

Politechnika Białostocka
Wydział Mechaniczny

Zakład Inżynierii Produkcji

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych

Temat ćwiczenia:

**FUNKCJE INTERPOLACJI W
PROGRAMOWANIU OBRABIAREK CNC**

Laboratorium z przedmiotu: **Obrabiarki sterowane numerycznie**

Opracował: **mgr inż. Tomasz Nieścier**

Białystok 2005

PRZEPISY BHP

1. Dla bezpiecznego przebiegu pracy należy stosować się do niżej wymienionych wskazówek, pouczeń i poleceń oraz przestrzegać przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony przeciwpożarowej a także instrukcji obowiązujących na stanowiskach laboratoryjnych.
2. Do wykonania ćwiczenia należy przystępować punktualnie, będąc wypoczętym i przygotowanym.
3. Należy przemyśleć bezpieczny przebieg pracy, podejmować tylko czynności wyznaczone przez prowadzącego zajęcia.
4. Zwracać uwagę na wywieszone znaki i napisy ostrzegawcze i stosować się do nich.
5. Pamiętać, że niewłaściwe dotykane przewodów elektrycznych grozi porażeniem.
6. Dbać o porządek i czystość stanowiska laboratoryjnego.
7. Nie opuszczać stanowiska pracy bez ważnych przyczyn oraz bez wiedzy i zgody prowadzącego zajęcia.
8. Szanować powierzone mienie, wyposażenie laboratorium oraz inne przydzielone pomoce.
9. Nie stwarzać żadnych zagrożeń dla siebie i osób współpracujących.

W razie zaistnienia nie wymienionych sytuacji proszę zwrócić się bezzwłocznie do prowadzącego zajęcia o wytyczne lub radę co do sposobu postępowania.

1. CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest:

- a) zapoznanie ze strukturą programu obróbki na obrabiarki sterowane numerycznie;
- b) poznanie podstawowych funkcji sterowania numerycznego;
- c) sporządzenie programu obróbki na obrabiarkę CNC z wykorzystaniem funkcji interpolacji.

2. WPROWADZENIE

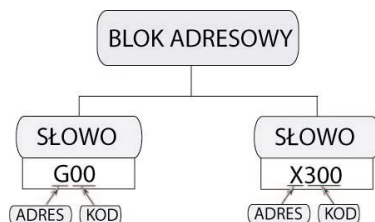
2.1 Struktura programu obróbki na obrabiarki sterowane numerycznie

Program sterujący obrabiarki zapisywany jest w postaci tekstowej. Składa się on z kolejno po sobie następujących tzw. **bloków informacji**.

W pierwszym wierszu programu wpisywany jest specjalny znak (zwykle %) oraz identyfikator programu (np. jego numer lub nazwa). Następne bloki programu zawierają informacje niezbędne do wykonania wszystkich ruchów narzędzia i czynności pomocniczych związanych z operacją technologiczną [1]. Maksymalna ilość informacji jaką można podać w pojedynczym bloku oraz ich forma zależą od konstrukcji danego układu sterowania numerycznego, z którym pracuje obrabiarka. Poniżej przedstawiono wzorzec budowy typowego programu sterującego:

%01	(początek programu)
N10 G94 S2000 T0201 M03	(blok informacji)
N20 G00 X-20.5 Y30.0 M08	(blok informacji)
.....	(kolejne bloki informacji)
N350 M30	(koniec programu)

Blok informacji składa się ze **słów**, które są oddzielane od siebie **separatorem** (jest to najczęściej spacja lub znak tabulatora). Słowo składa się z **adresu i kodu liczbowego** (rys. 1). Adres jest jedną z liter dozwolonych dla danego układu sterowania. Kod liczbowy oznacza określoną czynność (np. włączenie obrotów wrzeciona, uruchomienie chłodzenia), bądź bezpośrednio określa np. liczbę obrotów wrzeciona na minutę, współrzędne docelowego położenia narzędzia itp. Słowa, w których zapisuje się wartości współrzędnych punktów nazywane są **słowa** **wymiarowymi**.



Rys. 1. Budowa adresowego bloku informacji

Najczęściej spotykane są bloki informacji (tzw. adresowe bloki informacji) o zmiennej długości. Dzięki temu w każdym z nich można umieścić inną liczbę słów a kolejne słowa mogą zawierać różną liczbę znaków.

Niektóre słowa w bloku ze względu na ich znaczenie i funkcjonowanie w programie sterującym nazywane są **funkcjami** (są to np. funkcje przygotowawcze G, funkcje pomocnicze M). Funkcje dzieli się na tzw. **modalne** i **blokowe**. Funkcje modalne są pamiętane do odwołania, zaś blokowe działają w danym bloku. Przykładem funkcji modalnej

może być funkcja S kodująca obroty wrzeciona obrabiarki. Zapisuje się ją na początku programu oraz w miejscach programu, w których zachodzi potrzeba ich zmiany. Z kolei przykładami funkcji blokowych mogą być funkcje określające współrzędne punktu docelowego (np. X300 Y400).

Inny podział dotyczy kolejności realizacji funkcji w bloku informacji. Z tego punktu widzenia można je podzielić na **przedblokowe** i **poblokowe**. Funkcje przedblokowe są realizowane przed wykonaniem innych czynności zapisanych w bloku (np. funkcja włączenia obrotów wrzeciona lub włączenia chłodziwa). Z kolei funkcje poblokowe są realizowane po wykonaniu wszystkich czynności lub ruchów zapisanych w bloku (np. funkcja zatrzymania obrotów wrzeciona, funkcja wyłączenia chłodziwa) [1].

