

Politechnika Poznańska
Instytut Technologii Mechanicznej

Laboratorium

Programowanie obrabiarek CNC

Nr H8

**Programowanie obróbki 5-osiowej (3+2)
w układzie sterowania iTNC530**

Opracował:
Dr inż. Wojciech Ptaszyński

Poznań, 21 stycznia 2010

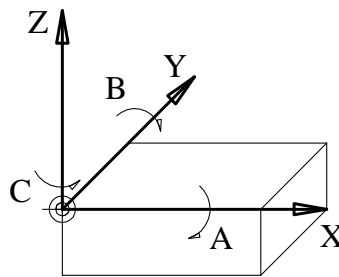
1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z obróbką 5-osiową (3+2) oraz ze sposobami programowania takiej obróbki na frezarce z układem sterowania iTNC530. Obróbka 3+2 jest możliwa na obrabiarkach 5-osiowych. To programowanie polega na odpowiednim pochyleniu układu współrzędnych, tak aby oś Z była prostopadła do płaszczyzny obróbki a następnie obraca się osiami obrabiarki tak aby fizycznie narzędzie było równoległe do przetransformowanego układu współrzędnych.

2. Wprowadzenie

2.1. Układ współrzędnych

Podstawowym układem współrzędnych, związanym z przedmiotem obrabianym w obrabiarkach CNC jest układ prostokątny kartezjański pokazany na rys 1. Kierunki i zwroty osi są uwarunkowane budową obrabiarki natomiast początek układu współrzędnych jest definiowany przez programistę. W tym układzie współrzędnych możemy wyróżnić osie liniowe X, Y, Z oraz osie obrotowe A, B, C.



Rys. 1. Podstawowy układ współrzędnych obrabiarki

Najczęściej obrabiarki przeznaczone do obróbki 3+2 mają oprócz osi liniowych X, Y, Z osie obrotowe C i B, lub C i A. Z punktu programowania nie ma znaczenia co w danej obrabiarence się obraca. Możliwe są kinematyki obrabiarki w których osie obrotowe realizują:

- stół skrzętny w dwóch osiach,
- dwuskrętna głowica
- stół i głowica.

3. Programowanie obróbki 5-osiowej

3.1. Wprowadzenie

Programowanie obróbki 4 i 5-osiowej jest zagadnieniem dość złożonym. Dlatego też najczęściej tego typu obróbkę, szczególnie dla przedmiotów z powierzchniami krzywoliniowymi, programuje się z wykorzystaniem systemów CAM. W przypadku przedmiotów z powierzchniami płaskimi, ale pochylonymi względem głównych płaszczyzn układu współrzędnych (X-Y, X-Z, Y-Z), obróbkę takich przedmiotów na obrabiarkach z układem sterowania iTNC530 można

zaprogramować bezpośrednio w układzie sterowania. Ponieważ w zasadzie jest to obróbka 3 osiowa, ale na płaszczyznach pochyłonych, dlatego też taki rodzaj programowania nazywa się programowaniem 3+2 osie (dwie osie obrotowe wykorzystywane są zwykle do pochylania płaszczyzn obróbki).

Należy pamiętać, że obracanie poszczególnymi komponentami obrabiarki (stołem obrotowym lub głowicą wrzecionową) nie wpływa na położenie podstawowego układu współrzędnych (względem układu maszynowego). To znaczy w przypadku obrotu głowicy wrzecionowej punkt charakterystyczny narzędzia, widziany przez obrabiarkę, pozostaje w tym samym miejscu, mimo że fizycznie zmienił swoje położenie. W tym przypadku należało by obliczyć nowe położenie punktu charakterystycznego narzędzia, w zależności od jego długości, położenia punktu obrotu głowicy i samego kąta obrotu oraz uwzględnić te dane w programie obróbkowym. Ponieważ jest to zagadnienie złożone często producenci układów sterowań wprowadzają do układów sterować dodatkowe funkcje ułatwiające programowanie obróbki 4 i 5 osiowej. Są to najczęściej funkcje operujące na układzie współrzędnych: obrót, przesunięcie i pochylenie. W układzie sterowania iTNC530 dostępne są następujące cykle operujące na układzie współrzędnych:

- przesunięcie układu współrzędnych (cykl 7),
- obrót układu współrzędnych (cykl 10),
- pochylenie płaszczyzn obróbki (cykl 19),

oraz specjalna funkcja PLANE.

