

PRONUM

INSTRUKCJA PROGRAMOWANIA

UKŁADU STEROWANIA NUMERYCZNEGO

CNC PRONUM 640 FC

MDT Obrabiarki s.c.

05-120 Legionowo
ul. Daliowa 55

Leszek Kraśniewski: 500-294-980
Michał Kraśniewski: 514-678-054



www.mdtobrabiarki.com.pl
mdt@mdtobrabiarki.com.pl

INSTRUKCJA PROGRAMOWANIA

UKŁADU STEROWANIA NUMERYCZNEGO
FREZAREK i CENTRÓW OBRÓBCZYCH

CNC PRONUM 640 FC

LIPIEC 2014

SPIS TREŚCI.

SPIS TREŚCI.....	1
SPIS RYSUNKÓW.	3
1. STRUKTURA PROGRAMU OBRÓBK.	5
1.1. Wprowadzenie.....	5
1.2. Zgodność z normami.	6
1.3. Format programu.	7
1.4. Wprowadzanie danych.	12
1.5. Podprogramy.	15
1.6. Nazwy, komentarze i komunikaty.....	17
1.7. Programowanie parametryczne.	21
1.7.1. Wartość liczbowa parametru R.....	21
1.7.2. Operacje arytmetyczne.	23
1.7.3. Funkcje matematyczne.	24
1.7.4. Obliczanie wyrażeń złożonych.	25
1.8. Rozgałęzienia programu (skoki).	30
2. OSIE STEROWANIA.	32
3. FUNKCJE PRZYGOTOWAWCZE G.....	33
3.1. Wprowadzenie.....	33
3.2. Funkcje systemu miar - G70/G71.....	34
3.3. Funkcje wymiarowania współrzędnych - G90/G91.....	34
3.4. Funkcje wyboru płaszczyzny.	35
3.4.1. Funkcje standardowe - G17/G18/G19.....	35
3.4.2. Transformacja ortogonalna układu współrzędnych – G917/G918/G919.....	35
3.5. Funkcje kształtu toru i rodzaju posuwu.....	37
3.5.1. Funkcje ruchu ustawczego - G0/G10.....	38
3.5.2. Funkcje linii prostej - G1/G11.....	43
3.5.3. Funkcje łuku okręgu - G2/G3.....	45
3.5.3.1. Łuk okręgu określony przez promień.	49
3.5.4. Ruch po łuku linii śrubowej.....	52
3.6. Kompensacja promienia freza.....	54
3.6.1. Wprowadzenie.	54
3.6.2. Określenia i definicje.	55
3.6.3. Podstawowe zasady wyznaczania toru freza.....	57
3.6.4. Programowanie kompensacji promienia freza.....	61

3.6.4.1. Wejście na tor skompensowany.....	63
3.6.4.2. Zejście z toru skompensowanego.....	66
3.6.5. Przypadki szczególne - zmiana strony i zmiana toru.....	68
3.6.6. Ograniczenia.....	71
3.6.7. Korekcja promienia freza.....	77
3.7. Korekcja długości narzędzia.....	78
3.8. Lustrzane odbicia.....	81
3.9. Bazy i układy współrzędnych.....	84
3.9.1. Wywołanie bazy pomiarowej - funkcja G54.....	87
3.9.2. Korekcja bazy pomiarowej - funkcja G55.....	89
3.9.3. Programowanie we współrzędnych maszynowych - G53.....	91
3.9.4. Przesunięcie bazy programu - G92.....	92
3.10. Funkcje ograniczenia przestrzeni obróbki (G25, G26 i G27).....	94
3.11. Funkcja czasowego postoju - G4.....	95
3.12. Funkcje określające sposób zakończenia ruchu.....	95
3.13. Funkcja gwintowania niesynchronicznego - G63.....	97
3.14. Funkcje specjalne - G9xx.....	98
3.15. Cykle stałe - G81 do G89.....	99
3.15.1. Cykl wiercenia - G81 (L81).....	101
3.15.2. Cykl wiercenia/pogłębiania - G82 (L82).....	102
3.15.3. Cykl wiercenia głębokich otworów - G83 (L83).....	103
3.15.4. Cykl wytaczania (wersja 1) - G85 (L85).....	105
3.15.5. Cykl wytaczania (wersja 2) - G86 (L86).....	106
3.15.6. Cykl wytaczania (wersja 3) - G87 (L87).....	107
3.15.7. Cykl wytaczania (wersja 4) - G88 (L88).....	108
3.15.8. Cykl wytaczania (wersja 5) - G89 (L89).....	109
3.15.9. Definiowanie własnych cykli stałych.....	112
4. MAKROCYKLE WIERCENIA I FREZOWANIA.....	114
4.1. Informacje wstępne.....	114
4.2. Makrocykl L900.....	117
4.3. Makrocykl L906.....	118
4.4. Makrocykl L901.....	119
4.5. MAKROCYKL L902. Frezowanie rowków o szerokości równej średnicy freza rozieszczonych promieniowo na okręgu.....	122
4.6. MAKROCYKL L904. Frezowanie rowków o szerokości większej od średnicy freza rozieszczonych równomiernie wzdłuż okręgu.....	125

4.7. MAKROCYKL L905. Frezowanie rowków o szerokości równej średnicy freza rozmieszczonych równomiernie wzdłuż okręgu.....	128
4.8. MAKROCYKL L903. Frezowanie kieszeni prostokątnej.	131
4.9. MAKROCYKL L930. Frezowanie kieszeni okrągłej.	138
4.10. MAKROCYKL L931. Rozfrezowanie otworu.	143
5. PARAMETRY SPECJALNE.	147
6. POMIAR CZASU.	150
7. FUNKCJE M, S, T, E.	151
7.1. Funkcje pomocnicze M.	151
7.2. Funkcja S.	153
7.3. Funkcja T.	153
7.4. Funkcja pomocnicza E.	153
DODATEK.....	1

SPIS RYSUNKÓW.

Rys. 1.1. Wykonanie programu %MPF256	18
Rys. 1.2. Wykonanie programu %MPF20	26
Rys. 3.1. Odcinek linii prostej na płaszczyźnie XY. Programowanie we współrzędnych przyrostowych - G 91.....	39
Rys. 3.2. Odcinek linii prostej na płaszczyźnie XY Programowanie we współrzędnych absolutnych - G 90	40
Rys. 3.3. Odcinek linii prostej - współrzędne biegunowe.....	44
Rys. 3.4. Przykład programowania odcinka prostej G11 - współrzędne biegunowe.....	44
Rys. 3.5. Określenie kierunku łuku okręgu - G02 lub G03.....	46
Rys. 3.6. Łuk okręgu - określenie parametrów i współrzędnych.....	46
Rys. 3.7. Łuki okręgów	48
Rys. 3.8. Łuk okręgu określony przez promień U	50
Rys. 3.9. Przykład programowania łuku za pośrednictwem promienia U	50
Rys. 3.10. Strona lewa G41 i strona prawa G42	55
Rys. 3.11. Obróbka zewnętrzna	59
Rys. 3.12. Obróbka wewnętrzna	60
Rys. 3.13. Wejście na tor skompensowany - Przypadek 1.....	63
Rys. 3.14. Wejście na tor skompensowany - Przypadek 2.....	64
Rys. 3.15. Wejście na tor skompensowany - Przypadek 3.....	65
Rys. 3.16. Zejście z toru skompensowanego - Przypadek obróbki zewnętrznej	66

Rys. 3.17. Zejście z toru skompensowanego - Przypadek obróbki wewnętrznej	67
Rys. 3.18. Zmiana strony toru	69
Rys. 3.19. Zmiana toru	70
Rys. 3.20. Przypadki szczególne	71
Rys. 3.21. Ograniczenia kompensacji	73
Rys. 3.22. Fragment konturu przedmiotu zawierający " wnękę "	75
Rys. 3.23. Fragment konturu przedmiotu zawierający " uskok "	76
Rys. 3.24. Przykład korekcji promienia freza	77
Rys. 3.25. Lustrzane odbicie	83
Rys. 3.26. Punkty charakterystyczne obrabiarki i obrabianego przedmiotu	84
Rys. 3.27. Wykonanie funkcji: G61, G64 i G60	96
Rys. 3.28. Cykle: G81, G82 i G83	110
Rys. 3.29. Cykle: G85, G86, G87, G88 i G89	111
Rys. 4.1. Makrocykl L900.....	117
Rys. 4.2. Makrocykl L906.....	118
Rys. 4.3. Makrocykl L901.....	119
Rys. 4.4. Makrocykl L902.....	122
Rys. 4.5. Makrocykl L904.....	125
Rys. 4.6. Makrocykl L905.....	128
Rys. 4.7. Makrocykl L903.....	131
Rys. 4.8. Makrocykl L903 - Wykonanie kolejnych operacji	134
Rys. 4.9. Makrocykl L930.....	138
Rys. 4.10. Makrocykl L930 - Wykonanie kolejnych operacji	140
Rys. 4.11. Makrocykl L931.....	143

1. STRUKTURA PROGRAMU OBRÓBKII.

1.1. WPROWADZENIE.

Program obróbki jest uporządkowanym zbiorem instrukcji i danych opisujących pełny proces operacji technologicznych wykonywanych na obrabiarce sterowanej numerycznie. Instrukcje występują w postaci funkcji zgodnie ze standardami określonymi przez normy ISO i PN. Dane określają wielkości i prędkości przesunięć również zgodnie z w/w normami. Program podzielony jest na bloki opisujące kolejne sekwencje procesu. Każdy blok rozpoczyna się od litery adresowej **N** (lub znaku " : ") po której następuje liczba określająca numer bloku. Większość bloków stanowią bloki opisujące ruch względny zespołów obrabiarki takich jak: stół, wrzeciennik, konsola, (ewentualnie magazyn narzędzi, podajnik palet) itp.. Bloki składają się ze **słów**. Każde słowo rozpoczyna się od litery określającej typ i jednocześnie adres słowa. Po literze następuje liczba określająca wartość wyrażoną przez słowo lub numer: funkcji, parametru, narzędzia, podprogramu itp. Program może zawierać również komentarze pisane w nawiasach i wyświetlane łącznie z treścią bloku oraz polecenia specjalne typu: wyświetlenie komunikatu, pomiar czasu i inne.

Treść programu uzupełniona jest o dodatkowe dane, niezbędne dla wykonania procesu obróbki, które zapisane są w pamięci dyskowej jako: **Pamięć Danych i Pamięć Parametrów Maszynowych** (patrz Instrukcja Obsługi rozdz. 3.2 i Instrukcja Instalacji rozdz. 4). Dane te przywoływane są przez instrukcje programu w trakcie jego wykonywania.

W dalszej treści instrukcji programowania zamiast określenia: **Program Obróbki** stosowany będzie skrót:

POT - Program Operacji Technologicznych.

Programy zapisane są w pamięci dyskowej. Standardowa pojemność pamięci programów i danych wynosi 1GB. Jednocześnie w pamięci programów może być zapisanych łącznie **800** programów i podprogramów.

Programy mogą być wprowadzane do pamięci układu sterowania:

- za pośrednictwem interfejsu szeregowego RS232 .
- bezpośrednio z pulpitu układu sterowania

Każdemu programowi przyporządkowany jest numer identyfikujący program - liczba maks. czterocyfrowa. W przypadku wprowadzania programu za pośrednictwem interfejsu numer stanowi część etykiety **%MPF04** - patrz rozdz. 1.3. W przypadku wprowadzania programu z klawiatury pulpitu, wpisywany jest wyłącznie numer programu - na polecenie układu sterowania (komunikat na ekranie monitora). **Nie wolno w tym przypadku wpisywać całej w/w etykiety.**

Uwaga: Nie należy używać dwóch numerów programów: %MPF998 i %MPF999. Numery te są zastrzeżone dla operacji specjalnych: pakowania zaznaczonych programów %MPFxxxx do pliku %MPF999 oraz rozpakowania pliku %MPF998 zawierającego grupę programów %MPFxxxx. Patrz Instrukcja Obsługi – punkt 3.1 j.

1.2. ZGODNOŚĆ Z NORMAMI.

Struktura znaków, słów, bloków i programów zgodna jest ze standardem określonym przez następujące normy **ISO** i **PN**:

- a) **ISO/IEC 646:1991.** Information technology. ISO 7-bit coded character set for information interchange.

PN-T-42109-01:1993. Technika informatyczna - Zestaw znaków w kodzie 7-bitowym ISO przeznaczony do wymiany informacji.

- b) **ISO 6983/1-1982(E).** Numerical control of machines - Program format and definition of address words - Part 1: Data format for positioning, line motion and contouring control systems.

(brak aktualnie odpowiednika w Polskich Normach)

- c) **PN 73/M 55256.** Obrabiarki do metali. Kodowanie funkcji przygotowawczych G i funkcji pomocniczych M dla obrabiarek sterowanych numerycznie.

(Norma ISO 1056 stanowiąca pierwowzór dla PN 73/M55256 została unieważniona. Opracowywana jest nowa norma stanowiąca drugą część normy wymienionej w punkcie b. ISO 6983/2. Do czasu jej zatwierdzenia zachowana będzie wyłącznie zgodność z nadal obowiązującą PN 73/M 55256.)

- d) **ISO 841:2001.** Industrial automation systems and integration - Numerical control of machines – Coordinate system and motion nomenclature.

PN-M-55251:1993 Maszyny sterowane numerycznie – Osie współrzędnych i zwroty ruchów – Nazwy i oznaczenia.

- e) **ISO 2806:1994** Industrial automation systems – Numerical control of machines - Vocabulary

(brak odpowiednika w Polskich Normach)

1.3. FORMAT PROGRAMU.

W tekście POT-u mogą być użyte następujące znaki:

Znaki literowe:

A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L,M,N,O,P,Q,R,S,T,U,V,W,X,Y,Z
a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n,o,p,q,r,s,t,u,v,w,x,y,z

Znaki cyfrowe:

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

Znaki specjalne:

+, -, (,), =, /, *, @, %, :

oraz:

SP spacja (odstęp),
LF koniec linii. Jest to znak końca wiersza programu, który jest jednocześnie końcem bloku. Znak umieszczany obowiązkowo na końcu każdego bloku. Znak tego nie wolno umieszczać wewnątrz bloku.
ETX znak końca tekstu (patrz rozdz. 1.4)

W oparciu o standardy **ISO** i **PN** format programu w postaci symbolicznej dla zapisu metrycznego przedstawia się następująco:

```
%MPF04 ( : / DS ) *  
N05 .....*  
N05 G02 G03 X+043 Y+043 Z+043 I+053 J+053 K+053  
    A+043 B+043 C+043 Q43 U+053  
    F05 S04 T04 E04 M02 D03 L04 P02 H1 R02 *  
N05.....*  
N05 M30 *
```

UWAGI:

1. Znaki: **: / DS** umieszczone w nawiasie w pierwszej linii symbolicznego formatu nie stanowią treści programu. Nie wolno zatem pisać tych znaków pomiędzy etykietą a pierwszym blokiem programu. Zamieszczono je tu zgodnie z normą ISO. Reprezentują one jedynie możliwości redakcyjne przy pisaniu programu.
2. Słowo F łącznie z funkcją G4 ma format: 031
3. Słowo S łącznie z funkcją M19 ma format: 031
4. Słowo Q dla promienia łuku okręgu ma format: +053
5. Słowo A dla współrzędnych biegunowa ma format: 035

Formaty calowe słów wymiarowych są odmienne od wyżej podanych metrycznych. Stosuje się formaty:

- +034 -dla programowania wymiarów geometrycznych,
- 03 -dla programowania prędkości posuwu

W przedstawionym wyżej formacie poszczególne symbole lub kombinacje symboli oznaczają:

- %MPF04** Etykieta identyfikująca program obróbki. Należy ją umieszczać **wyłącznie** wtedy, gdy program jest redagowany poza układem sterowania i przesyłany do układu sterowania za pośrednictwem interfejsu szeregowego RS232 (patrz rozdz. 1.4). Znak " % " określa początek pliku. Symbol " MPF " oznacza, że przesyłany plik jest " programem obróbki ". Liczba kończąca etykietę określa **numer programu**.
- :** Znak dwukropka oznacza, że w treści programu można definiować bloki główne - patrz UWAGA 1 na końcu rozdziału.
- /** Znak "slash" oznacza, że w treści programu można definiować bloki wykonywane warunkowo - patrz UWAGA 3 na końcu rozdziału.
- DS** Symbol ten oznacza, że przy zapisie liczb stosowana jest zasada " kropki dziesiętnej ". Pierwsza cyfra znacząca zapisana w symbolicznym formacie słowa oznacza liczbę cyfr dziesiętnych przed kropką, a druga cyfra znacząca oznacza liczbę cyfr dziesiętnych po kropce.
- 0** Jeśli w symbolicznym formacie słowa pierwszą cyfrą jest cyfra " zero " to przy zapisie liczb określających wartość słowa można pominąć zera poprzedzające pierwszą cyfrę znaczącą. Patrz UWAGA 4 na końcu rozdziału. Zasada pomijania zer przyjęta została dla wszystkich liczb pisanych w treści bloku. Dlatego w formatach bloków w dalszej części instrukcji symboliczne " 0 " zostanie pominięte.
- +** Znak " plus " w symbolicznym formacie słowa oznacza, że wartość słowa określona jest przez liczbę względną. Przy zapisie liczb dodatnich znaki " + " mogą być pominięte. Zamiast **X+126** można napisać **X126**. Znaki należy pisać tylko w przypadku liczb ujemnych. Jeśli dla osi X ma być osiągnięty punkt o współrzędnej **-226** to należy napisać w tekście bloku: **X-226**.
- N** Numer bloku. Po tej literze umieszcza się numer bloku - liczbę maksymalnie pięciocyfrową. Np. N98765 oznacza blok programu numer 98765. **Każdy blok programu musi rozpoczynać się od numeru bloku poprzedzonego literą adresową N (lub znakiem " : " w przypadku Bloków Głównych)**. Numeracja bloków - patrz UWAGA 2 na końcu rozdziału.
- G** funkcja przygotowawcza. Po niej następuje dwucyfrowy lub trzycyfrowy numer funkcji. Np. G91 oznacza wymiarowanie przyrostowe współrzędnych .
Funkcje Gxx i Gxxx omówione są szczegółowo w rozdziale 3.
Litera G może być również użyta w nazwie lub wywołaniu podprogramu określającego cykl lub makrocykl stały.
- X,Y,Z** Współrzędne programowanego toru dla osi liniowych X, Y i Z.

- I,J,K** Parametry łuku okręgu określające środek łuku względem punktu początku łuku.
- A** Kąt nachylenia promienia wodzącego (współrzędna biegunowa).
- A,B,C** Współrzędne kątowe programowanego toru dla osi obrotowych A, B, C.
- Q** Promień wodzący (moduł) - współrzędna biegunowa lub promień łuku okręgu, w przypadku programowania zgodnie z rozdz. 3.5.3.1.
- U** Promień łuku okręgu, w przypadku programowania zgodnie z rozdz. 3.5.3.1 lub współrzędne programowanego toru dla dodatkowej osi liniowej (opcja).
- V** Współrzędne programowanego toru dla dodatkowej osi liniowej V (opcja).
- W** Współrzędne programowanego toru dla dodatkowej osi liniowej W (opcja).
- F** Funkcja prędkości posuwu. Po niej pisana jest liczba dodatnia określająca prędkość ruchu po torze w mm/min. lub w cal/min.
Np. F8765 - oznacza prędkość 8765 mm/min.
W przypadku programowanej przerwy (G04) po literze F deklarowany jest czas postoju.
- S** Funkcja prędkości obrotowej wrzeczona. Po niej pisana jest liczba dodatnia określająca tę prędkość. Prędkość wrzeczona może być określona w postaci numeru lub bezpośrednio w obr./min. Np.S600 oznacza 600 obr./min.
Funkcja S może określać również pozycjonowanie kątowe wrzeczona - patrz rozdz. 7.2.
- T** Numer narzędzia. Liczba maksymalnie czterocyfrowa, np. T981 oznacza narzędzie o nr 981.
- E** Funkcja dodatkowa. Liczba maksymalnie czterocyfrowa.
Np. numer pozycji indeksowanego stołu obrotowego.
- M** Funkcja pomocnicza. Dwie cyfry po literze M tworzą numer funkcji. Funkcje M opisano w rozdziale 7.1.
- R** Słowo określające numer parametru - patrz rozdz. 1.7 Programowanie Parametryczne.
- D** Trzy cyfry po literze tworzą adres Pamięci Danych.
- L** Słowo określające numer podprogramu - patrz rozdz.1.5.
- P** Słowo określające liczbę powtórzeń podprogramu - patrz rozdz. 1.5.
- H** Słowo określające typ skoku - patrz rozdz. 1.8.
- *** Symbol końca bloku. Odpowiada znakowi **LF** (w kodzie ISO: 0/10). **Znak LF umieszczany jest obowiązkowo na końcu każdego bloku. Znaku LF**

nie wolno umieszczać wewnątrz bloku. Wywoływany jest po naciśnięciu klawisza "LF" lub "ENTER" (" WPIS "). Na monitorze USN wyświetlany jest jako znak "<". W przykładach tekstów programów znak będzie pominięty.

M30 Koniec programu.

UWAGI:

1. **BLOKIEM GŁÓWNYM** nazywa się blok, od którego można zawsze bezpiecznie rozpocząć wykonanie programu przy założeniu, że informacje zawarte w blokach poprzedzających ten blok można pominąć. Dotyczy to zwłaszcza funkcji MSTE zaprogramowanych w blokach poprzednich. Zaleca się aby Blok Główny opisywał punkt leżący na torze zaprogramowanym tzn. gdy aktywna jest Funkcja G40. Blok Główny w odróżnieniu od bloków zwykłych poprzedzony jest znakiem " : " pisany w miejsce litery " N ". Bloki Główne mogą być tworzone specjalnie przy pisaniu POT-u lub wynikać w sposób naturalny ze struktury programu.

PRZYKŁAD PROGRAMOWANIA BLOKU GŁÓWNEGO

```
:330 G0 G90 G53 X.... Y.... Z.... D401  
N335 T123 M6  
N340 S300 M3  
N345 G54 X.... Y.... Z.... D201  
N350 G92 X.... Y.... Z....
```

2. **NUMERACJA BLOKÓW** nie musi być uporządkowana według kolejności występowania bloków w programie. Powinna być jednak jednoznaczna. Zaprogramowanie dwóch lub więcej bloków o tym samym numerze może spowodować wieloznaczność w przypadku operacji " szukanie bloku " lub błędy przy wykonywaniu skoków.
3. **WARUNKOWE WYKONANIE BLOKU.** Znak " / " postawiony przed literą **N** lub przed **dwukropkiem** np. /N lub /: powoduje, że bloki te będą pominięte w trakcie wykonywania programu - jeśli operator przed rozpoczęciem programu wprowadzi polecenie: **pomiń blok** (patrz Instrukcja Obsługi).
4. **ZASADA " KROPKI DZIESIĘTNEJ "** polega na:

- sugerowaniu miejsca przecinka.

Zapis X2345 (bez kropki dziesiętnej)	oznacza:	2345 mm
Zapis X2.345	oznacza:	2.345 mm
Zapis X.345	oznacza:	0.345 mm

- opuszczaniu zer przed pierwszą liczbą znaczącą.

Zamiast 00123.456	można pisać	123.456
Zamiast 0.456	można pisać	.456
Zamiast 0.006	można pisać	.006

Dotyczy to również skracania zapisu numeru funkcji i tak przykładowo można pisać G0 zamiast G00 lub M3 zamiast M03.

5. **POWTARZALNOŚĆ LITER ADRESOWYCH.** W jednym bloku programu można zapisać tylko jedną funkcję i tylko jedno słowo wymiarowe o tej samej literze adresowej. Wyjątek stanowią funkcje G i M, które mogą być zapisane kilkakrotnie w jednym bloku. Długość bloku nie może przekroczyć 250 znaków. Zaleca się, aby nie przekraczała ona 120 znaków.
6. **KOLEJNOŚĆ SŁÓW W BLOKU.** Zaleca się pisanie słów w bloku wg podanej wyżej kolejności. Wpływa to na uporządkowanie programu i zwiększenie jego przejrzystości oraz ułatwia sprawdzanie poprawności programu.

1.4. WPROWADZANIE DANYCH.

Układy Sterowania Numerycznego PRONUM wyposażone są w pamięć dyskową zachowującą zawartość po wyłączeniu napięć zasilających. W pamięci tej przechowywane są następujące informacje:

- Programy Obróbki (POT -y),
- Podprogramy,
- Korektory Narzędzi,
- Bazy Pomiarowe,
- Korektory Baz Pomiarowych,
- Położenie punktów określonych we współrzędnych maszynowych, np. Baza Wymiany Narzędzia,
- Program PLC,
- Parametry maszynowe (sposób wprowadzania parametrów maszynowych opisuje Instrukcja Instalacji).

Informacje te mogą być wprowadzone do pamięci układu sterowania:

- z pulpitu układu sterowania - patrz Instrukcja Obsługi
- za pośrednictwem interfejsu szeregowego RS-232.

Źródłem danych przekazywanych poprzez interfejs szeregowy może być dowolne urządzenie zewnętrzne posiadające kanał interfejsu RS232, jak np. :

- komputer klasy PC,
- stacja dysków
- przystawka z pamięcią RAM .

W przypadku pośrednictwa interfejsu szeregowego muszą być zachowane odpowiednie formaty przesyłania danych. Każdy przesyłany plik lub ciąg przesyłanych plików (wyjaśnione to zostanie na końcu rozdziału) **musi być zakończony znakiem ETX (koniec tekstu)**.

ETX - znak końca przesyłanych danych.
Kod ISO: 0/3

FORMATY PRZESYŁANIA DANYCH

PROGRAM OBRÓBK

%MPFxxxx * N1... * N2... * * N99999 M30 * ETX

gdzie: xxxx - numer programu

* - symbol końca bloku. Odpowiada znakowi LF.

PODPROGRAM

%SPFxxxx * N1... * N2... * N3... * * N99999 M17 * ETX

KOREKTORY NARZĘDZI - TABLICA KOREKTORÓW NARZĘDZI

%TOA * D1 P0=... P1=... P2=... P3=... P4=... *
D2 P0=... P1=... P2=... P3=... P4=... *
..... * ETX

gdzie:

D1, D2, D3, D98, D99 - adresy korektorów narzędzi określające ich miejsce w pamięci danych

P0 - numer narzędzia, liczba od 1 do 9 (tymczasowo nie wykorzystane)

P1 - korekcja długości narzędzia format: +43

P2 - kompensacja lub korekcja promienia narzędzia format: +43)

P3 - addytywne zużycie lub zmiana długości narzędzia format: +13

P4 - addytywne zużycie lub zmiana promienia narzędzia format: +13

Wartości w/w parametrów należy oddzielić od siebie spacjami.

BAZY POMIAROWE

%ZOA * D200 X... Y... Z... * D201 * * D211... * ETX

gdzie: D200, D201, ..., D211

- adresy kolejnych baz pomiarowych

X... Y... Z...

- współrzędne kolejnej bazy

pomiarowej w formacie: +4.3

KOREKTORY BAZ POMIAROWYCH

%ZOA * D300 X... Y... Z... * D301 * * D324... * ETX

gdzie: D300, D301, ..., D324

- adresy korektorów baz pomiarowych

X... Y... Z...

- korygowane współrzędne bazy

pomiarowej w formacie: +2.3

PUNKTY OKREŚLONE WE WSPÓLRZĘDNYCH MASZYNOWYCH

np. Baza Wymiany Narzędzia

%PNT * D400 X... Y... Z... * D401... *.....* D409...* ETX

gdzie: D400, D401,...,D409 - adresy punktów
X... Y... Z... - współrzędne punktów w formacie: +4.3

PARAMETRY R (parametry użytkownika)

%RPA * R0=+99999.999 * R1=+99999.999 *.....* R99=+99999.999 * ETX

PROGRAM ŹRÓDŁOWY PLC

%PLC * treść programu PLC.....* ETX

KASOWANIE PROGRAMÓW i PODPROGRAMÓW

%CL * MPF 555 * ETX

Wykonanie tego polecenia kasuje program MPF 555.

%CL * SPF 111 * ETX

Wykonanie tego polecenia kasuje podprogram SPF 111

%CL * MPF 1,999 * SPF 1,999 * ETX

Wykonanie tego polecenia kasuje wszystkie programy i podprogramy.

Zasady pisania znaku końca tekstu ETX:

- Jeśli poprzez interfejs szeregowy przesyłany jest tylko jeden plik, to plik ten powinien być zakończony znakiem ETX .
- Jeśli przesyłane jest kilka plików np. kilka programów i podprogramów oraz dodatkowo plik określający np. korektory narzędzi to znak ETX należy umieścić na końcu ostatniego pliku.

Jeśli Edytor tekstów, przy pomocy którego pisany jest tekst programu nie daje znaku końca tekstu ETX lub daje inny znak, to znak ten musi być dodany lub zmieniony na znak ETX zgodny z kodem ISO. Program RDWR dostarczony przez PHP PRONUM umieszcza automatycznie znak ETX na końcu przesyłanego tekstu.

1.5. PODPROGRAMY.

W przypadku gdy POT zawiera fragmenty, w których powtarzają się sekwencje tych samych lub podobnych, różniących się jedynie wartościami parametrów, operacji, to celowe jest przeniesienie tych fragmentów do podprogramów. W **programie głównym** umieszcza się tylko wywołania **podprogramów**.

Format podprogramu jest identyczny jak format programu POT. Treść rozdziałów: 1.1, 1.2 i 1.3 odnosi się również do podprogramów. Różnica polega wyłącznie na:

- zmianie formatu etykiety na **%SPF04**
- zmianie formatu bloku kończącego podprogram na **N05 M17**.