2.2 Podstawowe funkcje sterowania numerycznego

Funkcje sterowania numerycznego:

A, B, C - oznaczenia ruchów obrotowych wokół osi X, Y, Z

F – funkcja prędkości posuwowej narzędzia

G – funkcje przygotowawcze

H – funkcja dodatkowa (wskaźnik kąta)

I, J, K – parametry interpolacji kołowej w osiach X, Y, Z

M – funkcje pomocnicze

N – numer wiersza (bloku)

R – funkcja dodatkowa (promień)

S – funkcja napędu głównego (obrotów wrzeciona)

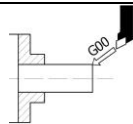
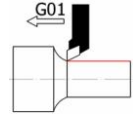
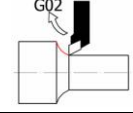
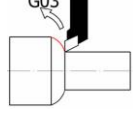
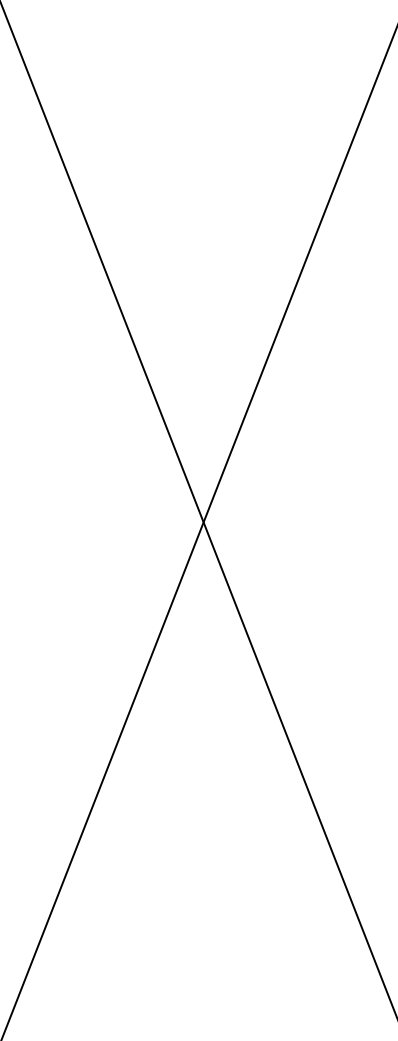
T – kodowanie numeru narzędzia

X, Y, Z – adresy osi współrzędnych

Tab. 1. Opis wybranych funkcji pomocniczych M

Funkcje M	Znaczenie funkcji	Graficzna interpretacja
M00	Stop bezwarunkowy	
M01	Stop warunkowy	
M02	Koniec programu (bez przejścia do początku programu)	
M03	Deklaracja prawych obrotów wrzeciona narzędziowego	
M04	Deklaracja lewych obrotów wrzeciona narzędziowego	
M05	Zatrzymanie obrotów wrzeciona narzędziowego	
M06	Zmiana narzędzia	
M08	Włączenie chłodziwa	
M09	Wyłączenie chłodziwa	
M13	Włączenie prawych obrotów wrzeciona i chłodziwa	
M30	Koniec programu (z przejściem do początku programu)	

Tab. 2. Opis wybranych funkcji przygotowawczych G

Funkcje G	Znaczenie funkcji	Graficzna interpretacja
G00	Ruch szybki (pozycjonowanie) tzw. interpolacja punktowa – dla współrzędnych kartezjańskich	
G01	Ruch roboczy po linii prostej (z interpolacją liniową) – dla współrzędnych kartezjańskich	
G02	Ruch roboczy po łuku w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara (interpolacja kołowa) – dla współrzędnych kartezjańskich	
G03	Ruch roboczy po łuku w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara (interpolacja kołowa) – dla współrzędnych kartezjańskich	
G10	Ruch szybki (pozycjonowanie) tzw. interpolacja punktowa – dla współrzędnych biegunowych	
G11	Ruch roboczy po linii prostej (z interpolacją liniową) – dla współrzędnych biegunowych	
G12	Ruch roboczy po łuku w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara (interpolacja kołowa) – dla współrzędnych biegunowych	
G13	Ruch roboczy po łuku w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara (interpolacja kołowa) – dla współrzędnych biegunowych	
G17	Wybór płaszczyzny interpolacji kołowej XY	
G18	Wybór płaszczyzny interpolacji kołowej XZ	
G19	Wybór płaszczyzny interpolacji kołowej YZ	
G29	Definicja bieguna w ostatnim położeniu narzędzia	
G40	Odwołanie korekcji promienia narzędzia	
G41	Korekcja promienia narzędzia w lewo od zaprogramowanego zarysu przedmiotu	
G42	Korekcja promienia narzędzia w prawo od zaprogramowanego zarysu przedmiotu	
G53	Deklaracja układu współrzędnych obrabiarki	
G54	Deklaracja układu współrzędnych przedmiotu	
G90	Wymiarowanie absolutne	
G91	Wymiarowanie przyrostowe	
G94	Deklaracja jednostek prędkości posuwu [mm/min]	
G95	Deklaracja jednostek prędkości posuwu [mm/obr]	

2.3 Programowanie obróbki z wykorzystaniem funkcji interpolacji

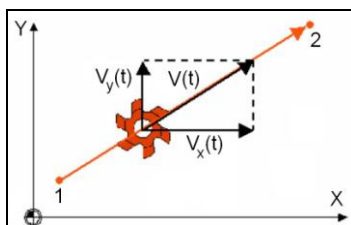
Zasadniczą częścią programu sterującego są bloki programujące ruch narzędzia. Aby w pełni opisać ten ruch wymagane są następujące dane:

- punkt początkowy ruchu;

- punkt końcowy ruchu;
- prędkość ruchu;
- tor ruchu.

Idea sterowania numerycznego polega na programowaniu ruchu po torze ciągłym w ten sposób, że punkt końcowy ruchu w jednym bloku jest jednocześnie punktem początkowym ruchu w bloku następnym. Zatem w bloku programuje się tylko punkt końcowy ruchu. Prędkość ruchu jest programowana poprzez adres F (posuw).