3.2. Przesunięcie punktu zerowego (cykl 7)

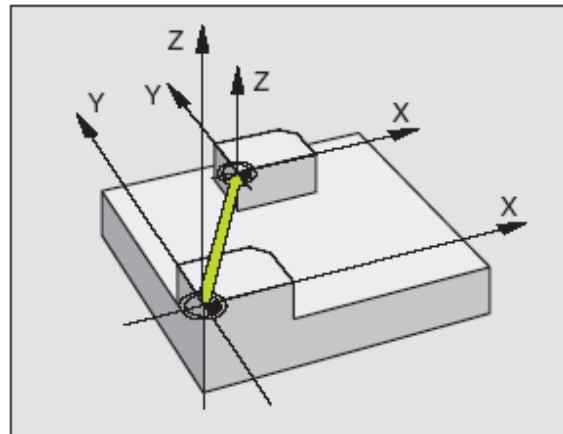
Przy pomocy tego cyklu można powtarzać przejścia obróbkowe w dowolnych miejscach przedmiotu. Po zdefiniowaniu cyklu wszystkie wprowadzane dane o współrzędnych odnoszą się do nowego punktu zerowego. Przesunięcie w każdej osi TNC wyświetla w dodatkowym oknie stanu obróbki. Możliwe jest również wprowadzenie przesunięcia osi obrotowej.

Wartości przesunięcia można wprowadzać bezwzględnie (względem punktu zerowego przedmiotu) lub przyrostowo (względem poprzedniego położenia punktu zerowego).

Usunięcie przesunięcia punktu zerowego wykonuje się wprowadzając nowe przesunięcie ze współrzędnymi $X=0$, $Y=0$ i $Z=0$.

Przykład przesunięcia układu współrzędnych:

```
13 CYCL DEF 7,0 PUNKT ZEROWY
14 CYCL DEF 7,1 X+60
16 CYCL DEF 7,3 Z+5
15 CYCL DEF 7,2 Y+40
```

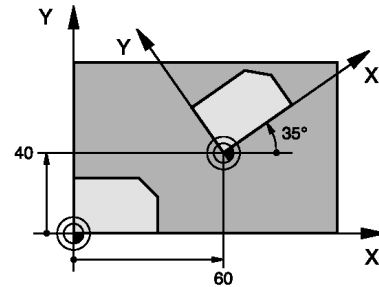


3.3. Obrót układu współrzędnych (cykl 10)

Ten cykl umożliwia obrót układu współrzędnych względem aktualnego układu współrzędnych w płaszczyźnie obróbki (X-Y). Obrót staje się aktywny bezpośrednio po zdefiniowaniu. Jeśli obrót układu ma być wykonany względem innego punktu niż aktualny początek układu współrzędnych, należy najpierw przesunąć układ współrzędnych. Usunięcie obrotu układu współrzędnych następuje po wprowadzeniu kąta obrotu 0° .

Przykład:

```
13 CYCL DEF 7.0 DATUM SHIFT
14 CYCL DEF 7.1 X+60
15 CYCL DEF 7.2 Y+40
16 CYCL DEF 10.0 ROTATION
17 CYCL DEF 10.1 ROT+35
```

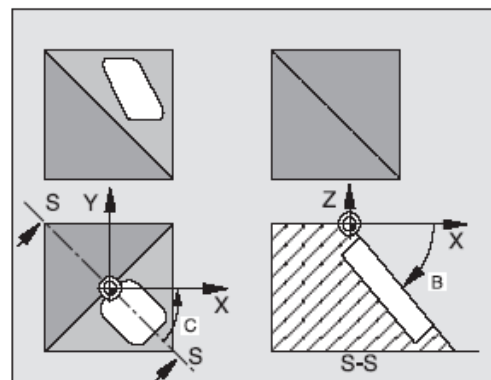
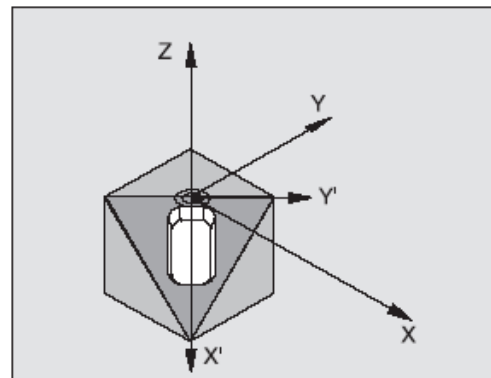


