

**Politechnika Poznańska
Instytut Technologii Mechanicznej**

Programowanie obrabiarek CNC

Nr 3

Obróbka z wykorzystaniem cykli obróbkowych

Opracował:
Dr inż. Wojciech Ptaszyński

Poznań, 2015-03-05

1. Cel ćwiczenia

Celem tego ćwiczenia jest zapoznanie się z programowaniem obrabiarek z wykorzystaniem cykli obróbkowych. W ramach tych ćwiczeń omawiane będą następujące zagadnienia: podstawowe cykle obróbkowe, zasady wykorzystywania cykli, cykle obróbkowe w układach sterujących Sinumerik

2. Cykle stałe we frezarkach ze sterowaniem firmy Fanuc

2.1. Wprowadzenie

Cykle stałe są to na stałe zaprogramowane i przechowywane w pamięci układu sterującego sekwencje operacji, które mogą być wywołane poprzez pojedyncze funkcje przygotowawcze lub podprogramy. Są one stosowane do zmniejszenia czasu programowania powtarzających się operacji.

W zapisie standardowym programu NC (Fanuc) cykлом przypisano funkcje przygotowawcze od G73 do G89 (tabela 1). Są to cykle wiercenia, rozwiercania, wytaczania i gwintowania. Funkcje cykli są funkcjami modalnymi dzięki temu ułatwiają wykonywanie większej liczby takich samych otworów. W pierwszym bloku podaje się parametry wykonywania otworu oraz współrzędne pierwszego otworu natomiast w następnych blokach programu wystarczy podać tylko współrzędne X i Y następnego otworu. Zakończenie działania cyklu wykonuje się funkcją przygotowawczą G80.

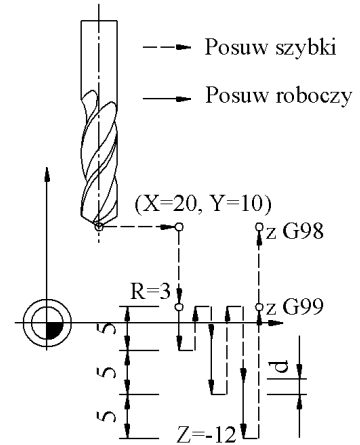
Tabela 1. Funkcje przygotowawcze cykli stałych (Fanuc)

Nr funkcji	Nazwa
G81	Wiercenie, nawiercanie
G82	Wiercenie z przerwą czasową na dnie
G83	Wiercenie z odwiórowaniem
G73	Wiercenie z łamaniem wióra
G74	Gwintowanie lewego gwintu z uchwytem kompensującym
G84	Gwintowanie prawego gwintu z uchwytem kompensującym
G85	Rozwiercanie
G86	Wytaczanie z zatrzymaniem wrzeciona przy wycofaniu
G88	Wytaczanie z ręcznym wycofaniem narzędzia z otworu
G76	Wytaczanie wykańczające
G87	Wytaczanie w ruchu powrotnym
G89	Wytaczanie z przerwą czasową na dnie
G80	Wykasowanie cyklu
G98	Wycofanie narzędzia na płaszczyznę początkową
G99	Wycofanie narzędzia na płaszczyznę retrakową

2.2. Wiercenie głębokiego otworu z odwiórowaniem G83

Ten cykl jest wykorzystywany do wiercenia głębokich otworów, gdy występuje konieczność odwiórowania (usunięcia wióra z otworu) w celu zapobieżenia złamania wiertła. Po wywołaniu tego cyklu wykonywane są następujące czynności (rys. 1):

- przemieszczenie narzędzia z posuwem szybkim nad otwór o współrzędne X i Y,
- przemieszczenie narzędzia z posuwem szybkim na płaszczyznę retrakową R,
- zagłębienie narzędzia w materiał z posuwem roboczym na pierwszą głębokość określoną w adresie Q,
- wysunięcie narzędzia z posuwem szybkim na płaszczyznę retrakową w celu usunięcia wióra,
- przemieszczenie narzędzia z posuwem szybkim w otwór na współrzędną pierwszego zagłębienia z zachowaniem odstępu bezpieczeństwa o wartości d, która jest ustawiona w parametrach maszyny,
- następnie powtarzane są trzy poprzednie czynności, aż zostanie osiągnięta współrzędna dna otworu podana w adresie Z,
- wysunięcie narzędzia na płaszczyznę retrakową lub wywołania zależnie od funkcji G99 lub G98.