Ostatnim elementem definicji ruchu jest jego tor, określany mianem interpolacji. Należy ją rozumieć jako sposób powiązania niezależnych ruchów w osiach maszynowych tak, aby uzyskać zamierzony wypadkowy tor przemieszczenia się narzędzia (rys. 2) [2]. A więc na podstawie zadanego toru ruchu i zadanej prędkości ruchu układ sterowania jest w stanie obliczyć lokalną wartość prędkości $v(t)$, traktowaną jako wektor. Jest to oczywiście wartość wypadkowa, zatem układ sterowania dokonuje wyznaczenia wektorów składowych prędkości w poszczególnych osiach obrabiarki np. $v_x(t)$ i $v_y(t)$ (rys. 2). Pozwala to na wygenerowanie sygnałów sterujących napędami w poszczególnych osiach (jak wiadomo są one od siebie niezależne). Jeśli proces takich obliczeń będzie powtarzany z dostatecznie dużą częstotliwością to uzyska się tor ruchu w dużym przybliżeniu równy zadanemu.

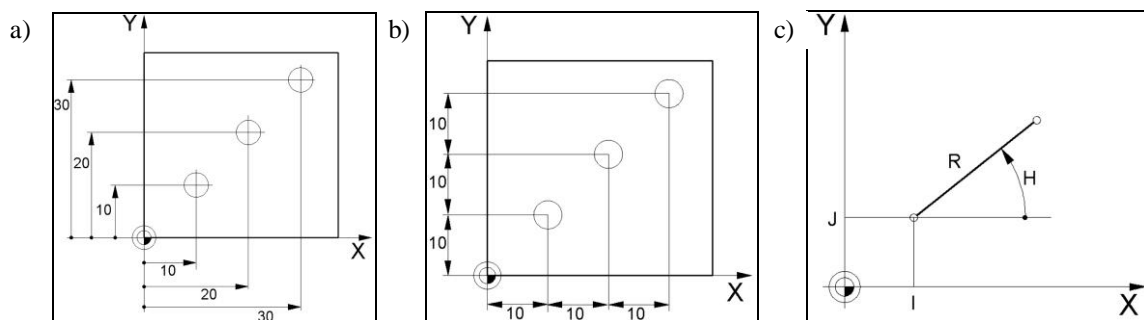


Rys. 2. Idea interpolacji

Możemy wyróżnić trzy rodzaje interpolacji:

- interpolacja punktowa;
- interpolacja liniowa;
- interpolacja kołowa.

Poszczególne sposoby interpolacji mogą być zrealizowane z wykorzystaniem współrzędnych kartezjańskich lub biegunowych (rys. 3).



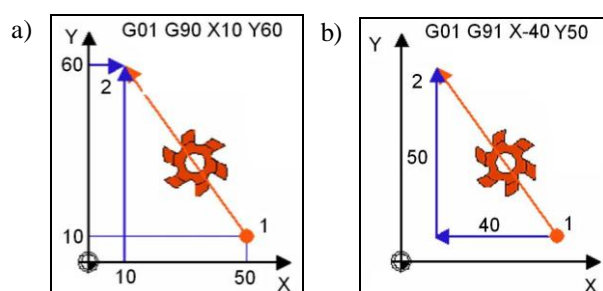
Rys. 3. Rodzaje współrzędnych: a) kartezjańskie – z wymiarowaniem absolutnym, b) kartezjańskie – z wymiarowaniem przyrostowym, c) biegunowe

W przypadku współrzędnych kartezjańskich mamy do czynienia z wymiarowaniem absolutnym (prostokątnym) i przyrostowym. W układzie absolutnym współrzędne są odnoszone do jednego, ustalonego punktu zerowego (początku układu współrzędnych). Tymczasem na rysunkach konstrukcyjnych wymiarowanie rzadko prowadzi się

względem jednej, wspólnej bazy wymiarowej. Często wymiary mają charakter przyrostowy, w postaci łańcucha wymiarowego. Wtedy wartości współrzędnych w układzie absolutnym byłyby obliczane, co przy wymiarach tolerowanych łatwo prowadzi do błędów. Stąd w układach sterowania przewidziano również możliwość programowania przyrostowego (inkrementalnego) względem aktualnego położenia narzędzia. Do obsługi trybu absolutnego i przyrostowego wymiarowania przewidziano dwie funkcje:

- G90 – programowanie absolutne;
- G91 – programowanie przyrostowe.

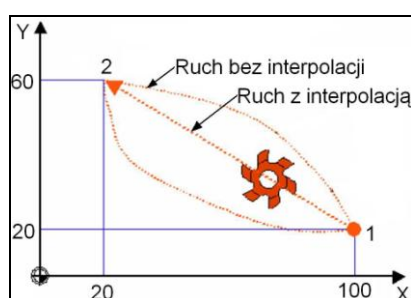
W programowaniu absolutnym (rys. 4a) wartość wymiaru odnosi się do aktualnego położenia punktu zerowego układu współrzędnych. W programowaniu przyrostowym (rys. 4b) wartość wymiaru odnosi się do aktualnego położenia narzędzia – jest ono traktowane jako chwilowe położenie punktu zerowego układu współrzędnych.



Rys. 4. Współrzędne w układzie absolutnym i przyrostowym

2.3.1 Interpolacja punktowa

Interpolacja punktowa (zwana też ruchem szybkim) (rys. 5) polega na przemieszczeniu się narzędzia do zaprogramowanego punktu z dużymi prędkościami w osiach sterowanych numerycznie. Ruch ten może być zrealizowany z brakiem powiązania ruchu w osiach, czyli przy braku interpolacji, czego efektem jest nieprzewidywalny tor ruchu narzędzia. Ruch ten może być też zrealizowany z zastosowaniem interpolacji liniowej, czego efektem będzie ruch narzędzia po linii prostej [2].



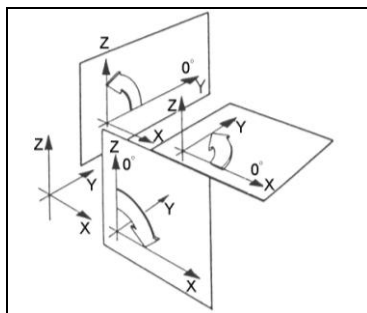
Rys. 5. Interpolacja punktowa

Interpolacja punktowa jest przeznaczona wyłącznie do ruchów ustawczych narzędzia. Należy pamiętać, że skutkiem ruchu szybkiego może być kolizja (kontakt narzędzia lub innego elementu ruchomego z przedmiotem obrabianym lub innym elementem obrabiarki). Z tego względu wszystkie ruchy z interpolacją punktową należy programować bardzo starannie.