Przykładowy tekst podprogramu:

```
%SPF4567
N100 G91 G0 X20 Y-20
N110 G1 Z15 F60
N120 M17
```

UWAGA: Nie należy używać następujących numerów dla oznaczania podprogramów: 81 do 89 oraz 900 do 931. Numery te są zarezerwowane dla oznaczenia standardowych podprogramów opisujących cykle i makrocykle stałe. Można je używać jedynie w przypadku programowania własnych cykli stałych zapisywanych do pamięci programów, które mają zastąpić cykle standardowe. Cykle zapisane w pamięci programów mają priorytet - " przykrywają " cykle standardowe zapisane w pliku systemowym cykli stałych.

Wywołanie **podprogramu** wymaga umieszczenia w programie głównym bloku zawierającego numer podprogramu **Lxxxx** i zadeklarowanej liczby wykonań podprogramu **Pxx** zgodnie z poniższym przykładem.

Przykład wywołania podprogramu:

```
.....
N100 L111 P3
.....
```

Podprogram L111 wykonywany jest trzy razy

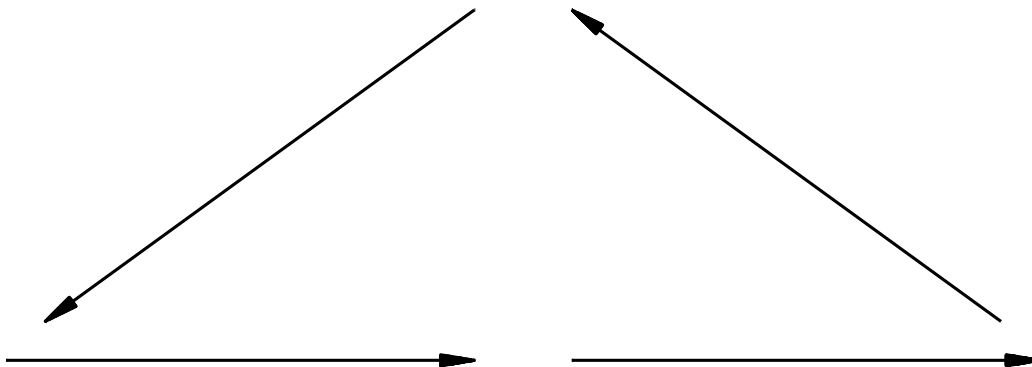
W przypadku gdy podprogram ma być wykonany tylko jeden raz można nie deklarować liczby wykonań P1.

Np. zamiast deklaracji: **L100 P1** można zadeklarować: **L100**.

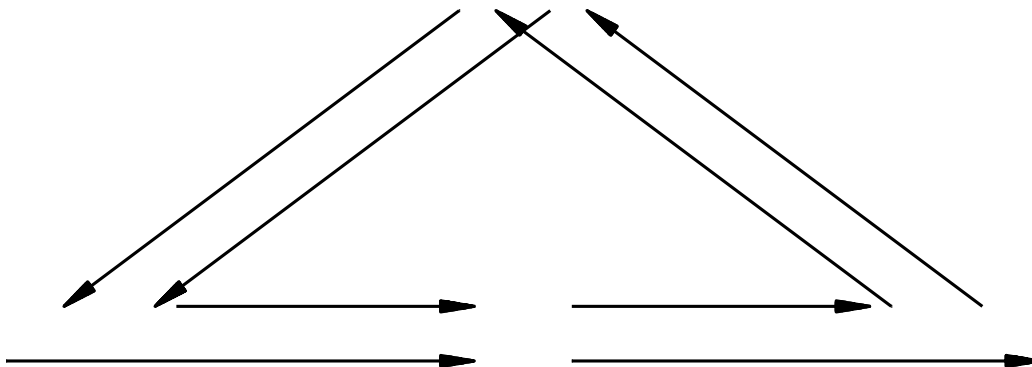
Maksymalna liczba programów i podprogramów, które można jednocześnie zapisać w pamięci PRONUM 640 FC:	800
Maksymalna liczba powtórzeń podprogramu:	99
Maksymalna liczba zagłębień:	3

PRZYKŁAD WYWOŁYWANIA PODPROGRAMÓW

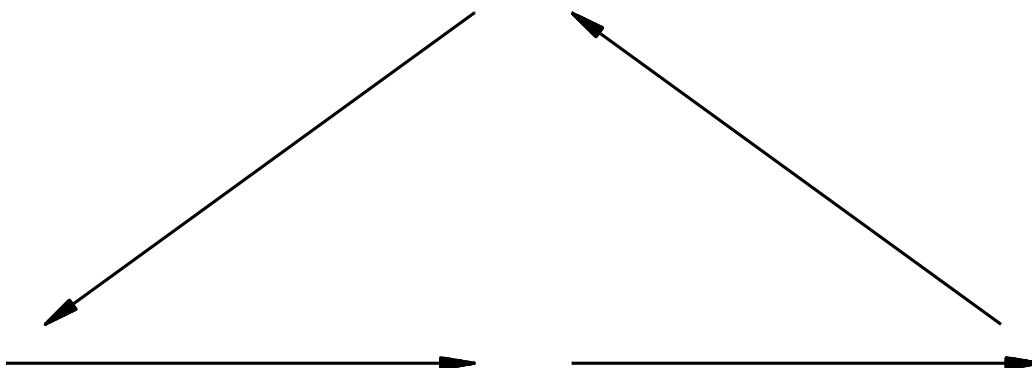
%MPF987 * N10... * N20... * N30L101 P1 * N40... * N50... * ... * N90M30*



%SPF101* N110... * N120... * N130L202 P2 * N140... * * N190 M17*



%SPF202* N210... * N220... * N230L303 P1 * N240... * * N290 M17*



%SPF303* N310... * N320... * N330... * N340... * * N390 M17*

Znakiem " * " oznaczono koniec bloku - LF

1.6. NAZWY, KOMENTARZE I KOMUNIKATY.

Przyjęty format umożliwia pisanie nazwy programu lub podprogramu bezpośrednio po nagłówku. Tekst nazwy należy umieścić wewnątrz nawiasów.

Np. %MPF123
(DŹWIGNIA NR.355)

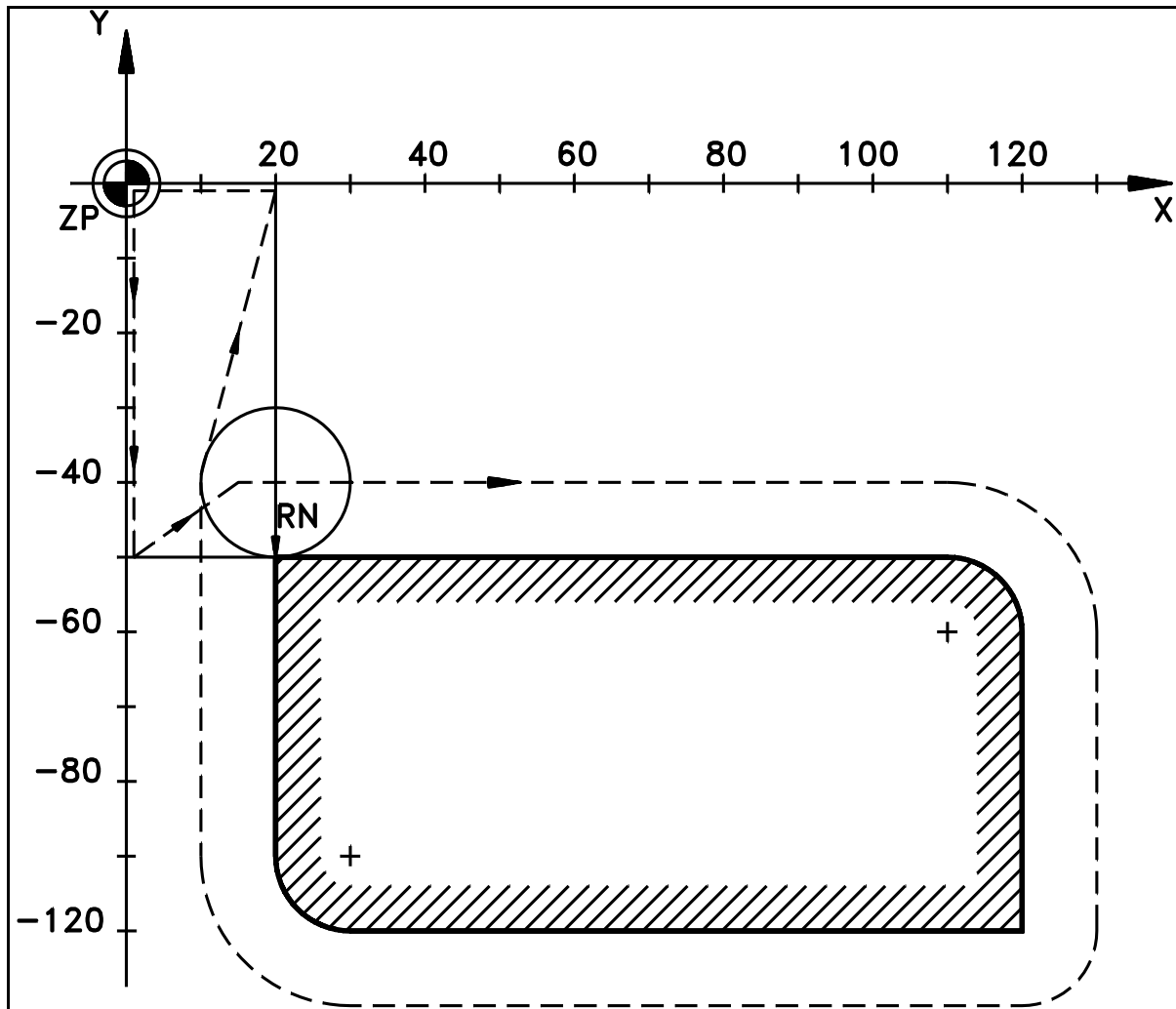
%SPF321
(RAMIĘ PIERWSZE)

Komentarze i uwagi mogą być pisane również w dowolnym miejscu tekstu programu pod warunkiem, że pisane są wewnątrz nawiasów. Wyświetlane są łącznie z tekstem bloku w oknie nr. 8 monitora ekranowego (patrz instrukcja obsługi). Długość tych pomocniczych tekstów nie jest w zasadzie ograniczona. Zaleca się jednak pisanie komentarzy w sposób zwięzły ze względu na ograniczone pole okna nr.8 (4-ry linie po 40 znaków). Ten sposób pisania komentarzy pokazuje poniższy przykład.

PRZYKŁAD TEKSTU PROGRAMU zawierający komentarze

%MPF256 (POKRYWA Nr.355)	Komentarz: Nazwa programu
N5 G0 G53 X...Y...Z...D409	Ruch do bazy wymiany narzędzia
N10 T111 M6 (ZMIANA NARZĘDZIA)	Komentarz: Zmiana narzędzia.
N15 G54 X0 Y0 Z0 D210	Wsp. bazy pomiarowej w D210
N25 D50 Z30	Ruch w Z i kor. dł. narzędzia
N30 Y-50	
N35 G1 G41 X15 F120	Kompensacja promienia narzędzia
N40 G91 X95 (POCZ. OBRÓBK)	Komentarz: Obróbka detalu.
N45 G2 X10 Y-10 J-10	
N50 G1 Y-50	
N55 X-90	
N60 G2 X-10 Y10 J10	
N60 G1 Y60 (KONIEC OBRÓBK)	Komentarz: Koniec obróbki
N65 G0 G90 G40 Y0	Odwołanie komp. prom. narzędzia
N70 X0	
N75 Z0 M5 D0	Odwołanie kor. dł. narzędzia
N80 M30	Koniec programu

Na Rys. 1.1 pokazano wykonanie programu %MPF256. Linia przerywaną zaznaczono tor ruchu środka narzędzia w czasie obróbki.



Rys. 1.1. Wykonanie programu %MPF256

PRONUM 640 FC umożliwia również inny sposób przekazywania operatorowi poleceń lub komunikatów zapisanych w programie obróbki technologicznej. Sposób ten ułatwia obsługę obrabiarki przez operatora zgodnie z zaleceniami technologa.

Komunikaty programowane w programie obróbki technologicznej mogą być wyświetlane w czterech dolnych wierszach ekranu. Kasowane są przyciskiem "POWRÓT DO WYŻSZEGO MENU" lub instrukcją kasowania umieszczoną w programie obróbki (@940).

Format funkcji wyświetlającej komunikat jest następujący:

@9xx = treść komunikatu

Zestaw funkcji:

- @931 - wyświetl komunikat w wierszu informacyjnym
(czwarty wiersz od dołu)
- @932 - wyświetl komunikat w wierszu informacyjnym +1
(trzeci wiersz od dołu)
- @933 - wyświetl komunikat w wierszu informacyjnym +2
(drugi wiersz od dołu)
- @934 - wyświetl komunikat w wierszu informacyjnym +3
(pierwszy wiersz od dołu)

Ponadto USN umożliwia kasowanie wierszy funkcjami:

- @940 - kasuj cztery dolne wiersze
- @941 - kasuj wiersz informacyjny
- @942 - kasuj wiersz informacyjny +1
- @943 - kasuj wiersz informacyjny +2
- @944 - kasuj wiersz informacyjny +3

Wyświetlony komunikat (@933 i @934) może zasłonić "menu" wyświetlane na samym dole ekranu. Dostęp do "menu", a także jego treść uzyskuje się po wciśnięciu dowolnego przycisku alfanumerycznego na pulpicie układu sterowania.

PRZYKŁAD PISANIA KOMENTARZY z zastosowaniem funkcji @9xx

```
%MPF890
@931=Przykład użycia funkcji komunikatów
@932=Wciśnij ponownie przycisk START
@933=Przykład kasowania i wyświetlania
@934=                komunikatów
N100R10=1.5M0
@942(kasuj wiersz INFO +1)
@943(kasuj wiersz INFO +2)
@944(kasuj wiersz INFO +3)
@931=Tylko wiersz 1
N110G4FR10
@941(kasuj wiersz INFO)
@932=Tylko wiersz 2
N120G4FR10
@942(kasuj wiersz INFO+1)
@933=Tylko wiersz 3
N130G4FR10
@943(kasuj wiersz INFO+2)
@934=Tylko wiersz 4
N140G4FR10 @940(Kasuj wszystko)
N150G4FR10
@931=Koniec przykładu wyświetlania wierszy
@932=Wciśnij przycisk START
N160M0
```

1. Struktura programu obróbki.

N200R0=0
N210
@940
N220G4F1
@932= ----- ALARMOWANIE -----
@933= !!!!!!!!!!!!
N230G4F1
N240R0=R0+1
N250HL-210=R0=10
@930=Koniec przykładu
N160M30

1.7. PROGRAMOWANIE PARAMETRYCZNE.

Programowanie parametryczne pozwala na pisanie programów, w których wartości liczbowe określające dane geometryczne, technologiczne i numery funkcji mogą być zastąpione zmiennymi parametrami. Parametr oznacza się literą **R** i wyróżnikiem w postaci dwucyfrowego numeru - Np. **R39**. Można parametryzować wszystkie wyrażenia liczbowe i funkcyjne za wyjątkiem argumentu słowa N - numeru bloku i argumentu słowa H - typu skoku. W jednym programie lub zbiorze programów można wykorzystać do stu parametrów: **od R00 do R99**. Słowa wymiarowe można pisać w postaci złożonych wyrażen arytmetycznych i funkcyjnych, których składnikami i argumentami są liczby i zmienne parametry Rxx.

UWAGA:

Jeśli w POT wykorzystywane są Cykle Stałe G8x/L8x lub Makrocykle L9xx to zaleca się przed wywołaniem cyklu zaprogramowanie wszystkich parametrów o numerach przewidzianych dla tego cyklu. Przed opisem każdego cyklu wyspecyfikowano numery parametrów, które są używane w danym cyklu. Przy spełnieniu tego zalecenia parametry z zakresu **od R0 do R28**, które są używane w cyklach i makrocyklach, mogą być użyte do innych celów w programie.

1.7.1. WARTOŚĆ LICZBOWA PARAMETRU R.

Każdemu parametrowi można przyporządkować wartość liczbową przy pomocy operacji podstawienia parametru.

PRZYKŁAD: %MPF987
 N10

 N100 **R49=200 R50=600**
 N110 **R10=100 R33=-13.13 R51=120**
 N120 L222

 N500 M30

 %SPF222
 N300 **TR49** M6 (T - 200)
 N310 **SR50** M3 (S - 600 obr/min)
 N320 G0 **Z-R10**
 N330 G1 G42 **XR33 Y-R33 FR51**

 N400 M17

W podanym przykładzie operację podstawienia wykonano w blokach N100 i N110 programu %MPF987. Znak „=” umieszczony po numerze parametru, a przed wartością liczbową oznacza wykonanie podstawienia.

W podprogramie %SPF222 w blokach N320 i N330 wykorzystano parametry R do nadania wartości liczbowych słowom: Z, X, Y, F.

i tak:	słowu Z nadano wartość równą:	-100	(mm)
	słowu X nadano wartość równą:	-13.13	(mm)
	słowu Y nadano wartość równą:	13.13	(mm)
	słowu F nadano wartość równą:	120	(mm/min)

Zakres liczb określających poszczególne słowa w bloku wyznacza format bloku - patrz rozdz. 1.3.

Zakres liczb, na których mogą być wykonywane operacje arytmetyczne i funkcyjne wynosi:

od -999999999 do 999999999

Wyjątek stanowi parametr R99, którego wartość musi by mniejsza od 999999.

-999999999 < R99 < 999999

1.7.2. OPERACJE ARYTMETYCZNE.

Parametry można określać za pomocą wyrażeń z użyciem operatorów arytmetycznych, których argumentami mogą być liczby i/lub parametry i/lub funkcje matematyczne. Tabela dostępnych funkcji matematycznych - patrz rozdz. 1.7.3.

Można je także określać za pomocą złożonych wyrażeń z użyciem nawiasów okrągłych „(,)” – patrz rozdz. 1.7.4.

Możliwe jest zastosowanie następujących operatorów arytmetycznych:

* DODAWANIE	+	np. $R3 = R1 + R2$
* ODEJMOWANIE	—	np. $R3 = R1 - R2$
* MNOŻENIE	*	np. $R3 = R1 * R2$
* DZIELENIE	/	np. $R3 = R2 / R1$
* PODSTAWIENIE	=	np. $R5 = R7$ lub $R1 = 1.23$
* ZMIANA ZNAKU	—	np. $R1 = -R1$
		odpowiada operacji: ($R1 := -R1$)

Argumentem może być ten sam parametr, który stanowi wynik wykonywanej operacji (tak jest w przypadku w/w operacji ZMIANY ZNAKU). Są to przypadki zmiany wartości parametru z uwzględnieniem jego poprzedniej wartości. I tak np. możliwe są operacje:

$R3 = R3 + R1$	odpowiada operacji: ($R3 := R3 + R1$)
$R3 = R3 * R1$	- " - ($R3 := R3 * R1$)
$R3 = R3 / 2$	- " - ($R3 := R3 / 2$)

Opisane wyżej operacje mogą być pisane w treści bloku, a ich wynik może być wykorzystany w dalszej części programu lub też mogą być pisane bezpośrednio po literze adresowej i w ten sposób określane są bezpośrednio dane geometryczne, technologiczne i numery funkcji.

PRZYKŁAD 1

.....
N10 R1=30 R2=R1+50 R3=R1+R2

.....
N90 G1 XR1 YR2 F500
N91 ZR3

.....
N98 X-R1 Y-R2
N99 Z-3

.....

PRZYKŁAD 2

.....
N10 R1=30

.....
N90 G1 XR1 YR1+50 F500
N91 Z2*R1+50

.....
N98 X-R1 Y-R1-50 F500
N99 Z-2*R1-50

.....

UWAGA: W jednym bloku programu można zdefiniować maksymalnie pięć parametrów. Dotyczy to zarówno prostego podstawienia jak również złożonego wyrażenia funkcyjnego. Jeśli zachodzi potrzeba użycia większej liczby parametrów to należy wykonać tę operację w kilku blokach programu.

1.7.3. FUNKCJE MATEMATYCZNE.

Parametry mogą być określone jako wynik działania funkcji matematycznych.

NAZWA FUNKCJI	ZAPIS FUNKCJI	UWAGI
1. PIERWIASTEK KWADRATOWY (ARG.)	@1 R1 lub SQRT R1	R1 >= 0
2. SINUS (ARG.) rad.	@2 R2 lub SIN R2	arg. w
3. COSINUS (ARG.)	@3 R2 lub COS R2	- " -
4. TANGENS (ARG.)	@4 R2 lub TAN R2	- " -
5. LOGARYTM DZIESIĘTNY (ARG.)	@5 R3 lub LOG R3	> 0
6. LOGARYTM NATURALNY (ARG.)	@6 R3 lub LN R3	- " -
7. FUNKCJA WYKŁADNICZA e do potęgi (ARG.)	@7 R4 lub EXP R4	
8. ARCUS SINUS (ARG.)	@8 R5 lub ASIN R5	wynik w rad.
9. ARCUS COSINUS (ARG.)	@9 R5 lub ACOS R5	- " -
10. ARCUS TANGENS (ARG.)	@10 R5 lub ATAN R5	- " -
11. SINUS HIPERBOLICZNY (ARG.)	@11 R5 lub SINH R5	
12. COSINUS HIPERBOLICZNY (ARG.)	@12 R5 lub COSH R5	
13. TANGENS HIPERBOLICZNY (ARG.)	@13 R5 lub TANH R5	
14. WARTOŚĆ BEZWZGŁĘDNA (ARG.)	@14 R6 lub FABS R6	
15. WARTOŚĆ CAŁKOWITA-WIEKSZA (ARG.) tzn. min. liczba całkowita >= (ARG.)	@15 R7 lub CEIL R7	
16. WARTOŚĆ CAŁKOWITA-MNIEJSZA (ARG.) tzn. maks. liczba całkowita <= (ARG.)	@16 R7 lub FLR R7	
17. LICZBA " PI" (3.14159)	@0 lub PI	

Parametry od R1 do R7, podane w tabeli, to przykładowe Argumenty Funkcji.

W ogólnym przypadku Argumentami Funkcji mogą być:

Dowolne wyrażenia zawierające operatory arytmetyczne i funkcje, których argumentami są liczby i parametry.

UWAGA: Argumenty od symbolu funkcji należy oddzielić spacją lub należy je zapisać wewnątrz nawiasów np. R10 = SQRT(1+R5+TAN(PI))

1.7.4. OBLICZANIE WYRAŻEŃ ZŁOŻONYCH.

Obowiązuje powszechnie przyjęta konwencja obliczania wartości wyrażeń złożonych, które zawierają wiele operatorów arytmetycznych, funkcji matematycznych i argumentów. Dotyczy to kolejności wykonywania działań i sposobu stosowania nawiasów.

Przykład: $R99 = R88 - R77 + R66 * R55 / R44 - R33$
jest równoważne:
 $R99 = R88 - R77 + (R66 * R55 / R44) - R33$

W powyższym przykładzie zastosowanie nawiasów nie jest konieczne. Przy bardziej złożonych wyrażeniach są one niezbędne.

A oto przykład: $N50G3G17G90FR15XR22+R24*COS(R5+2*ASIN(R7/(2*R24)))$
 $YR23+R24*SIN(R5+2*ASIN(R7/(2*R24)))UR24$

PRZYKŁAD SPARAMETRYZOWANEGO PROGRAMU Rys. 1.2

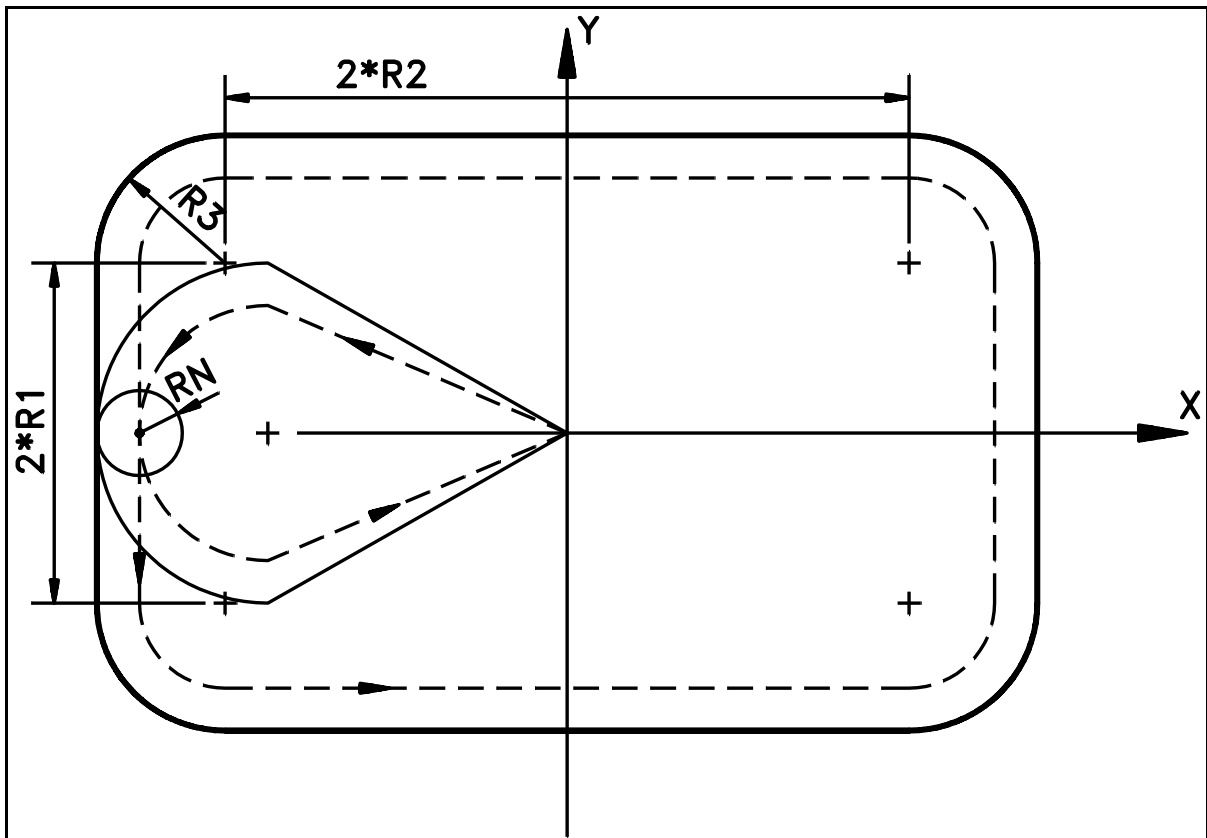
Program opisuje wpust o wymiarach: $2*(R2+R3+R5) / 2*(R1+R3+R5)$ w przypadku gdy $R2 > R1$ Rys. 1.2 przedstawia obrys (kontur) wpustu i tor środka freza.

```
%MPF20
(WPUST PROSTOKĄTNY)
N10 G0 G53 Z400 D401
N20 T222 M6
N25 S300 M4
N30 G54 G0 X0 Y0 Z50 D201
N40 G17 Z20 D10
N50 L200 R1=... R2=... R3=... R5=0 R10=0
N55 G0 Z50 M0
N56 Z20
N60 L200 R5=.2 R10=-520
N70 G90 Z0 D0 M5
N80 X0 Y0
N90 M30
```

Komentarz:

Obróbkę zgrubną powoduje pierwsze wywołanie podprogramu %SPF200 z zerowymi wartościami parametrów R5 i R10. Wywołanie to następuje w bloku N50. Powtórne wywołanie %SPF200 w bloku N60 rozpoczyna obróbkę wykańczającą (Parametry R5 i R10 niezerowe).

```
%SPF200  
N110 G91 G0 G41 XR1-R2-R3-R5 YR1 F600+R10 D10  
N130 G3 X-R1 Y-R1 I0 J-R1  
N140 G1 Y-R1  
N150 G3 XR3+R5 Y-R3-R5 IR3+R5 J0  
N160 G1 X2*R2  
N170 G3 XR3+R5 YR3+R5 I0 JR3+R5  
N180 G1 Y2*R1  
N190 G3 X-R3-R5 YR3+R5 I-R3-R5 J0  
N200 G1 X-2*R2  
N210 G3 X-R3-R5 Y-R3-R5 I0 J-R3-R5  
N220 G1 Y-R1  
N230 G3 XR1 Y-R1 IR1 J0  
N240 G0 G40 X-R1+R2+R3+R5 YR1  
N250 M17
```



Rys. 1.2. Wykonanie programu %MPF20

Opisane wyżej przykłady programowania parametrycznego sprowadzały się do bardzo prostych struktur, gdyż celem było wyjaśnienie zasad. W praktyce występują bardziej złożone struktury. Dla przykładu przedstawiony zostanie tekst Makrocyklu Frezowania Rowków - L901.

UWAGA: Teksty podprogramów opisujących makrocykle L9xx nie są udostępniane użytkownikom PRONUM 640 FC. Odstępstwo zrobiono jedynie w przypadku makrocyklu L901. Dokładny opis i rysunek przedstawiający wykonania Makrocyklu L901 podano w rozdz. 4.4.

Przytoczony tu tekst makrocyklu L901 może być częściowo niezrozumiały. Zawiera bowiem struktury, które będą opisane w dalszej części instrukcji. W tym przypadku proponuje się aby dokładna analiza tekstu L901 została przeprowadzona po zapoznania się z całością instrukcji programowania.

