

**Politechnika Poznańska
Instytut Technologii Mechanicznej**

Obrabiarki CNC

Nr 1

**Podstawy programowania dialogowego
w układzie sterowania firmy Heidenhain**

Opracował:
Dr inż. Wojciech Ptaszyński

Poznań, 02 grudnia 2022

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z podstawami programowania dialogowego w układzie sterowania typu TNC firmy Heidenhain. Ćwiczenie obejmuje poznanie adresów programu takich jak: BLK FORM, TOOL DEF, TOOL CALL, L, C, CC, CR, CT, CHF, RND, F, M, R, S, X, Y, Z.

2. Obsługa układu sterowania TNC 407

Obrabiarka FYN50ND wyposażona jest w układ sterowania TNC 407 firmy Heidenhain. Jest to komputerowy układ sterowania (CNC) z interpolacją liniową, kołową oraz helikalną. Układ ten umożliwia sterowanie maksymalnie 5 osiami ale maksymalnie 3 osiami jednocześnie. Zależnie od aktualnej konfiguracji obrabiarka pracuje z 3 lub 4 osiami (X, Y, Z i stół obrotowy oś A). Bezpośrednio w układzie sterowania możliwe jest przygotowanie programów sterujących NC w dialogowym języku programowania klartex firmy Heidenhain. Na rys. 1 przedstawiono widok klawiatury układu sterowania a najważniejsze klawisze przedstawiono w tabelach.



Rys. 1. Klawiatura układu sterowania TNC 407

Tabela 1. Tryby pracy obrabiarki

Symbol	Funkcja	Opis
	Obsługa ręczna	Funkcja ta wykorzystywana jest do ręcznej zmiany położenia narzędzia przy pomocy przycisków osi konsoli obrabiarki
	Praca z kółkiem elektronicznym	Funkcja ta wykorzystywana jest do ręcznej zmiany położenia narzędzia przy pomocy kółka elektronicznego
	Programowanie MDI	Programowanie MDI umożliwia wprowadzanie krótkich programów sterujących w celu zmiany położenia narzędzia w ruchu sterowanym
	Praca programu blokowo	Wykonywanie programu sterującego blokowo. Po wykonaniu jednego bloku program zostaje zatrzymany. Wykonanie następnego bloku następuje po naciśnięciu klawisza START
	Praca ciągła	Wykonywanie programu sterującego w sposób ciągły
	Programowanie i edycji	Umożliwia wprowadzanie nowego programu lub edycję istniejącego programu
	Symulacja programu	Umożliwia uruchomienie symulacji graficznej działania programu w celu sprawdzenia jego poprawności

Tabela 2. Operacje na plikach

Symbol	Funkcja	Opis
	Wyświetlenie listy programów	Umożliwia wybór programu do edycji, rozpoczęcie edycji nowego programu – w trybie edycji oraz wybór programu do pracy
	Usunięcie programu	Umożliwia trwałe usunięcie programu z pamięci
	Wymiana danych	Umożliwia połączenie układu TNC z urządzeniami zewnętrznymi (np. komputerem) w celu wymiany danych

Tabela 3. Klawisze edycyjne i numeryczne

Symbol	Funkcja
   	Przesuwanie kursora
	Skok kursora do podanej linii programu
	Pominięcie wartości
	Zatwierdzenie wartości
	Zakończenie edycji bloku programu
	Usunięcie bloku programu
	Wykasowanie wartości numerycznej z edytowanego pola
 ... 	Wybór osi współrzędnych
	Wprowadzanie wartości współrzędnych przyrostowo
	Współrzędne biegunowe
 ... 	Wartości numeryczne
	Przecinek
	Zmiana znaku wartości numerycznej
	Wprowadzenie parametru lub funkcji matematycznej