3.4. Zmiana płaszczyzny obróbki (cykl 19)

W cyklu 19 definiuje się położenie płaszczyzny obróbki – to znaczy położenie osi narzędzi w odniesieniu do stałego układu współrzędnych maszyny – poprzez wprowadzenia kątów obrotów względem poszczególnych osi (nachylenia płaszczyzn). Można określić położenie płaszczyzny obróbki dwoma sposobami:

- bezpośrednio wprowadzając położenie osi obrotowych funkcją ruchu „L”,
- poprzez opisanie położenia płaszczyzny obróbki - dokonanie do trzech obrotów włącznie (kąt przestrzenny) aktualnego układu współrzędnych.

Jeżeli programujemy położenie płaszczyzny obróbki przez kąt przestrzenny, to TNC w cyklu 19 oblicza automatycznie niezbędne dla tego położenia współrzędne osi obrotowych i odkłada je w parametrach Q120 - oś A, Q121 - oś B oraz Q122 - oś C. Jeżeli możliwe są dwa rozwiązania, to TNC wybiera – wychodząc z położenia zerowego osi obrotu – krótszą drogą.



Bardzo ważna jest kolejność obliczania pochylenia płaszczyzny w przypadku, gdy pochylenie płaszczyzny odbywa się względem dwóch kątów. W obrabiarce DMU60 z układem sterowania iTNC530 znajdującej się w ITM PP kolejność obrotów dla obliczenia położenia płaszczyzny jest następująca: najpierw TNC obraca oś C, potem oś B i następnie oś A.

Cykl 19 działa od chwili jego zdefiniowania w programie, jednak funkcja 19 nie powoduje fizycznie obrotu komponentów obrabiarki w celu ustawienia narzędzia prostopadle do pochylonej płaszczyzny. Jeśli chcemy, aby poszczególne komponenty obrabiarki ustawiły się

zgodnie z płaszczyzną pochyłą w cyklu 19 (oś narzędzia prostopadła do płaszczyzny obróbki X-Y), należy wymusić to przemieszczenie linią programu, zależnie od tego, jakie osie obrotowe fizyczne występują w danej obrabiarce, np:

```
L A Q120 B Q121 C Q122 FMAX
```

gdzie: Q120, Q121, Q123 – obliczone przez układ sterujący kąty skręceń osi fizycznych.

Przy programowaniu tego ruchu należy zwrócić szczególną uwagę na możliwość wystąpienia kolizji.

Aby wycofać pochylenie płaszczyzny należy zdefiniować na nowo cykl 19 i dla wszystkich osi obrotowych wprowadzić 0°. Aby wykasować pochylenie płaszczyzn należy jeszcze raz zdefiniować cykl 19, ale w czasie pytania o oś należy wcisnąć przycisk NO ENT. W ten sposób funkcja staje się nieaktywną.

Przykład (rys. z poprzednie strony):

Aby uzyskać takie pochylenie płaszczyzny jak pokazano na rysunku możliwe są dwa rozwiązania:

1. obrót układu względem osi Z (oś C) o kąt +45 stopni, a następnie względem osi X (oś A) o kąt +B – wówczas płaszczyzna obróbki leży po ujemnej stronie osi Y,
2. obrót układu względem osi Z (oś C) o kąt -45 stopni, a następnie względem osi Y (oś B) o kąt +B – wówczas płaszczyzna obróbki leży po dodatniej stronie osi X.

```
10 L Z+100 F MAX - bezpieczne odsunięcie narzędzia,
11 CYCL DEF 19.0 WORKING PLANE - pochylenie płaszczyzny obróbki
12 CYCL DEF 19.1 C-45 B+45
13 L B Q121 C Q122 F MAX - ustawienie narzędzia prostopadle do
płaszczyzny obróbki
```

3.5. Zmiana płaszczyzny obróbki (funkcja PLANE)

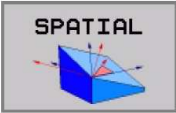
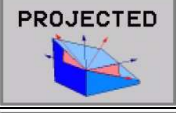
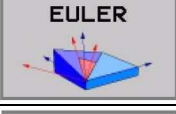

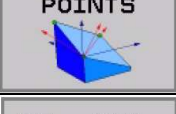

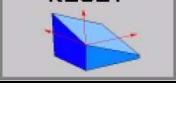
Funkcja PLANE (płaszczyzna) jest bardziej zaawansowaną funkcją, przy pomocy której można w różny sposób definiować nachylone płaszczyzny obróbki. Możliwe sposoby definicji nachylenia płaszczyzny obróbki przedstawiono w tabeli 1.