Interpolacja punktowa może być zrealizowana przy wykorzystaniu dwóch funkcji:

- G00 – dla współrzędnych kartezjańskich;
- G10 – dla współrzędnych biegunowych.

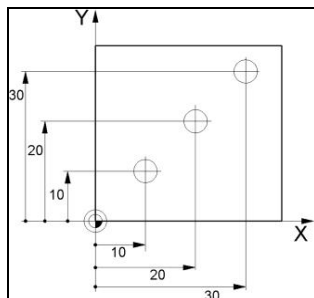
W przypadku współrzędnych biegunowych należy zwrócić uwagę na sposób odmierzania kąta w poszczególnych płaszczyznach tzn. XY, YZ, ZX (rys. 6).



Rys. 6. Sposoby odmierzania kąta w poszczególnych płaszczyznach [3]

Przykład 1:

Interpolacja punktowa G00 dla układu absolutnego (bezwzględnego):



Rys. 7. Interpolacja punktowa G00 (współrzędne absolutne)

Bloki sterujące ruchem narzędzia:

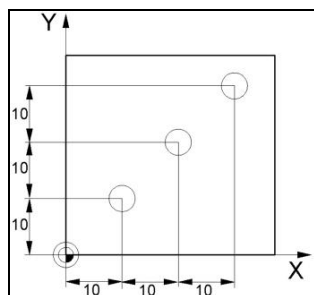
G00 G90 X+10 Y+10

G00 G90 X+20 Y+20

G00 G90 X+30 Y+30

Przykład 2:

Interpolacja punktowa G00 dla układu przyrostowego:

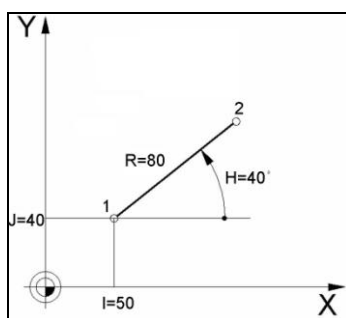


Rys. 8. Interpolacja punktowa G00 (współrzędne przyrostowe)

Blok sterujący ruchem narzędzia:

G00 G91 X+10 Y+10

Przykład 3:
Interpolacja punktowa G10:



Rys. 9. Interpolacja punktowa G10

Blok sterujący ruchem narzędzia:

G10 G90 R+80 H+40

2.3.2 Interpolacja liniowa

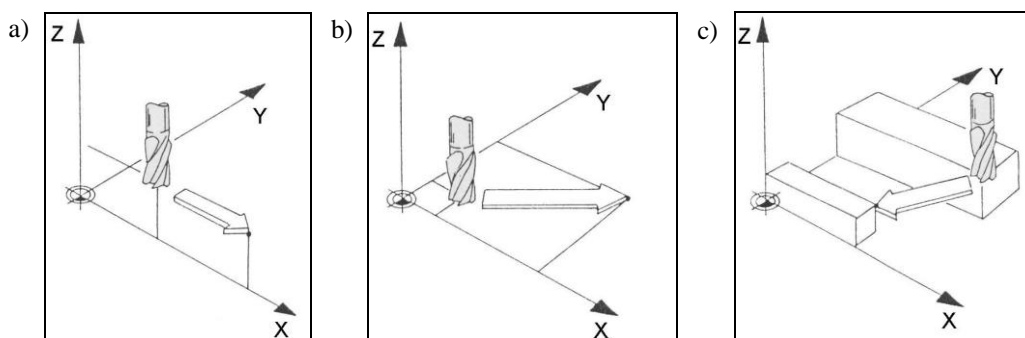
Interpolacja liniowa należy do najprostszych, a jednocześnie do najczęściej wykorzystywanych ruchów roboczych. Tor ruchu narzędzia przebiega po linii prostej pomiędzy punktem początkowym i końcowym. A więc jest to wytyczanie prostoliniowej trajektorii ruchu narzędzia na podstawie współrzędnych dwóch punktów – początkowego i końcowego [2].

Interpolacja liniowa umożliwia:

- na tokarce: toczenie powierzchni czołowej, walcowej i stożkowej;
- na frezarce: wiercenie, rozwieranie, wytaczanie, frezowanie powierzchni czołowych.

W interpolacji liniowej mogą być realizowane następujące przemieszczenia:

- 1D – wzdłuż jednej osi układu współrzędnych (rys. 10a);
- 2D – wzdłuż dwóch osi układu współrzędnych (rys. 10b);
- 3D – wzdłuż trzech osi układu współrzędnych (rys. 10c).



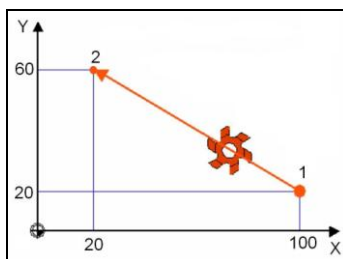
Rys. 10. Interpolacja liniowa z przemieszczeniami: a) 1D, b) 2D, c) 3D [3]

Interpolacja liniowa, podobnie jak punktowa, może być zrealizowana przy wykorzystaniu dwóch funkcji:

- G01 – dla współrzędnych kartezjańskich;
- G11 – dla współrzędnych biegunowych.