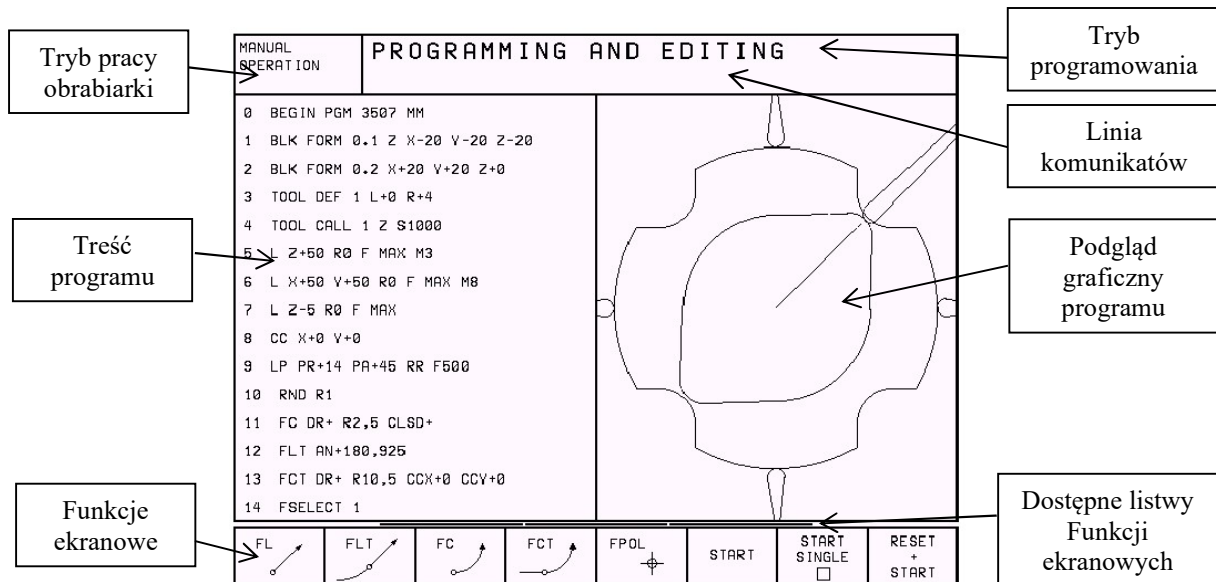
Tabela 4. Programowanie drogi narzędzia (szare klawisze)

Symbol	Funkcja
	Linia prosta
	Środek okręgu lub określenie początku układu współrzędnych biegunowych
	Okrąg o znanym środku zdefiniowanym funkcją CC
	Okrąg o znanym promieniu
	Okrąg styczny do poprzedniego elementu
	Ścięcie krawędzi
	Zaokrąglenie krawędzi

Tabela 5. Edycja narzędzi

Symbol	Funkcja
 	Definicja narzędzia oraz wywołanie narzędzia
 	Określenie kompensacji promienia narzędzia: prawostronnej R, i lewostronnej L

Na rys. 2 pokazano przykładowy widok ekranu układu sterowania. Ekran ten podzielony jest na kilka okien.



Rys. 2. Ekran edycji programu

Wybór funkcji ekranowych następuje klawiszami znajdującymi się pod ekranem. Zmianę ekranów (trybu pracy i trybu programowania) można dokonać klawiszem (obok ekranu).

Wygląd ekranu można zmienić klawiszem

Wyświetlenie następnych listw funkcji ekranowych następuje klawiszami (

3. Podstawy programowania w układach TNC

3.1. Układy współrzędnych

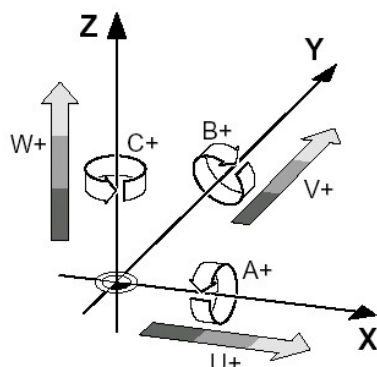
Podstawowym układem współrzędnych w obrabiarkach sterowanych numerycznie jest układ prostokątny kartezjański rys. 3a. Układ ten związany jest z przedmiotem obrabianym. Początek układu przyjmowany jest przez programistę i oznaczany symbolem jak obok.