MAKROCYKL FREZOWANIA ROWKÓW L901

```
%SPF901
N1G900G910
N2R51=1
N3H3+5=R2=R3
N4R51=-1
N5R9=RAD.2+RAD.4
N6H3+9=R12=R13
N7H3+9=2*FABS R9=.9*FABS R12
N8H3+12=R9=0
N9
@931=STOP M0-SPRAWDZ KOR.FREZA i/lub R12/R13
N10M0
N11H0+91
N12R1=FABS R1R12=FABS R12R13=FABS R13
      R24=FABS R24R27=FLR(FABS R27)
N13H3+16=R1*R13*R24*R27=0
@931=STOP M0-SPRAWDZ PARAM.:R1,R13,R24 i R27
N14M0
N15H0+91
N16H2+21=360=FABS(R27*R26)
@931=STOP M0-PRZEKR.LICZBA ROWKOW
N19M0
N20H0+91
N21H2+24=FABS(R2-R3)=R1
@930=STOP M0-R1 ZA DUZY
N22M0
N23H0+91
N24H1+28=R6=2
N25H1+30=R6=3
@931=STOP M0-BLAD DEKLARACJI R6
```

N26M0
N27H0+91
N28R14=-1
N29H0+31
N30R14=1
N31H2+33=10=2*R9
N32H3+35=2*R9=10
N33R28=.3
N34H0+36
N35R28=.5
N36H1+38=R26=0
N37H0+39
N38R26=360/R27
N39R17=R25R16=1
N125H1+130=R11=1
N126H1+131=R11=2
N127H0+132
N130R50=919H0+133
N131R50=918H0+133
N132R50=917
N133GR50
N43R30=(270+R17)*PI/180R5=R17*PI/180
N44R18=R22+(R24+R12/2)*COS(R5)
R19=R23+(R24+R12/2)*SIN(R5)
N45G0G90G60G17FR15XR18YR19
N46G0G90ZR2
N47R20=R2-R51*R1
N48G1FR4ZR20
N49R7=R12/2-R9-R28R8=R13-R12R29=0
N50G90G1FR15XR18+R7*COS R5YR19+R7*SIN R5
N51GR6G17XR18+R14*R7*COS(R30)YR19+R14*R7*SIN(R30)U-R7
N54G1G91XR8*COS(R5)YR8*SIN(R5)
N55GR6X-2*R7*R14*SIN(R5)Y2*R7*R14*COS(R5)
I-R7*R14*SIN(R5)JR7*R14*COS(R5)
N56G1X-R8*COS(R5)Y-R8*SIN(R5)
N64GR6XR7*R14*SIN(R5)Y-R7*R14*COS(R5)
IR7/2*R14*SIN(R5)J-R7/2*R14*COS(R5)
N65H1+81=R29=1
N66H0+69
N67R7=R7+R28R29=1
N68H0-50
N69R21=FABS(R3-R20)
N70H1-67=R21=0
N71H3+73=R21=2*R1
N72H0+76
N73R20=R20-R51*R1
N74G1FR4G90ZR20
N75H0-49
N76H3+79=R21=R1
N77R20=R3
N78H0-74

1. Struktura programu obróbki.

N79R20=R20-R51*R21/2

N80H0-74

N81G0G90ZR2+R51

N85H1+91=R16=R27

N86R17=R17+R26R16=R16+1

N87H2+89=R17=360

N88H0-43

N89R17=R17-360

N90H0-43

N91G901G911

N92M17

1.8. ROZGAŁĘZIENIA PROGRAMU (SKOKI).

Rozkazy rozgałęzienia (skoki) umożliwiają zmianę kolejności wykonania bloków programu.

Listę instrukcji tworzą:

- jedna instrukcja bezwarunkowa
- sześć instrukcji warunkowych

Warunkiem wykonania instrukcji skoku jest wynik porównania dwóch argumentów skoku, którym tu nadano postać parametrów: R1 i R2.

Wykaz Instrukcji:

H0 lub HU - skok bezwarunkowy

H1 lub HE - skok przy spełnionym warunku $R1=R2$
tzn. R1 równe R2

H2 lub HGE - skok przy spełnionym warunku $R1 \geq R2$
tzn. R1 większe lub równe R2

H3 lub HG - skok przy spełnionym warunku $R1 > R2$
tzn. R1 większe od R2

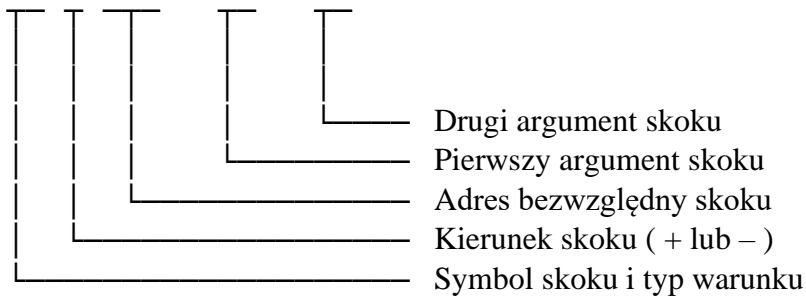
H4 lub HLE - skok przy spełnionym warunku $R1 \leq R2$
tzn. R1 mniejsze lub równe R2

H5 lub HL - skok przy spełnionym warunku $R1 < R2$
tzn. R1 mniejsze od R2

H6 lub HNE - skok przy spełnionym warunku $R1 \neq R2$
tzn. R1 różne od R2

Format Instrukcji

H1 + 120 = R1 = R2



Opis instrukcji,

- **Symbol skoku i typ warunku.** Po literze H stanowiącej symbol skoku należy wpisać cyfrę lub litery zgodnie z **Wykazem Instrukcji** określające typ warunku.
- **Kierunek skoku.** Znak + lub – określa kierunek szukania docelowego bloku. Znak + kieruje operację szukania w stronę końca programu, znak – w stronę początku programu.
- **Adres bezwzględny skoku:** maksimum pięć cyfr dziesiętnych.
- **Separator.** Dane należy rozdzielać separatorem, którym jest znak: = .
- **Argumenty.** W powyższych przykładach pierwszym argumentem skoku jest parametr R1, a drugim argumentem skoku parametr R2.
W ogólnym przypadku argumentami skoku mogą być:
 - **dowolne wyrażenia złożone z operatorów arytmetycznych, funkcyjnych i argumentów, którymi mogą być liczby i parametry.**
- Instrukcja skoku może być deklarowana jako jedyne słowo w bloku lub jedno ze słów bloku. W tym przypadku instrukcję skoku należy deklarować jako ostatnie słowo bloku.

PRZYKŁAD SKOKU BEZWARUNKOWEGO " w przód "

```
N10 .....  
.....  
N100 ....H0+305  
.....  
N305.....  
.....
```

PRZYKŁAD SKOKU BEZWARUNKOWEGO " wstecz "

```
N20 .....  
.....  
N120.....  
.....  
N300 .....H0-20  
.....
```

PRZYKŁAD SKOKU WARUNKOWEGO " w przód "

```
N10 .....  
.....  
N100 H2+300=R1=R2  
N120.....  
.....  
N290 .....  
N300.....
```

Gdy $R1 \geq R2$ to
wykonuje się skok
do bloku Nr 300

2. OSIE STEROWANIA.

Układ sterowania PRONUM 640 FC pozwala sterować:

- trzy osie liniowe X, Y, Z,
- wrzeciono,
- trzy dodatkowe osie liniowe lub kątowe (opcja).

Osie podstawowe X, Y, Z tworzą prostokątny układ współrzędnych. Odpowiada to potrzebom: frezarek, wiertarek, wiertarko - frezarek, wytaczarek i centrów obróbkowych.

Oś dodatkową może być:

- oś liniowa U, V, W równoległa odpowiednio do osi: X, Y, Z,
- oś obrotowa (kątowna) A, B lub C. Oś obrotu jest równoległa odpowiednio do osi X, Y, Z.

PRONUM 640 FC jest układem sterowania typu **3D**. Umożliwia sterowanie szybkich ruchów ustawczych i ruchów roboczych wzdłuż odcinków linii prostej na jednej z trzech płaszczyzn XY, ZX, YZ lub jednocześnie w trzech osiach XYZ oraz ruchów roboczych wzdłuż łuków okręgów położonych na jednej z trzech płaszczyzn XY, ZX, YZ lub linii śrubowej (patrz roz. 3.5.4) w trzech osiach jednocześnie.

3. FUNKCJE PRZYGOTOWAWCZE G.

3.1. WPROWADZENIE.

Funkcje przygotowawcze G określają istotne cechy geometrii toru obróbki (poza wymiarami określonymi przez słowa XYZ i D), oraz pewien wybrany zakres informacji technologicznych (pozostałe informacje technologiczne określają funkcje M, S, T i E).

Za ich pośrednictwem można określić między innymi:

- kształt toru,
- sposób wykonania ruchu np. typ posuwu,
- metodę wymiarowania przesunięć,
- rodzaj korekcji toru,
- sposób zmiany układu współrzędnych,

a ponadto:

- wykonać cykle stałe,
- włączyć odmierzone opóźnienie,
- podjąć wiele innych decyzji dotyczących wykonania procesu sterowania.

Układ sterowania PRONUM wyróżnia dwa typy funkcji **G**, a mianowicie:

- Funkcje Gxx (dwucyfrowe) - zgodnie ze standardem ISO,
- Funkcje Gxxx (trzycyfrowe) - funkcje specjalne stanowiące specyfikę Układów sterowania PRONUM.

Funkcje G podzielone zostały na grupy (patrz skrócona informacja dla użytkownika - strony D1 i D2). Podziałem tym objęto również funkcje pojedyncze, nie tworzące grup. Wyróżniono trzy takie funkcje: G4, G63 i G68. Wszystkie pozostałe funkcje tworzą grupy wieloskładnikowe.

Niektóre grupy składają się z tzw. funkcji **modalnych**. Funkcją modalną nazywa się funkcję, która raz zadeklarowana w bloku zachowuje swoją aktywność również w blokach następnym, aż do momentu zadeklarowania innej funkcji modalnej z tej samej grupy. Funkcje modalne nie muszą być zatem deklarowane w każdym bloku a musi być deklarowana wyłącznie ich zmiana.

W każdej grupie funkcji modalnych wyróżniona jest jedna funkcja, która ustawiana jest w stan aktywny po włączeniu układu sterowania lub po operacji zerowania.

Wszystkie funkcje niemodalne aktywne są tylko w bloku, w którym zostały zadeklarowane.

3.2. FUNKCJE SYSTEMU MIAR - G70/G71.

Grupa ta składa się z dwóch funkcji **modalnych**:

G71 • - wszystkie dane wymiarowe i słowo F określone są odpowiednio w milimetrach lub mm/min.

G70 - wszystkie dane wymiarowe i słowo F określone są odpowiednio w calach lub cal/min.

Po włączeniu lub zerowaniu układu sterowania aktywna jest Funkcja **G71**

W przypadku wymiarowania calowego **G70** należy przyjąć zasadę, że wymiary liniowe programowane są we **współrzędnych absolutnych - G90** (patrz rozdz. 3.3). Programowanie we współrzędnych przyrostowych G91 dopuszcza się tylko w szczególnie uzasadnionych przypadkach. Tę możliwość należy sprowadzić do niezbędnego minimum.

3.3. FUNKCJE WYMIAROWANIA WSPÓLRZĘDNYCH - G90/G91.

W skład tej grupy wchodzi dwie funkcje **modalne** określające sposób wymiarowania , współrzędnych odcinka prostej, łuku okręgu lub łuku linii śrubowej programowanych w danym bloku i tworzących odcinek (fragment) toru obróbki:

G90 • - programowanie absolutne,

G91 - programowanie przyrostowe.

Po włączeniu lub zerowaniu układu sterowania aktywna jest funkcja **G90**.

Sposoby wymiarowania różnią się od siebie wyborem układu odniesienia, względem którego wymiarowany jest odcinek toru programowany w danym bloku.

W przypadku **programowania absolutnego (G90)** odcinki toru, a ściślej punkty końcowe odcinków toru są określane względem aktualnego układu współrzędnych programu - patrz Rys. 3.2, Rys. 3.6 i Rys. 3.8. Użyto określenia "aktualnego", gdyż układ współrzędnych może być przesuwany (funkcja G92) w trakcie programu w celu ułatwienia obliczeń związanych z programowaniem toru obróbki (patrz rozdz. 3.9).

W przypadku **programowania przyrostowego (G91)** odcinki toru, a ściślej punkty końcowe odcinków toru są określane zawsze względem układu odniesienia, którego początek pokrywa się z początkiem danego odcinka - patrz Rys. 3.1, Rys. 3.6 i Rys. 3.8. Układ odniesienia, w którym programowany jest każdy odcinek toru, przesuwany jest tak, że jego początek pokrywa się zawsze z początkiem kolejnego odcinka toru.

3.4. FUNKCJE WYBORU PŁASZCZYZNY.

W USN PRONUM 640 FC płaszczyzna obróbki deklarowana jest przez funkcje Gxx zgodnie ze standardem ISO, a następnie może być zmodyfikowana przez transformację ortogonalną układu współrzędnych z wykorzystaniem funkcji specjalnych Gxxx (patrz rozdz. 3.4.2).

3.4.1. FUNKCJE STANDARDOWE - G17/G18/G19.

Jest to grupa trzech funkcji modalnych: **G17, G18 i G19** deklarujących płaszczyznę obróbki i prostopadłą do niej oś narzędzia.

Wybór jednej z tych funkcji określa:

- płaszczyznę łuku okręgu,
- płaszczyznę kompensacji promienia freza,
- kierunek (oś) korekcji długości narzędzia,
- oś dodatkowego przesuwu liniowego w przypadku ruchu po linii śrubowej.

Funkcja	Płaszczyzna Kompensacji i Łuku Okręgu	Oś Korekcji Długości Narzędzia Oś Dodatkowego Przesuwu
G17 •	XY	Z
G18	ZX	Y
G19	YZ	X

Po włączeniu lub zerowaniu układu sterowania aktywna jest funkcja **G17**

3.4.2. TRANSFORMACJA ORTOGONALNA UKŁADU WSPÓLRZĘDNYCH – G917/G918/G919.

Cykle stałe (fabryczne i użytkownika) powinny być pisane tak, aby można było wykonywać je w różnych płaszczyznach roboczych. Ma to znaczenie w przypadku zmiany konfiguracji osi obrabiarki np. zmiana z frezarki pionowej na poziomą z zachowaniem oznaczenia osi frezarki.

Aby uniknąć powtarzania treści programów, które różnią się tylko płaszczyzną roboczą wprowadza się funkcje transformacji ortogonalnej układu współrzędnych. Funkcje te: G917, G918 i G919 przekształcają oznaczenia osi X, Y i Z, funkcje I, J i K oraz funkcje G17, G18 i G19 w taki sposób, że np. program zaprojektowany dla płaszczyzny roboczej XY może być wykonywany bez żadnych przekształceń treści w płaszczyźnie ZX jak i YZ.

W poniższej tabeli podano sposób transformacji oznaczeń.

G917	X	Y	Z	I	J	K	G17	G18	G19
G918	Z	X	Y	K	I	J	G18	G19	G17
G919	Y	Z	X	J	K	I	G19	G17	G18

Po włączeniu lub zerowaniu układu sterowania aktywna jest funkcja **G917**

Powyższą tabelę należy rozumieć następująco: wiersz z funkcją G917 odpowiada rzeczywistym oznaczeniom osi i parametrów łuku użytym w treści programu obróbki. W przypadku użycia funkcji G918 lub G919 oznaczenia te ulegają zmianie na symbole umieszczone w odpowiedniej kolumnie tabeli. Przywrócenie pierwotnej interpretacji symboli następuje po zaprogramowaniu funkcji G917, wyzerowaniu układu sterowania lub rozpoczęciu nowego programu.

Przykład transformacji ortogonalnej współrzędnych zawiera treść Makrocyklu L901 (patrz rozdz. 4.4), którego fragment (bloki od N125 do N45) podano niżej:

```

N125H1+130=R11=1
N126H1+131=R11=2
N127H0+132
N130R50=919H0+133
N131R50=918H0+133
N132R50=917
N133GR50
N43R30=(270+R17)*PI/180R5=R17*PI/180
N44R18=R22+(R24+R12/2)*COS(R5)R19=R23+(R24+R12/2)*SIN(R5)
N45G0G90G60G17FR15XR18YR19

```

KOMENTARZ:

Płaszczyznę obróbki określa parametr R11.

```

R11=1           płaszczyzna  YZ
R11=2           płaszczyzna  ZX
R11=0           płaszczyzna  XY

```

W blokach N125, N126 i N127 wykonywana jest operacja badania wartości parametru R11.

Wynik badania ustawia parametr R50 (bloki N130, N131 i N132) określający rodzaj transformacji .

W bloku N133 ustawiana jest odpowiednia funkcja Gxxx (G917, G918 lub G919).

Począwszy od tego bloku wykonywana jest transformacja ortogonalna zgodnie z funkcją Gxxx.

3.5. FUNKCJE KSZTAŁTU TORU I RODZAJU POSUWU. (G0, G1, G2, G3, G10, G11).

Funkcje tej grupy określają kształt kolejnych odcinków toru i rodzaj posuwu. Grupę tworzy sześć funkcji **modalnych**, które można dodatkowo podzielić na trzy następujące podgrupy:

Funkcje programujące ruch wzdłuż odcinka linii prostej (funkcje interpolacji liniowej)

G0 i G10 - szybki ruch ustawczy

G1• i G11 - ruch roboczy, posuw F5

Funkcje programujące ruch roboczy wzdłuż łuku okręgu lub linii śrubowej (interpolacja kołowa lub śrubowa)

G2 i G3 - ruch w kierunku zgodnym lub przeciwnym do ruchu wskazówek zegara - CW lub CCW

Po włączeniu lub zerowaniu układu sterowania aktywna jest funkcja G1.

ZASADY SKRÓCONEGO ZAPISU WSPÓLRZĘDNYCH

W blokach programujących ruch można stosować zapis skrócony zgodnie z następującymi zasadami:

nie wymaga się programowania parametrów IJK przyjmujących wartości zerowe (dotyczy to programowania przyrostowego - G91 i absolutnego - G90),

w przypadku programowania przyrostowego G91 współrzędne XYZ przyjmujące wartości zerowe mogą być pominięte,

w przypadku programowania absolutnego G90 można pominąć współrzędne XYZ, które nie zmieniają wartości w odniesieniu do bloków poprzednich.

Zaprogramowana prędkość F jest pamiętana w kolejnych blokach. Programuje się ją tylko wtedy, gdy wymagana jest zmiana prędkości. Funkcje ruchu ustawczego G0 i G10 nie wpływają na prędkość F. " Blok zawierający G1 " programowany po " bloku zawierającym G0 " nie wymaga deklaracji prędkości F jeśli została ona już poprzednio zaprogramowana.

3.5.1. FUNKCJE RUCHU USTAWCZEGO - G0/G10.

Programowanie tych funkcji wymaga podania współrzędnych wektora przesunięcia (przyp. G0, G91) lub współrzędnych punktu końcowego (przyp. G0, G90 lub G10). Obie funkcje G0 i G10 wywołują ruch wzdłuż odcinka prostej. Prędkość ruchu dobierana jest na podstawie nachylenia odcinka prostej i parametrów maszynowych „prędkość maksymalna” dla zaprogramowanych osi. Prędkość posuwu nie jest programowana w treści bloku.

Ruch ustawczy wykonywany jest z rozpędzaniem na początku i hamowaniem na końcu odcinka ze stałym zapisanym w parametrach maszynowych przyspieszeniem / opóźnieniem (patrz Instrukcja Instalacji, Karta parametrów maszynowych poz. 30 - Przyspieszenie w AUTO)

Funkcja G0 definiowana jest w prostokątnym układzie współrzędnych XYZ.

Funkcja G10 definiowana jest we współrzędnych biegunowych na jednej z trzech płaszczyzn XY, ZX lub YZ.

PROGRAMOWANIE FUNKCJI G0

FORMAT: N5 G0 X+43 Y+43 Z+43 *

Zaleca się stosowanie zapisu skróconego - patrz str. 37.

Przypadek wymiarowania przyrostowego G91 - patrz Rys. 3.1

W bloku podaje się składowe wektora przesunięcia - patrz Rys. 3.1. Układ współrzędnych związany z początkiem tego wektora .

Na rysunku: **PP** - punkt początkowy odcinka
PK - punkt końcowy odcinka

Przykład programowania bloku G0/G91 : **N100 G0 G91 X100 Y200 Z300**

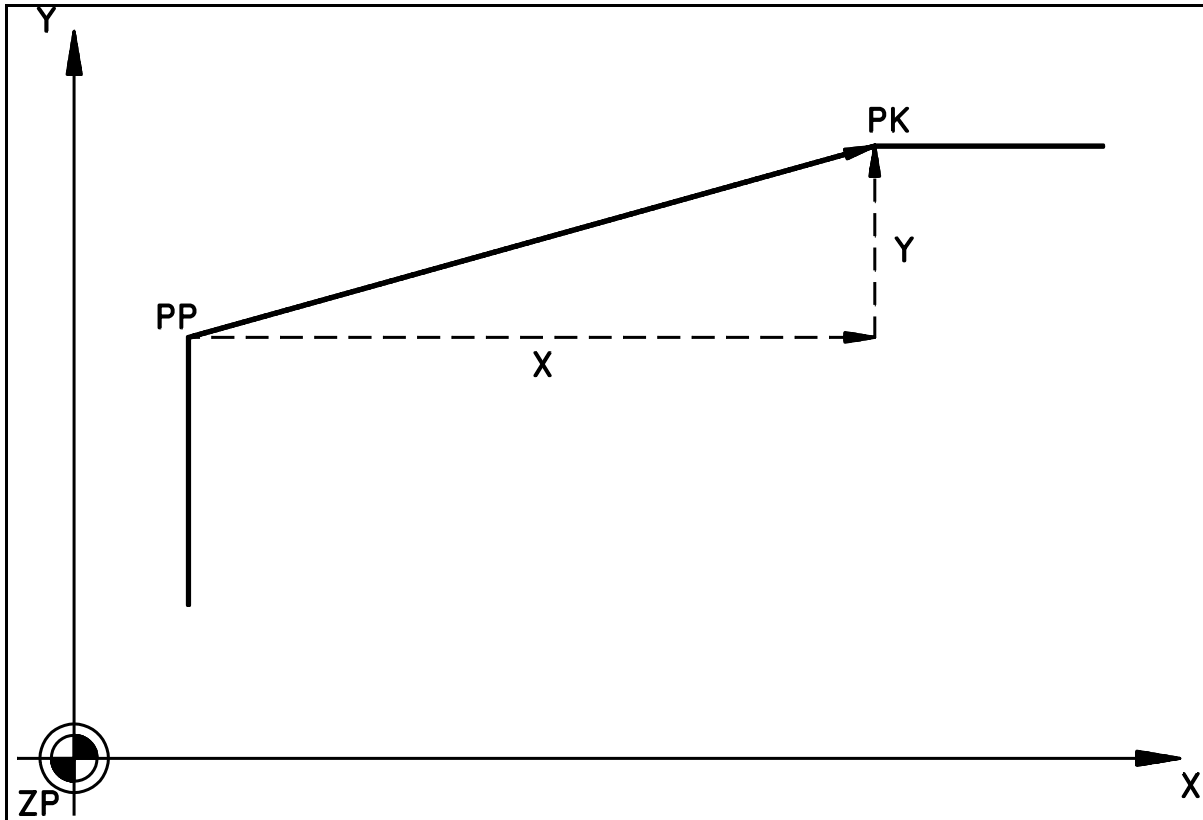
Przypadek wymiarowania absolutnego G90 - patrz Rys. 3.2

W bloku podaje się współrzędne punktu końcowego wektora przesunięcia odniesione do aktualnego układu współrzędnych programu - patrz Rys. 3.2. Środek układu współrzędnych zaznaczono jako punkt **ZP**.

Przykład bloku programu : **N110 G0 G90 X200 Y150 Z50**

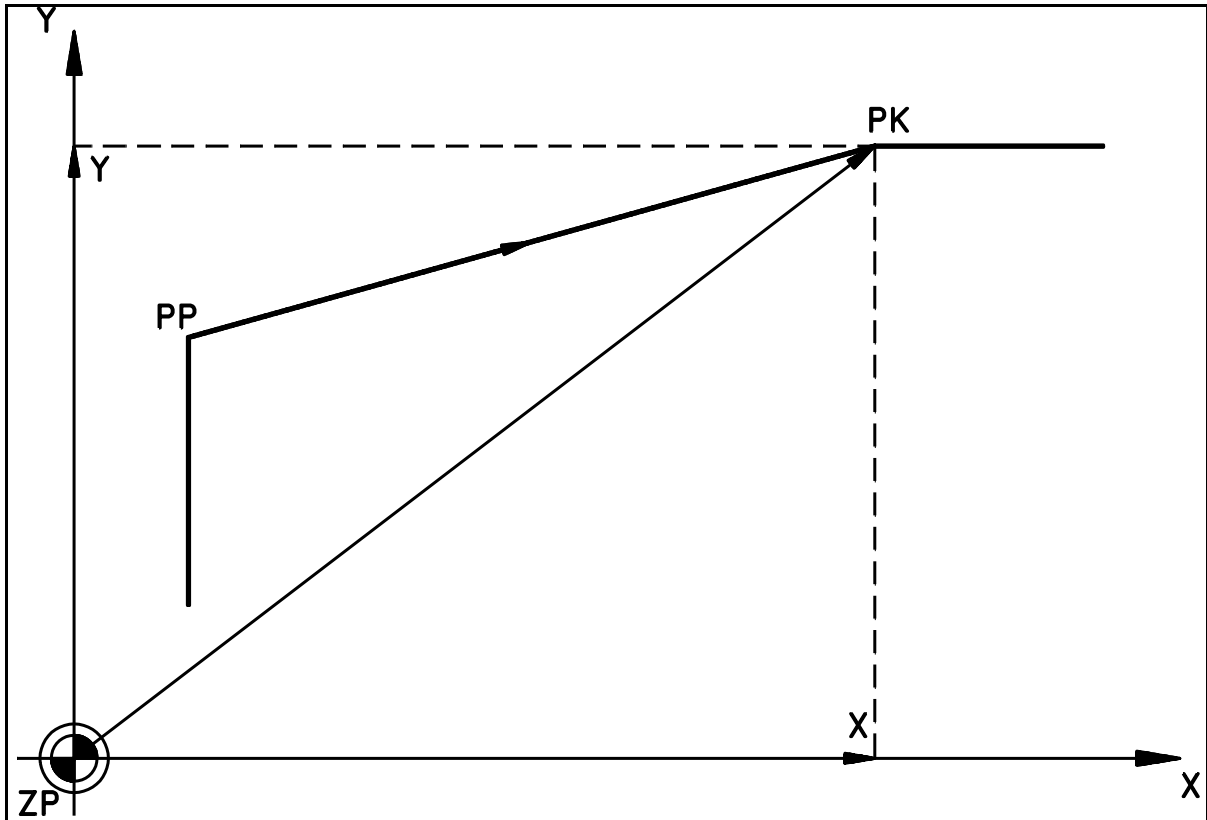
W obu omówionych przypadkach współrzędne X Y Z mogą być programowane zgodnie z podanym formatem w zakresie:

od – 9999.999 do 9999.999 mm lub od –389.9999 do 389.9999 cala
z rozdzielczością 0.001 mm z rozdzielczością 0.0001 cala



Rys. 3.1.
Odcinek linii prostej na płaszczyźnie XY.
Programowanie we współrzędnych przyrostowych - G 91.

Uwaga: Na Rys. 3.1 pokazano sposób określania współrzędnych przyrostowych odcinka linii prostej położonego na płaszczyźnie XY. Analogicznie określane są współrzędne przyrostowe odcinka prostej położonego na płaszczyznach ZX i YZ lub też odcinka linii prostej usytuowanego w przestrzeni XYZ, przy czym w tym przypadku określane są wszystkie trzy współrzędne X, Y i Z.



Rys. 3.2.
Odcinek linii prostej na płaszczyźnie XY
Programowanie we współrzędnych absolutnych - G 90

Uwaga: Na Rys. 3.2 pokazano sposób określania współrzędnych absolutnych odcinka linii prostej położonego na płaszczyźnie XY. Analogicznie określone są współrzędne absolutne odcinka prostej położonego na płaszczyznach ZX i YZ lub też odcinka linii prostej usytuowanego w przestrzeni XYZ, przy czym w tym przypadku określone są wszystkie trzy współrzędne X, Y i Z.

PROGRAMOWANIE FUNKCJI G10

FORMATY:

N5 G10 X+43 Y+43 Q43 A35 *
N5 G10 Z+43 X+43 Q43 A35 *
N5 G10 Y+43 Z+43 Q43 A35 *

Zaleca się stosowanie zapisu skróconego - patrz str. 37

Przypadek wymiarowania absolutnego G90 - patrz Rys. 3.3

W bloku programu należy podać następujące dane:

Współrzędne bieguna BG i to w ściśle określonym porządku. Przyjęto, że pierwsza podana w bloku współrzędna (X, Y lub Z) wyznacza oś biegunową, względem której określany jest kąt nachylenia wektora wodzącego. Obydwie osie wyznaczają płaszczyznę, w której programowany jest ruch.

Współrzędne te należy określać w odniesieniu do aktualnego układu współrzędnych programu. Jeśli współrzędne nie są podane w bloku z funkcją G10, to oznacza, że obowiązują poprzednio zaprogramowane wartości z ostatniego bloku, w którym użyto funkcji G10 lub G11.

Wówczas format bloku przyjmie postać skróconą:

N5 G10 Q43 A35 *

Promień (wektor) wodzący: słowo Q43

Kąt nachylenia wektora wodzącego: słowo A35

Kąt mierzony jest od osi biegunowej w stopniach. Najmniejszy przyrost kąta wynosi: 0.00001 stopnia. Przyjęto, że **kąt A** mierzony jest zgodnie ze skretnością prostokątnego układu współrzędnych utworzonego przez współrzędne bieguna z uwzględnieniem kolejności w jakiej je zapisano w bloku.