Definicja parametrów funkcji PLANE podzielona jest na dwie części:

- geometryczna definicja płaszczyzny, która różni się zależnie od sposobu definicji płaszczyzny,
- zachowanie pozycjonowania osi przy pochylaniu płaszczyzny – tak samo dla wszystkich definicji.

W tej instrukcji omówiona dokładnie zostanie tylko funkcja SPATIAL, w której płaszczyzna obróbki definiowana jest maksymalnie przez trzy kąty obrotu płaszczyzny. Kolejność obliczania obrotów jest na stałe określona i następuje kolejno najpierw wokół osi C, potem wokół osi B a następnie wokół osi A (tak samo jak w cyklu 19). Należy zawsze definiować wszystkie trzy kąty przestrzenne **SPA**, **SPB** i **SPC**, nawet, jeśli jeden z kątów jest równy 0.

Tabela 1. Możliwe definicje nachylenia płaszczyzny obróbki przedstawiono

Funkcja	Konieczne parametry	Softkey
SPATIAL	Trzy kąty przestrzenne SPA, SPB, SPC	
PROJECTED	Dwa kąty projekcyjne PROPR i PROMIN a także kąt rotacyjny ROT	
EULER	Trzy kąty Eulera precesja (EULPR), nutacja (EULNU) i rotacja (EULROT)	
VECTOR	Wektor normalnych dla definicji płaszczyzny i wektor bazowy dla definicji kierunku nachylonej osi X	
POINTS	Współrzędne trzech dowolnych punktów przewidzianej dla nachylenia płaszczyzny	
RELATIV	Pojedynczy, działający inkrementalnie kąt przestrzenny	
RESET	Usunięcie pochylenia płaszczyzny	

Niezależnie od sposobu definiowania pochylenia płaszczyzny obróbki, w funkcji PLANE określa się również: automatyczny obrót osi fizycznych i sposób tego obrotu, wybór alternatywnych możliwości nachylania płaszczyzny, wybór rodzaju transformacji.

Pierwszy parametr określa automatyczny obrót fizycznych osi i może zawierać:

MOVE – automatyczny obrót osi fizycznych,

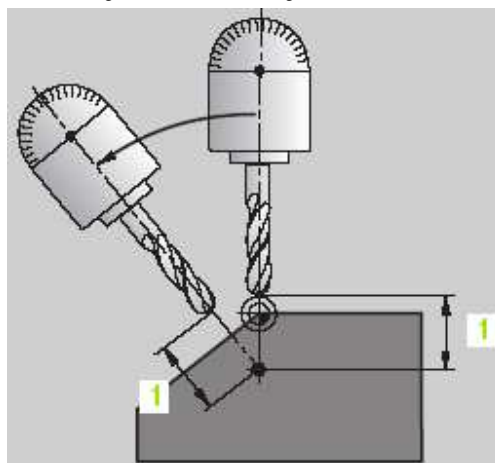
STAY – brak obrotu (osie fizyczne należy obrócić np. przy pomocy funkcji „L”),

W przypadku wybrania opcji **MOVE** należy określić dodatkowo parametry:

ODST - odstęp punktu obrotu od wierzchołka narzędzia (przyrostowo) - TNC tak obraca osie fizyczne, że odstęp narzędzia od punktu obrotu nie zmienia się (1 na rysunku obok).

F - prędkość posuwu narzędzia, z którą ma zostać przemieszczone.

Drugi parametr określa wybór alternatywnych możliwości nachylenia **SEQ**. Parametr ten może pominąć (wciskając NO ENT), wówczas TNC sam wybierze rozwiązanie lub należy określić kierunek pochylenia osi fizycznych zgodnie z rysunkiem obok (zależnie od możliwości danej obrabiarki).