Rys. 1. Cykl wiercenia z odwiórowaniem G83

Format zapisu tego cyklu wygląda następująco:

G83 X... Y... Z... Q... R... F...

gdzie: X, Y – współrzędne otworu na płaszczyźnie roboczej,
 Z – współrzędna Z dna otworu,
 Q – wartość jednego zagłębienia,
 R – współrzędna Z płaszczyzny retrakowej,
 F – wartość posuwu wiercenia.

Przykład:

G83 G98 X20 Y10 Z-12 R3 Q5 F200	;definicja cyklu i współrzędne pierwszego otworu
X80 Y60	;współrzędne kolejnego otworu
G80	;zakończenie cyklu wiercenia otworów

W niektórych przypadkach nie jest wymagane wycofywanie narzędzia na płaszczyznę początkową, dlatego też są do dyspozycji dwie funkcje przygotowawcze:

- G98 – po wykonaniu obróbki narzędzie wraca na płaszczyznę początkową,
- G99 – po wykonaniu obróbki narzędzie wycofywane jest tylko na płaszczyznę retrakową.

Zastosowanie funkcji G99 skraca czas wykonania programu, gdyż po wykonaniu jednego otworu narzędzie nie przemieszcza się na płaszczyznę początkową a tylko na płaszczyznę retrakową, na której przemieszcza się nad następny otwór. Należy jednak zwrócić uwagę czy nie wystąpi kolizja narzędzia z wystającymi elementami przedmiotu i zamocowania.

Cykle stałe mogą być programowane z funkcjami przygotowawczymi G90 lub G91. Gdy użyta jest funkcja G90 zarówno płaszczyzna retrakowa jak i punkt dna otworu (Z) traktowane są jako współrzędne absolutne w osi Z. Natomiast, gdy użyta jest funkcja G91 (wymiarowanie przyrostowe), punkt R wymiarowany jest od aktualnej współrzędnej Z

(płaszczyzny początkowej) a współrzędna Z dna otworu wymiarowana jest przyrostowo od płaszczyzny retrakowej R.

3. Cykle stałe w układach sterujących Sinumerik 810D/840D

3.1. Wprowadzenie

W układzie Sinumerik 810D/840D cykle obróbkowe są zdefiniowane w postaci procedur, których parametry są podawane razem z nazwą cyklu, np.

CYCLE100(34,67,2,90)

gdzie CYCLE100 jest przykładową nazwą cyklu, natomiast w nawiasach podano wartości kolejnych parametrów tego cyklu. Mogą one być podane zarówno jako wartości stałe (konkretne liczby) lub jako zmienne (np. R-parametry). Przy podawaniu wartości parametrów cyklu może wystąpić sytuacja, kiedy możliwe jest opuszczenie któregoś parametru. Wtedy zaznacza się ten fakt przez pozostawienie pustej pozycji w liście parametrów cyklu, np.:

CYCLE100(34,,2,90)

gdzie opuszczono drugi z parametrów (domyślnie układ sterowania przypisuje mu wartość zerową). Jeżeli pomijane wartości parametrów znajdują się na końcu listy parametrów można opuścić je bez pozostawienia pustej pozycji, np.:

CYCLE100(34,67,2)

gdzie opuszczono ostatni, czwarty parametr.

