

**Politechnika Poznańska
Instytut Technologii Mechanicznej**

Laboratorium

Programowanie Obrabiarek CNC

Nr 2

**Programowanie obróbki w układzie typu TNC
z wykorzystaniem zarysów swobodnych**

Opracował:
Dr inż. Wojciech
Ptaszyński

Poznań, 15 października 2022

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z możliwością programowania zarysów swobodnych tzn. takich, których bezpośrednie określenie współrzędnych poszczególnych elementów konturu nie jest możliwe. Również w tym ćwiczeniu zapoznamy się z podstawami programowania cykli obróbkowych zarysów dowolnych w układzie sterowania TNC firmy Heidenhain.

2. Programowanie zarysów swobodnych FK (free contour)

W programowaniu ogólnym (szare klawisze L, C, CR itp.) programując ruch narzędzia po konturze należy zawsze podawać współrzędne końca ruchu (elementu zarysu, po którym porusza się narzędzie). Z rysunków przedmiotów te współrzędne nie zawsze da się odczytać w prosty sposób. Aby uniknąć konieczności stosowania skomplikowanych obliczeń geometrycznych w układzie sterowania typu TNC wprowadzono programowanie zarysów swobodnych, nazywanych często FK - elastyczny kontur.

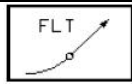
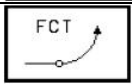
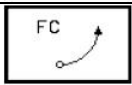
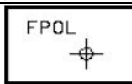
Przy programowaniu zarysu swobodnego, jeśli nie są podane w sposób jawny współrzędne końca elementu konturu to nie trzeba je podawać, ale muszą one wynikać z położenia poprzednich i następnych elementów konturu. W czasie edycji zarysu na podglądzie grafiki elementy zarysu mogą być rysowane trzema kolorami:

- białym - element jest jednoznacznie określony,
- zielonym – występuje skończona liczba rozwiązań. W tym przypadku możliwe jest przy pomocy klawisza ekranowego SHOW wyświetlenie następnego rozwiązania lub przy pomocy klawisza FSELECT wybór danego rozwiązania,
- czerwonym – występuje nieskończona liczba rozwiązań, muszą być wprowadzone jeszcze inne dane lub następne elementy konturu, które pozwolą jednoznacznie określić cały kontur.

Przy programowaniu zarysów swobodnych należy przestrzegać następujących zasad:

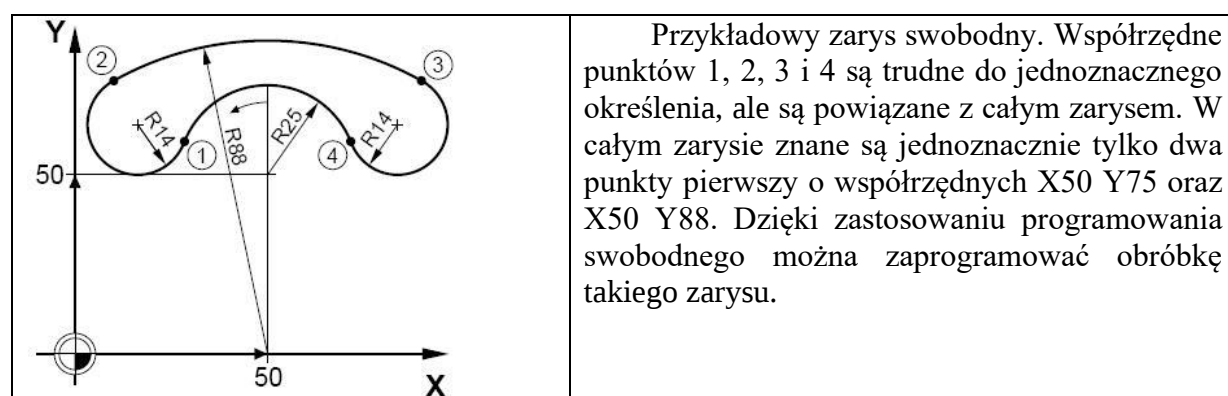
- elementy zarysu muszą leżeć w płaszczyźnie prostopadłej do osi narzędzia zdefiniowanej w bloku BLK FORM,
- należy wprowadzać wszystkie znane dane danego elementu zarysu, nawet dane, które nie zmieniają się w stosunku do bloku poprzedniego,
- pierwszy punkt zarysu powinien być zdefiniowany ruchem prostym (przy pomocy szarych klawiszy) do punktu zarysu o znanych współrzędnych.