Współrzędne X Y Z mogą być programowane zgodnie z podanym formatem w zakresie:

od -9999.999 do 9999.999 mm lub od -389.9999 do 389.9999 cala
z rozdzielczością 0.001 mm z rozdzielczością 0.0001 cala

Promień wodzący Q może być programowany zgodnie z formatem w zakresie:

od 0.001 do 9999.999 mm lub od 0.0001 do 389.9999 cala
z rozdzielczością 0.001 mm z rozdzielczością 0.0001 cala

Przykład bloku programu - patrz Rys. 3.3

N120 G10 G90 X150 Y150 Q280 A45

Komentarz:

Współrzędne bieguna:	X=150 Y=150,
Promień wodzący:	Q=280,
Kąt :	A=45 stop.
BG:	biegun
PK:	punkt końcowy odcinka toru.
PP:	punkt początkowy odcinka toru

Przypadek wymiarowania przyrostowego G91

Inaczej interpretuje się tylko dane dotyczące współrzędnych bieguna. Podaje się je jako przyrosty w odniesieniu do poprzednio zaprogramowanego bieguna.

Pozostałe słowa programuje się jak dla poprzedniego przypadku. Format za wyjątkiem zmiany G90 na G91 pozostaje bez zmiany.

3.5.2. FUNKCJE LINII PROSTEJ - G1/G11.

FORMATY:

N5 **G1** X+43 Y+43 Z+43 **F5** *

N5 **G11** X+43 Y+43 Q43 A35 **F5** *

N5 **G11** Z+43 X+43 Q43 A35 **F5** *

N5 **G11** Y+43 Z+43 Q43 A35 **F5** *

Zaleca się stosowanie zapisu skróconego - patrz rozdz. 3.5

Programowanie i wykonanie bloku z zaprogramowaną funkcją G1 (wsp. prostokątne) lub G11 (wsp. biegunowe) różni się od poprzednio opisanych przypadków G0 i G10 wyłącznie tym, że ruch wykonywany jest z zaprogramowaną prędkością posuwu F5 . Wszystkie pozostałe zasady programowania odcinków G0 i G10 pozostają aktualne dla przypadków G1 i G11. Rys. 3.1 i Rys. 3.2 (programowanie przyrostowe i absolutne) odnoszą się również do przypadków G1 i G11.

Prędkość posuwu może być programowana w zakresie:	od 1 do 15000 mm/min (lub od 1 do 590 cal/min)
---	--

z rozdzielczością:	1 mm/min (lub 1 cal/min)
--------------------	-------------------------------

Prędkość zaprogramowana w jednym bloku zachowuje wartość dla bloków następnych. Programuje się wyłącznie zmianę prędkości.

Przykład programowania funkcji G1

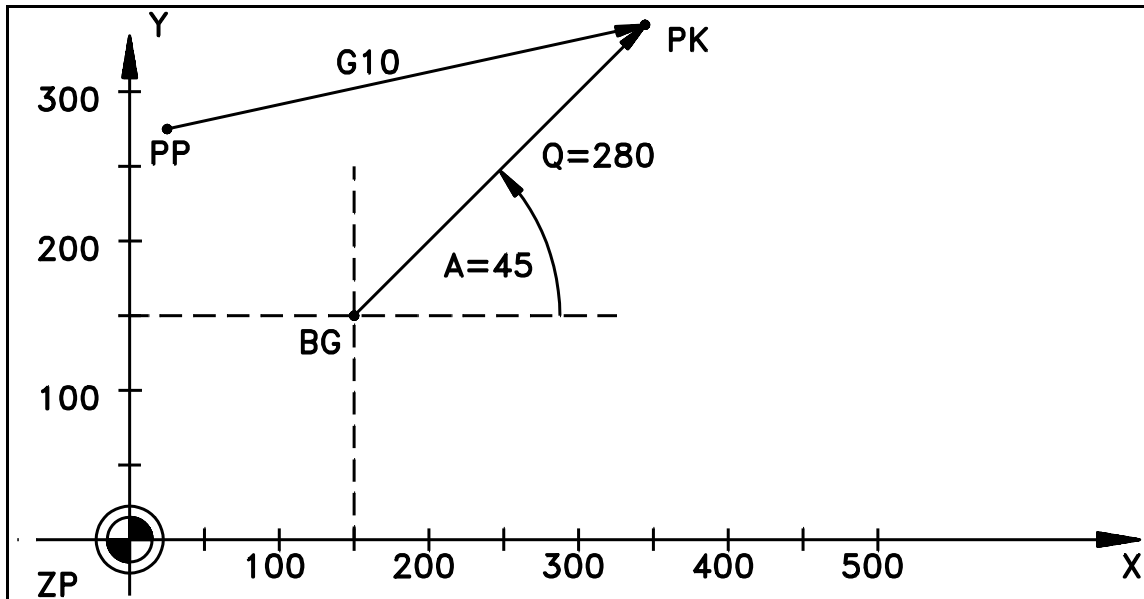
N20 G1 G90 X100 Y200 Z300 F120

Przykład programowania funkcji G11 - Rys. 3.4

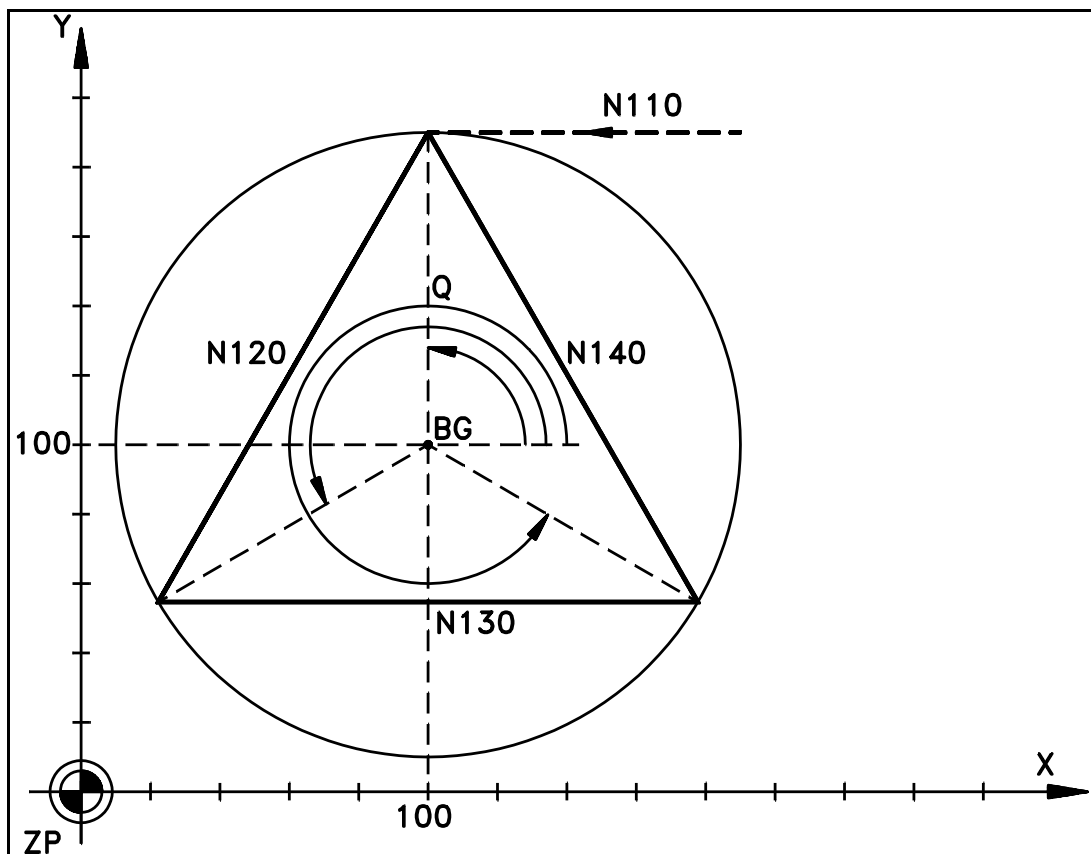
.....
N110 G10 G90 X100 Y100 Q95 A90
N120 G11 A210 F300
N130 A330
N140 A90
.....

Uwaga:

W treści bloków N120, N130 i N 140 współrzędne bieguna X100 i Y100 oraz promień wodzący Q60 zostały pominięte - nie ulegają zmianie.



Rys. 3.3.
Odcinek linii prostej - współrzędne biegunowe



Rys. 3.4.
Przykład programowania odcinka prostej G11 - współrzędne biegunowe

3.5.3. FUNKCJE ŁUKU OKRĘGU - G2/G3.

FORMATY: N5 **G2 (lub G3)** G17 X+43 Y+43 I+53 J+53 F5 *
N5 **G2 (lub G3)** G18 Z+43 X+43 K+53 I+53 F5 *
N5 **G2 (lub G3)** G19 Y+43 Z+43 J+53 K+53 F5 *
Zaleca się stosowanie zapisu skróconego - patrz str.37

KOMENTARZ:

- G2** programuje ruch wzdłuż łuku w kierunku **zgodnym z ruchem wskazówek zegara - CW.**
- G3** programuje ruch wzdłuż łuku w kierunku **przeciwnym do ruchu wskazówek zegara - CCW.**

G17,G18,G19 wybór płaszczyzny obróbki zgodnie z zasadami opisanymi w rozdz. 3.4.1 łącznie z możliwością transformacji ortogonalnej. Ruch wzdłuż łuku może być wykonany tylko na jednej z płaszczyzn.

Na Rys. 3.5 pokazano jak należy rozumieć kierunek ruchu wzdłuż łuku na każdej z płaszczyzn: XY, ZX i YZ.

F5 programowana prędkość posuwu w zakresie:
od 1 do 15000 mm/min z rozdzielcz. 1 mm/min
(lub od 1 do 590 cal/min z rozdz. 1 cal/min)
Wartość chwilowa prędkości wzdłuż łuku jest stała i równa prędkości zapisanej w słowie **F**

I, J, K parametry interpolacji określające współrzędne środka okręgu w stosunku do początku łuku (punkt PP na Rys. 3.6) niezależnie od sposobu wymiarowania G90/G91. Pokazuje to Rys. 3.6 na przykładzie okręgu położonego na płaszczyźnie XY.

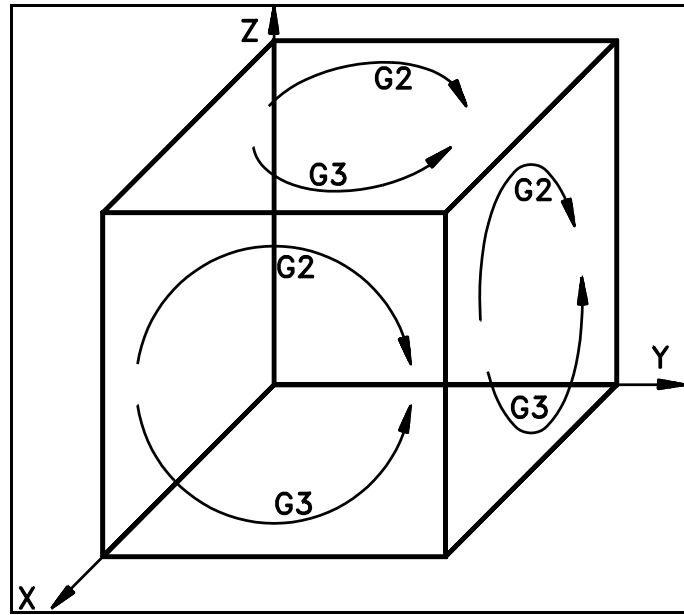
X, Y, Z współrzędne końca łuku (punkt PK na Rys. 3.6) odniesione do:
- początku łuku w przypadku **programowania przyrostowego - G91,**
- aktualnego układu współrzędnych programu (patrz rozdz. 3.3) w przypadku **programowania absolutnego - G90.**

Układ sterowania PRONUM 640 FC umożliwia programowanie dowolnych łuków okręgu o promieniu: **od 0.001 mm do 99999.999 mm z rozdzielczością 0.001 mm w całym zakresie kąta pełnego.**

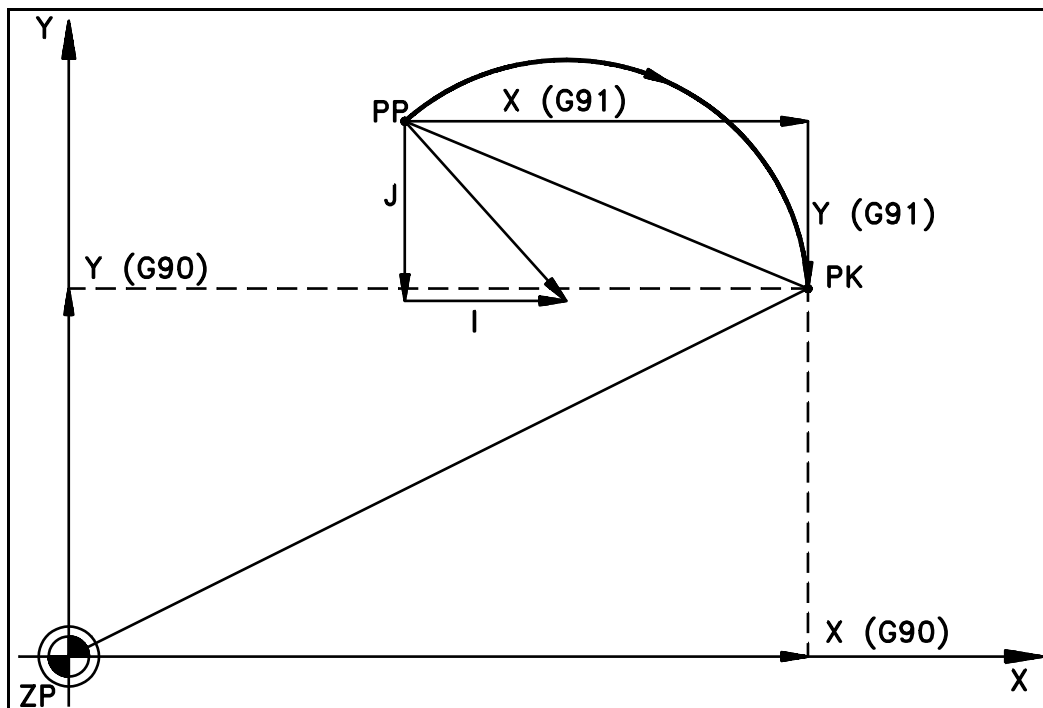
Współrzędne X Y Z mogą być programowane zgodnie z podanym formatem w zakresie:

od -9999.999 do 9999.999 mm lub -389.9999 do 389.9999 cala
z rozdzielczością 0.001 mm z rozdzielczością 0.0001 cala

Parametry I J K mogą być programowane zgodnie z podanym formatem w zakresie:
od - 99999.999 do 99999.999 mm lub -3899.9999 do 3899.9999 cala
z rozdzielczością 0.001 mm z rozdzielczością 0.0001 cala



Rys. 3.5.
Określenie kierunku łuku okręgu - G02 lub G03



Rys. 3.6.
Łuk okręgu - określenie parametrów i współrzędnych

PRZYKŁAD: **programu opisującego kilka, następujących po sobie, łuków okręgu (patrz Rys. 3.7)**

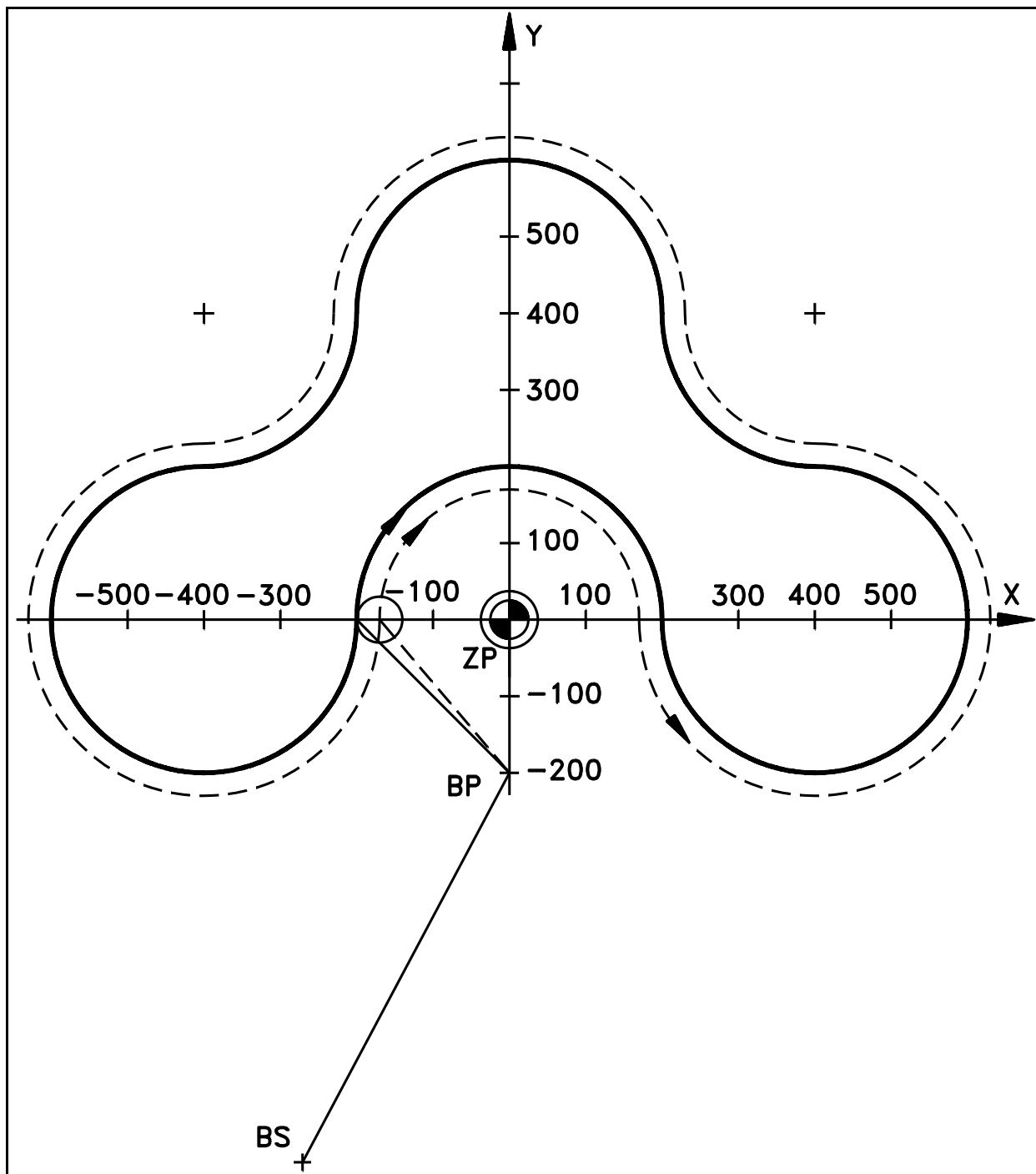
%MPF247	
(TEST ŁUKÓW OKRĘGÓW)	
N10 G0 G90 G54 X0 Y-200 Z0 D201	wywołanie bazy pomiar. - p. rozdz. 3.9.1
N20 M3 S368	
N30 G17 Z80 D2	deklaracja kompensacji - p. rozdz. 3.6
N40 G1 G42 X-200 Y0 F120	wywołanie kompensacji - p. rozdz. 3.6.4.1
N50 G2 X200 Y0 I200	
N60 G3 X400 Y200 I200	
N70 G2 X200 Y400 J200	
N80 G3 X-200 Y400 I-200	
N90 G2 X-400 Y200 I-200	
N100 G3 X-200 Y0 J-200	
N110 G0 G40 X0 Y-200	odwołanie kompensacji - p. rozdz. 3.6.4.2
N120 Z0 D0 M5	
N130 M30	

PRZYKŁAD programowania pełnego łuku okręgu na płaszczyźnie XY
kąt środkowy 360 stopni, promień 130 mm, kierunek CW.

N88 G91 G2 G17 J130 F1200

Ten sam łuk programowany we współrzędnych absolutnych G90

N187 G1 G90 X200 Y-330 F1200
N188 G2 G17 X200 Y-330 J130 F1200



Rys. 3.7.
Łuki okręgów

3.5.3.1. ŁUK OKRĘGU OKREŚLONY PRZEZ PROMIEŃ.

FORMATY: N5 G2 (lub G3) G17 X+43 Y+43 U+53 F5 *
N5 G2 (lub G3) G18 Z+43 X+43 U+53 F5 *
N5 G2 (lub G3) G19 Y+43 Z+43 U+53 F5 *

Zaleca się stosowanie zapisu skróconego - patrz rozdz. 3.5.

Różnica w programowaniu łuku okręgu polega na tym, że zamiast parametrów **IJK** programowany jest **promień łuku U** (patrz Rys. 3.8) poprzedzony znakiem + lub – zgodnie z formatem: **U+53**.

UWAGA: Wartość określającą promień łuku **U** należy poprzedzić znakiem + lub – według następującej zasady:

Promień **U** poprzedzony jest znakiem + gdy kąt środkowy łuku jest nie większy od 180 stopni.

Promień **U** poprzedzony jest znakiem – gdy kąt środkowy łuku jest większy od 180 stopni a mniejszy od 360 stopni.

Wszystkie pozostałe słowa zawarte w bloku definiujące łuk okręgu programowane są identycznie jak w przypadku opisanym poprzednio (patrz rozdz. 3.5.3).

Dotyczy to: Funkcji przygotowawczych: G2,G3,G17,G18,G19,G90,G91,
Współrzędnych końca łuku: X+43 Y+43 Z+43,
Prędkości posuwu: F5

Nie można zaprogramować pełnego okręgu z wykorzystaniem promienia **U**. Dla takiego przypadku należy stosować zasady opisane poprzednio w rozdz. 3.5.3.

Literę **U** w powyższych formatach należy zastąpić literą **Q** wtedy, gdy zainstalowano dodatkową oś liniową **U**. Zamiany tej można dokonać programując odpowiedni Parametr Maszynowy – patrz rozdz. 4.3.7 Instrukcji Instalacji.

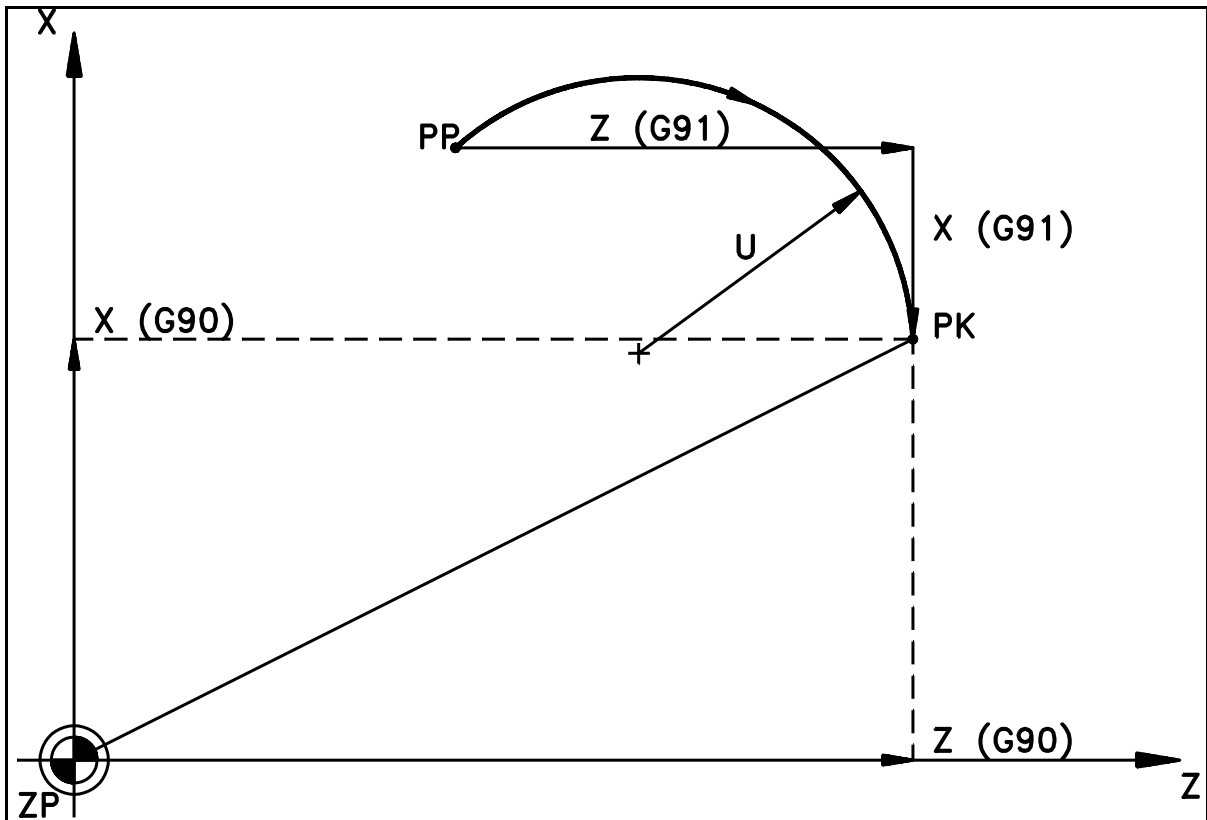
Przykłady programowania łuku okręgu (położonego na płaszczyźnie ZX)

PRZYKŁAD 1 (G91) - Rys. 3.8

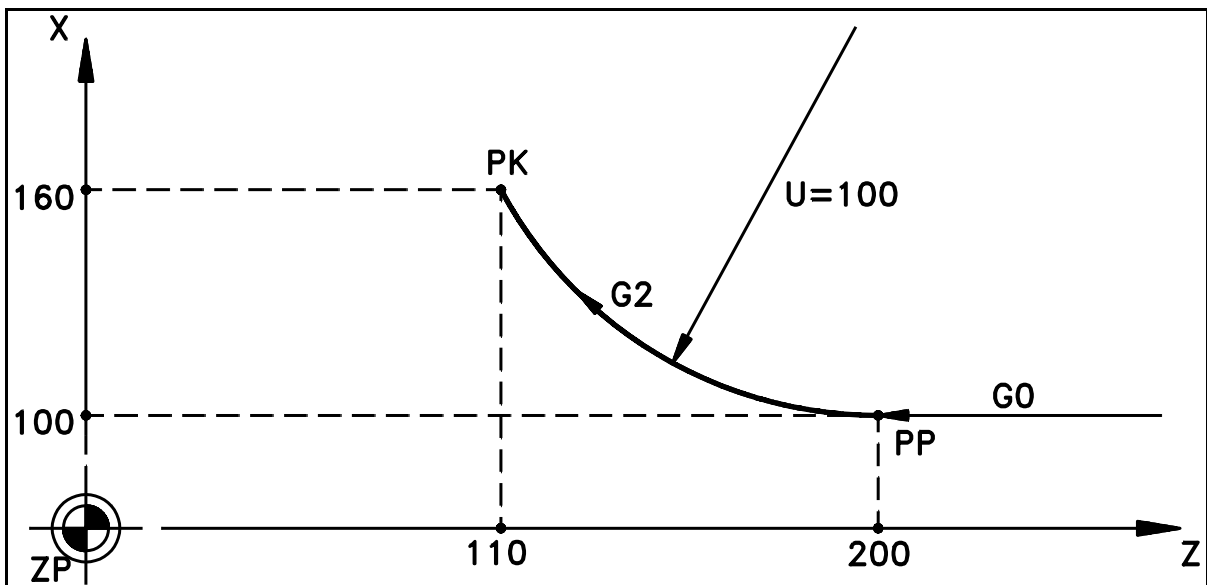
.....
N87 G0 G18 G90 X100 Z200
N88 G2 G91 F1200 X60 Z-90 U100
.....

PRZYKŁAD 2 (G90) - Rys. 3.9

.....
N87 G0 G18 G90 X100 Z200
N88 G2 F1200 X160 Z110 U100
.....



Rys. 3.8.
Łuk okręgu określony przez promień U



Rys. 3.9.
Przykład programowania łuku za pośrednictwem promienia U

PRZYKŁAD: **programu opisującego kilka, następujących po sobie, łuków
okręgów programowanych za pośrednictwem słowa U - patrz
Rys. 3.7**

```
%MPF248  
(TEST ŁUKÓW OKRĘGÓW)  
N10 G0 G90 G54 X0 Y-200 Z0 D201  
N20 M3 S368  
N30 G17 Z80 D2  
N40 G1 G42 X-200 Y0 F120  
N50 G2 X200 Y0 U200  
N60 G3 X400 Y200 U-200  
N70 G2 X200 Y400 U200  
N80 G3 X-200 Y400 U200  
N90 G2 X-400 Y200 U200  
N100 G3 X-200 Y0 U-200  
N110 G0 G40 X0 Y-200  
N120 Z0 D0 M5  
N130 M30
```

3.5.4. RUCH PO ŁUKU LINII ŚRUBOWEJ.

FORMATY:

N5 G2 (lub G3) G17 X+43 Y+43 **Z+43** I+53 J+53 F5 *
N5 G2 (lub G3) G18 Z+43 X+43 **Y+43** K+53 I+53 F5 *
N5 G2 (lub G3) G19 Y+43 Z+43 **X+43** J+53 K+53 F5 *

Zaleca się stosowanie zapisu skróconego - patrz rozdz. 3.5

Łuk linii śrubowej programuje się przez podanie czterech słów wymiarowych, identycznie jak dla łuku okręgu w wybranej płaszczyźnie tego ruchu, a ponadto przez podanie piątego słowa stanowiącego składową przesunięcia w trzeciej osi prostopadłej do płaszczyzny, w której usytuowano łuk okręgu.