Tabela 2. Frezarskie cykle stałe w układach sterujących Sinumerik 810D/840D

Nazwa	Funkcja
CYCLE81	Wiercenie, nawiercanie
CYCLE82	Wiercenie, pogłębianie
CYCLE83	Wiercenie głębokiego otworu
CYCLE84	Gwintowanie bez użycia uchwyty kompensacyjnego
CYCLE840	Gwintowanie z użyciem uchwyty kompensacyjnego
CYCLE85	Rozwiercanie
HOLES1	Rząd otworów
HOLES2	Kołowy układ otworów
CYCLE801	Macierz prostokątna otworów
SLOT1	Rowki podłużne na okręgu
SLOT2	Rowek kołowy na okręgu
POCKET1	Frezowanie kieszeni prostokątnej
POCKET2	Frezowanie kieszeni okrągłej
CYCLE72	Frezowanie konturu
CYCLE76	Frezowanie występu prostokątnego
CYCLE77	Frezowanie występu okrągłego
CYCLE71	Frezowanie płaszczyzny

Należy mieć na uwadze, że nie dla wszystkich parametrów można nie definiować ich wartości. Należy również zwracać uwagę na sposób interpretacji wartości parametrów, np. dla niektórych istotna jest nie tylko wartość ale i znak tej wartości.

W tabeli 2 zestawiono przykładowe frezarskie cykle stałe w układach sterujących Sinumerik 810D/840D.

3.2. Wywoływanie cykli obróbkowych w sterowaniach Sinumerik 810D/840D

Wywołanie cykli obróbkowych może mieć dwojaki charakter:

- niemodalny (tylko w jednym bloku);
- modalny (w każdym bloku z ruchem narzędzia aż do odwołania).

Wywołanie niemodalne polega na umieszczeniu w bloku, w którym chcemy wykonać cykl obróbkowych, adresu z nazwą cyklu i listą wartością parametrów (tak, jak przedstawiono powyżej). Jeśli w danym cyklu nie są określone współrzędne obróbki (np. współrzędne otworu) wówczas przed linią definiującą cykl narzędzie musi stać dokładnie nad otworem.

```
N10 G0 X20 Y30           ;współrzędne otworu
N20 CYCLE100(34,67,2)   ;wywołanie cyklu w aktualnym położeniu narzędzia.
```

Wywołanie modalne polega na umieszczeniu w bloku, oprócz wywołania samego cyklu, również adresu MCALL. W następnych liniach programu podaje się współrzędne kolejnych otworów i po przesunięciu narzędzia w te współrzędne automatycznie wywoływany jest cykl. Odwołanie wykonywania cyklu modalnego następuje po zaprogramowaniu adresu MCALL bez wywołania cyklu np.:

```
N10 MCALL CYCLE100(34,67,2) ; modalne przywołanie cyklu
N15 G0 X20 Y30             ; pierwsze uruchomienie cyklu
N20 Y50                    ; drugie uruchomienie cyklu
N25 Y100                   ; trzecie uruchomienie cyklu
N30 MCALL                  ; odwołanie cyklu modalnego
```

3.3. Cykle wiercenia

Cykle wiercenia obejmują zabiegi obróbki otworów przy użyciu różnych narzędzi: wiertel, pogłębiaczy, rozwiertaków, gwintowników itp.. Jest to jedyna grupa cykli, która została znormalizowana (dokładniej zaś cykle 81 do 89 podobnie jak cykle Fanuc).

Cykle wiercenia generalnie działają wg następującego schematu (podobnie jak cykle Fanuc):

1. Ustawienia narzędzia nad otworem,
2. Dosunięcie ruchem szybkim narzędzia w osi Z do płaszczyzny bezpiecznej (tj. w bezpiecznej odległości od materiału),
3. Obróbka ruchem roboczym do zadanej głębokości,
4. Wycofanie ruchem szybkim narzędzia do płaszczyzny wycofania (tj. płaszczyzny, na której może się odbywać ruch narzędzia bez ryzyka kolizji) bez wyłączania obrotów wrzeciona.

W parametrach cykli występuje płaszczyzna odniesienia – jest to płaszczyzna, od której teoretycznie narzędzie powinno rozpocząć obróbkę, jednak z uwagi na bezpieczny dojazd do materiału obrabianego faktycznie ten ruch rozpoczyna się od płaszczyzny bezpiecznej.