W czasie programowania zarysów swobodnych można wykorzystywać następujące klawisze ekranowe:

	Programowanie linii swobodnej stycznej do poprzedniego elementu – powinna być to linia łukowa.
	Programowanie dowolnej linii swobodnej
	Programowanie swobodnej linii łukowej stycznej do poprzedniego elementu
	Programowanie dowolnej swobodnej linii łukowej
	Programowanie bieguna do współrzędnych biegunowych zarysu swobodnego

Każdy z tych elementów konturu swobodnego może posiadać następujące parametry (klawisze ekranowe – najczęściej używane):

Współrzędne kartezjańskie punktu końcowego elementu konturu			
Współrzędne biegunowe punktu końcowego elementu konturu			
Kąt pochylenia linii prostej lub stycznej do łuku			
Długość linii prostej lub łuku			
Element równoległy do innego elementu o numerze PAR i oddalony od tego elementu o DP			
Współrzędne punktów pomocniczych leżących na danym elemencie lub jego przedłużeniu			
Współrzędne punktu pomocniczego PD leżącego w odległości D od danego elementu			
Współrzędne środka łuku			
Współrzędne środka łuku w układzie Biegunowym			
Promień łuku oraz kierunek łuku			
Kąt wewnętrzny łuku			
Początek lub koniec zamkniętego zarysu			



W zapisie zarysu swobodnego z funkcjami elastycznymi możliwe jest wykorzystywanie funkcji prostych ruchu L, C, CR, jeśli poprzedni element jest jednoznacznie określony (narysowany kolorem białym) i znane są współrzędne bieżącego elementu. Możliwe jest również wykorzystywanie funkcji ścięcia i zaokrąglenia krawędzi (CHR, RND) nawet dla elementów nie zupełnie określonych (rysowanych w kolorze czerwonym).

Jeśli definiowany zarys swobodny będzie wykorzystany w cyklach do obróbki zarysów dowolnych, wówczas adresy Z, F, i M można pominąć.

Najczęściej zarysy swobodne stosowane są do programowania obróbki zarysów dowolnych przy pomocy cykli obróbkowych. Wówczas zarys musi być zapisany w podprogramach. Tego typu podprogramy zapisuje się po funkcji M2 lub M30, na końcu zapisu programu, między słowami:

LBL nnn

....

LBL 0

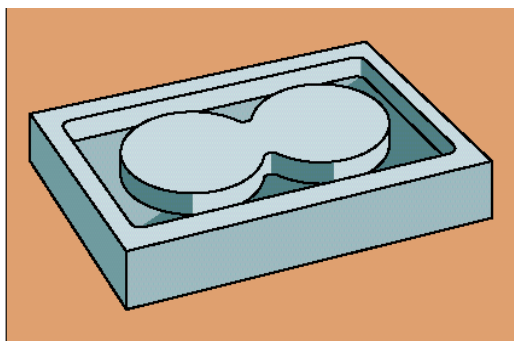
Gdzie: nnn – numer podprogramu (od 1 do 128),

LBL – etykieta wywoływana klawiszem SET LBL

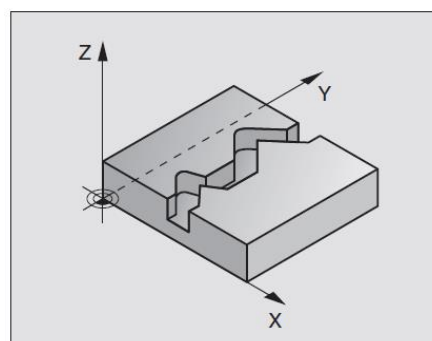
3. Frezowania dowolnych konturów

Cykle frezowania dowolnych konturów mogą być wykorzystane do obróbki zamkniętych kształtów (kieszeni z wyspami) opisanych kilkoma konturami (do 12 wysp lub kieszeni) (rys. 1).

a)



b)