Przykład 1:

Interpolacja liniowa G01 dla układu absolutnego (bezwzględne):



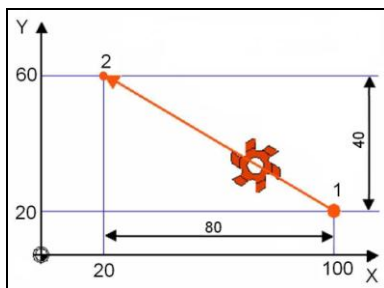
Rys. 11. Interpolacja punktowa G01 (współrzędne absolutne)

Blok sterujący ruchem narzędzia:

G01 G90 X+20 Y+60 F100

Przykład 2:

Interpolacja liniowa G01 dla układu przyrostowego:



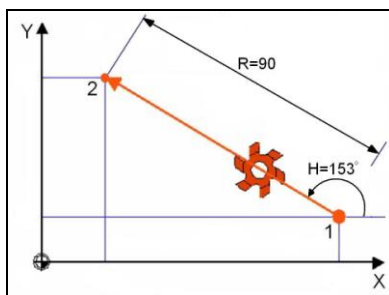
Rys. 12. Interpolacja liniowa G01 (współrzędne przyrostowe)

Blok sterujący ruchem narzędzia:

G01 G91 X-80 Y+40

Przykład 3:

Interpolacja liniowa G11:



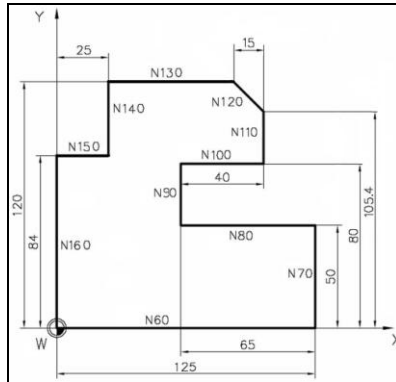
Rys. 13. Interpolacja liniowa G11

Blok sterujący ruchem narzędzia:

G11 G90 R+90 H+153

Przykład 4:

Zaprogramować ruch punktu kodowego narzędzia (osi narzędzia) po konturze przedstawionym na rys. 14 w przyjętym układzie współrzędnych w punkcie W. Ruch rozpocząć od punktu (0,0) w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara. Przyjąć poziom materiału $Z=0$, głębokość obróbki $Z=-5$. Obróbkę wykonać frezem palcowym o średnicy 10mm.



Rys. 14. Szkic przedmiotu do przykładu obróbki konturu z interpolacją liniową

Program sterujący:

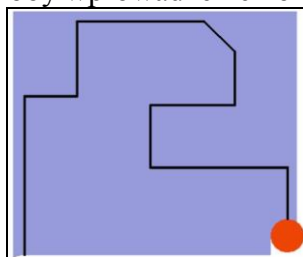
```
%Program1
N10 G30 G17 X-10 Y-10 Z-20
N20 G31 G90 X135 Y130 Z0
N30 T1 G17 S1000 ;FREZ10
N40 G17 G90 G40 G00
N50 G00 Z10
N60 X0 Y0 M13
N70 G01 Z-5 F60
N80 X125
N90 Y50
N100 X60
N110 Y80
N120 X100
N130 Y105.4
N140 X85 Y120
N150 X25
N160 Y84
N170 X0
N180 Y0
N190 G00 Z10
N200 M5
N210 Y200
N220 M30
%Program1
```

Opis programu:

W blokach N10 i N20 został zdefiniowany obszar symulacji (wskazano współrzędne dwóch przeciwległych narożników sześcianu). W kolejnym bloku przywołano z magazynu narzędzie (T1), zdefiniowano płaszczyznę interpolacji jako XY (G17) oraz dokonano ustawienia prędkości obrotowej wrzeciona na 1000 obr/min (S1000). Dodatkowo po średniku

został umieszczony jeszcze komentarz (FREZ10). Następnie w bloku N40 zostały wywołane funkcje przygotowawcze, których znaczenie opisane zostało w tabeli 2. Blok N50 to ustawienie się ruchem szybkim (G00) na wysokości 10mm nad powierzchnią obrabianą (Z10). W N60 następuje pozycjonowanie w płaszczyźnie XY (X0 Y0) nad punktem początkowym konturu oraz włączenie prawych obrotów wrzeciona z jednoczesnym uruchomieniem pompki chłodziwa (M13). Blok N70 to zagłębienie się ruchem roboczym (G01) w materiale na głębokość 5mm (Z-5) przy ustawionym posuwie 60mm/min (F60). Bloki N80÷N180 programują ruch narzędzia w płaszczyźnie XY, kolejno przez wszystkie elementy konturu. Blok N190 to wycofanie narzędzia ruchem szybkim (G00) w osi Z na wysokość 10mm (Z10). W kolejnej linii programu wyłączono zostały obroty wrzeciona oraz pompka chłodziwa (M5). Następnie w przedostatnim bloku (N210) ruchem szybkim pozycjonujemy stół obrabiarki (Y200) tak, aby można było zdjąć obrobiony detal. Ostatni blok (N220) to słowo końca programu (M30).

Na rysunku poniżej została przedstawiona symulacja programu. Widać, że zaprogramowano ruch punktu środka freza. Aby obróbka została wykonana jego powierzchnią boczną konieczne byłoby wprowadzenie kompensacji promienia narzędzia.

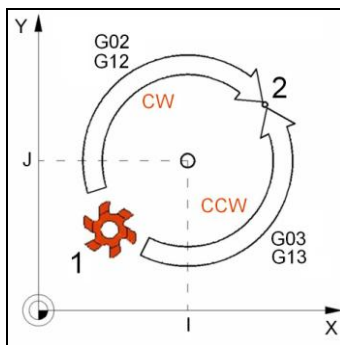


Rys. 15. Symulacja programu sterującego dla przedmiotu z rys. 13

2.3.3 Interpolacja kołowa

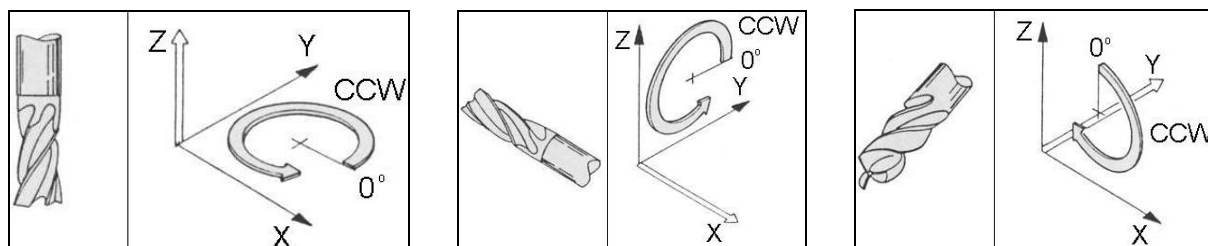
Interpolacja kołowa jest to wytyczenie trajektorii ruchu narzędzia w kształcie łuku. Dla tego rodzaju interpolacji przewidziano cztery funkcje w zależności od kierunku ruchu narzędzia i rodzaju współrzędnych (rys. 16):