3.4. Wiercenie, nawiercanie CYCLE81

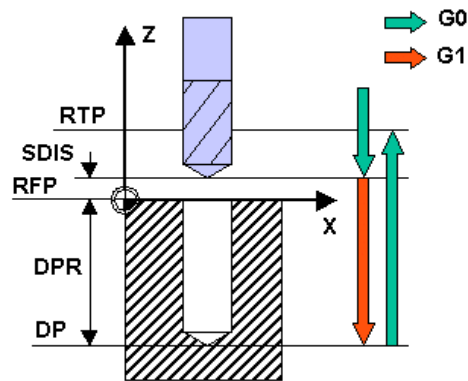
Cykl CYCLE81 jest najprostszym wśród cykli wiertarskich. Stosowany jest przede wszystkim do wiercenia otworów o małej głębokości, wytaczania zgrubnego a także nawiercania (wykonywania nawiercania przed właściwym zabiegiem wiercenia). Format wywołania tego cyklu wygląda następująco:

CYCLE81(RTP, RFP, SDIS, DP, DPR)

Gdzie:

- RTP - Płaszczyzna wycofania (absolutnie)
- RFP - Płaszczyzna odniesienia (absolutnie)
- SDIS - Odstęp bezpieczeństwa (przyrostowo, bez znaku)
- DP* - Ostateczna głębokość wiercenia (absolutnie)
- DPR* - Ostateczna głębokość wiercenia (przyrostowo, bez znaku)

Parametry oznaczone * mogą być pominięte.



Rys. 2. Cykl wiercenia CYCLE81

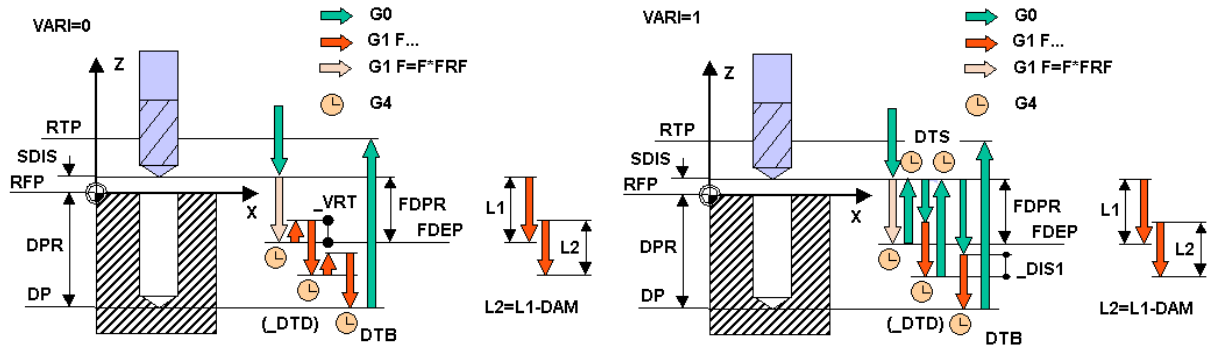
3.5. Wiercenie głębokiego otworu z odwiórowaniem CYCLE83

Cykl CYCLE83 jest przeznaczony do obróbki tzw. otworów głębokich, tj, takich, w których stosunek głębokości do średnicy przekracza wartość $1,5 \div 2$. Wtedy narzędzie nie może od razu wiercić na pełną głębokość, konieczne jest kilkukrotne wejście narzędzia w materiał. Możliwe są dwa rodzaje wiercenia głębokiego:

- z łamaniem wióra (rys. 3a) – po osiągnięciu częściowej głębokości następuje zatrzymanie posuwu przy włączonych obrotach wrzeciona (z ewentualnym wycofaniem narzędzia o pewną wartość ($_VRT$) dzięki temu następuje złamanie wióra i łatwiejsze usunięcie go z wierzonego otworu. Po zadanym czasie postoju następuje wiercenie do kolejnej głębokości wiercenia,
- z usuwaniem wiórów (rys. 3b) – po osiągnięciu częściowej głębokości wiercenia następuje wycofanie narzędzia z otworu. Po zadanym czasie postoju ruchem szybkim narzędzie powraca na poprzednią głębokość (pomniejszoną o odstęp bezpieczeństwa) i wierci do kolejnego poziomu obróbki.

a)

b)



Rys. 3. Cykl wiercenia CYCLE83: a) z łamaniem wióra, b) z usuwaniem wiórów

Wybór jednej z powyższych strategii (jak również degresji głębokości wiercenia) zależy od głębokości otworu, jego średnicy, usytuowania (poziomy, pionowy), materiału obrabianego, sposobu chłodzenia (zewnętrzne, przez rdzeń wiertła) itp.