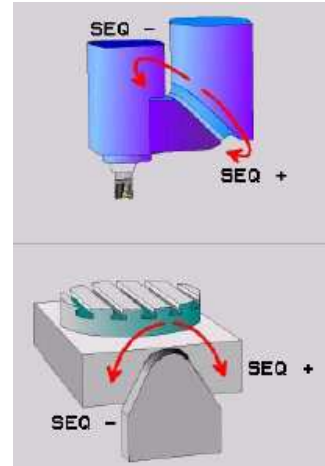


Trzeci parametr określa rodzaju przekształcenia. Parametr można pominąć (wciskając NO ENT), wówczas TNC sam wybierze rozwiązanie.

Dla obrabiarek ze stołem obrotowym funkcja umożliwia określenie rodzaju przekształcenia:

- COORD ROT - określa, iż funkcja PLANE ma obracać układ współrzędnych na zdefiniowaną wartość kąta nachylenia. Stół obrotowy nie zostaje przemieszczony, kompensacja obrotu następuje obliczeniowo,
- TABLE ROT - określa, iż funkcja PLANE ma pozycjonować stół obrotowy na zdefiniowaną wartość kąta nachylenia. Kompensacja następuje poprzez obrót przedmiotu

Wybór rodzaju przekształcenia działa tylko przy stołach obrotowych i tylko wówczas, kiedy tak wybrano definicję płaszczyzny, iż przekształcenie może zostać wykonane na pojedynczej osi.



3.6. Kombinowany obrót i przemieszczenie układu współrzędnych

Przy kombinowaniu (łączeniu) cykli przeliczania współrzędnych należy zwrócić uwagę na to, że pochylanie płaszczyzny obróbki następuje zawsze wokół aktywnego punktu zerowego. Można przeprowadzić przesunięcie punktu zerowego przed aktywowaniem pochylenia płaszczyzny wówczas przesuwamy „stały układ współrzędnych przedmiotu”. Jeżeli przesuniemy punkt zerowy po aktywowaniu pochylenia płaszczyzny to przesuniemy „nachylony układ współrzędnych”. Jednak nie można łączyć funkcji obrotu osi i płaszczyzny np. cyklu 10, 19 i funkcji PLANE.

Uwaga: Wycofywaniu cykli należy przeprowadzić w odwrotnej kolejności jak przy definiowaniu:

PRZYKŁAD:

1. Przesunięcie punktu zerowego.
2. Nachylenie płaszczyzny obróbki.
3. Wykonać przemieszczenie komponentów obrabiarki.

...

Obróbka przedmiotu

...

1. Wycofać nachylenie płaszczyzn.
2. Wycofać przesunięcie punktu zerowego.
3. Wykonać przemieszczenie komponentów obrabiarki.

4. Wykonanie ćwiczenia

Ćwiczenie polega na wprowadzeniu programu obróbki detalu z wykorzystaniem elementów obróbki 5-osiowej. Rysunek przedmiotu przekaze prowadzący ćwiczenia. W ramach ćwiczenia należy wykonać następujące czynności:

1. Czynności przygotowawcze

- przyjąć i wrysować położenie podstawowego układu współrzędnych przedmiotu,
- dobrać narzędzia i parametry obróbki,
- zdefiniować narzędzia w tabeli narzędziowej,
- utworzyć nowy program,
- zdefiniować półfabrykat,
- wywołać narzędzie,
- wykonać operacje obróbkowe bez obrotu i przesunięcia układu współrzędnych,
- wykonać operacje obróbkowe z pochyleniem płaszczyzn obróbki, z wykorzystaniem cykli przesunięcia układu współrzędnych i pochylenia układu współrzędnych funkcja PLANE
- usunąć pochylenie płaszczyzny obróbki.

5. Przygotowanie do ćwiczeń

Przed przystąpieniem do ćwiczenia niezbędna jest znajomość:

- doboru narzędzi i parametrów obróbki,
- układów współrzędnych obrabiarek,
- podstaw programowania obrabiarek w układzie typu TNC,
- tematyki zawartej w tej instrukcji.

6. Sprawozdanie

Sprawozdanie powinno zawierać:

- datę ćwiczenia nr grupy i podgrupy,
- nazwiska osób biorących udział w ćwiczeniu,
- rysunek przedmiot z zaznaczonym układem współrzędnych,
- wydruk programu,
- wnioski.

7. Literatura

Instrukcje do poprzednich ćwiczeń z programowania w układzie TNC, zwłaszcza „Podstawy programowania” oraz „Programowanie wykorzystanie cykli obróbkowych”