Wszystkie słowa zawarte w bloku definiujące łuk okręgu programowane są identycznie jak w przypadku opisanym w rozdz. 3.5.3.

Dotyczy to:

Funkcji przygotowawczych:	G2, G3, G17, G18, G19, G90, G91,
Współrzędnych końca łuku:	X+43 Y+43 Z+43
Parametrów interpolacji:	I+53 J+53 K+53

Różnica w programowaniu polega na dodaniu piątego słowa wymiarowego zgodnie z następującą zasadą:

Z - gdy XY (G17) wyznacza płaszczyznę łuku okręgu
Y - gdy ZX (G18) wyznacza płaszczyznę łuku okręgu
X - gdy YZ (G19) wyznacza płaszczyznę łuku okręgu

Słowo to programowane jest zgodnie z zasadami obowiązującymi dla programowania ruchu roboczego wzdłuż linii prostej G1 - patrz rozdz. 3.5.2 (z odniesieniem do 3.5.1).

Podawana w słowie F prędkość posuwu roboczego programuje prędkość styczną do toru ruchu. W dowolnym punkcie toru ruchu po linii śrubowej wypadkowa prędkość chwilowa jest równa co do wartości liczbie zaprogramowanej w słowie F.

W bloku programu można zapisać ruch tylko dla jednego zwoju linii śrubowej. W przypadku gdy zachodzi konieczność wykonania ruchu wzdłuż kilku zwojów należy napisać odpowiedni sparametryzowany podprogram. Przykład takiego podprogramu podany zostanie w dalszej części rozdziału.

PRZYKŁADY

Pełny zwój linii śrubowej o promieniu 100 mm i skoku 200 mm:

N44 G2 G17 G91 Z200 I-100 F3000*

Połowa zwoju linii śrubowej o promieniu 40 mm i przyroście w osi Z 100 mm:

N33 G3 G17 G91 X-80 Z100 I-40 F500*

Programowanie linii śrubowej o wielu zwojach

Wykonanie linii śrubowej wielozwojowej można uzyskać posługując się następującym podprogramem napisanym przykładowo dla płaszczyzny G17:

```
%SPF1000  
N1 H1+5=0=R25  
N2 G91 G17 GR23 X0 Y0 ZR24 IR21 JR22 FR20  
N3 R25 =R25-1  
N4 H0-1  
N5 M17
```

Przed wywołaniem podprogramu należy zadeklarować:

R20 - Prędkość posuwu,
R21 - współrzędną I środka łuku,
R22 - współrzędną J środka łuku,
R23 - skłonność linii śrubowej : 2 lub 3 ,
R24 - skok jednego zwoju,
R25 - liczbę zwojów.

Powyższy podprogram może być zmodyfikowany dla przypadku programowania absolutnego (zmiana G91 na G90 i odpowiednio współrzędnych XY), a także dla przypadków programowania na innych płaszczyznach.

3.6. KOMPENSACJA PROMIENIA FREZA. G40/G41/G42 - G45/G46.

3.6.1. WPROWADZENIE.

Kompensacja promienia freza polega na wyznaczeniu toru, po którym porusza się środek freza w trakcie wykonywania programu obróbki.. Program obróbki określa **kontur przedmiotu** - zarys przedmiotu po obróbce. Tor freza natomiast odległy jest od konturu o promień freza i stanowi jego **ekwidystantę** (termin " **ekwidystanta** " używany będzie w dalszej części rozdziału). Ten sposób programowania geometrii obróbki jest najprostszy, najczęściej stosowany i zalecany w zdecydowanej większości przypadków. Nie wymaga on od programisty wykonywania obliczeń współrzędnych toru środka narzędzia. Obliczenia te wykonuje automatycznie układ sterowania.

Kompensacja promienia freza może być wykonana wyłącznie na jednej z płaszczyzn określonych przez funkcje: G17, G18 i G19.

Tor środka freza wyznaczany jest na podstawie:

- funkcji przygotowawczych G41 i G42 zadeklarowanych w treści POT określających stronę, po której usytuowany jest tor względem konturu – patrz rozdz. 3.6.2,
- wielkości kompensacji określonej przez sumę dwóch liczb zapisanych w tablicy korektorów narzędzi w pamięci danych pod adresami od D1 do D99 w polach P2 i P4 (patrz rozdział 1.4 – KOREKTORY NARZĘDZI).

Zakres liczb, które mogą być wpisane:

w pole P2: ± 9999.999
w pole P4: ± 9.999

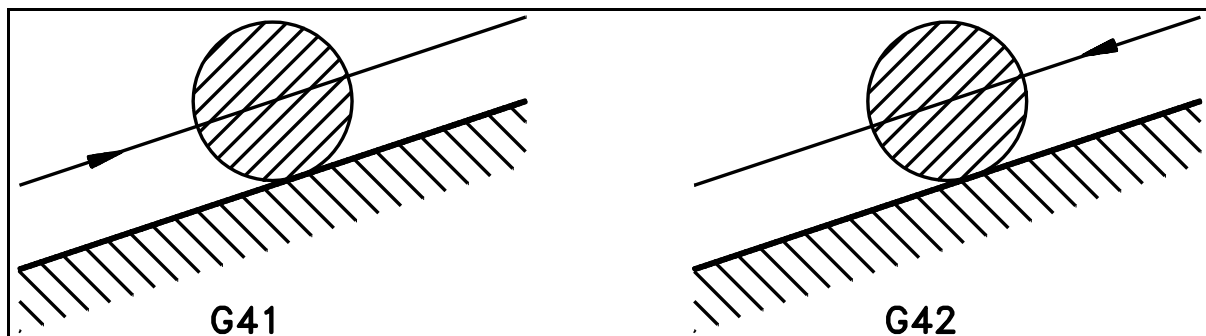
Promień freza określa wartość bezwzględna sumy dwóch liczb zapisanych w polach P2 i P4.

Szczególnym przypadkiem kompensacji promienia freza jest **korekcja promienia freza**. W tym przypadku program obróbki POT określa tor środka freza o promieniu nominalnym, założonym przez technologa. Tor korygowany jest tylko w zakresie odchyłki rzeczywistego promienia freza od promienia nominalnego - patrz rozdz. 3.6.7.

3.6.2. OKREŚLENIA I DEFINICJE.

STRONA TORU: Tor może być usytuowany po **LEWEJ** lub po **PRAWYJ** stronie konturu (patrząc w kierunku ruchu narzędzia) - określa to poniższe zestawienie:

<u>FUNKCJA</u>	<u>DZIAŁANIE</u>
G41	aktywność funkcji oznacza, że tor środka freza znajduje się po LEWEJ stronie konturu detalu;
G42	aktywność funkcji oznacza, że tor środka freza znajduje się po PRAWYJ stronie konturu detalu;
G40 •	aktywna po włączeniu lub zerowaniu układu sterowania; aktywność funkcji oznacza, że sterowanie wykonywane jest wzdłuż toru określonego w treści programu; G40 użyta po G41 lub G42 powoduje kasowanie kompensacji promienia freza.



Rys. 3.10.
Strona lewa **G41** i strona prawa **G42**

Podana wyżej definicja strony słuszna jest w przypadku gdy : $(P2 + P4) > 0$. W przypadku gdy : $(P2 + P4) < 0$ tor środka freza usytuowany jest:

dla G41 po prawej stronie konturu, jak dla G42 i $(P2+P4) > 0$
dla G42 po lewej stronie konturu, jak dla G41 i $(P2+P4) > 0$

UWAGA: Przypadek: $(P2+P4) > 0$ jest przypadkiem typowym i najczęściej stosowanym. Strona wykonywana w wyniku kompensacji jest zgodna ze stroną deklarowaną w POT. Zaleca się programowanie dodatniej kompensacji promienia freza.

WEKTOR KOMPENSACJI

Wektor określający przesunięcie toru środka freza względem zaprogramowanego konturu przedmiotu. Oznaczany będzie symbolem: **WK**.

Wektor kompensacji określają :

- Kierunek: Kierunek **WK** określa prosta prostopadła do konturu.
- Długość: Długość **WK** równa jest: $|P2 + P4|$
- Zwrot: Zwrot **WK** określają funkcje **G41/G42** oraz znak sumy: **P2 + P4**.

OBRÓBKA ZEWNĘTRZNA i WEWNĘTRZNA

Rozróżnienie tych pojęć ma znaczenie dla obróbki na styku dwóch kolejnych odcinków konturu. W przypadku gdy długość dwóch kolejnych odcinków konturu jest mniejsza od długości odpowiadającego im toru używa się określenia **obróbka zewnętrzna** - patrz Rys. 3.11. W przeciwnym przypadku używa się określenia **obróbka wewnętrzna** - patrz Rys. 3.11.

PUNKT SKRÓTU

Punkt w którym w przypadku obróbki wewnętrznej przecinają się dwa kolejne odcinki ekwidystanty konturu. Oznaczony będzie symbolem **PS** - patrz Rys. 3.12 ab. W punkcie tym następuje skrócenie toru.

WEKTOR SKRÓTU

Wektor łączący punkt przecięcia się odcinków konturu i punkt skrótu. Oznaczony będzie na rysunkach symbolem **WS**.

3.6.3. PODSTAWOWE ZASADY WYZNACZANIA TORU FREZA.

Dla każdego odcinka konturu leżącego na jednej z płaszczyzn wyznaczonych przez funkcje: G17, G18, G19, wyznaczone są wektory kompensacji, przy czym dla odcinka prostej wyznaczany jest jeden (p. Rys. 3.11 A), a dla łuku okręgu dwa wektory, związane z początkiem i końcem łuku (p. Rys. 3.11 C).

Każdy zaprogramowany odcinek konturu jest odwzorowywany na odpowiadający mu odcinek toru. Odwzorowanie to polega na dokonaniu równoległego przesunięcia o wektor kompensacji (przypadek odcinka prostej - p. Rys. 3.11 A) lub o wektory kompensacji (przypadek łuku okręgu - p. Rys. 3.11 C).

Przypadek obróbki zewnętrznej - Rys. 3.11

Każdy odcinek linii prostej odpowiada dokładnie pod względem wymiarów geometrycznych odcinkowi konturu - p. Rys. 3.11 A.

Każdy łuk okręgu ma powiększony promień krzywizny o długość WK z jednoczesnym zachowaniem kąta środkowego łuku - p. Rys. 3.11 C.

Tak powstałe odcinki toru łączone są z zasady **łukiem korekcyjnym** zataczanym pomiędzy dwoma WK związanymi z początkiem i końcem dwóch kolejnych odcinków konturu.

Przypadek obróbki wewnętrznej - Rys. 3.12

Dla każdej pary kolejnych odcinków konturu wyznaczany jest **punkt skrót**, który kończy i rozpoczyna odcinki toru. Jedyne odstępstwo od tej zasady ma miejsce w przypadku, gdy odcinki konturu są do siebie styczne - patrz Rys. 3.12 C.

Wyznaczenie punktu skrót w miejsce wykonania łuku korekcyjnego stanowi podstawową różnicę w stosunku do przypadku kompensacji zewnętrznej.

Każdy łuk okręgu toru ma zmniejszony promień krzywizny o długość WK w stosunku do łuku konturu. Kąt środkowy zachowany jest jedynie w przypadku gdy łuk okręgu styczny jest do obu łączących się z nim odcinków konturu.

Uwaga: Przy wyznaczaniu wektorów WK między którymi wykonywane są łuki korekcyjne oraz przy wyznaczaniu punktów PS brane są pod uwagę kolejne odcinki konturu położone na jednej z wybranych płaszczyzn określonych przez funkcje: G17, G18, G19 lub rzuty odcinków konturu na w/w płaszczyzny (w przypadku gdy odcinek konturu zaprogramowany jest jako odcinek linii prostej w przestrzeni lub łuk spirali).

Na Rys. 3.11 i Rys. 3.12 pokazano typowe, wybrane przypadki styków odcinków konturu.

Rys. 3.11 - obróbka zewnętrzna

Rys. 3.11 A. - styk dwóch odcinków prostej,

Rys. 3.11 B. - styk odcinka prostej i łuku okręgu (lub łuku okręgu i odc. prostej),

Rys. 3.11 C. - styk dwóch łuków okręgów,

Rys. 3.11 D. - przejście styczne odcinka prostej i łuku okręgu.

Rys. 3.12 - obróbka wewnętrzna

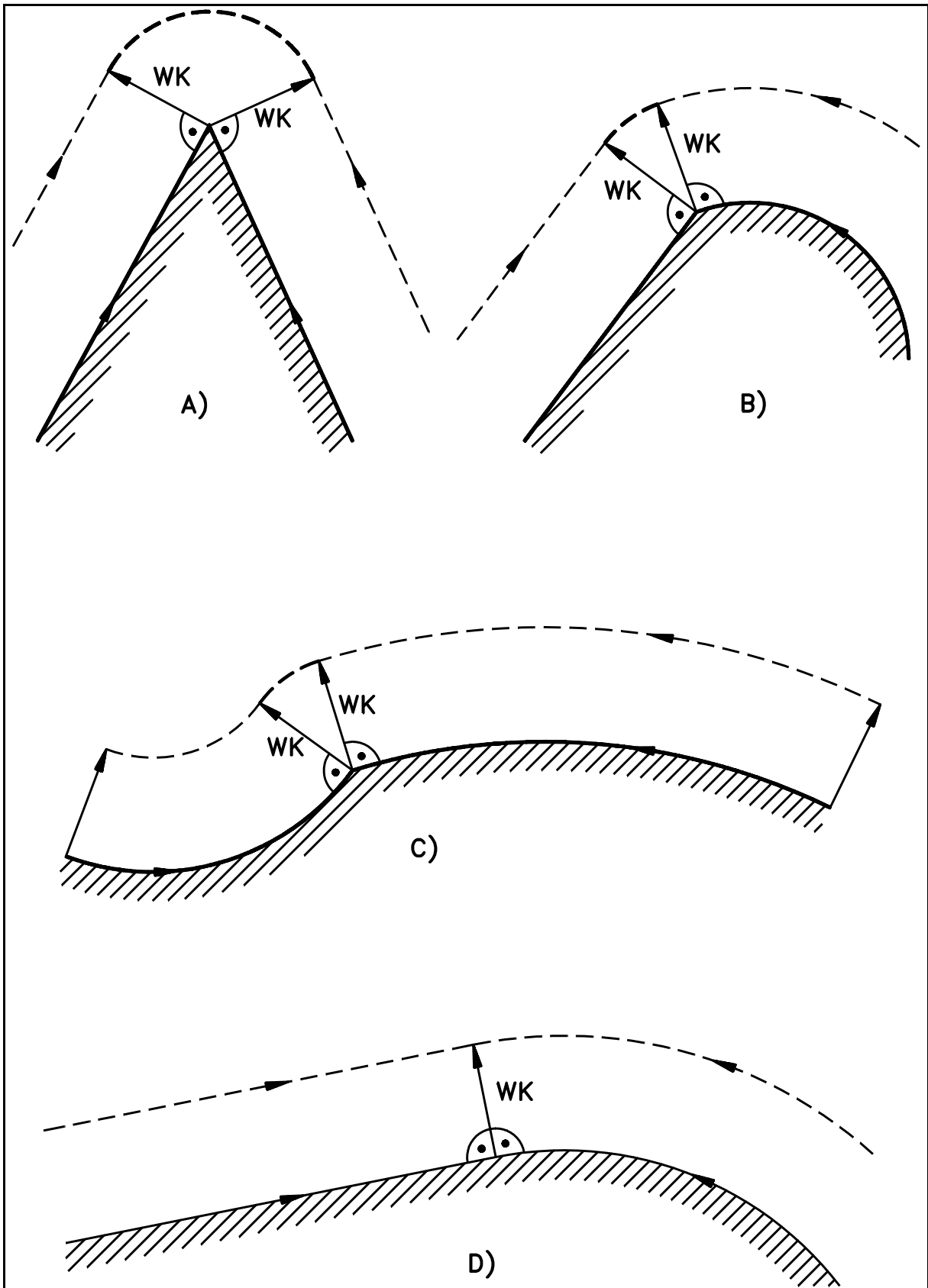
Rys. 3.12 A - styk dwóch odcinków prostej,

Rys. 3.12 B - styk odcinka prostej i łuku okręgu (lub łuku okręgu i odcinka prostej),

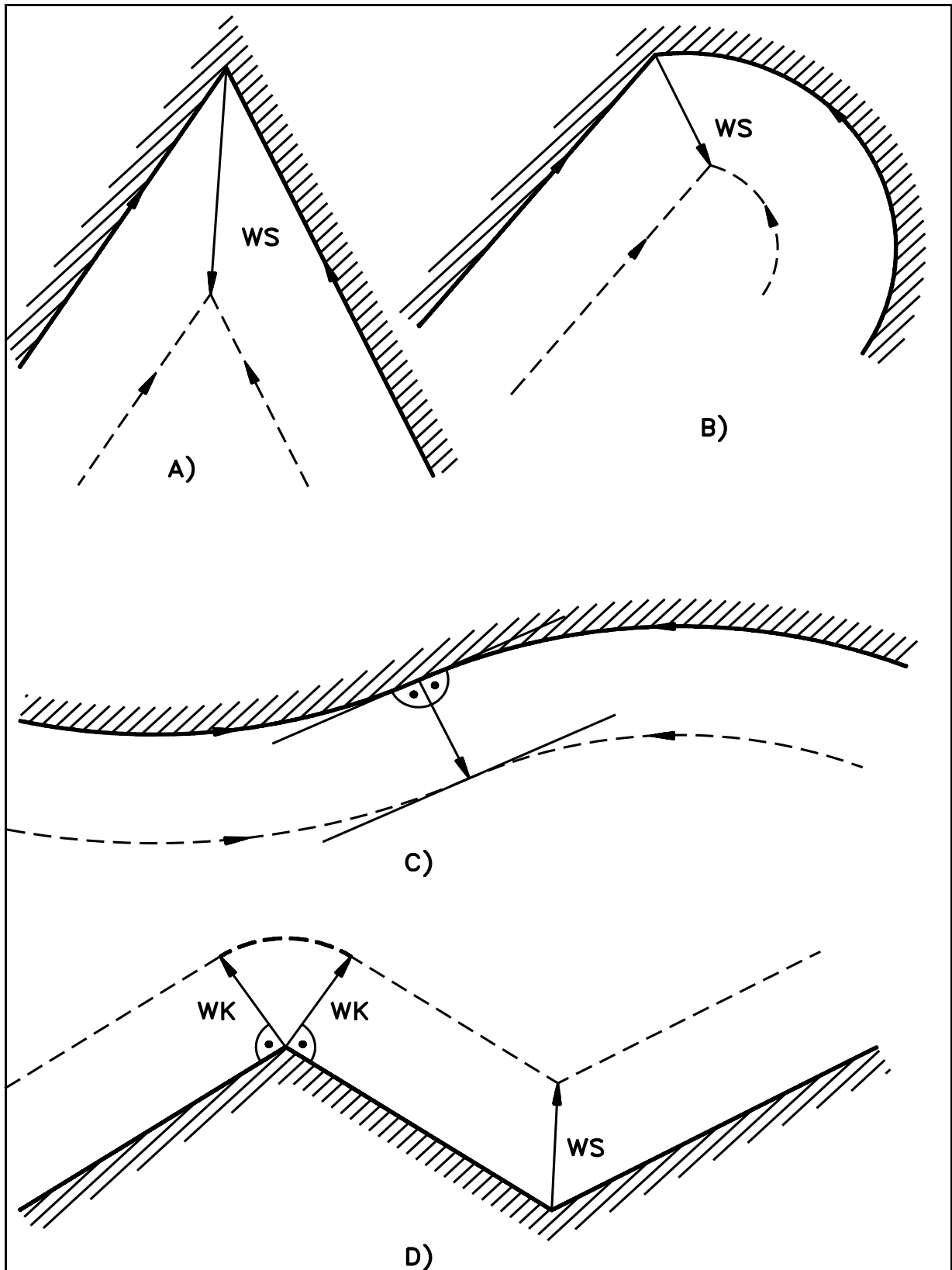
Rys. 3.12 C - styk dwóch stycznych do siebie łuków okręgu,

Rys. 3.12 D - trzy kolejne odcinki prostej – przypadek kompensacji zewnętrznej i wewnętrznej.

Kompensację promienia freza pokazują również rysunki zamieszczone w poprzednich rozdziałach instrukcji: Rys. 1.1 i Rys. 1.2 (patrz rozdz. 1.6) oraz Rys. 3.9 (p. rozdz. 3.5.3.1).



Rys. 3.11.
Obróbka zewnętrzna



Rys. 3.12.
Obróbka wewnętrzna

3.6.4. PROGRAMOWANIE KOMPENSACJI PROMIENIA FREZA.

Kompensację promienia freza rozpoczyna się w bloku, w którym zaprogramowano funkcję **G41** lub **G42** łącznie z ruchem wzdłuż odcinka prostej lub w bloku zawierającym ruch wzdłuż odcinka prostej zaprogramowanym bezpośrednio po bloku bez posuwu zawierającym funkcje **G41** lub **G42** . W bloku tym wykonywana jest operacja przejścia z toru zaprogramowanego w POT na ekwidystantę konturu (na tor środka freza) zgodnie z uprzednio lub w tym bloku zadeklarowaną wartością kompensacji pod adresem **Dxx**. Operację tę nazwano " **Wejściem na tor skompensowany** " (patrz. rozdz. 3.6.4.1). Wykonywana jest zawsze wzdłuż odcinka prostej.

Kompensacja kończy się w bloku, w którym zaprogramowano funkcję **G40** łącznie z ruchem wzdłuż odcinka linii prostej. W bloku tym wykonywana jest operacja przejścia z toru skompensowanego na tor zaprogramowany. Operację tę nazwano : " **Zejściem z toru skompensowanego** "(patrz rozdz.3.6.4.2). Wykonywana jest zawsze wzdłuż odcinka prostej.

PROGRAMOWANIE KOMPENSACJI PROMIENIA FREZA wymaga:

- zadeklarowania w wybranych blokach programu funkcji z grupy : **G41, G42, G40**
Funkcja G41 lub G42 wywołuje kompensację promienia freza - przejście z toru zaprogramowanego na tor skompensowany.
Sposób deklaracji G41 lub G42 oraz wykonanie operacji wejścia na tor skompensowany opisano szczegółowo w rozdz. 3.6.4.1

Funkcja G40 wywołuje kasowanie kompensacji promienia freza - przejście z toru skompensowanego na tor zaprogramowany .
Sposób deklaracji G40 oraz wykonanie operacji zejścia z toru skompensowanego opisano szczegółowo w rozdz.3.6.4.2
- zadeklarowania w jednym z bloków poprzedzających blok z funkcją G41 lub G42 adresu **Dxx** (od D1 do D99) określającego KOREKTOR NARZĘDZIA (zwykle deklaracja ta dokonywana jest w blokach wywołujących korekcję długości narzędzia - patrz rozdz. 3.7)
- wpisania do tablicy korektorów narzędzi odpowiednich liczb w pola **P2 i P4** (patrz rozdział 1.4 - opis tablicy: KOREKTORY NARZĘDZI). Kompensacja wywoływana jest i kasowana zgodnie z zawartością tablicy korektorów narzędzi umieszczonej w Pamięci Danych pod ostatnio zadeklarowanym w POT adresem od D1 do D99.
W pole **P2** wpisać należy liczbę określającą promień freza.
Zakres liczb wpisywanych w pole P2: **± 9999.999 mm**

W pole **P4** należy wpisać liczbę określającą zużycie (zmianę) promienia freza.
Zakres liczb wpisywanych w pole P4: **± 9.999 mm**

Promień freza określa wartość bezwzględna sumy liczb zapisanych w polach P2 i P4.

ZALECENIA:

1. Zaleca się aby na torze skompensowanym wszystkie operacje na parametrach R oraz instrukcje skoków programowane były wyłącznie w blokach zawierających ruch, przy czym instrukcję skoku należy programować zawsze jako ostatnie słowo w bloku. Odstępstwo od tego założenia może powodować błędne wykonanie programu.
2. Zaleca się aby przy wykonywaniu wszystkich operacji zmiany toru linia wyznaczająca ruch krawędzi tnącej freza nie przecinała konturu przedmiotu. Odstępstwo od tego zalecenia prowadzi do uszkodzenia przedmiotu.
3. Zaleca się aby dojście/odejście krawędzi tnącej freza do/od konturu przedmiotu odbywały się po stycznej, przy czym zalecenie to nie jest obligatoryjne. Decyzję podejmuje technolog.

W przypadkach szczególnych dopuszcza się możliwość programowania funkcji G41 lub G42 gdy jedna z tych funkcji jest już aktywna.

- Zaprogramowanie funkcji G41 gdy aktywna jest G42 lub G42 gdy aktywna jest G41 powoduje zmianę strony, tzn. przejście na drugą stronę zaprogramowanego konturu. Przypadek zmiany strony omówiono w rozdz.3.6.5.

- Powtórzenie funkcji G41 lub G42 łącznie z ruchem wzdłuż odcinka linii prostej i jednoczesną deklaracją w tym samym bloku nowego adresu Dxx powoduje zmianę toru z jednoczesnym zachowaniem strony (zmianę dystansu oddzielającego tor od konturu.). Przypadek zmiany toru omówiono w rozdz. 3.6.5.

Prędkość posuwu po torze skorygowanym określa dodatkowo grupa dwóch funkcji modalnych: G45 i G46.

FUNKCJA

DZIAŁANIE

G45 •

Aktywna po włączeniu lub zerowaniu układu sterowania.

Programowana (gdy aktywna jest funkcja G41 lub G42) powoduje **stabilizowanie** prędkości posuwu dla krawędzi tnącej freza wzdłuż konturu detalu tak, by była równa prędkości założonej przez programistę. Prędkość środka freza zapisana w słowie F jest korygowana o wartość zależną od stosunku promienia freza i promienia łuku toru.

G46

Programowana (gdy aktywna jest funkcja G41 lub G42) powoduje, że prędkość środka freza nie jest korygowana. Dla krawędzi tnącej freza **na łukach okręgów** nastąpi przy obróbce zewnętrznej zmniejszenie, a przy obróbce wewnętrznej zwiększenie prędkości w stosunku do prędkości zaprogramowanej.

3.6.4.1. WEJŚCIE NA TOR SKOMPENSOWANY.

PRZYPADEK 1 - Rys. 3.13

Przypadek ten występuje dla **obróbki zewnętrznej**. Spełnienie **Zalecenia 2** (p. rozdz. 3.6.4) wymaga zaprogramowania dodatkowego odcinka linii prostej konturu (**ekstra konturu - N105**) poprzedzającego rzeczywisty kontur przedmiotu - patrz Rys. 3.13. Odcinek ten powinien być styczny do konturu przedmiotu, a jego długość powinna być dobrana tak, aby w trakcie przejścia z toru zaprogramowanego na ekwidystantę konturu krawędź tnąca freza nie przecinała konturu przedmiotu. W skrajnym przypadku długość tego dodatkowego odcinka konturu powinna być nie mniejsza od promienia freza. Przypadek 1 zapewnia, że spełnione jest **Zalecenie 3**.

Wejście wykonywane jest wzdłuż wektora, którego początek pokrywa się z początkiem zaprogramowanego odcinka linii prostej G0/G1 (zaprogramowanej łącznie z funkcją G41 lub G42), a koniec wyznacza **Wektor Kompensacji** związany z końcem tego odcinka. Następnie wykonywany jest łuk korekcyjny zgodnie z poprzednio opisanymi zasadami i kolejny, już skompensowany odcinek toru (G0, G1, G10, G11, G2 lub G3).

STRUKTURA BLOKU / dla G17 /:

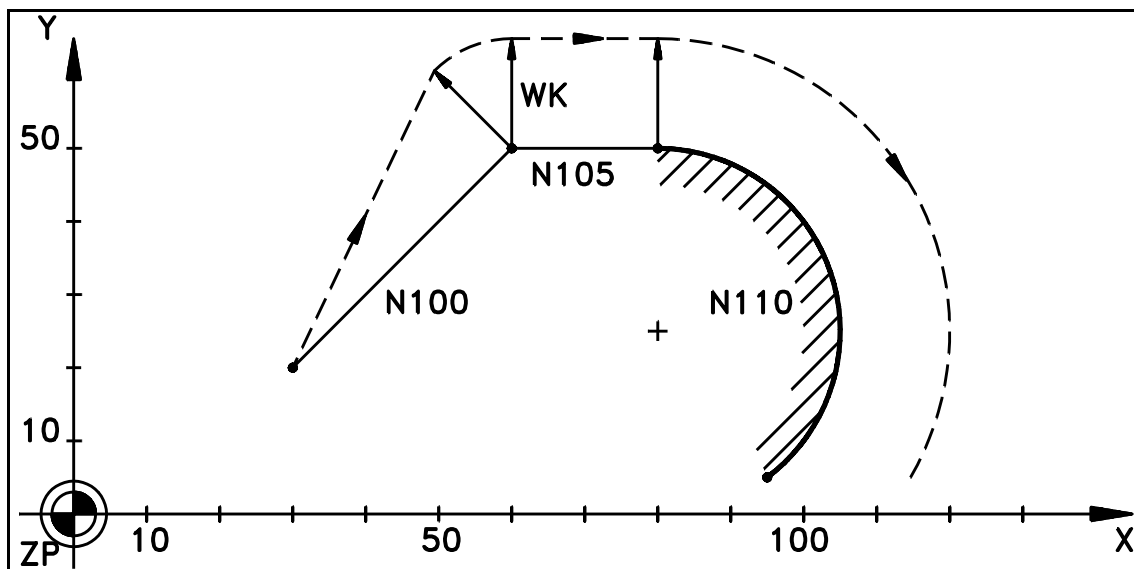
N20 ..G17.....D1.....