Format wywołania cyklu CYCL83 pokazano poniżej:

CYCLE83(RTP, RFP, SDIS, DP, DPR, FDEP, FDPR, DAM, DTB, DTS, FRF, VARI, _AXN, _MDEP, _VRT, _DTD, _DIS1)

gdzie:

- RTP - Płaszczyzna wycofania (absolutnie)
- RFP - Płaszczyzna odniesienia (absolutnie)
- SDIS - Odstęp bezpieczeństwa (przyrostowo, bez znaku)
- DP* - Ostateczna głębokość wiercenia (absolutnie)
- DPR* - Ostateczna głębokość wiercenia (przyrostowo, bez znaku)
- FDEP* - Pierwsza głębokość wiercenia (absolutnie)
- FDPR* - Pierwsza głębokość wiercenia (przyrostowo, bez znaku)
- DAM - Degresja (zmniejszanie) głębokości wiercenia (bez znaku)
- DTB* - Czas oczekiwania na głębokości wiercenia (łamanie wiórów)
- DTS* - Czas oczekiwania początkowym (odwiórowanie)
- FRF* - Współczynnik posuwu dla pierwszej głębokości wiercenia (0,001...1)
- VARI - Rodzaj obróbki: 0 - Łamanie wiórów,
1 - Usuwanie wiórów,
- _AXN* - Oś narzędzia: 1, 2 lub 3 oś geometryczna (lub zadana funkcjami G17/G18/G19)
- MDEP* - Minimalna głębokość jednego wiercenia,
- _VRT* - Droga wycofania przy łamaniu wiórów (VARI = 0),
- _DTD* - Czas postoju na ostatniej głębokości wiercenia,
- _DIS1* - Odstęp od materiału przy wejściu po odwiórowaniu (VARI = 1):
Zadany > 0
Obliczony automatycznie = 0.

Pierwsza głębokość wiercenia, w zależności od głębokości otworu, przyjmowana jest w granicach $1,5 \div 2,5D$. Przy większej wartości można zmniejszać posuw (FRF). Zmniejszanie posuwu może być również stosowane przy wierceniu otworów w odlewach z nieusuniętym naskórkim (zwykle o większej twardości niż rdzeń).

3.6. Gwintowanie otworów gwintownikiem

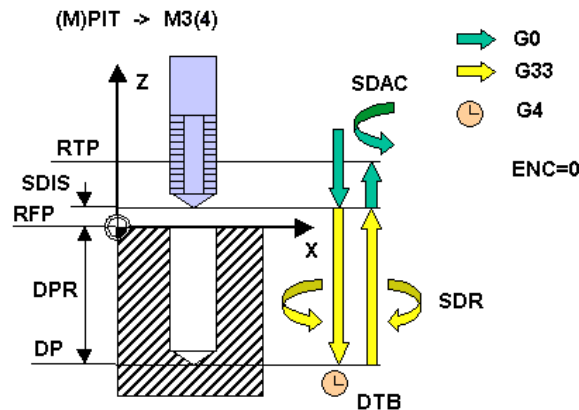
Do gwintowania otworów gwintownikiem przewidziano dwie funkcje przygotowawcze:

- CYCLE840 - gwintowanie z użyciem uchwytu kompensacyjnego,

- CYCLE84 – gwintowanie bez użycia uchwyty kompensacyjnego.

Oprawka kompensacyjna umożliwia osiową kompensacją długości narzędzia wynikającą z niedokładności sprzężenia ruchu obrotowego i posuwowego narzędzia.

