uberací

Nastavujú sa do osi alebo nad os 2-5% priemeru obrobku

Rezné podmienky ovplyvňuje: materiál obrobku, nástroje, tvar a veľkosť prierezu triesky, trvanlivosť ostria, chladenie. Čím je kvalitnejší materiál obrobku tým sa používajú nižšie rezné rýchlosti a posuvy.

Sústruženie na čisto: Odstraňovanie nepresností po hrubovaní. Obrobok dostáva konečný tvar, rozmerovú požadovanú presnosť a akosť povrchu. Hladký povrch obrobku sa dosahuje malým posuvom a vysokými otáčkami. Čím jemnejší má byť povrch, tým je menší posuv a väčšie zaoblenie hrotu noža. Prídavok na sústruženie na čisto sa pohybuje od 0,5 mm do 2 mm (na priemer je to 1 až 4 mm) Nože sa nastavujú do osi, alebo pod ňu 1-2% priemeru obrobku

Jemné sústruženie: Je to odoberanie malých vrstiev materiálu (0,03-0,3 mm) obrobku pri malých posuvoch (do 0,1 mm), veľkej reznej rýchlosti (nad 100mmin-1) alebo veľmi nízkej (do 5 mmin-1)

Podmienkou dobrej akosti je nastavenie stroja hádzanie upínacieho hrotu vo vretene, súosovosť s hrotom v koníku vŕťa vo vedeniach a pod.

	Hrubovanie	Na čisto	Jemné
Posuv na otáčku	f > 0,3mm	0,3-0,05mm	f < 0,05mm
Hĺbka rezu	3-30mm	0,5-2mm	0,3-2mm
Presnosť	IT11 až 14	IT9 až 11	IT5 až 8
Drsnosť Ra	12,5-100	1,6-12,5	0,2-1,6

Základné rezné parametre obrábania

- **hlavný rezný pohyb** – vykonáva ho obrobok, je to rotačný pohyb a obvodová rýchlosť obrobku je totožná s reznou rýchlosťou
- $v_c = \pi \cdot D \cdot n / 1000$ (m/min-1)
- D – priemer obrobku (mm)
- n – otáčky (min⁻¹)
- **posuvný pohyb** – posuv je priamočiary a koná ho nástroj – je daný dráhou noža na 1 otáčku – f [mm]
- **prísuvom** sa nastavuje **hĺbka rezu** a_p

Rezná rýchlosť v_c

$$v_c = \frac{\pi D n}{1000}$$

v_c – rezná rýchlosť

D – priemer vrtáka

n – otáčky

Požiadavky na rezné nástroje

Rezné nástroje majú významný vplyv na geometrický tvar, presnosť a kvalitu obrobenej plochy a ekonomické využitie obrábacieho stroja. Pri CNC strojoch sú na rezné nástroje kladené vyššie požiadavky ako u konvenčných strojov. Jedná sa hlavne:

- jednoduchú, rýchlu, presnú a bezpečnú vymeniteľnosť nástrojov v pracovnej polohe stroja
- dostatočnú tuhosť nástrojov z dôvodu maximálneho využitia stroja
- možnosť predzariadenia nástrojov mimo stroj pri použití prípravkou a zvláštnych zariadení, čím sa výrazne znížia prestoje stroja a tým sa i zvýši produktivita práce
- pro upnutie nástrojov sa používajú jednotné držiaky
- upnutie a zoradenie držiaku na stroji musí byť jednoduché, presné, bezpečné
- nástroje musia umožňovať spoľahlivý prívod chladiacej kvapaliny a odvod triesok
- obmedziť na čo najmenšiu mieru tvarové a špeciálne nástroje, výnimkou môžu byť napr. závitové nože
- z dôvodu adaptívnosti nástrojov pre rôzne stroje používať normalizované upínacie náradie
- rezný materiál pre výrobu nástrojov musí zaistiť vysoký rezný výkon – vysoká tvrdosť, pevnosť, odolnosť proti vysokým teplotám, odolnosť proti opotrebeniu atď.

Tieto požiadavky najlepšie splňujú nástroje s vymeniteľnými britovými platničkami, ktoré sú vysoko produktívne a umožňujú používať vysoké rezné rýchlosti. Sú vyrobené z karbidov, ktoré sú veľmi často povlakované, alebo z iných rezných materiálov, ako sú keramické materiály, poly kryštalický kubický nitrid bóru alebo poly kryštalický syntetický diamant.

Sústružnícke nože s vymeniteľnými britovými platničkami sú vlastne presné držiaky s vybraním, do ktorého sa pomocou rôznych upínacích prvkov upevňuje vlastná platnička. Tá je reznými silami zatlačovaná do samo svorného klinového vybrania v držiaku. Britové platničky musia mať vhodné tvarovače a deliče triesok.

Pri CNC obrábacích strojoch sa používa tzv. nástrojový systém (systematicky usporiadaná a udržiavaná sada nástrojov). Nástroje sú minimálne zdvojené z hľadiska náhodného otupení alebo vylomenia ostria tak, aby boli okamžite pri obrábaní k dispozícii.