.....
N100 G1 (lub G0) G41(lub G42) X+43 Y+43 F5

PRZYKŁAD

.....
N100 G1 G41 G91 D1 X30 Y30 F1000
N105 X20
N110 G2 I0 J-25 X15 Y-45
.....

wejście na tor skompensowany
dodatkowy odcinek konturu-ekstra kontur
pierwszy odcinek konturu przedmiotu



Rys. 3.13.
Wejście na tor skompensowany - Przypadek 1

PRZYPADEK 2 - Rys. 3.14

Przypadek występuje dla **obróbki wewnętrznej** gdy funkcje G41/G42 programowane są w bloku z posuwem wzdłuż odcinka prostej G1/G0. Spełnienie **Zalecenia 2** (patrz rozdz. 3.6.4) nie wymaga programowania dodatkowego odcinka konturu, jeśli **punkt PP** (patrz. Rys. 3.14) położony jest poza obszarem ograniczonym przez dwie proste: prostą styczną do konturu przedmiotu w punkcie początku konturu i prostą przesuniętą o wektor WK.

Wejście wykonywane jest wzdłuż wektora, którego początek pokrywa się z początkiem zaprogramowanego odcinka G1/G0 (zaprogramowanego łącznie z G41 lub G42), a koniec wyznacza **Wektor Kompensacji** związany z początkiem następnego odcinka konturu. Następnie wykonywany jest kolejny skompensowany odcinek toru (G0,G1,G10,G11,G2,G3).

Jest to przypadek zalecany przy programowaniu wejścia na tor skompensowany. Jest on bezpieczny, gdyż eliminuje możliwość uszkodzenia przedmiotu (bez konieczności programowania dodatkowego odcinka konturu - jak w Przypadku 1). Jedynie spełnienie Zalecenia 3 wymaga zaprogramowania dodatkowego odcinka konturu.

STRUKTURA BLOKU / dla G17 /:

N20 ..G17.....D1.....

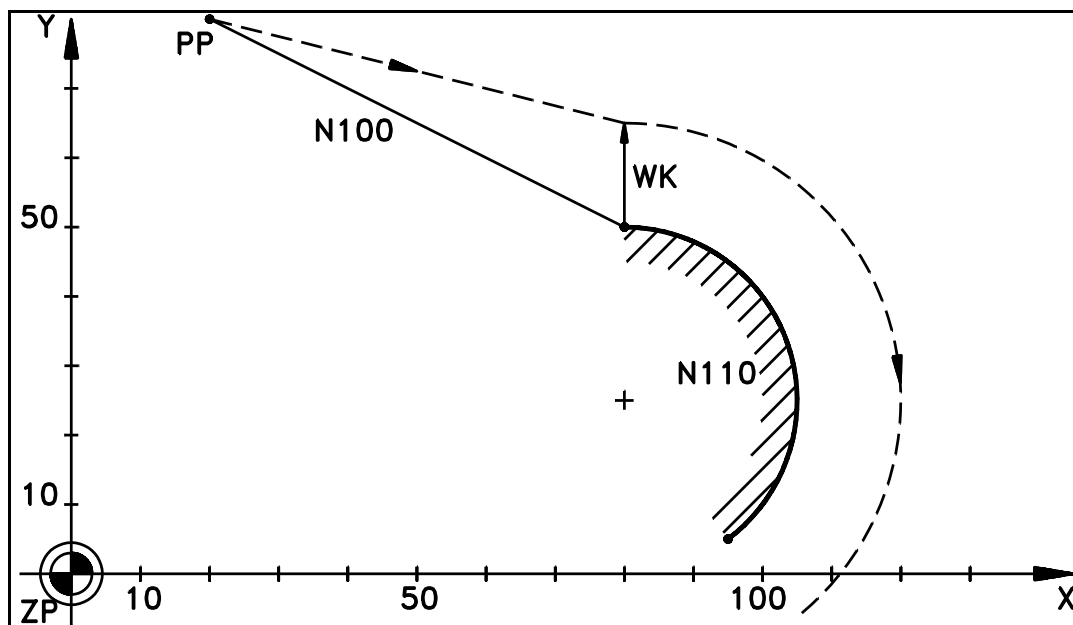
.....
N100 G1 (lub G0) G41(lub G42) X+43 Y+43 F5

PRZYKŁAD

.....
N100 G1 G41 G91 D1 X60 Y-30 F1000

N110 G2 I0 J-25 X15 Y-45

wejście na tor skompensowany
pierwszy odcinek konturu przedmiotu



Rys. 3.14.

Wejście na tor skompensowany - **Przypadek 2**

PRZYPADEK 3 - Rys. 3.15

Przypadek ten występuje dla **obróbki wewnętrznej** gdy funkcje G41/G42 programowane są w bloku bez posuwu poprzedzającym blok zawierający odcinek prostej G1/G0. Wejście wykonywane jest wzdłuż wektora, którego początek pokrywa się z początkiem zaprogramowanego odcinka G1/G0, a koniec określa **Wektor Skrót** wyznaczony zgodnie z opisanymi poprzednio zasadami. Następnie wykonywany jest kolejny skompensowany odcinek toru (G0, G1, G10, G11, G2 lub G3). Ten sposób programowania wejścia na tor skompensowany ma ograniczony zakres zastosowania. **Również i w tym przypadku (jak dla przyp. 1) należy zaprogramować dodatkowy ekstra kontur.**

STRUKTURA BLOKU / dla G17 /:

N20 ..G17.....D1.....

N95 G41 (lub G42)

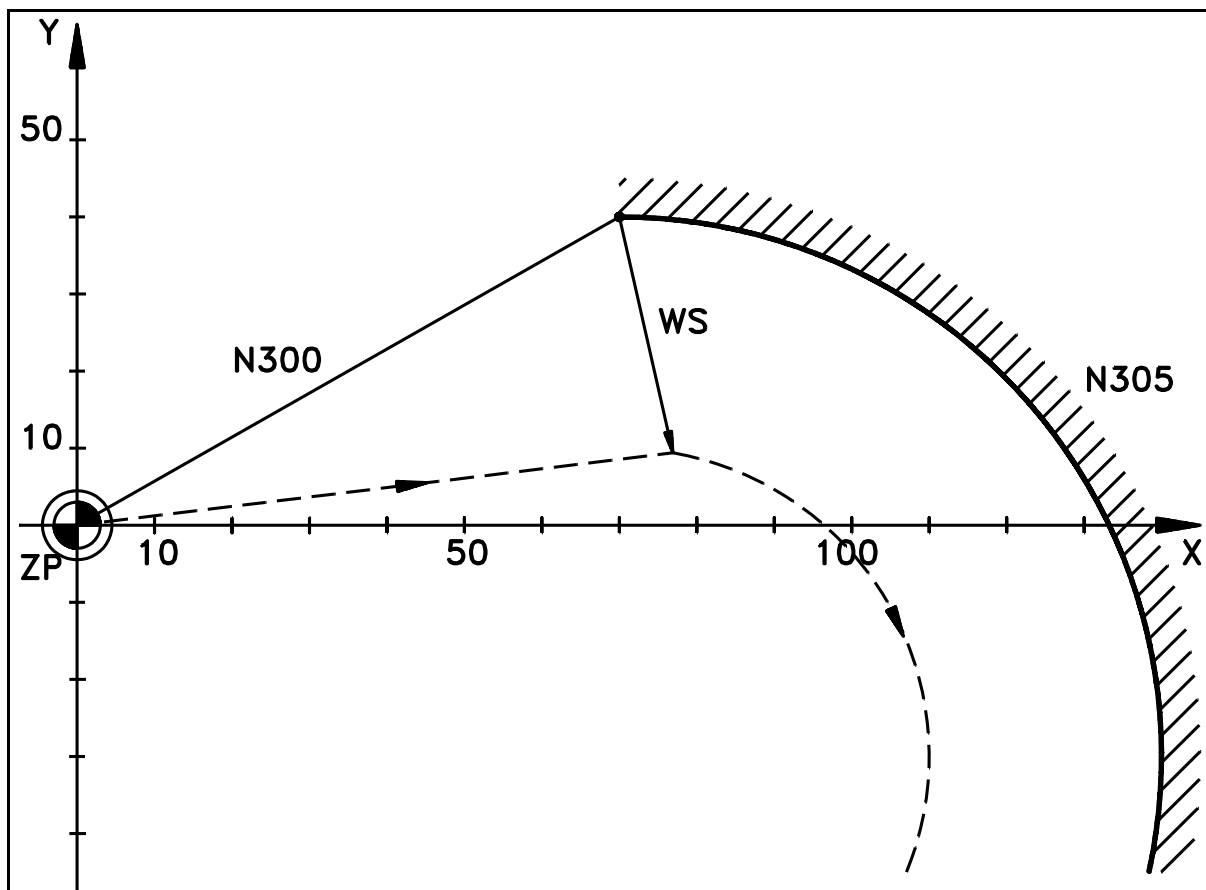
N100 G1 (lub G0) X+43 Y+ 43 F5

PRZYKŁAD

N295 G42 D1

N300 G1 G91 X70 Y40 F1000

N305 G2 J-70 Y-140



Rys. 3.15.

Wejście na tor skompensowany - **Przypadek 3**

3.6.4.2. ZEJŚCIE Z TORU SKOMPENSOWANEGO.

PRZYPADEK OBRÓBKI ZEWNĘTRZNEJ - Rys. 3.16

Przypadek występuje dla **obróbki zewnętrznej**. Spełnienie **Zalecenia 2** (p. rozdz. 3.6.4) wymaga zaprogramowania dodatkowego odcinka linii prostej konturu (**ekstra konturu – N5**), następującego po ostatnim odcinku konturu przedmiotu - patrz Rys. 3.16. Odcinek ten powinien być styczny do konturu przedmiotu, a jego długość powinna być dobrana tak, aby w trakcie przejścia z toru zaprogramowanego na ekwidystantę konturu krawędź tnąca freza nie przecinała konturu przedmiotu. W skrajnym przypadku długość tego dodatkowego odcinka konturu powinna być nie mniejsza od promienia freza. Przypadek 1 zapewnia, że spełnione jest **Zalecenie 3**.

Zejsście wykonywane jest wzdłuż wektora, którego początek wyznacza **Wektor Kompensacji** związany z początkiem odcinka prostej G1/G0 zaprogramowanego łącznie z funkcją **G40**, a koniec pokrywa się z końcem tego odcinka. Następnie wykonywany kolejny odcinek toru zgodnie z POT (G0, G1, G10, G11, G2 lub G3).

STRUKTURA BLOKU / dla G17 /:

N20 ..G17.....D1.....

N50.... G41

.....

N100 G1 (lub G0) G40 X+43 Y+43 F5

PRZYKŁAD

.....
N4 G1 G91 X60 F1000

N5 X30

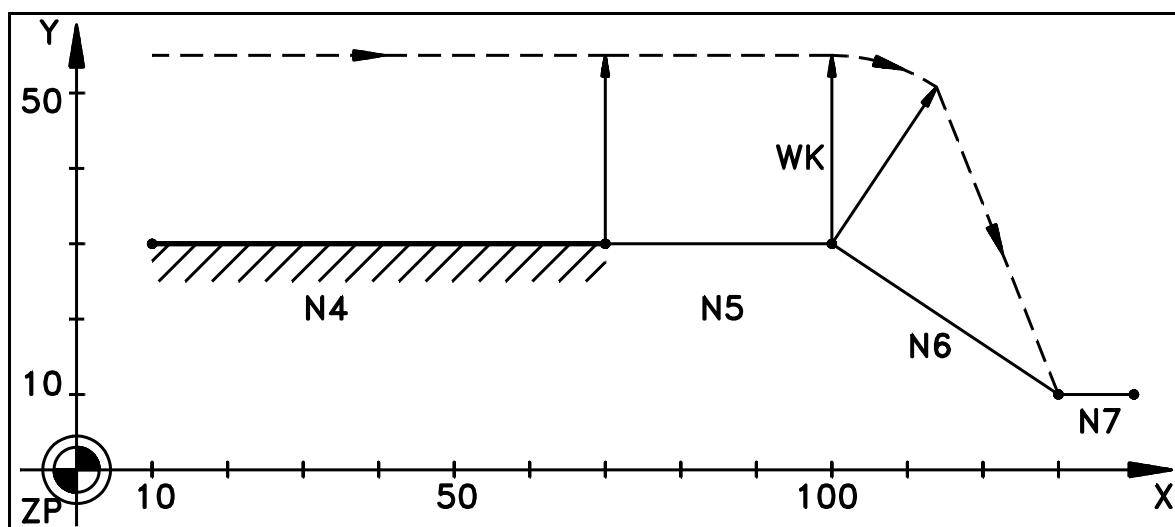
N6 G40 X30 Y-20

N7 X10
.....

ostatni kompensowany odc. konturu przedmiotu

dodatkowy odcinek konturu

zejście z toru skompensowanego



Rys. 3.16.

Zejsście z toru skompensowanego - Przypadek obróbki zewnętrznej

PRZYPADEK OBRÓBKI WEWNĘTRZNEJ - Rys. 3.17

Przypadek występuje dla **obróbki wewnętrznej**. Spełnienie **Zalecenia 2** (patrz rozdz. 3.6.4) nie wymaga programowania dodatkowego odcinka konturu, jeśli **punkt PK** (patrz Rys. 3.17) położony jest poza obszarem ograniczonym przez proste: prostą styczną do konturu przedmiotu w punkcie końcowym konturu przedmiotu i prostą przesuniętą o wektor **WK**.

Zejscie wykonywane jest wzdłuż wektora, którego początek wyznacza **Wektor Kompensacji** związany z końcem odcinka konturu zaprogramowanego przed blokiem zawierającym deklarację odcinka prostej G1/G0 i funkcji **G40**, a koniec pokrywa się z końcem tego odcinka prostej. Następnie wykonywany kolejny odcinek toru zgodnie z POT.

Jest to przypadek zalecany przy programowaniu zejścia z toru skompensowany. Jest on bezpieczny, gdyż eliminuje możliwość uszkodzenia przedmiotu (bez konieczności programowania dodatkowego odcinka konturu). Jedynie spełnienie Zalecenia 3 wymaga zaprogramowania dodatkowego odcinka konturu.

STRUKTURA BLOKU / dla G17 /:

N20 ..G17.....D1.....

N50.... G41

.....

N100 G1 (lub G0) G40 X+43 Y+43 F5**PRZYKŁAD**

.....

N4 G1 G91 X70 F1000

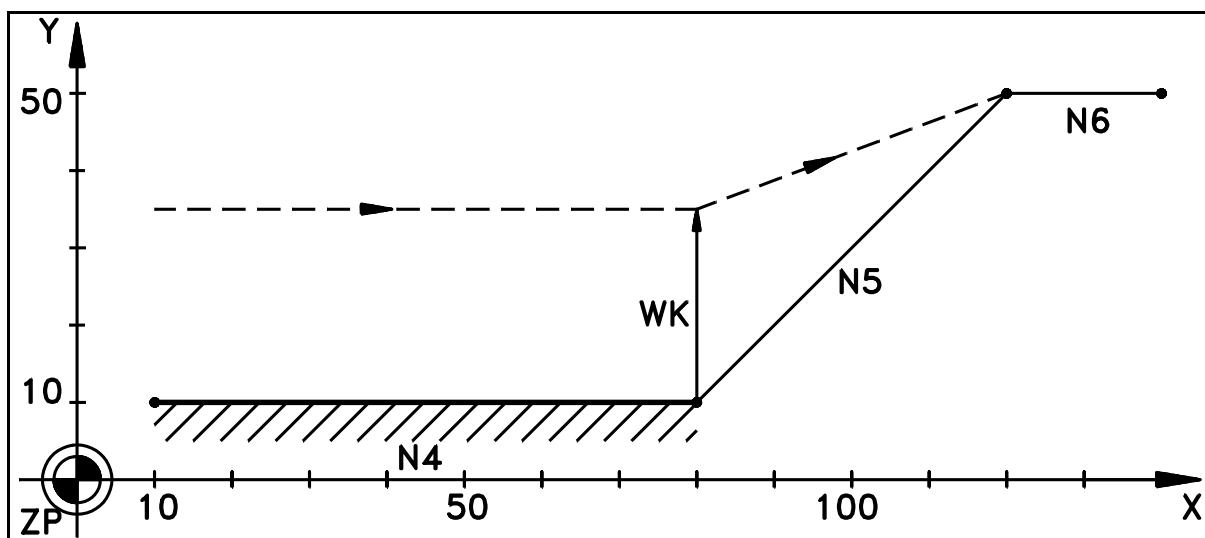
ostatni odcinek kompensowanego konturu

N5 G40 X40 Y40

zejście z toru skompensowanego

N6 X20

.....



Rys. 3.17.

Zejscie z toru skompensowanego - Przypadek obróbki wewnętrznej

3.6.5. PRZYPADKI SZCZEGÓLNE - ZMIANA STRONY I ZMIANA TORU.

ZMIANA STRONY

W trakcie wykonywania kompensacji można dokonać zmiany strony poprzez zadeklarowanie funkcji **G41** gdy aktywna jest **G42** lub **G42** gdy aktywna jest **G41**. Zmiana strony nastąpi w bloku, w którym jedna z tych funkcji została zadeklarowana. W bloku tym oraz w bloku poprzednim należy zaprogramować ruch wzdłuż odcinków linii prostej lub łuków okręgu, przy czym na styku bloków należy zachować warunek styczności. Zmiana strony wykonana zostanie wzdłuż odcinka prostej łączącego końce Wektorów Kompensacji związanych z początkiem i końcem obu odcinków konturu. Jeśli nie zachowany zostanie warunek styczności to zmiana strony wykonana zostanie wzdłuż łuku okręgu łączącego końce tych wektorów.

Programowanie i wykonanie operacji zmiany strony toru pokazano na przykładach.

PRZYKŁAD programowania zmiany strony pomiędzy odcinkami linii prostej:

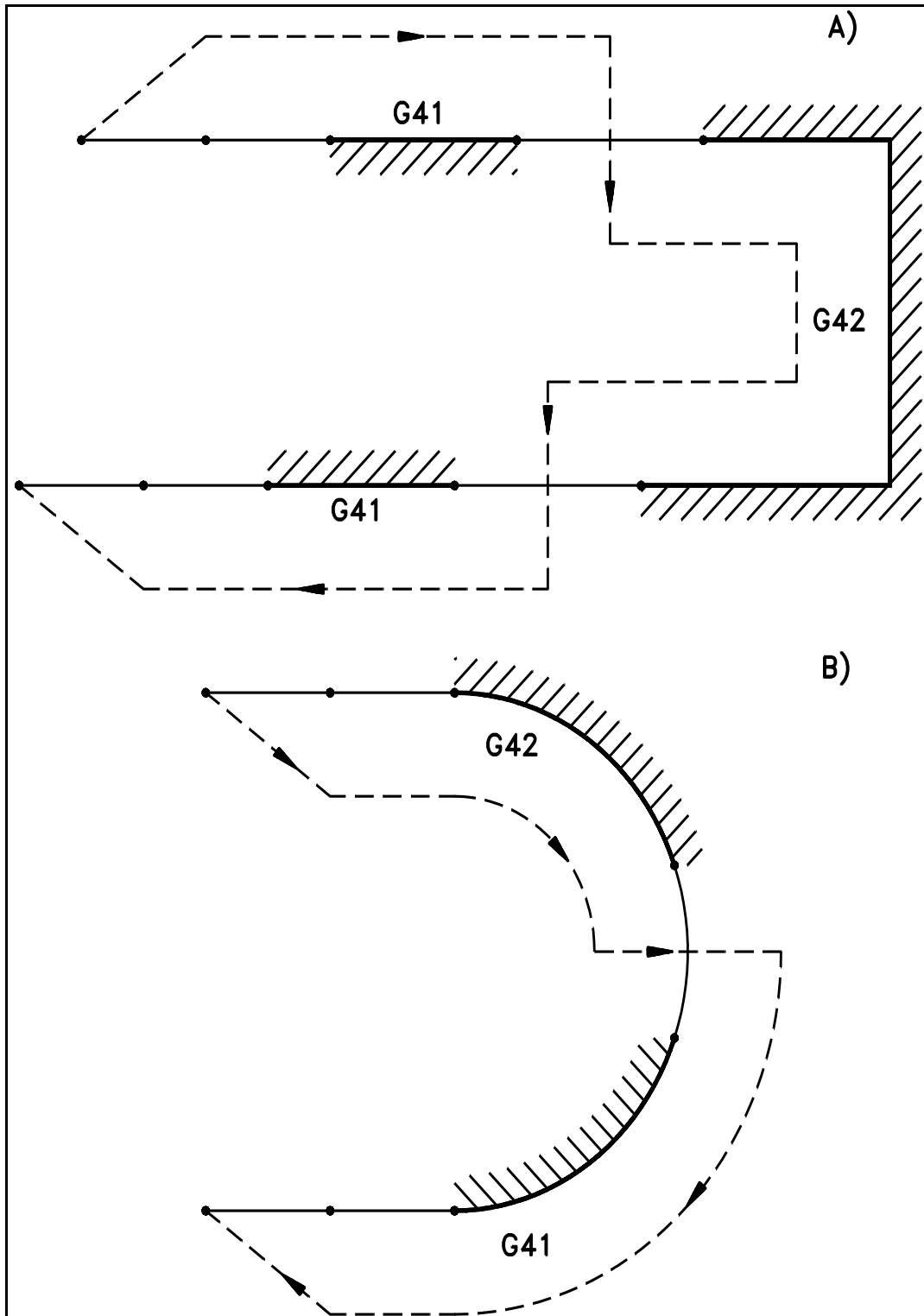
```
%MPF55
N1 G90 G0 X0 Y0
N2 G91 G1 G41 X20 F500 D1
N3 X20
N4 X50
N5 G42 X40                ( ZMIANA STRONY )
N6 Y-50
N7 X-40
N8 X-60
N9 G41 X-40            ( ZMIANA STRONY )
N10 G40 X-20
N11 X-20
N12 M30
```

Wykonanie programu pokazano na Rys. 3.18 A.

PRZYKŁAD programowania zmiany strony pomiędzy łukami okręgów:

```
%MPF56
N1 G90 G0 X0 Y0
N2 G91 G1 G42 X20 F500 D1
N3 X20
N4 G2 J-50 X50 Y-50
N5 G41 I-50 X-50 Y-50  ( ZMIANA STRONY )
N6 G1 X-20
N7 G40 X-20
N8 M30
```

Wykonanie programu pokazano na Rys. 3.18 B.



Rys. 3.18.
Zmiana strony toru

ZMIANA TORU

W trakcie wykonywania kompensacji można dokonać zmiany toru skompensowanego poprzez ponowne zadeklarowanie funkcji **G41** lub **G42** łącznie z ruchem wzdłuż odcinka linii prostej i jednoczesną deklaracją **w tym samym bloku** nowego adresu **Dxx**. W wyniku tej operacji tor będzie oddalony od zaprogramowanego konturu o wartość zapisaną pod nowym adresem **Dxx**.

Sposób programowania podaje następujący przykład:

```
%MPF57
```

```
N0 RD1.2=7 RD2.2=15 (podstawienie korektora patrz rozdz. 5)
```

```
N1 G90 G0 X0 Y0
```

```
N2 G91 G1 G41 X20 F500 D1
```

```
N3 X20
```

```
N4 G2 J-50 X50 Y-50
```

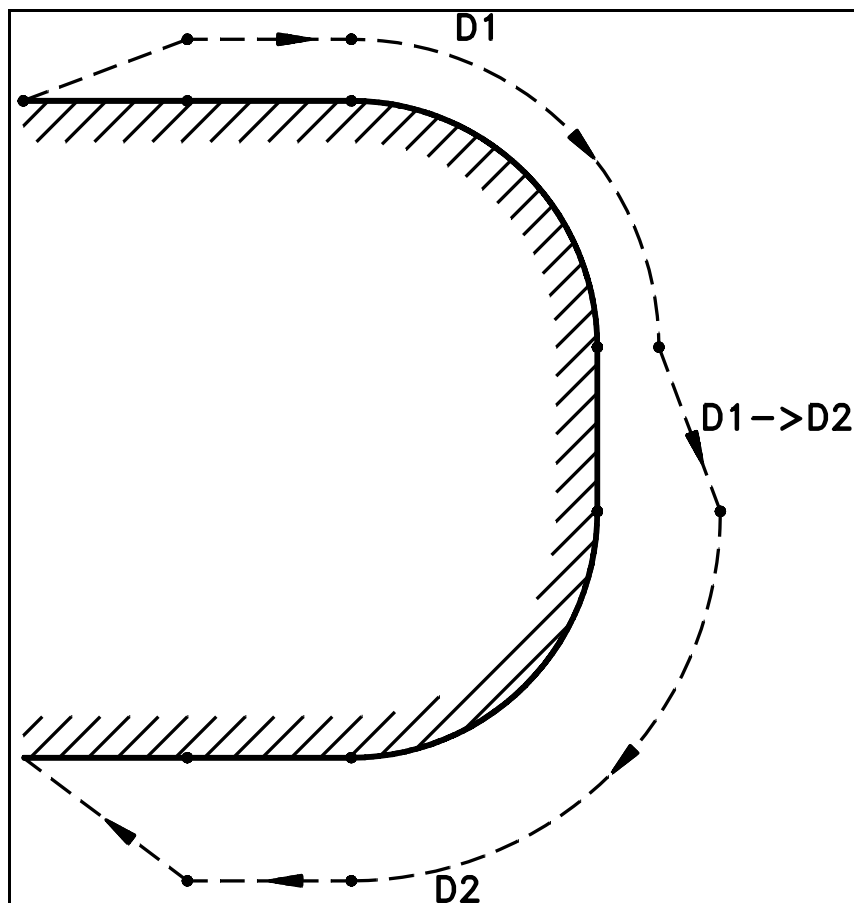
```
N5 G1 G41 Y-20 D2 ( ZMIANA TORU )
```

```
N6 G2 I-50 X-50 Y-50
```

```
N7 G1 X-20
```

```
N8 X-20 G40
```

```
N9 M30
```

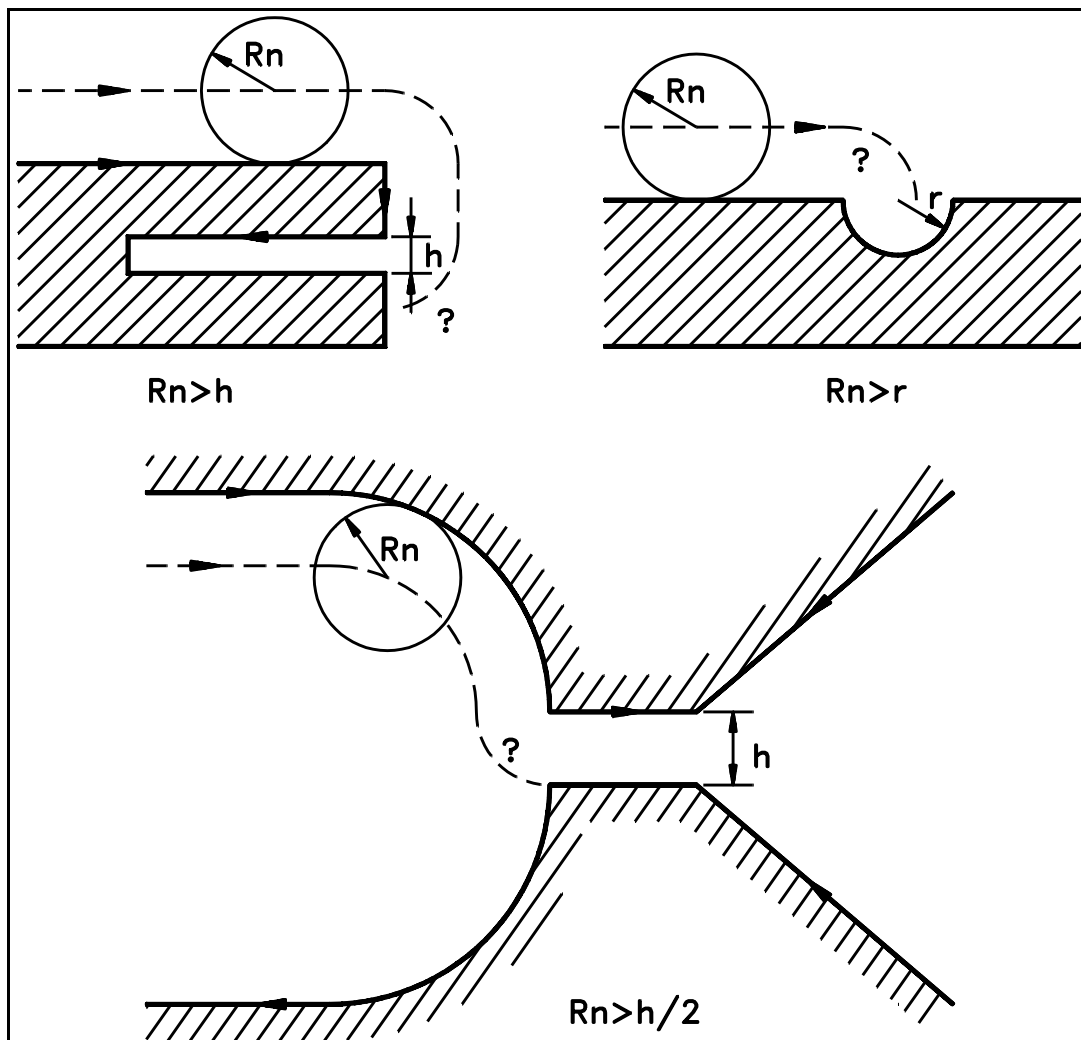


Rys. 3.19.
Zmiana toru

3.6.6. OGRANICZENIA.

Zastosowana w układzie sterowania PRONUM 640FC metoda kompensacji promienia freza gwarantuje, że zdecydowana większość spotykanych w praktyce kształtów przedmiotów jest korygowalna ze względu na promień freza w sposób prosty i bezpieczny i to niezależnie od tego czy przedmiot wymaga obróbki zewnętrznej czy wewnętrznej.