Cykl CYCLE840 może być stosowany wtedy, gdy wrzeciono przewidziane do gwintowania jest technicznie w stanie przejść na pracę z regulacją położenia kąowego (specjalnie przygotowane przez producenta obrabiarki). Cykl ten może być wykonany kilkakrotnie dla danego otworu w celu wygładzenia gwintu.



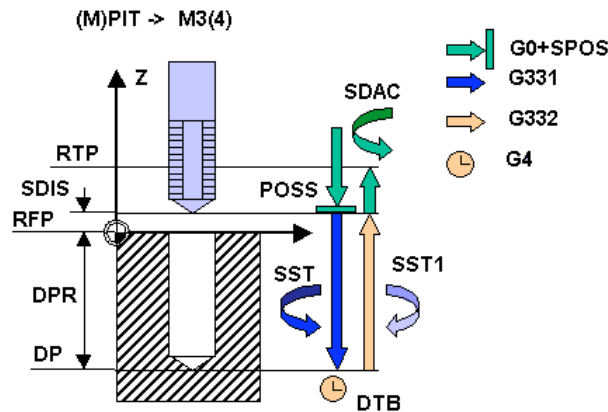
Rys. 4. Cykl gwintowania CYCLE840

Format zapisu cyklu wygląda następująco:

CYCLE840(RTP, RFP, SDIS, DP, DPR, DTB, SDR, SDAC, ENC, MPIT, PIT)

- RTP - Płaszczyzna wycofania (absolutnie)
- RFP - Płaszczyzna odniesienia (absolutnie)
- SDIS - Odstęp bezpieczeństwa (przyrostowo, bez znaku)
- DP* - Ostateczna głębokość gwintowania (absolutnie)
- DPR* - Ostateczna głębokość gwintowania (przyrostowo, bez znaku)
- DTB* - Czas oczekiwania na pełnej głębokości gwintu
- SDR - Kierunek obrotów dla wycofania:
 - 0 – automatyczne odwrócenie kierunku obrotów;
 - 3 – dla M3;
 - 4 – dla M4;
- SDAC - Kierunek obrotów po zakończeniu cyklu: 3 (M3), 4 (M4) lub 5 (M5)
- ENC - Gwintowanie otworu:
 - 0 – z kodem – możliwość wielokrotnego przejścia,
 - 1 – bez kodera,
- MPIT* - Skok gwintu jako wielkość metryczna. Zakres wartości: 3 (M3)...48 (M48)
- PIT* - Skok gwintu jako skok. Zakres wartości: 0,001 ... 2000,000 mm

Cykl CYCL840 wykorzystuje się jednak rzadziej niż CYCLE84 z użyciem uchwyty kompensacyjnego.



Rys. 5. Cykl gwintowania CYCLE84

Format zapisu tego cyklu wygląda następująco:

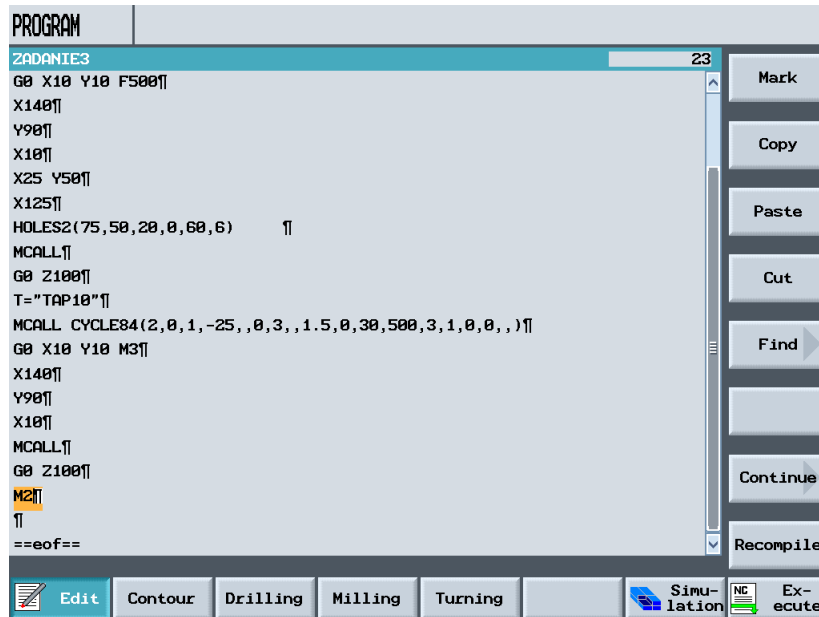
CYCLE84(RTP, RFP, SDIS, DP, DPR, DTB, SDAC, MPIT, PIT, POSS, SST, SST1, _AXN)