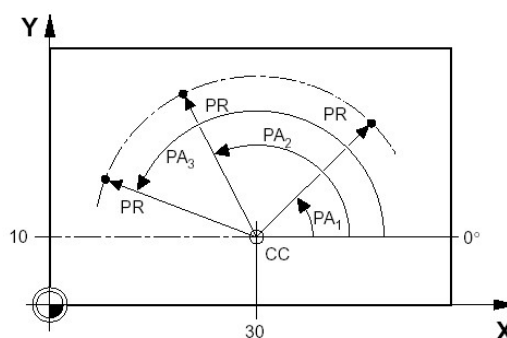
W układach TNC możliwe jest również programowanie we współrzędnych biegunowych, gdzie współrzędnymi punktu na płaszczyźnie są: promień (słowo PR) i kąt (słowo PA) (rys. 3b.). Układ współrzędny biegunowy przydatny jest np. w przypadku programowania obróbki otworów rozmieszczonych na okręgu lub obróbki wielokątów.

Programowanie ruchu we współrzędnych biegunowych możliwe jest po naciśnięciu pomarańczowego klawisza „P” (Polar) bezpośrednio po wciśnięciu klawisza programowania ruchu (L, C itp.). Przed użyciem współrzędnych biegunowych musi być zdefiniowany początek współrzędnych biegunowych adresem CC (klawisz CC).

a)



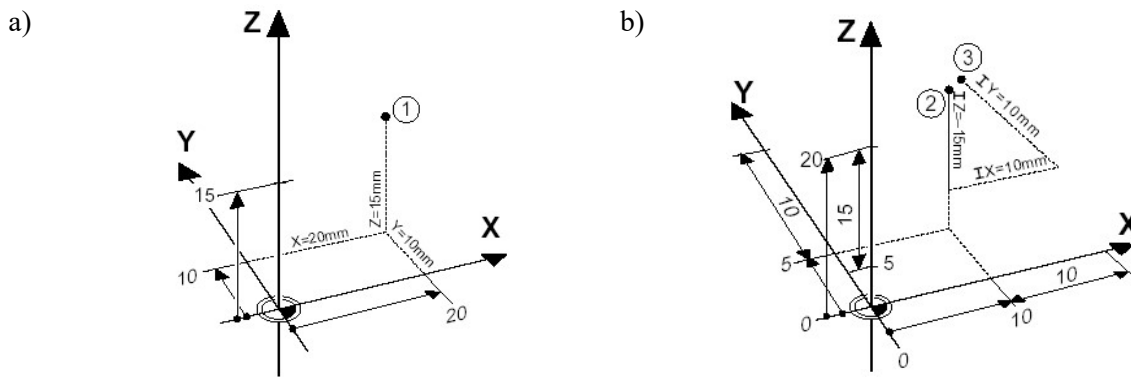
b)



Rys. 3. Rodzaje układów współrzędnych w układzie sterowania typu TNC:

a) podstawowy układ współrzędnych, b) biegunowy

Wymiarowanie położenia narzędzia może odbywać się absolutnie – względem początku układu współrzędnych (rys. 4a) lub przyrostowo – względem poprzedniego położenia (rys. 4b). W programie TNC wymiarowanie przyrostowe jest stosowane wówczas gdy przed literą (adresem) współrzędnej (X, Y, Z, PR, PA itp.) zostanie wprowadzona literka „I” poprzez naciśnięcie pomarańczowego klawisza „I” (Incremental).



Rys. 4. Sposoby wymiarowania:

a) absolutne (od początku układu współrzędnych), b) przyrostowe (od położenia poprzedniego)

3.2. Edycja programu

Nowy blok programu zawsze wprowadzany jest po bloku, w którym znajduje się kursor. Nowy blok programu wprowadza się wciskając odpowiedni klawisz programowania na klawiaturze układu sterowania np. przy definicji narzędzia - TOOL DEF, przy programowaniu ruchu po linii prostej - szarego klawisza z literką L (tabela 4 i 5) itp.. Następnie należy wprowadzić niezbędne dane zależnie od rodzaju bloku odpowiadając na pytania układu sterowania (programowanie dialogowe - żółte komunikaty w górnym oknie ekranu) zatwierdzając klawiszem ENT (enter) lub pomijając klawiszem NO ENT, jeśli dany adres jest niepotrzebny. Po wprowadzeniu ostatniego słowa w bloku następuje wyjście z edycji bloku. Możliwe jest wyjście z edycji bloku klawiszem END □.