Ograniczenia, z którymi można się spotkać w praktyce, należy rozpatrywać w kategoriach fizycznej nierealizowalności obróbki danego fragmentu konturu przedmiotu ze względu na zbyt duży wymiar narzędzia jak np. obróbka przewężeń i wnęk konturu o wymiarach mniejszych od średnicy freza (te przypadki spowodują uszkodzenie detalu oraz narzędzia) lub obróbka wewnętrzna konturu gdy promień freza jest większy od promienia krzywizny konturu. Ten przypadek powoduje zatrzymanie wykonywania programu i wyświetlenie komunikatu: **Obl. korekcji toru ? (błędne dane).**



Rys. 3.20.
Przypadki szczególne

Podstawowe ograniczenie, które wymaga dokładnego omówienia, może wystąpić w przypadku **obróbki wewnętrznej**, gdy średnica freza staje się porównywalna z długością odcinka prostej lub cięciwą łuku okręgu.

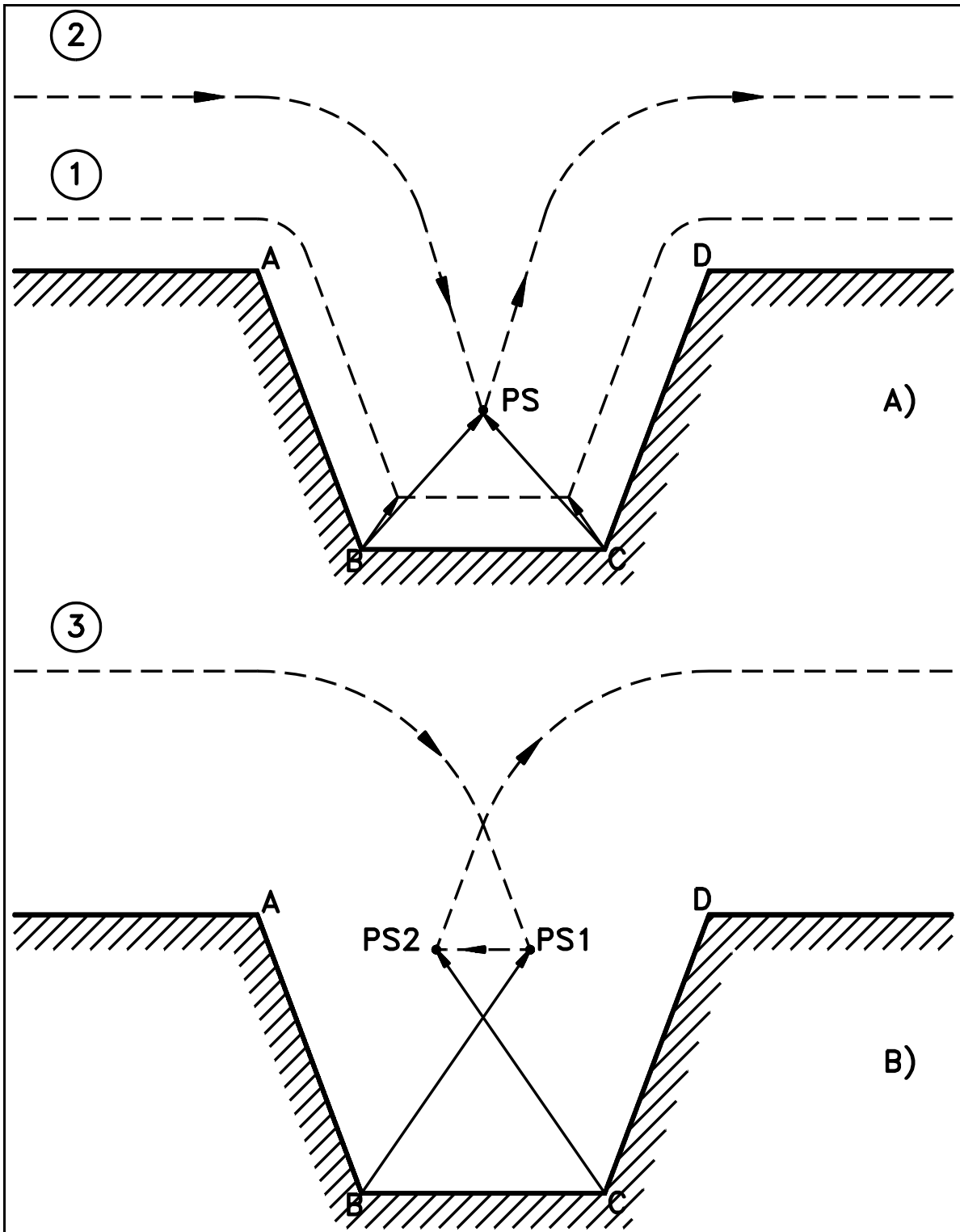
Ograniczenie to wystąpi w gdy:

Suma długości rzutów Wektorów Skrótów lub długość rzutu Wektora Skrótów na odcinek prostej wyznaczony przez punkt początkowy i końcowy zaprogramowanego odcinka konturu jest większa (większy) od długości tego odcinka prostej lub cięciwy zaprogramowanego łuku okręgu - patrz Rys. 3.21.

Tak określone kryterium wyjaśniają: Rys. 3.21A i Rys. 3.21B. Na rysunkach tych odcinek prostej BC może być zastąpiony łukiem okręgu (bez zmiany ogólności rozważań). Rys. 3.21A przedstawia dwa realizowalne przypadki kompensacji, w tym przypadek graniczny. Rys. 3.21B przedstawia przypadek nierealizowalny stanowiący ograniczenie kompensacji. Nie jest spełnione określone wyżej kryterium.

Przypadek poprawny zachodzi wtedy, gdy zwrot posuwu freza wzdłuż konturu zgodny jest ze zwrotem określonym przez program obróbki (przypadek 1 - Rys. 3.21B). Przypadek graniczny gdy odcinek toru skorygowanego w wyniku operacji skrótów ulega likwidacji (przypadek 2 - Rys. 3.21A) uznany jest również za poprawny.

Dalsze powiększanie wektora kompensacji (przypadek 3 - Rys. 3.21B) powoduje zmianę zwrotu posuwu freza względem konturu. Występuje tu (w pewnym sensie) zjawisko "wyprzedzania" i "wycofywania" położenia freza względem konturu. Przypadek ten należy za **błędny**, gdyż może spowodować uszkodzenie detalu.



Rys. 3.21.
Ograniczenia kompensacji

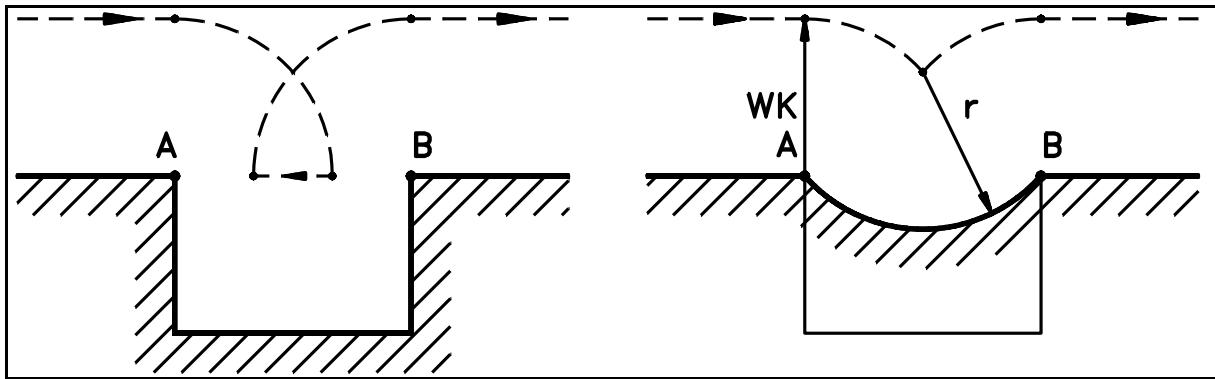
W przypadku gdy dla fragmentów programu przy pewnych wielkościach kompensacji może wystąpić opisane wyżej ograniczenie program należy zmodyfikować tak, aby zlikwidować możliwość wystąpienia ograniczenia.

Zaleca się w tym przypadku przeprowadzenie dokładnej analizy wykonania programu z wykorzystaniem trybu **Symulacji Graficznej**. Każdy zidentyfikowany przypadek należy zweryfikować tak, aby cały program opisujący kontur stał się w pełni korygowalny. Weryfikacja ta powinna polegać na uzupełnieniu konturu dodatkowymi odcinkami linii prostych lub łukami okręgów. Odcinki te wygładzają kontur lub zasłaniają te jego fragmenty, które ze względu na wymiary geometryczne w odniesieniu do wymiarów freza i tak nie mogą być obrobione. Wyjaśnione to będzie w dalszej części rozdziału na przykładach: PRZYKŁAD1 i PRZYKŁAD 2 .

W praktyce mogą wystąpić przypadki (np. krzywki lub formy), w których kontur przedmiotu określają krzywe " nieregularne " jak np. parabola, krzywa wyższego stopnia lub (co się często zdarza) krzywa określona przez kolejne przekroje. Krzywych tych nie można podzielić w prosty sposób na odcinki linii prostej i łuki okręgów, a należy je aproksymować krótkimi odcinkami linii prostej. Długości tych odcinków zależne są od krzywizny konturu. Dla dużych krzywizn długość odcinków może być znacznie krótsza od średnicy freza. Stwarza to możliwość wystąpienia opisanego wyżej ograniczenia. W tym przypadku również zaleca się przeprowadzenie analizy programu z wykorzystaniem trybu **Symulacji Graficznej** i dokonanie weryfikacji programu, przy czym weryfikacja powinna polegać głównie na wydłużeniu odcinków aproksymujących kontur (nie wyklucza to możliwości stosowania zabiegów opisanych poprzednio).

Istnieje również inna metoda przygotowania programu aproksymującego kontur przedmiotu (dotyczy to aproksymacji odcinkami linii prostej). W tym przypadku aproksymacja może być wykonana z wykorzystaniem programu wspomagającego typu CAD/CAM posiadającego możliwość generacji programu opisującego tor środka freza, przy czym tor ten powinien być oddalony od konturu o nominalny promień freza. Funkcja układu sterowania w procesie wyznaczania toru narzędzia zostaje ograniczona jedynie do **korekcji toru** w zakresie odchyłki rzeczywistego promienia freza od promienia nominalnego. **Jest to przypadek, w którym uzasadnione jest stosowanie metody przygotowania program obróbki POT polegającej na zaprogramowaniu toru (patrz rozdz. 3.6.7 - KOREKCJA PROMIENIA FREZA)**

PRZYKŁAD 1: frezowana krawędź detalu zawiera prostokątną wnękę o szerokości większej od średnicy freza - Rys. 3.22.



Fragment konturu - postać pierwotna

Fragment konturu - postać zmieniona

Rys. 3.22. Fragment konturu przedmiotu zawierający " wnękę "

Tekst fragmentu programu - postać pierwotna

```
%MPF10
N1 G90 G0 X-35 Y10
N2 G1 G91 X10 F10000 D1
N3 G41 X10
.....
N40 X10
N50 Y-30
N60 X30
N70 Y30
N80 X10
.....
N810 M30
```

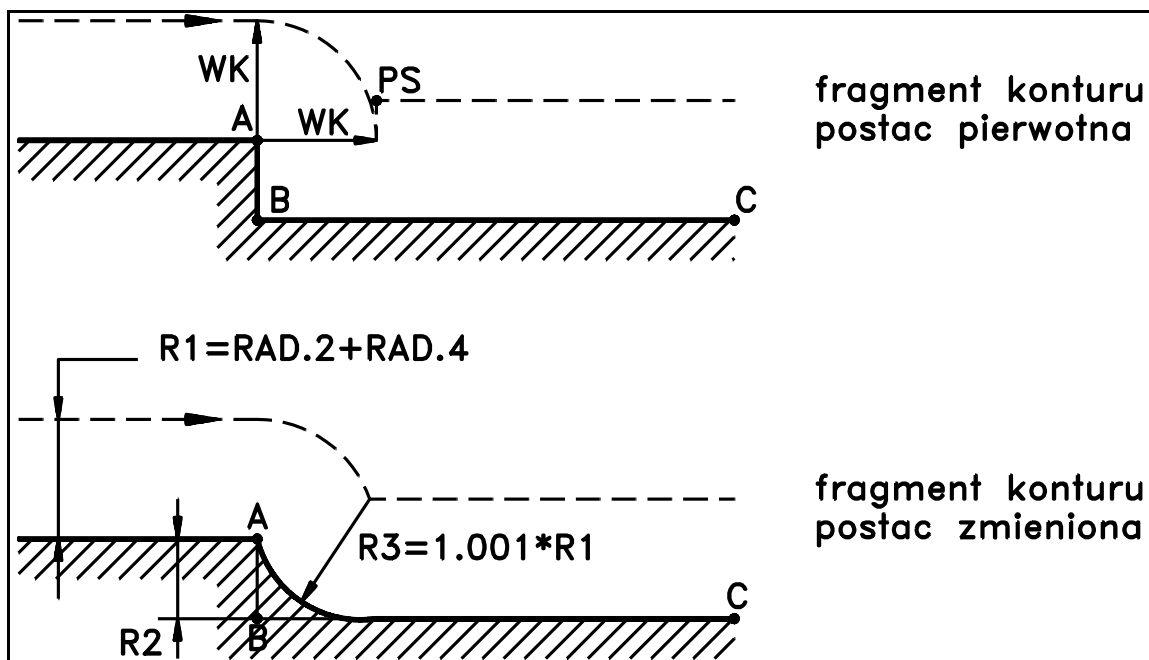
Tekst fragmentu programu - postać zmieniona.

```
%MPF100
N1 G90 G0 X-35 Y10
N2 G1 G91 X10 F10000 D1
N3 G41 X10
.....
N40 X10
N51 G3 X30 URD1.2+.001
N80 G1 X10
.....
N900 M30
```

Punkty A i B połączono łukiem okręgu o promieniu
większym od promienia freza o 0.001 mm

/ Bloki N50, N60 i N70 zastąpiono
blokiem N51 opisującym dodatkowy
łuk okręgu. /

PRZYKŁAD 2: frezowana krawędź detalu zawiera prostokątny uskok o wysokości mniejszej od promienia freza.



Rys. 3.23.

Fragment konturu przedmiotu zawierający "uskok"

Tekst programu - postać pierwotna

```
%MPF9
N1 G90 G0 X-130 Y20
N2 G1 G41 X-110 F500 D1
N3 X-10
N4 Y10
N5 X90
N7 X110
N8 X130 G40
N9 M30
```

Tekst programu - postać zmieniona

```
%MPF90
N1 G90 G0 X-130 Y20
N2 G1 G41 X-110 F500 D1
N3 X-10
N30 R1=RAD.2+RAD.4 R2=10 R3=1.001*R1 (podstawienie korektora - patrz rozdz. 5)
N31 G3 G91 XSQRT(2*R2*R3-R2*R2) Y-R2 ISQRT(2*R2*R3-R2*R2) JR3-R2
N5 G1 G90 X90
N7 X110
N8 X130 G40
N9 M30
```

(Blok N4 zastąpiono blokami N30 i N31 opisującymi dodatkowy łuk okręgu styczny do odcinka BC o promieniu $R3 = 1.001 * (RAD.2 + RAD.4)$.)

Bloki N30 i N31 można zastąpić jednym blokiem N4:

```
N4 G3 G91 XSQRT(20.02*(RAD.2+RAD.4)-100) Y-10
ISQRT(20.02*(RAD.2+RAD.4)-100) J1.001*(RAD.2+RAD.4)-10
```

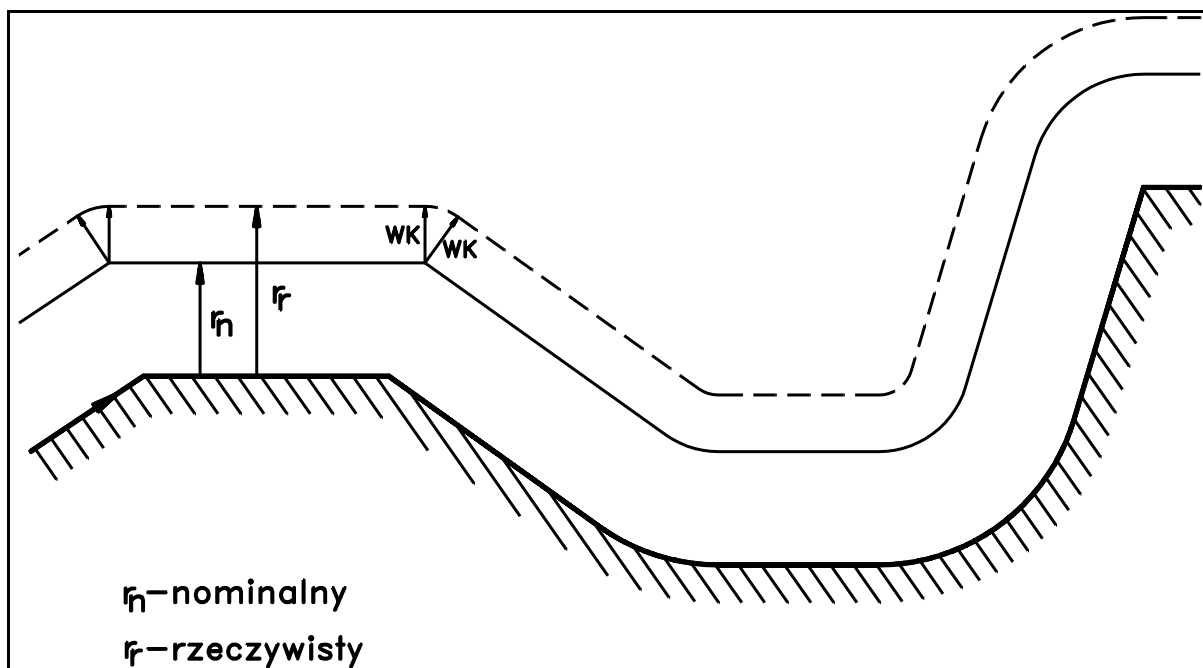
3.6.7. KOREKCJA PROMIENIA FREZA.

Korekcją promienia freza nazwano operację wyznaczania toru środka freza w przypadku, gdy program **POT** opisuje (zamiast konturu przedmiotu) tor freza o promieniu nominalnym, natomiast obróbka przedmiotu będzie wykonana frezem o promieniu różnym od promienia freza nominalnego. W tym przypadku tor zaprogramowany zostanie skorygowany tylko o odchyłkę wynikającą z różnicy promieni: freza którym wykonana zostanie obróbka i freza nominalnego.

W przypadku programowania toru środka freza należy pamiętać o tym, że prędkość krawędzi tnącej freza **na łukach okręgów** będzie różna od prędkości zaprogramowanej pod adresem F i zależna będzie od stosunku nominalnego promienia freza do promienia łuku. **Prędkość pod adresem F należy programować tak, aby uzyskać odpowiednią prędkość krawędzi tnącej freza.**

Różnica pomiędzy kompensacją i korekcją promienia freza jest wyłącznie różnicą pojęciową. Wszystkie określenia i definicje, oraz zasady wyznaczania toru środka freza i sposób programowania kompensacji promienia freza opisane w rozdz. od 3.6.1 do 3.6.5 pozostaje aktualna również dla korekcji promienia freza. Dotyczy to również ograniczeń opisanych w rozdz. 3.6.6. **Jedyną różnicą polega na tym, że w przypadku korekcji ekwidystanta wyznaczana jest w stosunku do toru freza o promieniu nominalnym a nie konturu przedmiotu jak w przypadku kompensacji.**

Zaleca się, aby w przypadku obróbki wewnętrznej zachowany został warunek styczności na styku dwóch odcinków toru zaprogramowanego - p. Rys. 3.24. Stosując się do tego zalecenia można uniknąć ograniczeń omówionych w rozdz. 3.6.6.



Rys. 3.24.
 Przykład korekcji promienia freza

3.7. KOREKCJA DŁUGOŚCI NARZĘDZIA.

Korekcja długości narzędzia wykonywana jest w osi prostopadłej do płaszczyzny roboczej zadeklarowanej w programie:

dla G17 w osi Z
dla G18 w osi Y
dla G19 w osi X

Wielkość korekcji długości określona jest przez sumę liczb zapisanych w tablicy korektorów narzędzi w pamięci danych pod adresami od **D01 do D99** w polach **P1** i **P3** (patrz rozdział 1.4 - KOREKTORY NARZĘDZI). Wielkość korekcji wyznacza różnica długości narzędzia użytego do obróbki i narzędzia o długości nominalnej założonej przez technologa.

Zakresy liczb, które mogą być wpisane:

w pole P1	±9999.999
w pole P3	± 9.999

Ogólna zasada określania znaku korekcji:

- jeśli długość użytego narzędzia jest większa od długości nominalnej - to korekcja ma **znak dodatni**,
- jeśli długość użytego narzędzia jest mniejsza od długości nominalnej - to korekcja ma **znak ujemny**.

Uwaga: Założono, że kierunek ruchu w osi narzędzia jest zgodny z normą - patrz rozdz. 1.2 punkt d) (**znak +** , gdy powiększa się dystans między narzędziem i przedmiotem).

W praktyce, stosuje się najczęściej zasadę pisania programu POT dla narzędzia o długości równej zero.

W tym przypadku w pole **P1** wpisywana jest zawsze liczba dodatnia. Znak liczby wpisywanej w pole **P3** zależy od tego: czy poprawka korekcyjna zwiększa, czy zmniejsza długość narzędzia.

Korekcja długości wprowadzana (wywoływana) jest w bloku programu, w którym:

- a) zaprogramowana została nowa wartość korekcji o nowym adresie **Dxx** lub alternatywnie o adresie deklarowanym poprzednio, ale z podstawieniem parametrów specjalnych (patrz rozdz. 5) typu **RDxx.1 = xxxx.xxx** lub **RDxx.3 = x.xxx**. Podstawienie to powoduje zmianę korekcji z jednoczesnym zachowaniem adresu.
- b) zaprogramowany został ruch **G0** lub **G1** w kierunku osi narzędzia (lub składowa w kierunku osi narzędzia).

Uwaga: Operacje (a) i (b) mogą być rozdzielone. Korekcja wprowadzona zostanie w bloku zaprogramowanym zgodnie z (b) i umieszczonym w tekście programu po bloku zgodnym z (a).

Między (a) i (b) nie można wprowadzać przesunięć układu współrzędnych.

Korekcja długości wykonywana jest jako operacja przesunięcia bazy programu o wielkość zapisaną pod adresem **Dxx** - patrz rozdział 3.9.

Korekcja długości kasowana (odwoływana) jest w bloku programu, w którym:

- A) zaprogramowany został adres **D0**,
- B) zaprogramowany został ruch **G0** lub **G1** w osi narzędzia.

Zalecenie: Przesunięcie w osi narzędzia powinno mieć zwrot: do Bazy Stałej, a jego wielkość powinna być większa od korekcji długości.

Uwaga: Operacje (A) i (B) mogą być rozdzielone. Kasowanie korekcji wykonane zostanie w pierwszym bloku zaprogramowanym zgodnie z (B) występującym w programie po bloku zgodnym z (A).

Uwaga: Kasując korekcję długości narzędzia należy pamiętać o tym, że jeśli dodatnie przesunięcie (B) będzie mniejsze od kasowanej korekcji długości narzędzia to nastąpi ruch w kierunku przedmiotu. Dlatego operacja taka powinna być wykonana w bezpiecznej odległości od przedmiotu.

Uwaga: Bezpiecznym sposobem kasowania korekcji długości jest zaprogramowanie przesunięcia (B) o wartości równej kasowanej korekcji długości. Można skorzystać z parametrów specjalnych - patrz rozdz. 5. Treść takiego bloku dla G17 wygląda następująco:

Nxxx G91 D0 ZRAL

W wyniku tak zaprogramowanego bloku kasowanie korekcji długości odbędzie się bez ruchu w osi narzędzia.

Znak korekcji może być modyfikowany poprzez zaprogramowanie funkcji pomocniczych G43 lub G44.

FUNKCJA

DZIAŁANIE

- G43 •** Aktywna po włączeniu lub zerowaniu układu sterowania;
Znak korekcji jest zgodny ze znakiem sumy liczb zapisanych w tablicy korektorów Dxx.
- G44** Znak korekcji jest przeciwny do znaku sumy liczb zapisanych w tablicy korektorów Dxx.

Przykłady programowania korekcji długości.

PRZYKŁAD 1

N05 G17

 N20 G0 G90.....
 N30 Z-250 D9..... (wprowadzenie korekcji zgod. z D9)

 N190 G0 G91 D0 ZRAL (kasowanie korekcji)
 N200 G90.....

PRZYKŁAD 2

N05 G17

 N20 G0 D9
 N30 Z-250 (wprowadzenie korekcji zgod. z D9)

 N180 D0
 N190 G0 Z300 (kasowanie korekcji)

PRZYKŁAD 3

N05 G17

 N20 G0 D9
 N30 Z-250 (wprowadzenie korekcji zgod. z D9)

 N100 RD9.3=100.. (podstawienie korektora - patrz roz.5)
 N110 Z-300..... (wprowadzenie korekcji zgod. z D9 po
 dokonanym podstawieniu w bloku N100)

 N180 D0

 N190 G0 Z300 (kasowanie korekcji)

Sposób pomiaru długości narzędzia i wprowadzanie korekcji długości do pamięci danych o adresach od D01 do D99 omówiono w Instrukcji Obsługi PRONUM 640 FC w rozdziale 2.3 - Pomiar długości narzędzia.

3.8. LUSTRZANE ODBICIA.

Lustrzane odbicia wywoływane są przez funkcje G7x tworzące trzy pary funkcji modalnych. Funkcje te powinny być programowane jako jedyne w bloku. Są to:

G74 - wprowadza lustrzane odbicie w osi **X**
G75● - odwołuje lustrzane odbicie w osi **X**

G76 - wprowadza lustrzane odbicie w osi **Y**
G77● - odwołuje lustrzane odbicie w osi **Y**

G78 - wprowadza lustrzane odbicie w osi **Z**
G79● - odwołuje lustrzane odbicie w osi **Z**

Po włączeniu lub zerowaniu układu sterowania aktywne są funkcje: G75, G77 i G79.

Lustrzane odbicie w dowolnej osi XYZ może być również wywołane i odwołane sygnałem z PLC w polach komunikacyjnych PLC->NC: O 26.7, O 28.7 i O 30.7 (Patrz. PROGRAMOWALNY INTERFEJS PRONUM 640FC - rozdział 4.2.3). Wymaga to specjalnie opracowanego programu interfejsowego. W tym przypadku lustrzane odbicie wywoływane jest funkcjami M.

Włączenie lustrzanego odbicia w jednej wybranej osi np. X powoduje powstanie nowego toru, który jest osiowo symetryczny w stosunku do toru zaprogramowanego - tj. stanowi jego lustrzane odbicie.

Wykonywane są następujące operacje:

- zmiana znaku programowanych przesunięć w osi, dla której dokonano lustrzanego odbicia. Np. dla osi X zmiana znaku współrzędnej X, a dla G2/G3 dodatkowo zmiana znaku parametru I,
- zmiana kierunku ruchu po okręgu: G2 → G3 lub G3 → G2
- zmiana strony korekcji: G41 → G42 lub G42 → G41 gdy oś odbicia jest osią płaszczyzny korekcji.

Bez zmian pozostają:

- współrzędne bazy programu i jej korekcje,

UWAGA: Jeśli włączone jest lustrzane odbicie jednocześnie w dwóch osiach tworzących płaszczyznę, na której odbywa się ruch po okręgu to nie zostaje zmieniony kierunek tego ruchu tzn. G2 lub G3 pozostają bez zmiany. Zasada ta dotyczy również strony korekcji: G41 lub G42.

Lustrzane odbicie upraszcza programowanie obróbki przedmiotów, których fragmenty lub całość charakteryzują się symetrią osiową.

Przykład przedmiotu o symetrii względem punktu P0 podano na Rys. 3.25. Dla tego przedmiotu wystarczy zaprogramować jego fragment określony przez punkty: A1, B1, C1, D1, E1 i A1 położony w pierwszej ćwiartce układu współrzędnych XY. Fragment ten należy zaprogramować w postaci podprogramu, który będzie wywoływany czterokrotnie przez program główny.