Rys. 1. Przykładowe widoki złożonych zarysów: a) kieszeń z wyspami, b) ścieżka

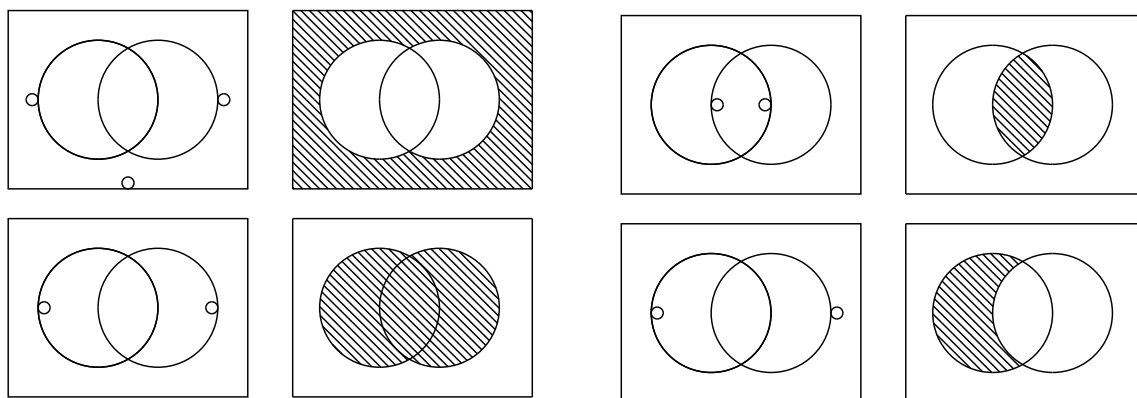
Kontury definiowane są tylko w płaszczyźnie X-Y. W blokach zapisu konturów adresy Z, F oraz M są ignorowane.

Przy definicji kieszeni narzędzie musi skrawać wewnątrz zarysu, natomiast przy definicji wyspy narzędzie musi skrawać na zewnątrz zarysu. Miejsce skrawania określa się funkcjami kompensacji promienia narzędzia (RL lub RR), które w tym przypadku określają tylko miejsce położenia narzędzia (skrawania) względem definiowanego konturu. Parametry RL lub RR wprowadza się w pierwszym bloku programu programowanego konturu.

W przypadku obróbki kieszeni i wysp wszystkie kontury muszą być zamknięte, tzn. początek konturu musi się pokrywać z jego końcem. Natomiast w przypadku obróbki ścieżki kontur może być otwarty i nie może się przecinać.

W przypadku złożonych zarysów obszar obrabiany może być definiowany przez kilku konturów gdzie obszar przeznaczony do obróbki wyznaczany jest matematycznie zależnie od położenia narzędzia względem zarysu (kompensacja RL lub RR) i jego początku (rys. 2).

Na rysunku 2 przedstawiono przykładowe definicje zarysów złożonych i wyznaczone obszary przeznaczone do obróbki (obszar zakreskowany). Małymi kółkami zaznaczono początki definicji pojedynczych konturów oraz miejsce położenia narzędzia względem konturu definiowany adresem kompensacji promienia narzędzia (RL/RR).



Rys. 2. Przykłady wyznaczania obszaru do obróbki

W celu obróbki kieszeni z wyspami (rys. 1a) należy zdefiniować następujące cykle:

- CONTOUR GEOMETRY (14) – wskazanie konturów (podprogramów), z których zbudowana jest kieszeń z wyspami,
- CONTOUR DATA (20) - Dane konturu - kieszeni (głębokość, naddatki itp.),
- ROUGH-OUT (22) - Obróbka zgrubna,
- FLOR FINISHING (23) - obróbka wykańczająca dna (opcjonalnie),
- SIDE FINISHING (24) - obróbka wykańczająca boków (opcjonalnie).

W celu obróbki ścieżki (rys. 1b) należy zdefiniować następujące cykle:

- CONTOUR GEOMETRY (14) – wskazanie konturu (podprogramu) ścieżki. Może być tylko jeden,
- CONTOUR TRAIN (25) - Obróbka ścieżki.

Każdy cykl przed użyciem musi być zdefiniowany. Wybór cyklu do definicji wykonuje się wciskając kolejno następujące klawisze:

CYCL
DEF

Rozpoczęcie definicji cyklu

↓

↑

Za pomocą klawiszy kursora wybrać odpowiedni cykl, wyświetlany w górnym wierszu ekranu lub wciskając klawisz GOTO wprowadzić jego numer

GOTO
□

1

7

ENT

W czasie wyboru oraz edycji danych cyklu należy czytać komunikaty w górnej ramce ekranu.

Cykle definiujące obróbkę w celu wykonania muszą być uruchomione (wywołane), jednym z dwóch sposobów::

- klawiszem CYCL CALL- osobny blok programu.
- funkcją M99 - w wolnej funkcji „M”

4. Cykle obróbki zarysów dowolnych

4.1. CONTOUR GEOMETRY (14) – definicja obszaru obróbki

W cyklu 14 CONTOUR GEOMETRY wskazuje się kontury, zapisane w podprogramy, z których ma powstać gotowy obszar do obróbki. Przykład zdefiniowanego cyklu:

CYCL DEF 14.0 CONTOUR GEOM

CYCL DEF 14.1 CONTOUR LABEL 1/2/3/4

Gdzie 1/2/3/4 wymienione numery podprogramów, z których wyznaczony będzie obszar do obróbki.