Gdzie:

- RTP - Płaszczyzna wycofania (absolutnie)
- RFP - Płaszczyzna odniesienia (absolutnie)
- SDIS - Odstęp bezpieczeństwa (przyrostowo, bez znaku)
- DP* - Ostateczna głębokość gwintowania (absolutnie)
- DPR* - Ostateczna głębokość gwintowania (przyrostowo, bez znaku)
- DTB* - Czas oczekiwania na głębokości ostatecznej (łamanie wiórów)
- SDAC - Kierunek obrotów po zakończeniu cyklu : 3 (M3), 4 (M4) albo 5 (M5)
- MPIT* - Skok gwintu jako oznaczenie gwintu metrycznego (z przedznakiem):
Zakres wartości: 3 (dla M3) ... 48 (dla M48),
Przedznak określa kierunek zwoju gwintu („+” prawy, „-”, lewy),
- PIT* - Skok gwintu jako wartość skoku (z przedznakiem):
Zakres wartości: 0,001 ... 2000,000 mm,
Przedznak określa kierunek zwoju gwintu („+” prawy, „-”, lewy),
- POSS - Pozycja wrzeciona dla zorientowanego zatrzymania (w stopniach)
- SST - Prędkość obrotowa wrzeciona dla gwintowania,
- SST1 - Prędkość obrotowa wrzeciona dla wycofania,
- _AXN* - Oś narzędzia: 1, 2 lub 3 oś geometryczna (lub zdefiniowana przez G17/G18/G19)

4. Edycja i wywoływanie cykli w układzie sterowania Sinumerik 810D/840D

W nowszych układach sterujących Sinumerik 810D/840D wprowadzono możliwość edycji cykli obróbkowych ze wspomaganie graficznym. W czasie edycji programu w dolnym menu dostępne są następujące klawisze wyboru grup cykli:



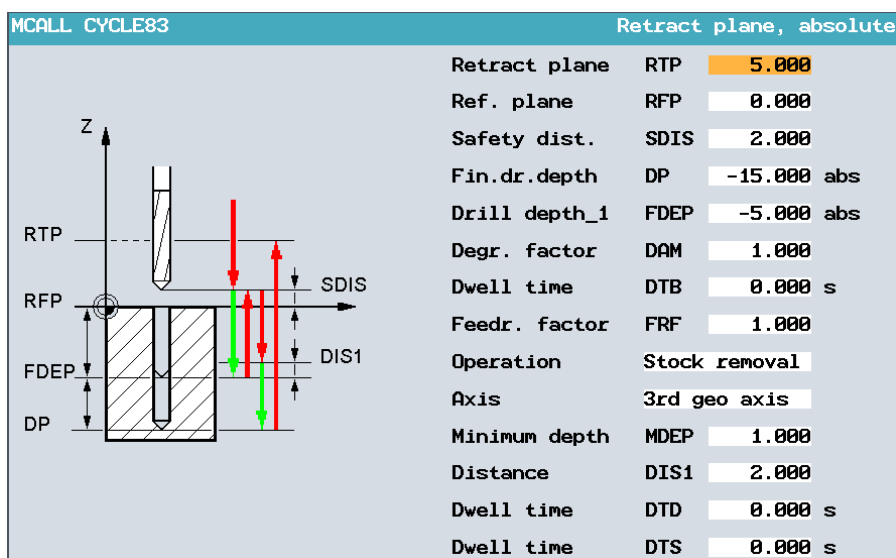
Rys. 6. Widok ekranu edycji programów

Contour	Funkcje obróbki konturów dowolnych
Drilling	Cykle obróbki otworów
Milling	Cykle frezowania prostych kształtów (kieszenie, wyspy)
Turning	Cykle toczenia


Wybierając opcję wiercenia na dolnym pasku w bocznym menu dostępne są następujące funkcje:


Drilling centering	Wiercenie proste, nawiercanie
Deep hole drilling	Wiercenie głębokich otworów
Boring	Rozwiercanie
Tapping	Gwintowanie
Hole pattern pos.	Cykle pozycjonowania cykli obróbki otworów wg. wzorów np. po okręgu, prostokącie itp.