Poprawianie danego bloku możliwe jest po wciśnięciu kursora prawego lub lewego (←, →) i dalej przesunięcia kursora do słowa, które ma być edytowane. Wyjście z edycji (poprawiania) bloku możliwe jest tylko po naciśnięciu klawisza END □.

3.3. Programowanie ruchów narzędzia

W czasie programowania ruchów narzędzia należy kierować się następującymi wytycznymi:

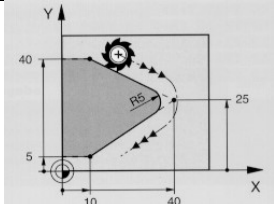
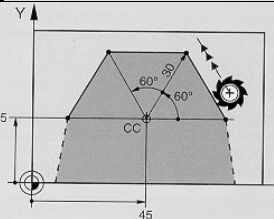
- przy programowaniu zawsze wyobrażamy sobie, że przemieszczane jest narzędzie, niezależnie od tego co rzeczywiście przemieszczane jest w obrabiarce (przedmiot czy narzędzie),
- punktem charakterystycznym narzędzia frezarskiego (punkt, którego przemieszczanie programujemy) jest punkt przecięcia osi narzędzia z płaszczyzną czołową,
- w każdym bloku ruchu narzędzia podaje się współrzędne końca ruchu,
- współrzędne oraz inne parametry, za wyjątkiem F MAX (posuw szybki), są modalne a więc jeśli nie zmieniają swoich wartości a zostały wprowadzone wcześniej można pominąć,
- gdy cały ruch odbywa się bez styczności z materiałem wykonujemy go z posuwem szybkim – wartość posuwu: F MAX. Słowo F MAX musi być w każdym bloku, który ma być wykonywany z ruchem szybkim. Jeśli pominiemy słowo F w bloku wówczas ruch będzie wykonywany z posuwem roboczym wcześniej zdefiniowanym,
- zawsze przy obróbce konturów należy stosować kompensację promienia narzędzia RR lub RL (opisane w dalszej części instrukcji),
- przy frezowaniu zarysów zewnętrznych należy programować początek ruchu tak aby narzędzie ustawiało się na daną głębokość po za materiałem.

Tabela 6. Istotne słowa występujące w blokach w programie TNC

Słowo	Opis
X, Y, Z	Współrzędne końcowe ruchu
RL/RL/R0	Kompensacja promienia narzędzia: RL – lewostronna, RR – prawostronna, R0 – wyłączona kompensacja
F	Wartość posuwu: F MAX – posuw szybki, np. F500 – posuw roboczy $v_f=500$ mm/min
M	Funkcja maszynowa. Najistotniejsze to: M2, M30 – koniec programu, M3 – włączenie obrotów wrzeciona w prawo, M4 – włączenie obrotów wrzeciona w lewo, M6 – fizyczna zmiana narzędzia, powinna być użyta przed blokiem TOOL CALL
DR	Kierunek ruchu po okręgu (dla C, CR): DR- - zgodnie z ruchem wskazówek zegara, DR+ - przeciwnie do ruchu wskazówek zegara
R	Promień łuku (dla CR)

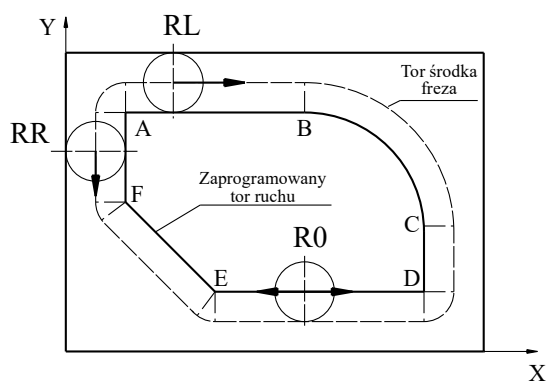
Tabela 7. Podstawowe słowa programowania ruchu używane w programie TNC