3.1. CONTOUR DATA (20) - Dane konturu

W cyklu CONTOUR DATA definiuje się parametry obrabianej kieszeni z wyspami takie jak (wszystkie parametry wprowadza się w adresach Q):

- MILLING DEPTH Q1 - głębokość frezowania (przyrostowo) – odległość dna zarysu od jego powierzchni górnej. Wartość zwykle ujemna.
- PATH OVERLAP FACTOR Q2 – współczynnik nakładanie się torów, Q2=1 oznacza szerokość skrawania równą promieniowi narzędzia (zalecane),
- ALLOWANCE FOR SIDE Q3 - naddatek na obróbkę wykańczającą z boku. Wprowadzając 0 – bez obróbki wykańczającej,
- ALLOWANCE FOR FLOOR Q4 - naddatek na obróbkę wykańczającą dna,
- WORKPIECE SURFACE COORDINATES Q5 - współrzędna górnej powierzchni obrabianego zarysu (absolutnie),
- SETUP CLEARANCE Q6 - bezpieczna wysokość (przyrostowo) – odstęp pomiędzy narzędziem a powierzchnią przedmiotu w chwili rozpoczęcia obróbki – ruchu roboczego. Zwykle wartość równa 2mm.
- CLEARANCE HEIGHT Q7 – druga bezpieczna wysokość (absolutnie) – odstęp bezpieczeństwa od powierzchni przedmiotu w czasie przemieszczania narzędzia do następnego elementu konturu. Po zakończeniu obróbki narzędzie odjeżdża na tę współrzędną.
- ROUNDING RADIUS Q8 - promień zaokrąglenia wewnętrznych narożników. Promień ten powinien być większy od promienia narzędzia lub 0. Jeśli wprowadzono 0 wówczas promień zaokrąglenia narożników wewnętrznych będzie taki sam jak promień narzędzia,
- DIRECTION OF ROTATION Q9 - Kierunek skrawania – Q9=+1 – współbieżnie, Q9=-1 – przeciwbieżnie.

Parametry z tego cyklu są aktywne dla cykli od 21 do 24. Cykl ten jest aktywny zaraz po zdefiniowaniu i nie wywołuje się go.

3.4. ROUGH-OUT (22) - Obróbka zgrubna

Do obróbki zgrubnej dowolnego zarysu wykorzystuje się cykl 22 ROUGH-OUT. Cykl ten wykonuje kompletną obróbkę kieszeni z wyspami. Ścieżka obróbki obliczana jest przez TNC. Nie ma znaczenia gdzie, na jakiej płaszczyźnie i w jakich współrzędnych X, Y przed wywołaniem cyklu znajduje się narzędzie. Po zdefiniowaniu cykl ten musi być wywołany. Parametrami tego cyklu są:

- PECKING DEPTH Q10 – grubość warstwy skrawanej,
- FEED RATE FOR PECKING Q11 – posuw narzędzia przy zagłębianiu. Narzędzie zagłębia się tylko pionowo dlatego też należy dobrać odpowiednie narzędzie.
- FEED RATE FOR MILLING Q12 – posuw narzędzia przy frezowaniu.

Po wywołaniu tego cyklu TNC pozycjonuje narzędzie na drugiej płaszczyźnie bezpieczeństwa nad pierwszym, wyznaczonym przez TNC, punktem zagłębiania a następnie z ruchem szybkim przemieszcza się na płaszczyznę bezpieczeństwa (retrakową) określoną parametrem Q6 w cyklu 20. Narzędzie po zagłębieniu się na pierwszą głębokość określoną parametrem Q10 z posuwem Q11 frezuje zarys kieszeni z wyspami według obliczonej ścieżki przez TNC z posuwem Q12.

Po zakończeniu obróbki na pierwszym poziomie narzędzie odjeżdża na powierzchnię zdefiniowaną parametrem Q7 a następnie przesuwają się na punkt zagłębienia i zagłębia na następną głębokość itd.. Na koniec TNC przemieszcza narzędzie na drugą bezpieczną wysokość.

W sterowaniu TNC 407 możliwe jest tylko pionowe zagłębianie się narzędzia w materiał. Dlatego też zalecane jest odpowiednie zmniejszenie posuwu zagłębiania w stosunku do posuwu frezowania. Najczęściej zalecaną wartością posuwem zagłębiania jest 25% posuwu frezowania.