- G02 – interpolacja kołowa w kierunku CW - zgodnym z ruchem wskazówek zegara (dla współrzędnych kartezjańskich);
- G03 – interpolacja kołowa w kierunku CCW - przeciwnym do ruchu wskazówek zegara (dla współrzędnych kartezjańskich);
- G12 – interpolacja kołowa w kierunku CW - zgodnym z ruchem wskazówek zegara (dla współrzędnych biegunowych);
- G13 – interpolacja kołowa w kierunku CCW - przeciwnym do ruchu wskazówek zegara (dla współrzędnych biegunowych).



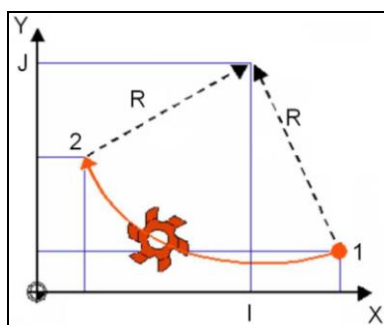
Rys. 16. Funkcje interpolacji kołowej

Ten sposób interpolacji może być realizowany w trzech płaszczyznach: XY, YZ, ZX (rys. 17).



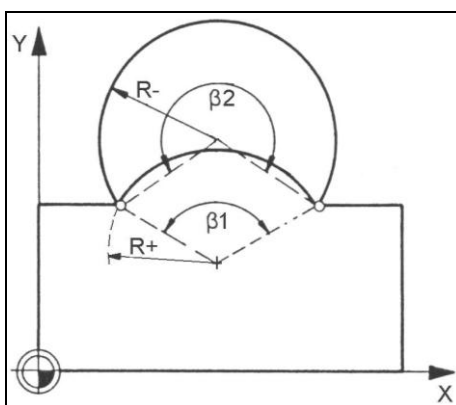
Rys. 17. Płaszczyzny interpolacji kołowej [3]

Podczas programowania interpolacji kołowej ważne jest określenie środka okręgu. Wykorzystano do tego tzw. parametry interpolacji I, J, K – za których pomocą programowany jest punkt środka okręgu. Traktowane one są jako wektory składowe (w odpowiednich osiach – I w X, J w Y, K w Z) wektora od punktu początkowego do punktu środka okręgu (rys. 18).



Rys. 18. Interpolacja kołowa z parametrami interpolacji I, J

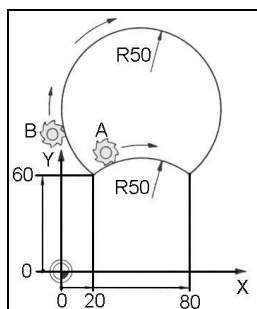
Następnym ważnym parametrem jest promień R łuku. Przy definiowaniu promienia konieczne jest określenie jego znaku („+” lub „-”). Znak ten zależy od kąta na jakim rozpięty jest dany łuk. Dla kąta $<180^\circ$ jest to znak „+”, zaś dla kąta $>180^\circ$ jest to znak „-” (rys. 19).



Rys. 19. Znak promienia w zależności od kąta rozpięcia łuku [3]

Przykład 1:

Interpolacja kołowa G02 z wykorzystaniem wartości promienia R:



Rys. 20. Interpolacja kołowa G02 z wykorzystaniem wartości promienia R [3]

Bloki sterujące ruchem narzędzi:

➤ ruch narzędzia A:

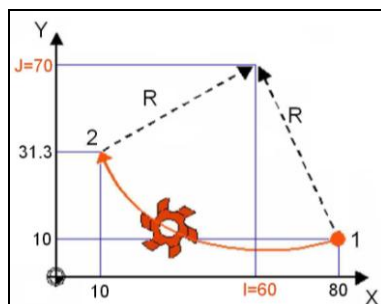
G02 X+80 Y+60 R+50

➤ ruch narzędzia B:

G02 X+80 Y+60 R-50

Przykład 2:

Interpolacja kołowa G02 z wykorzystaniem parametrów interpolacji I, J:



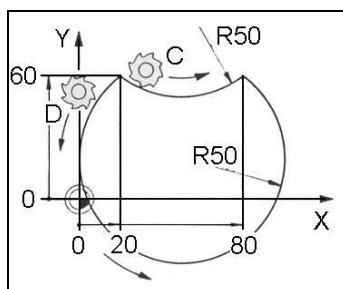
Rys. 21. Interpolacja kołowa G02 z wykorzystaniem parametrów interpolacji I, J

Blok sterujący ruchem narzędzia:

G02 X+10 Y+31.3 I+60 J+70

Przykład 3:

Interpolacja kołowa G03 z wykorzystaniem wartości promienia R:



Rys. 22. Interpolacja kołowa G03 z wykorzystaniem wartości promienia R [3]

Bloki sterujące ruchem narzędzi:

- ruch narzędzia C:

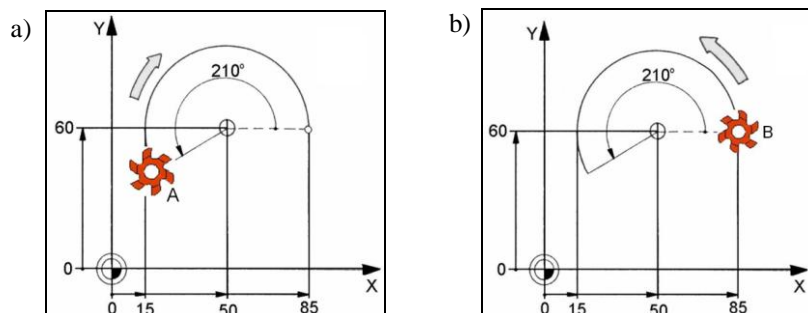
G03 X+80 Y+60 R+50

- ruch narzędzia D:

G03 X+80 Y+60 R-50

Przykład 4:

Interpolacja kołowa G12 i G13:



Rys. 23. Interpolacja kołowa: a) G12; b) G13

Bloki sterujące ruchem narzędzi:

- ruch narzędzia A:

G02 X+85 Y+60 I+50 J+60

lub

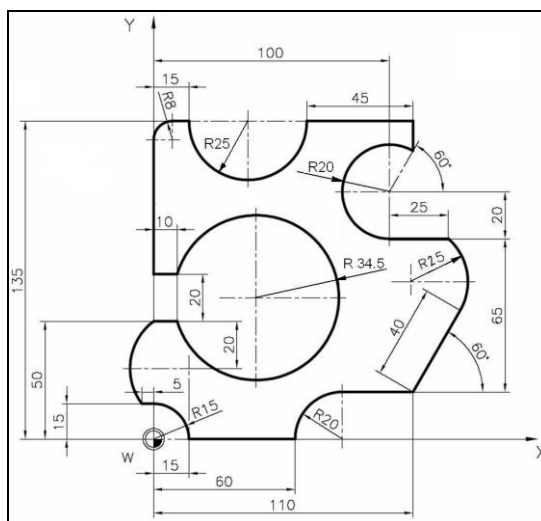
I+50 J+60 G12 H0

- ruch narzędzia B:

I+50 J+60 G13 H+210

Przykład 5:

Zaprogramować ruch punktu kodowego narzędzia (osi narzędzia) po konturze przedstawionym na rys. 24 w przyjętym układzie współrzędnych w punkcie W. Ruch rozpocząć od punktu (15,0) w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara. Przyjąć poziom materiału Z=0, głębokość obróbki Z=-5. Obróbkę wykonać frezem palcowym o średnicy 8mm.



Rys. 24. Szkic przedmiotu do przykładu obróbki konturu z interpolacją kołową

Program sterujący:

```
%Program2
N10 G30 G17 X-20 Y-10 Z-20
N20 G31 G90 X145 Y145 Z0
N30 T6 G17 S1000 ;FREZ8
N40 G17 G90 G40 G00
N50 G00 Z10
N60 X15 Y0 M13
N70 G01 Z-5 F60
N80 X60
N90 I80 J0 G02 X80 Y20
N100 G01 X110
N110 I110 J20 G11 R40 H60
N120 G03 X125 Y85 R25
N130 G01 X100
N140 I100 J105 G12 H60
N150 G01 Y135
N160 X65
N170 I40 J135 G02 X15 Y135
N180 G01 X8
N190 I8 J127 G03 X0 Y127
N200 G01 Y70
N210 X10
N220 G02 X10 Y50 R-34.5
N230 G01 X0
N240 I15 J30 G03 X-5 Y15
N250 G01 X0
N260 G02 X15 Y0 R15
N270 G00 Z50
N280 M5
N290 X200 Y250
N300 M30
%Program2
```

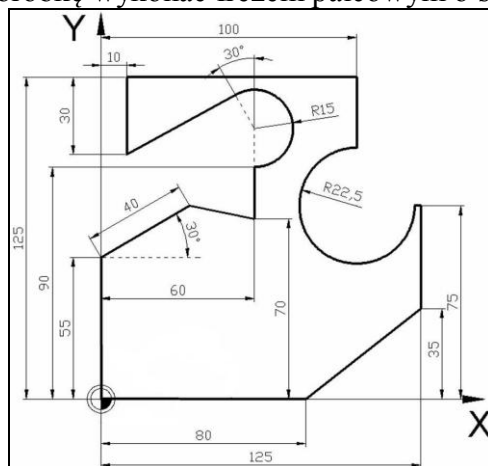
Opis programu:

W blokach N10 i N20 został zdefiniowany obszar symulacji (wskazano współrzędne dwóch przeciwległych narożników sześcianu). W kolejnym bloku przywołano z magazynu narzędzie (T6), zdefiniowano płaszczyznę interpolacji jako XY (G17) oraz dokonano ustawienia prędkości obrotowej wrzeciona na 1000 obr/min (S1000). Dodatkowo po średniku został umieszczony jeszcze komentarz (FREZ8). Następnie w bloku N40 zostały wywołane funkcje przygotowawcze, których znaczenie opisane zostało w tabeli 2. Blok N50 to ustawienie się ruchem szybkim (G00) na wysokości 10mm nad powierzchnią obrabianą (Z10). W N60 następuje pozycjonowanie w płaszczyźnie XY (X15 Y0) nad punktem początkowym konturu oraz włączenie prawych obrotów wrzeciona z jednoczesnym uruchomieniem pompki chłodziwa (M13). Blok N70 to zagłębienie się ruchem roboczym (G01) w materiale na głębokość 5mm (Z-5) przy ustawionym posuwie 60mm/min (F60). Bloki N80÷N260 programują ruch narzędzia w płaszczyźnie XY, kolejno przez wszystkie elementy konturu. Blok N270 to wycofanie narzędzia ruchem szybkim (G00) w osi Z na wysokość 50mm (Z50). W kolejnej linijce programu wyłączone zostały obroty wrzeciona oraz pompka chłodziwa (M5). Następnie w przedostatnim bloku (N290) ruchem szybkim

pozycjonujemy stół obrabiarki (X200 Y250) tak, aby można było zdjąć obrobiony detal. Ostatni blok (N300) to słowo końca programu (M30).