Słowo	Opis	Zapis i przykład	Szkic
L	Ruch po linii prostej Ruch szybki definiuje się wprowadzając posuw F MAX	L X... Y... Z... RL/RR F... M... 7 L X+10 Y+40 RL F200 M3 8 L IX+20 IY-15 9 L X+60 IY-10	
C CC	Ruch po linii łukowej o znanym środku Środek łuku definiowany funkcją CC	C X... Y... Z... DR... RL/RR F... M... 5 CC X+25 Y+25 6 L X+45 Y+25 RR F200 M3 7 C X+45 Y+25 DR+	
CR	Ruch po linii łukowej o znanym promieniu	CR X... Y... R... DR... RL/RR F... M... 10 L X+40 Y+40 RL F200 M3 11 CR X+70 Y+40 R+20 DR-	
CT	ruch po linii łukowej stycznej do poprzedniego elementu	CT X... Y... RL/RR... F... M... 5 L X+0 Y+25 RL F250 M3 6 L X+25 Y+30 7 CT X+45 Y+20 8 L Y+0	
CHF	załamanie krawędzi	CHF d 7 L X+0 Y+30 RL F300 M3 8 L X+40 IY+5 9 CHF 12 10 L IX+5 Y0	

RND	zaokrąglenie krawędzi	RND d 5 L X+10 Y+40 RL F300 M3 6 L X+40 Y+25 7 RND R5 F100 8 L X+10 Y+5	
LP	ruch po linii prostej w układzie biegunowym Wybór: Szary klawisz „L” a następnie pomarańczowy klawisz „P”	LP PR... PA... RL/RR F... M... 12 CC X+45 Y+25 13 LP PR+30 PA+0 RR F300 M3 14 LP PA+60 15 LP IPA+60 16 LP PA+180	

3.4. Kompensacja promienia narzędzia

Programując przemieszczanie punktu charakterystycznego narzędzia przy obróbce zarysów należy odsunąć narzędzie od zarysu o wartość promienia narzędzia. Dla ułatwienia programowania w układach sterowań obrabiarek wprowadzono funkcje kompensacji promienia narzędzia, które automatycznie odsuwają narzędzie od zaprogramowanego zarysu o wartość promienia. Stosując kompensację promienia narzędzia przy obróbce zarysów w programie podaje się współrzędne zarysu natomiast układ sterowania sam odsuwa narzędzie od zarysu w lewo (RL) lub prawo (RR) patrząc w kierunku ruchu. Wyłączenie kompensacji następuje po słowie R0 (rys. 6). Włączanie i wyłączanie kompensacji promienia narzędzia musi być wykonane w czasie ruchu narzędzia.



Rys. 6. Kompensacja promienia narzędzia

4. Opracowanie nowego programu

4.1. Przygotowanie

Przed przystąpieniem do pisania programu należy dla danego przedmiotu określić i wyrysować na rysunku początek układu współrzędnych.

Należy również dobrać narzędzia i określić parametry technologiczne pracy narzędzia (prędkość obrotowa narzędzia n , prędkość posuwu v_f , głębokość skrawania a_p , szerokość skrawania a_e).

Również należy przewidzieć sposób mocowania oraz sposób i kolejność przeprowadzania obróbki (strategie obróbkowe).

4.2. Rozpoczęcie pisania programu

Przed rozpoczęciem pisania programu należy:

- wywołać tryb edycji programu klawiszem, jak obok.
- uruchomić menadżer plików klawiszem, jak obok.
- wprowadzić nazwę programu i zatwierdzić klawiszem ENT.



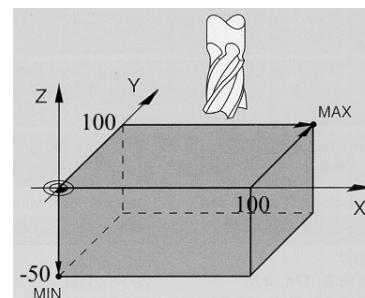
Przy pisaniu nowego programu należy określić jednostki miary (milimetry lub cale). W tym celu, na pytanie układu sterowania (żółte komunikaty w górnym oknie), należy odpowiednio wcisnąć klawisz ENT lub NO ENT.

4.3. Definicja półfabrykatu BLK FORM (dane do symulacji)

Po utworzeniu nowego programu automatycznie edytowany jest półfabrykat. Możliwe jest zdefiniowanie półfabrykatu tylko jako sześcian.