3.5. Obróbka wykańczająca

Do obróbki wykańczającej dostępne są dwa cykle:

- 23 FLOR FINISHING - obróbka wykańczająca dna,
- 24 SIDE FINISHING - obróbka wykańczająca boków.

W cyklu SIDE FINISHING TNC przemieszcza narzędzie na pierwszą głębokość w pobliżu zarysu z uwzględnieniem naddatku a następnie stycznie dosuwa narzędzie do obrabianej powierzchni i usuwa pozostawiony naddatek. W cyklu tym są następujące parametry:

- DIRECTION OF ROTATION Q9 – sposób skrawania: +1 – współbieżnie, -1 – przeciwbieżnie,
- PECKING DEPTH Q10 – wartość jednego zagłębienia. Najczęściej przy obróbce wykańczającej obrabiana jest cała wysokość ścianki, o ile długość krawędzi narzędzia na to pozwala.
- FEED RATE FOR PECKING Q11 – posuw zagłębienia,
- FEED RATE FOR MILLING Q12 – posuw frezowania
- ALLOWANCE FOR SIDE Q14 – pozostawiony naddatek na kolejną obróbkę wykańczającą. Gdy wprowadzono $Q14 = 0$ wówczas obróbka wykańczająca będzie w jednym przejściu.

W cyklu FLOR FINISHING TNC przemieszcza narzędzie prostopadłe do obrabianej powierzchni a następnie usuwa pozostawiony naddatek. W cyklu tym są następujące parametry:

- FEED RATE FOR PECKING Q11 – posuw zagłębienia,
- FEED RATE FOR MILLING Q12 – posuw frezowania.

Oba cykle muszą być wywołane

3.6. CONTOUR TRAIN (25) - Obróbka ścieżki

Przy pomocy tego cyklu można obrabiać „otwarte” kontury (ścieżki). Początek konturu i jego koniec nie leżą w tym samym punkcie. Cykl ten ma następujące parametry:

- MILLING DEPTH Q1 – całkowita głębokość frezowania liczona od powierzchni górnej zarysu (przyrostowo). Wartość zwykle ze znakiem „-”,
- ALLOWANCE FOR SIDE Q3 - naddatek dla obróbki wykańczającej z boku (przyrostowo),
- WORKPIECE SURFACE COORDINATES Q5 - współrzędna powierzchni górnej obrabianego zarysu (absolutnie),
- CLEARANCE HEIGHT Q7 - bezpieczna wysokość (absolutnie),

- PECKING DEPTH Q10 – grubość warstwy skrawanej (przyrostowo). Wymiar, o jaki narzędzie zostaje każdorazowo zagłębione w materiał.
- FEED RATE FOR PECKING Q11 - posuw narzędzia przy zagłębianiu,
- FEED RATE FOR MILLING Q12 - posuw narzędzia przy frezowaniu.
- CLIMB OR UP-CUT Q15 - rodzaj frezowania: -1 przeciwbieżnie, +1 – współbieżnie, 0 – frezowanie naprzemienne przy kilku przejściach tam i z powrotem.

Cykl ten wymaga wywołania.

4. Przebieg ćwiczenia

Po otrzymaniu od prowadzącego ćwiczenia rysunku przedmiotu należy kolejno:

- przyjąć i wrysować na przedmiocie początek układ współrzędnych,
- dobrać narzędzia i parametry obróbki (prędkości skrawania, posuw na ostrze, głębokość skrawania),
- obliczyć parametry obróbki (prędkość obrotową wrzeciona, posuw minutowy),
- bezpośrednio w układzie sterującym obrabiarki utworzyć program zawierający zapisu konturów w podprogramach
- skopiować program w celu sporządzenia sprawozdania.

5. Przygotowanie

Przed przystąpieniem do ćwiczenia niezbędna jest znajomość:

- budowy układów współrzędnych obrabiarek,
- podstaw programowania obrabiarek w układzie sterowania typu TNC firmy Heidenhain,
- podstaw obróbki skrawaniem (dobór narzędzi i parametrów obróbki),
- podstawowych elementów zarysu swobodnego i jego elementów.

5. Sprawozdanie

Sprawozdanie powinno zawierać:

- datę ćwiczenia nr grupy i podgrupy,
- nazwiska osób biorących udział w ćwiczeniu,
- rysunek przedmiot z zaznaczonym układem współrzędnych,
- lista narzędzi z dobranymi parametrami obróbki,
- wydruk programu z opisem zastosowanych funkcji i parametrów,
- wnioski.

7. Literatura

Instrukcje do ćwiczenia: Podstawy programowania dialogowego w układzie sterowania typu TNC 407 firmy Heidenhain