Po wybraniu cyklu na ekranie zostanie wyświetlone okno edycji parametrów cyklu.




Rys. 6. Okno edycji cyklu CYCLE83 – głębokie wiercenie

W czasie edycji cyklu w górnej linii tego okna wyświetlana jest podpowiedź do aktualnie edytowanego parametru. W czasie edycji parametrów, zależnie od cyklu, w bocznym menu dostępne są dodatkowe opcje. Dostępny jest również klawisz , który powoduje, że dany cykl będzie wywoływany modalnie, tzn. będzie aktywny aż do odwołania.

Jeśli w nie ma błędów formalnych we wprowadzanych parametrach cyklu, w bocznym menu dostępny jest klawisz . Po zaakceptowaniu danych w linii programu, w którym był kursor w czasie wywołania ekranu edycji cyklu, wprowadzona zostanie linia z zapisem danego cyklu np.:

MCALL CYCLE83(2,0,1,-25,,0,3,,1.5,0,30,50,3,1,0,0,,)

Jeśli istnieje konieczność poprawy parametrów danego cyklu, można je poprawić bezpośrednio w linii programu, lub po ustawieniu kursora na danej linii z zapisem cyklu, wciskając klawisz  wywołać ponownie okno edycji parametrów tego cyklu.

5. Wykonanie ćwiczenia

Aby dane ćwiczenie było zaliczone jako poprawne należy poprawnie wykonać następujące zadania:

- na rysunku przedmiotu, otrzymanego od prowadzącego zajęcia, należy wrysować układ współrzędnych,
- dobrać narzędzia i parametry obróbki,
- wprowadzić w programie SinuTrain do tabeli narzędzi dobrane narzędzie,
- opracować program wiercenia otworów z wykorzystaniem cyklu wiercenia głębokiego z modalnym wywołaniem cyklu,
- opracować program gwintowania otworów,
- opracować program wykonania załamań krawędzi otworów,
- przeprowadzić symulację graficzną w trybie edycji i pracy obrabiarki.

6. Wymagania

Przed przystąpieniem do ćwiczenia wymagana jest wiedza z zakresu:

- podstaw obróbki skrawaniem: dobór narzędzi, parametrów skrawania oraz obliczania parametrów obróbki,
- podstaw technologii obróbki: wiercenie głębokich otworów, gwintowanie,
- podstawy programowania obrabiarek CNC,
- zapis i zasady korzystania z cykli obróbkowych.

Do poprawnego wykonania ćwiczenia wymagane jest dobranie przed zajęciami dokładne dane narzędzia (liczba ostrzy, maksymalna głębokość skrawania a_{pmax}) parametrów obróbki (prędkość skrawania v_c , wartość posuwu na ostrze f_z) oraz wyliczenia parametrów skrawania (n – prędkość obrotowa wrzeciona i v_f – wartość prędkości posuwowej).

Dane do ćwiczenia 3:

- wymagane narzędzia: frez walcowy $\varnothing 16$, frez walcowy $\varnothing 32$, wiertło $\varnothing 6$, wiertło $\varnothing 10$,
- materiał obrabiany: stal C45.

7. Literatura

- [1] **Feld M.:** Podstawy projektowania procesów technologicznych typowych części maszyn. WNT 2008.
- [2] **Brodowicz W.:** Skrawanie i narzędzia. WSiP Warszawa 1998.
- [3] **Olszak W.:** Obróbka skrawaniem. WNT Warszawa 2008.
- [4] Instrukcja do ćwiczenia nr 1 i 2