Przy definicji półfabrykatu należy podać kolejno odpowiednie parametry (na pytania układu sterowania w oknie komunikatów):

- oś obrabiarki, do której równoległa jest oś narzędzia – najczęściej „Z” (należy wcisnąć pomarańczowy klawisz Z),
- współrzędne narożników półfabrykatu w przyjętym układzie współrzędnym, najpierw o współrzędnych minimalnych a następnie maksymalnych.



1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z-50
2 BLK FORM 0.2 X+100 Y+100 Z+0

Jeśli przypadkowo zostanie usunięty jeden z wierszy bloku BLK FORM należy usunąć pozostały oraz dopisać nowy wybierając odpowiednią funkcję w menu ekranowym.

4.4. Definicja narzędzia TOOL DEF

Kolejnym krokiem jest zdefiniowanie narzędzi. Ponieważ dana obrabiarka nie jest wyposażona w magazyn narzędziowy narzędzia definiuje się bezpośrednio w programie. Definicja narzędzia w programie wykonuje się w bloku TOOL DEF (klawisz TOOL DEF). Po naciśnięciu tego klawisza należy kolejno podać:

- numer narzędzia – od 1 do 128,
- długość narzędzia L – liczona od narzędzia tzw. zerowego (na początek w czasie pisania programu można wprowadzić długość równą „0”),
- promień narzędzia R.

TOOL DEF 6 L+0 R+5; definicja narzędzia o numerze 6, długości 0 mm i promieniu 5 mm

4.5. Wywołanie narzędzia TOOL CALL

Wywołanie parametrów narzędzia, wcześniej zdefiniowanego, wykonuje się w bloku TOOL CALL. Po naciśnięciu klawisza TOOL CALL należy podać kolejno następujące parametry:

- numer narzędzia, które chcemy wywołać,
- oznaczenie osi, do której jest równoległe to narzędzie (najczęściej „Z”),
- wartość prędkości obrotowej narzędzia S, [obr/min]
- korekcja długości narzędzia DL – zwykle 0 lub można pominąć (NO ENT),
- korekcja promienia narzędzia DR - zwykle 0 lub można pominąć (NO ENT),

Przy zmianie narzędzia zalecane jest zdefiniowanie następujących bloków programu:

L Z+150 FMAX M6; ustawienie narzędzia na bezpiecznej wysokości gdzie możliwa jest zmiana narzędzia oraz wywołanie funkcji maszynowej fizycznej zmiany narzędzia M6

TOOL CALL 6 Z S2000 ; wywołanie parametrów nowego narzędzia, nr 6 równoległego do osi Z pracującego z prędkością obrotową 2000 obr/min

L X+0 Y+0 Z+50 FMAX M3; ustawienie narzędzia z posuwem szybkim w określonej, bezpiecznej pozycji oraz włączenie obrotów wrzeciona

4.6. Opracowanie treści programu

Korzystając z funkcji ruchu (tabela 7) oraz gdy jest konieczne (obróbka zarysu) kompensacji promienia narzędzia oraz cyklu wiercenia należy opracować program obróbki według otrzymanego rysunku przedmiotu.

4.7. Cykl wiercenia (1 PECKING)

W celu ułatwienia programowania zabiegów standardowych takich jak: głębokie wiercenie, gwintowanie gwintownikiem, frezowanie gniazd prostych (prostokątnych, okrągłych, fasolek) szczególnie powtarzających się operacji oraz usuwania materiału z dowolnych obszarów zamkniętych wprowadzono w układach sterowania typu TNC cykle obróbkowe. W tym ćwiczeniu stosowany będzie tylko cykl głębokiego wiercenia (z usuwaniem wiórów).

Każdy cykl przed użyciem musi być zdefiniowany. Aby zdefiniować cykl należy wybierać kolejno następujące klawisze:



rozpoczęcie definicji cyklu



za pomocą klawiszy kursora wybrać odpowiedni cykl (nazwy wyświetlane w górnej części ekranu) PECKING,



zatwierdzenie wyboru cyklu.