Przykład 6:

Zaprogramować ruch narzędzia po konturze przedstawionym na rys. 25 w przyjętym układzie współrzędnych przedmiotu o początku w punkcie W. Ruch rozpocząć od punktu (0,0) w kierunku zgodnym do ruchu wskazówek zegara. Przyjąć poziom materiału $Z=0$, zaś głębokość obróbki $Z=-1$. Obróbkę wykonać frezem palcowym o średnicy 2mm.



Rys. 25. Szkic przedmiotu do przykładu obróbki konturu

Program sterujący:

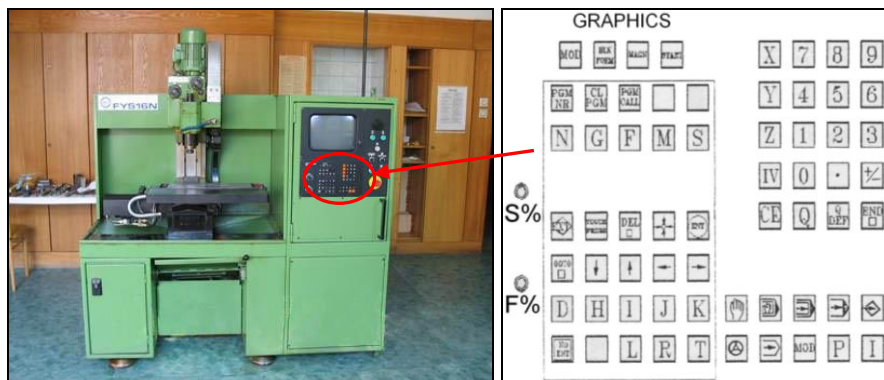
```
%Program3
N10 G30 G17 X-10 Y-10 Z-20
N20 G31 G90 X135 Y135 Z0
N30 T4 G17 S2000 ;FREZ2
N40 G17 G90 G40 G00
N50 G00 Z10
N60 X0 Y0 M13
N70 G01 Z-1 F80
N80 Y55
N90 I0 J55 G11 R40 H30
N100 G01 X60 Y70
N110 Y90
N120 I60 J105 G13 H120
N130 G01 X10 Y95
N140 Y125
N150 X100
N160 Y97.5
N170 G03 X122.5 Y75 R-22.5
N180 G01 X125
N190 Y35
N200 X80 Y0
N210 X0
N220 G00 Z100
N230 M5
N240 Y250
N250 M30
%Program3
```

3. OPIS STANOWISKA LABORATORYJNEGO

Stanowisko laboratoryjne jest wyposażone w dwie obrabiarki CNC:

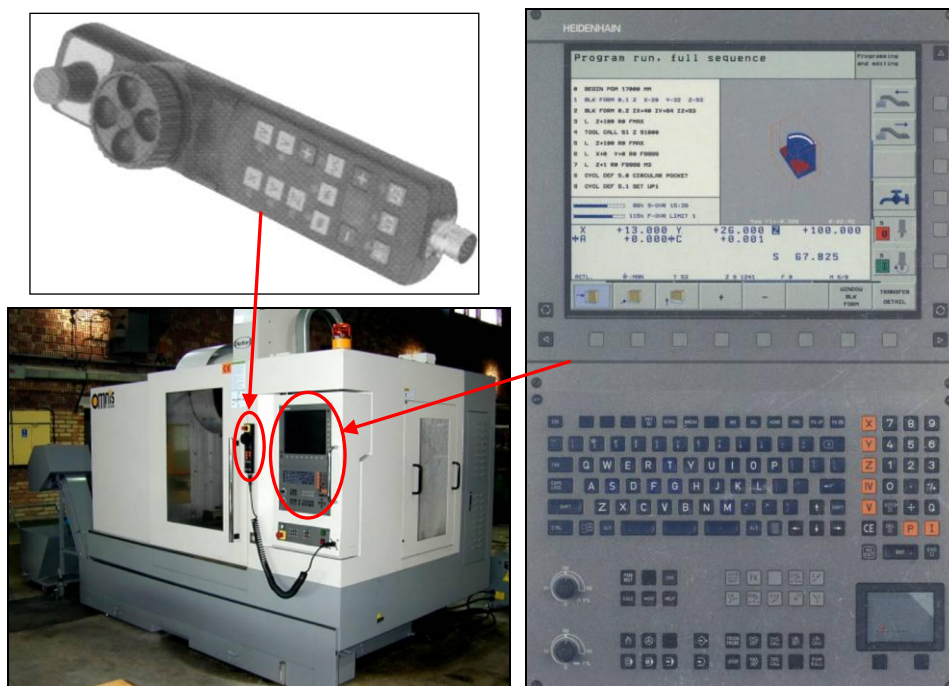
- frezarkę sterowaną numerycznie FYS16N z układem sterowania TNC360 Heidenhain;
- centrum frezarskie OMNIS 1020 Hartford z układem sterowania numerycznego iTNC530 Heidenhain.

3.1 Układ sterowania numerycznego TNC360 Heidenhain



Rys. 26. Frezarka FYS16N i jej układ sterowania TNC360 Heidenhain

3.2 Układ sterowania numerycznego iTNC530 Heidenhain



Rys. 27. Centrum frezarskie OMNIS 1020 i jego układ sterowania iTNC530 Heidenhain [4]

4. PRZBIEG ĆWICZENIA

- sprawdzenie przez prowadzącego przygotowania studentów do wykonania ćwiczenia (znajomość instrukcji);

- omówienie programowania obróbki z wykorzystaniem funkcji interpolacji;
- sporządzenie i omówienie przykładowego programu sterującego ruchem narzędzia po zadanym torze;
- uruchomienie programu obróbki na obrabiarce CNC;
- wskazówki dotyczące indywidualnego opracowania programów sterujących.

5. SPRAWOZDANIE

Sprawozdanie powinno zawierać:

- szkic programowanego toru narzędzia (rysunki poniżej);
- program sterujący ruchem narzędzia wzdłuż zadanego toru;
- wnioski.