Dla cyklu wiercenia PECKING wprowadza się następujące parametry:

CYCL DEF 1.0 PECKING - nazwa cyklu – wpisywane automatycznie,

CYCL DEF 1.1 SET UP +2 - odległość narzędzia od materiału przed wywołaniem cyklu (zwykle 2 mm)

CYCL DEF 1.2 DEPTH -15 - głębokość otworu liczona od płaszczyzny górnej otworu (zawsze wartość ujemna),

CYCL DEF 1.3 PECKG +10 - wartość jednego zagłębienia wiertła (zwykle ϕ wiertła),

CYCL DEF 1.4 F200 - posuw wiercenia, np. $v_f = 200$ mm/min

CYCL DEF 1.5 DWELL TIME 0.2 - czas zatrzymania ruchu na dnie otworu, np. 0.2 s,

W celu wykonania obróbki cykl musi być wywołany gdy narzędzie jest ustawione dokładnie w osi wierconego otworu w odległości podanej w bloku SET UP od materiału. Po zakończeniu obróbki narzędzie zostanie ustawione w położeniu początkowym takim jak przed wywołaniem cyklu.

Cykl może być wywołany poprzez funkcje:

- CYCL CALL M... - osobny blok programu (funkcję M można pominąć),
- M99 - w słowie M funkcji ruchu (na końcu bloku).

Przykład wywołania cyklu:

```
...
L X+20 Y+20 FMAX ;      ustawienie narzędzia w osi pierwszego otworu,
L Z+2 FMAX;              ustawienie narzędzia 2 mm od materiału (górna powierzchnia
                           otworu Z=0),
CYCL CALL;               wywołanie cyklu obróbki 1 otworu,
L X+20 Y+40 FMAX M99;    ustawienie narzędzia w osi kolejnego otworu oraz wywołanie
                           cyklu funkcją M99.
...
```

4.8. Zakończenie programu

Program powinien być odpowiednio zakończony funkcją M2 lub M30. Funkcje te wyłączają wszystko co było włączone (wrzeciono, chłodziwo itp.) oraz resetują ustawienia parametrów do wartości domyślnych. Narzędzie (wrzeciono) należy ustawić w bezpiecznej pozycji. Przykładowy blok zakończenia programu:

```
L Z+150 FMAX M2
```

5. Przebieg ćwiczenia

- a) Po otrzymaniu od prowadzącego zajęcia rysunku przedmiotu należy dobrać narzędzia oraz odpowiednie dla nich parametry obróbki (prędkości skrawania oraz posuwy na ostrze).
- b) Obliczyć wymagane prędkości obrotowe wrzeciona [obr/min] oraz prędkości posuwowe [mm/min] dla wszystkich narzędzi.
- c) Przyjąć i wrysować układ współrzędnych przedmiotu na otrzymanym rysunku.
- d) Opracować bezpośrednio w układzie sterującym program obróbki części: obróbkę zgrubną, kształtującą zarys z wykorzystaniem kompensacji promienia narzędzia oraz wiercenie otworów z wykorzystaniem cyklu obróbkowego.
- e) Przeprowadzić symulację graficzną programu.
- f) Przepisać program na kartkę lub korzystając z programu TNCremo zgrać program z układu sterującego na komputer stacjonarny a następnie na dysk przenośny w celu sporządzenia sprawozdania.

6. Sprawozdanie

Sprawozdanie powinno zawierać:

- datę ćwiczenia nr grupy i podgrupy,
- nazwiska osób biorących udział w ćwiczeniu,

- dane dotyczące wybranych narzędzi i obliczonych parametrów obróbki,
- rysunek przedmiot z zaznaczonym układem współrzędnych,
- wydruk programu z opisem najważniejszych bloków,
- wnioski.

7. Przygotowanie do ćwiczeń

Przed przystąpieniem do ćwiczeń wymagana jest znajomość:

- dobierania narzędzi i parametrów obróbki,
- układów współrzędnych (kartezjański i biegunowy),
- sposobów wymiarowania położenia narzędzia (absolutny i przyrostowy),
- rodzajów ruchów możliwych do zaprogramowania,
- wymaganych składników poszczególnych bloków program

7. Literatura

1. Kosmol. J. Automatyzacja obrabiarek i obróbki skrawaniem, WNT 1995,
2. Podręcznik obsługi dla operatora. Heidenhain dialog tekstem otwartym iTNC 530. Podręcznik dostępny na stronie www.heidenhain.com
3. Lotse. Skrócona forma podręcznika operatora Heidenhain. Podręcznik dostępny na stronie www.heidenhain.com