PRZYKŁAD

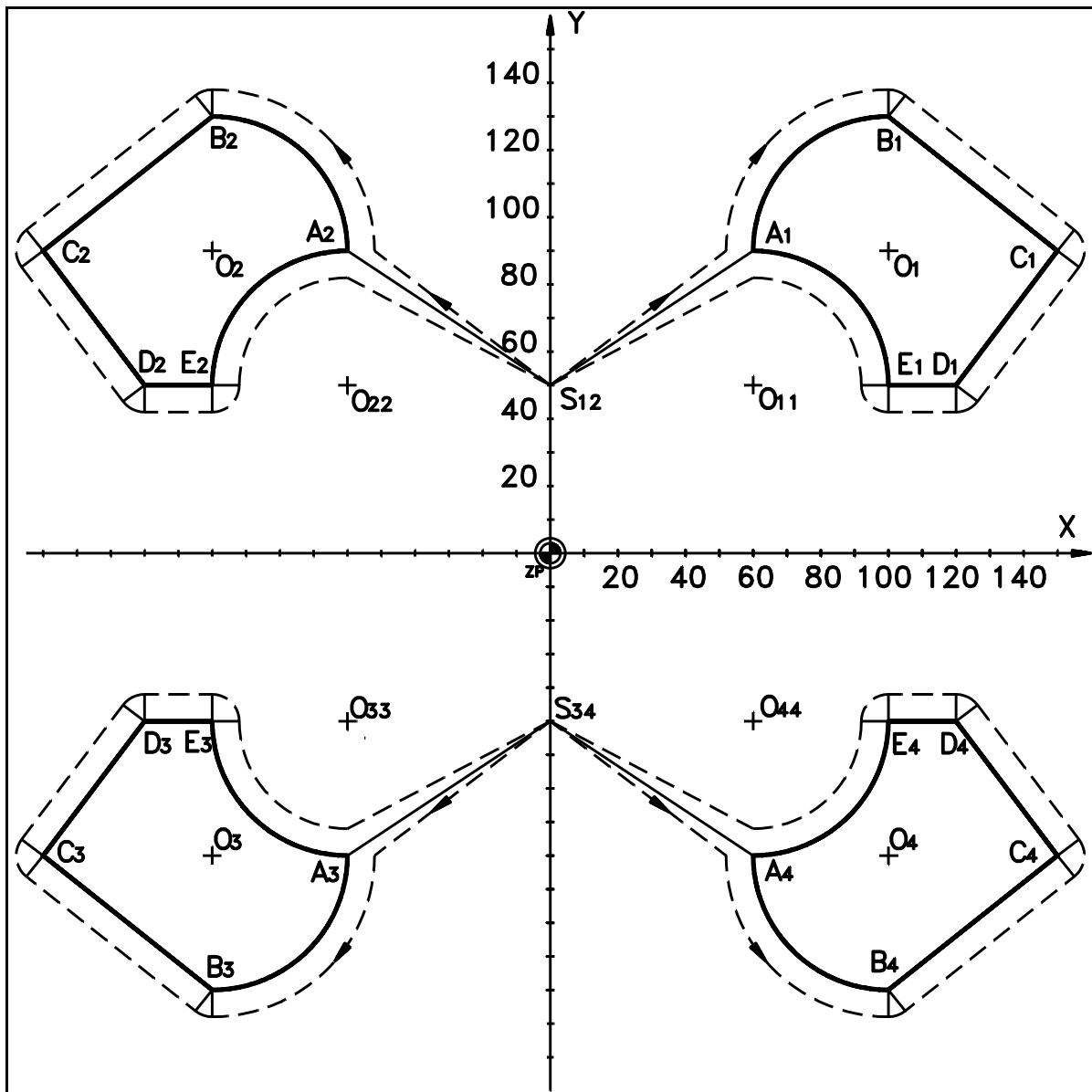
%MPF 321

- Program główny

N100 G90 S400 M3 D10	
N110 G0 G43 Z-250	
N120 G54 X0 Y0 Z100 D201	
N130 G1 Z50 F1200	
N140 L321	(Obróbka A1,B1 ... A1)
N150 G74	(Włącz. lustra w osi X)
N160 L321	(Obróbka A2,B2 ... A2)
N170 G76	(Włącz. lustra w osi Y)
N180 L321	(Obróbka A3,B3 ... A3)
N190 G75	(Wyłącz. lustra w osi X)
N200 L321	(Obróbka A4,B4 ... A4)
N210 G77	(Wyłącz. lustra w osi Y)
N220 G0 Z100	
N230 M30	

%SPF321

N10 G91 G0 Y50 D10	(Odcinek P0, S12)
N20 G1 G41 X60 Y40 F120	(Odcinek S12, A1)
N30 G2 X40 Y40 I40	(Łuk A1, B1)
N40 G1 X50 Y-40	(Odcinek B1, C1)
N50 X-30 Y-40	(Odcinek C1, D1)
N60 X-20	(Odcinek D1, E1)
N70 G3 X-40 Y40 I-40	(Łuk E1, A1)
N80 G1 G40 X-60 Y-40	(Powrót do S12)
N90 G90 G0 X0 Y0	(Powrót do P0)
N99 M17	

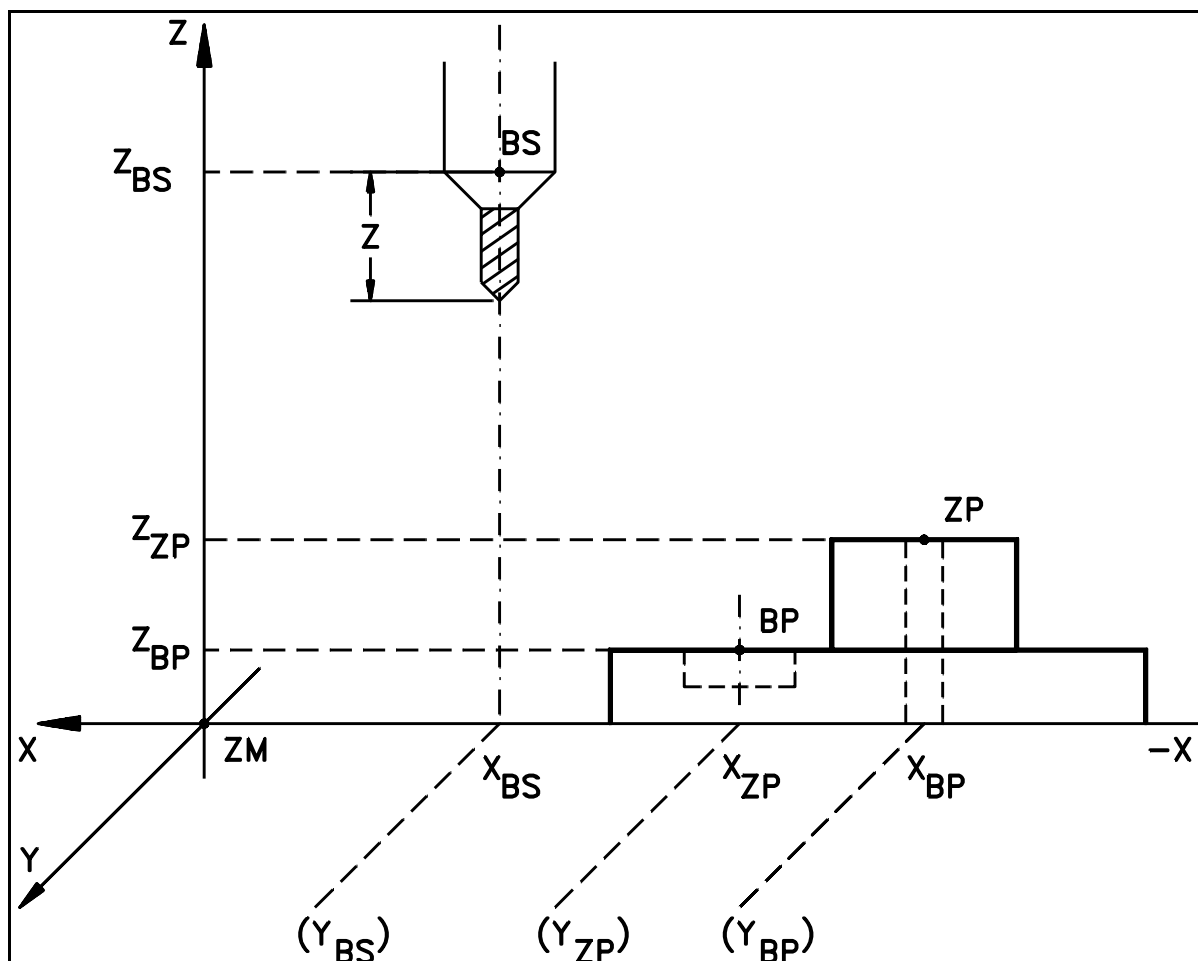


Rys. 3.25.
Lustrzane odbicie

3.9. BAZY I UKŁADY WSPÓLRZĘDNYCH. (Operacje typu: "zero offset").

UWAGA: Przed przeczytaniem tego rozdziału zaleca się przeczytać Instrukcję Obsługi PRONUM 640FC - rozdziały 2.1 i 2.3

Na Rys. 3.26 pokazano schematycznie charakterystyczne punkty maszyny i obrabianego przedmiotu stanowiące podstawę dla wyznaczenia początków i wzajemnych przesunięć układów współrzędnych. Odległości między tymi punktami wynikają z konstrukcji maszyny, miejsca mocowania przedmiotu na stole oraz jego postaci konstrukcyjnej i określają przesunięcie układu współrzędnych programu w stosunku do współrzędnych maszynowych.



Rys. 3.26.
Punkty charakterystyczne obrabiarki i obrabianego przedmiotu

ZM **Zero Maszyny** - początek układu współrzędnych maszynowych.

ZP **Baza Programu - Zero Programu** - początek układu współrzędnych programu. Układ obowiązuje w całym programie obróbki lub w kolejnych jego fragmentach. Początek układu **ZP** może być przesuwany w trakcie programu przy pomocy funkcji G54, G55 i G92. Terminy: **Baza Programu i Zero Programu** używane będą zamiennie.

BS **Baza Stała Maszyny** - punkt do którego przesuwane są zespoły ruchome obrabiarki (stół, wrzeciennik, konsola) przed rozpoczęciem programu obróbki. Do punktu tego przesuwany jest punkt przecięcia osi wrzeciona z płaszczyzną czoła gniazda narzędziowego, z którą styka się pierścień oporowy oprawki narzędzia.

Współrzędne **BS** względem **ZM** są określane przy pomocy parametrów maszynowych. Przy domyślnych ustawieniach tych parametrów punkt **ZM** pokrywa się z punktem **BS**.

BP **Baza Pomiaru Przedmiotu** - wyróżniony punkt (punkty) przedmiotu, do którego (do których) można doprowadzić narzędzie, czujnik lub sondę pomiarową (zamocowane we wrzecionie) w celu określenia położenia przedmiotu względem **ZM**.

XZP, YZP, ZZP **Współrzędne Bazy Programu (Zera Programu).**

Współrzędne punktu **ZP** względem punktu **ZM** nazywane będą dalej **Bazą Pomiarową**. **Baza Pomiarowa** jest wywoływana funkcją G54 i korygowana funkcją G55.

Współrzędne te określane są w wyniku operacji pomiaru bazy programu w trybie **USTAW ZERO** - patrz rozdz. 2.3.1 Instrukcji Obsługi PRONUM 640FC i zapisywane w pamięci danych pod adresem **D200 do D211**. Inna metoda pomiaru bazy programu polega na użyciu sondy pomiarowej i cykli pomiarowych.

XBS, YBS, ZBS **Współrzędne Bazy Stałej** - określone względem **ZM**.

ZN **Długość Narzędzia**

Zbiór funkcji określających przesunięcia **Bazy Programu** tworzą cztery funkcje:.

FUNKCJA

DZIAŁANIE

- G54** Zaprogramowana łącznie z adresem od **D200 do D211** przesuwa układ współrzędnych o wektor określony przez składowe: XZP, YZP i ZZP, a zaprogramowana ze słowami adresowymi X Y Z, funkcją G0 lub G1 oraz funkcją G90 lub G91 wywołuje ruch do punktu określonego we współrzędnych związanych z bazą programu
- G55** Zaprogramowana łącznie ze słowami X Y Z lub dodatkowo z adresem od **D300 do D324** wywołuje korekcję bazy pomiarowej.
- G53** Zaprogramowana łącznie z adresem od **D400 do D409** i / lub słowami adresowanymi X Y Z wywołuje ruch do punktu określonego we współrzędnych maszynowych.
- G92** Zaprogramowana łącznie ze słowami adresowanymi X Y Z powoduje przesunięcie bazy programu. Sposób przesunięcia zależy od sposobu wymiarowania: G91 lub G90.

Wszystkie przesunięcia układu współrzędnych wprowadzone przez funkcje G54, G55 i G92 oraz korekcja długości narzędzia (patrz rozdz. 3.7) są kumulowane w pamięci układu sterowania i odwoływane w przypadku konieczności korzystania ze współrzędnych maszynowych np. w przypadku zaprogramowania funkcji G53.

3.9.1. WYWOŁANIE BAZY POMIAROWEJ - FUNKCJA G54.

Wywołanie Bazy Pomiarowej następuje w bloku, w którym zaprogramowano funkcję G54 łącznie z adresem od D200 do D211. Pod adresem tym zapisany jest wektor o składowych: XZP, YZP, ZZP. Jest to operacja wykonywana zawsze na początku programu obróbki.

W wyniku operacji: "Wywołania Bazy Pomiarowej" określona zostaje współrzędna absolutna pozycji maszyny we Współrzędnych Bazy Programu. Od tak określonej pozycji można rozpocząć obróbkę przedmiotu zgodnie z treścią POT.

Funkcję G54 można programować w bloku łącznie z poleceniem ruchu lub bez polecenia ruchu. Wyjaśniono to na przykładach:

PRZYKŁAD 1 :

N5 G54 G0 (lub G1 F5) G90 D2xx X+43 Y+43 Z+43

gdzie: X, Y, Z współrzędne absolutne względem bazy programu.

W wyniku wykonania tak zaprogramowanego bloku nastąpi ruch G0 lub G1 od aktualnej pozycji maszyny określonej we współrzędnych maszynowych do pozycji określonej przez współrzędne X Y Z względem bazy programu. Tym samym osiągnięta zostanie ściśle określona pozycja w stosunku do obrabianego przedmiotu.

PRZYKŁAD 2 :

N4 G54 D2xx
N5 G0 (lub G1 F5) G90 X+43 Y+43 Z+43

W wyniku wykonania tak zaprogramowanej sekwencji bloków ruch do pozycji określonej przez współrzędne X Y Z wykonany zostanie dopiero w bloku N5, przy czym współrzędna maszyny względem bazy programu określona zostanie w bloku N4

Można stosować również sposób programowania G54 pozwalający na wykonanie ruchu do pozycji X Y Z określonej jw. w dwóch lub trzech blokach.

Np.

N5 G54 G0 (lub G1 F5) G90 D2xx X+43 Y+43
N5 Z+43
lub
N5 G54 G0 (lub G1 F5) G90 D2xx X+43
N5 Y+43
N6 Z+43

W podanych wyżej przykładach funkcję **G90** można zastąpić funkcją **G91**. W tym przypadku współrzędne X Y Z będą współrzędnymi przyrostowymi odniesionymi do aktualnej pozycji maszyny. Ten sposób programowania ma ograniczony zakres zastosowań, gdyż w wyniku nie zostanie osiągnięta pozycja w stosunku do obrabianego przedmiotu. Będzie ona natomiast określona przyrostowo w stosunku do położenia początkowego maszyny.

Baza Pomiarowa może być wywoływana wielokrotnie w trakcie wykonywania programu zgodnie z opisanymi wyżej zasadami. Każde wywołanie nowej Bazy Pomiarowej kasuje poprzednie przesunięcia układu współrzędnych wprowadzone przez funkcje: G54, G55 i G92.

Kasowanie bazy pomiarowej następuje poprzez zaprogramowanie słowa **D0** w bloku zgodnie z następującą strukturą:

N5 G54 D0

Tak zaprogramowany blok kasuje również wszystkie przesunięcia układu współrzędnych wprowadzone przez funkcje G55 i G92.

3.9.2. KOREKCJA BAZY POMIAROWEJ - FUNKCJA G55.

Korekcja Bazy Pomiarowej wykonana zostanie w bloku, w którym zaprogramowano funkcję **G55** łącznie ze słowami adresowymi **X Y Z** lub dodatkowo ze słowem adresowym **od D300 do D324**. Korekcja wykonana zostanie tylko dla tych współrzędnych, dla których zaprogramowano adresy X Y Z. Możliwe są trzy różne sposoby wykonania korekcji. Każdy z nich programowany jest zgodnie z następującymi strukturami bloku:

STRUKTURA 1

N5 G55 X+43 Y+43 Z+43

W wyniku wykonania tak zaprogramowanego bloku:

- Baza Pomiarowa a tym samym i aktualna Baza Programu zostanie skorygowana o wektor, którego składowe określają słowa X Y Z.
- Wyznaczone zostaną współrzędne absolutne aktualnej pozycji maszyny względem skorygowanej bazy programu (wykonanie bloku nie powoduje ruchu maszyny).

STRUKTURA 2

N5 G55 G90 G0 (lub G1 F5) D3xx X+43 Y+43 Z+43

W wyniku wykonania tak zaprogramowanego bloku:

- Baza Pomiarowa a tym samym i Baza Programu zostanie skorygowana o wektor, którego składowe określa słowo D3xx. Składowe wektora mają format: **+023**
- wykonany zostanie ruch G0/G1 do pozycji określonej przez współrzędne X Y Z w stosunku do skorygowanej Bazy Programu.

STRUKTURA 3

N5 G55 **G91** G0 D3xx X0 Y0 Z0

W wyniku wykonania tak zaprogramowanego bloku:

Baza Pomiarowa a tym samym i Baza Programu zostanie skorygowana o te składowe wektora określonego przez D3xx, dla których zaprogramowano słowa: X0 Y0 Z0.

Wykonanie bloku nie powoduje ruchu.

UWAGA:

Korekcja bazy pomiarowej może być wywoływana wielokrotnie w trakcie wykonywania programu. Wektor określający korekcję odniesiony jest do bazy pomiarowej. W przypadku wywołania korekcji zgodnie ze STRUKTURĄ 1 odniesiony jest do bazy pomiarowej wywołanej funkcją G54 i ewentualnie skorygowanej zgodnie ze STRUKTURAMI 2 lub 3. W przypadku wywołania korekcji zgodnie ze STRUKTURAMI 2 lub 3 odniesiony jest do bazy pomiarowej wywołanej funkcją G54 i ewentualnie skorygowanej zgodnie ze STRUKTURĄ 1.

Kasowanie korekcji bazy pomiarowej następuje poprzez zaprogramowanie słowa **D0** w bloku zgodnie z formatem:

N5 G55 D0

Tak zaprogramowany blok kasuje wszystkie przesunięcia układu współrzędnych wprowadzone wyłącznie przez funkcje G55.

3.9.3. PROGRAMOWANIE WE WSPÓLRZĘDNYCH MASZYNOWYCH - G53.

W trakcie wykonywania programu może zaistnieć konieczność wykonania ruchu do punktu określonego we współrzędnych maszynowych (mimo iż cały program wykonywany jest w odniesieniu do ZP) - np. w przypadku wymiany narzędzia. Operację tę można wykonać programując funkcję **G53** zgodnie z następującymi strukturami:

STRUKTURA 1

N5 G53 G0 (lub G1 F5) G90 X+43 Y+43 Z+43

W wyniku tak zaprogramowanego bloku wykonany zostanie ruch do pozycji X... , Y... Z... określonej we współrzędnych maszynowych. Wykonanie następnego przesunięcia we współrzędnych maszynowych wymaga ponownej deklaracji funkcji G53.

STRUKTURA 2

N5 G53 G0 (lub G1 F5) G90 D4xx X0 Y0 Z0

W wyniku tak zaprogramowanego bloku wykonany zostanie ruch do pozycji X... , Y... Z... zapisanej pod adresem od **D400** do **D409**. Ruch wykonany zostanie dla współrzędnych, dla których zadeklarowano słowa: X0, Y0, Z0. Wykonanie następnego przesunięcia we współrzędnych maszynowych wymaga ponownej deklaracji funkcji G53.

3.9.4. PRZESUNIĘCIE BAZY PROGRAMU - G92.

Przesunięcie Bazy Programu (zmiana początku układu współrzędnych programu obróbki - ZP) następuje w bloku, w którym zaprogramowano **funkcję G92 łącznie ze słowami: X.... Y.... Z....** .

Znaczenie liczb zapisanych pod adresami X Y Z zależne jest od tego czy obowiązuje programowanie przyrostowe **G91**, czy absolutne **G90**. W przypadku G91 liczby te określają bezpośrednio wektor przesunięcia początku układu współrzędnych, natomiast w przypadku G90 określają współrzędne absolutne aktualnego punktu konturu w nowym układzie współrzędnych.

UWAGI:

Deklaracja G91 lub G90 musi być dokonana w blokach poprzedzających blok zawierający funkcję G92. Funkcji G91 i G90 nie można programować w bloku zawierającym funkcję G92.

Przesuwanie bazy programu umożliwia programowanie różnych fragmentów konturu przedmiotu w różnych, przesuniętych równolegle układach współrzędnych. Operacja ta ułatwia w istotny sposób proces opracowania programu obróbki.

Funkcja G92 programowana jest zgodnie z następującymi strukturami:

STRUKTURA 1

```
Nxxxxx G91 .....  
.....  
Nxxxxx G92 X+43 Y+43 Z+43  
.....
```

W wyniku tak zaprogramowanego bloku:

- Baza Programu zostanie przesunięta o wektor, którego składowe określają słowa X, Y, Z ,
- Słowa X Y Z zostają dodane do poprzednio kumulowanych przesunięć układu współrzędnych
- Wyznaczone zostaną współrzędne absolutne aktualnego punktu konturu względem nowego (przesuniętego) układu współrzędnych.
- wykonanie bloku nie powoduje ruchu maszyny.

STRUKTURA 2

Nxxxxx G90

.....

.....

Nxxxxx **G92 X+43 Y+43 Z+43**

W wyniku tak zaprogramowanego bloku:

- Współrzędne X Y Z stają się nowymi współrzędnymi absolutnymi aktualnego punktu konturu względem nowego (przesuniętego) układu współrzędnych,
- wyznaczony zostaje wektor, o jaki przesunięty został układ współrzędnych na skutek zmiany współrzędnych absolutnych; wektor ten dodany zostaje do poprzednio kumulowanych przesunięć układu współrzędnych,
- wykonanie bloku nie powoduje ruchu maszyny .

3.10. FUNKCJE OGRANICZENIA PRZESTRZENI OBRÓBK (G25, G26 I G27).

Funkcje te powinny być programowane jako jedyne w bloku. W bloku, w którym została zaprogramowana jedna z tych funkcji nie wolno programować innej funkcji G, w tym również funkcji z tej grupy.

Działanie funkcji G25/G26 polega na włączeniu w układzie sterowania dodatkowej czynności - ciągłego dozoru, polegającego na ostrzeganiu przed przekroczeniem dozwolonej przestrzeni obróbki.

Układ sterowania zatrzymuje wykonywanie programu przed rozpoczęciem bloku, w którym mogłoby nastąpić przekroczenie przestrzeni obróbki. Jednocześnie wyświetlany jest numer błędu informujący operatora o przyczynie zatrzymania wykonywania programu. Funkcje G25/G26 absorbują dodatkowo czas systemu i należy je stosować tylko w uzasadnionych przypadkach.

Funkcja G25 pozwala ograniczyć od dołu obszar roboczy przez podanie wektora ograniczenia o składowych:

(**Xmin, Ymin, Zmin**)

Składowymi wektora są najmniejsze dopuszczalne wartości współrzędnych, odniesione do zera maszyny (ZM).

PRZYKŁAD: Nxxxxx G25 Xmin..... Ymin.... Zmin.....

Funkcja G26 pozwala ograniczyć od góry obszar roboczy przez podanie wektora ograniczenia o składowych:

(**Xmax, Ymax, Zmax**)

Składowymi wektora są największe dopuszczalne wartości współrzędnych, odniesione do zera maszyny (ZM).

PRZYKŁAD: Nxxxxx G25 Xmax..... Ymax.... Zmax.....

W wyniku zadeklarowania w programie dwóch oddzielnych bloków z funkcjami G25 i G26 powstaje prostokąt lub prostopadłościan, wewnątrz którego może być wykonywany program.

Funkcja G27 powoduje kasowanie - w dalszej części programu - ograniczenia wprowadzonego przez funkcje G25/G26.

PRZYKŁAD: Nxxxxx G27

3.11. FUNKCJA CZASOWEGO POSTOJU - G4.

Funkcję **G4** należy programować w oddzielnym bloku. Działa tylko w bloku w którym została zaprogramowana. Powoduje zatrzymanie procesu sterowania na czas określony w słowie F programowanym łącznie z funkcją G4.

FORMAT: N5 G4 F31

Zakres programowania czasu wynosi: **od 0.1 do 999.9 s**
z rozdzielczością 0.1 s

Np. N555 G4 F12.3 (programowana przerwa 12.3 sekundy)

3.12. FUNKCJE OKREŚLAJĄCE SPOSÓB ZAKOŃCZENIA RUCHU.

Zbiór tworzą cztery funkcje: **G61 G64 G60 G09**

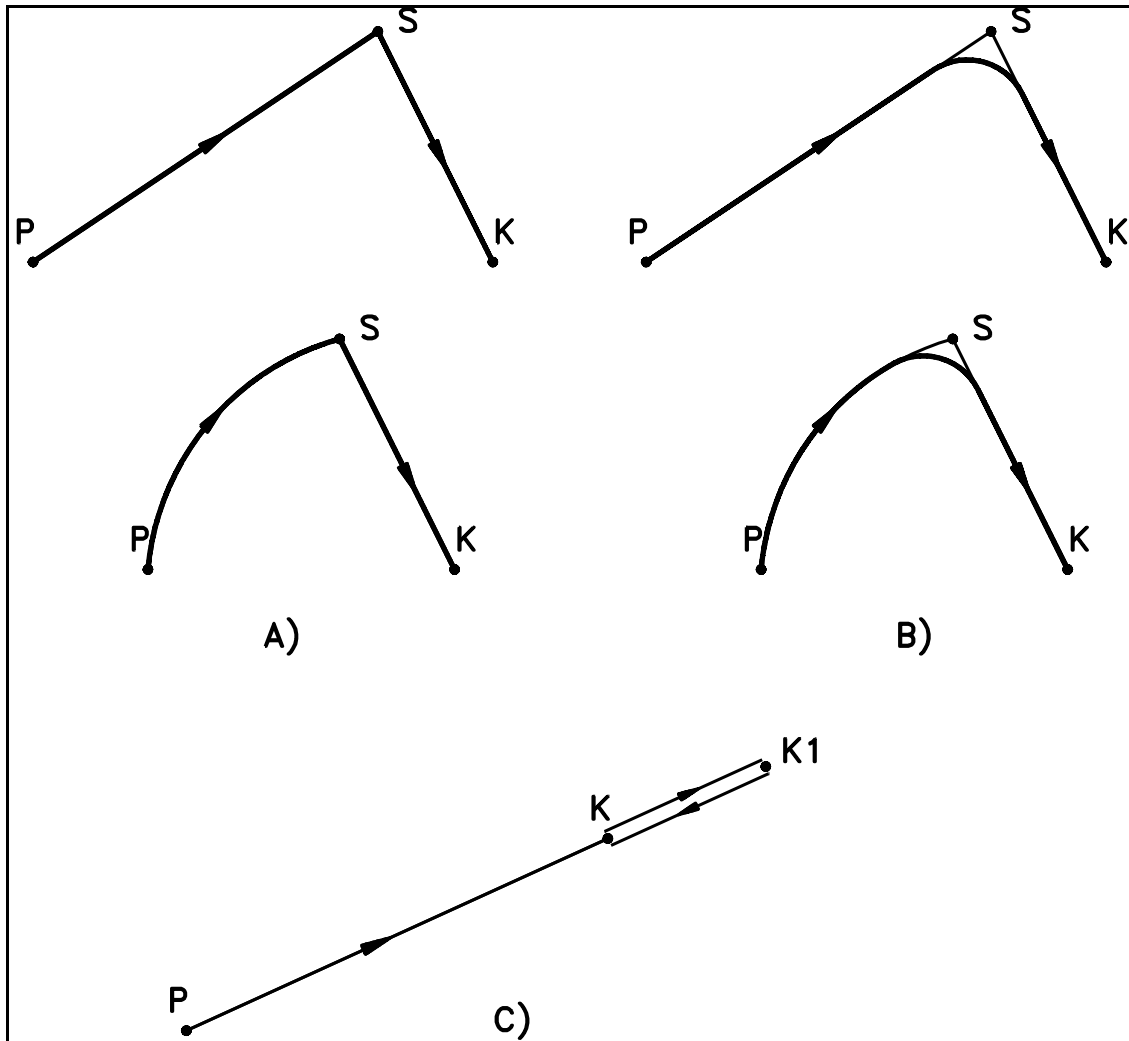
Funkcja G61 włącza sterowanie posuwami z pozycjonowaniem na końcu bloku ("in position "). Start wykonania następnego bloku następuje dopiero po osiągnięciu przez obrabiarkę położenia zaprogramowanego w danym bloku z dokładnością określoną przez parametry maszynowe: " strefa zerowa " . Stanie się to wtedy gdy skasowany zostanie uchyb nadążania serwomechanizmów sterujących posuwami obrabiarki. Pokazano to poglądowo na Rys. 3.27A. Gdy elementy ruchome frezarki (stół, wrzeciennik, konsola) osiągną pozycję toru zaznaczoną tu jako punkt S, włączone zostanie sterowanie zgodnie z treścią następnego bloku.

Funkcja G61 może być programowana dla ruchu wzdłuż odcinków linii prostej lub łuku okręgu.

Ten sposób sterowania powinien być wybrany w przypadku gdy pożądane jest dokładne osiągnięcie pozycji lub dokładna obróbka naroży. Funkcja G61 wywoływana jest automatycznie dla **G00**

Funkcja G64 kasuje działanie funkcji G61. Funkcje G64 i G61 tworzą parę funkcji modalnych. Po włączeniu układu sterowania i po zerowaniu aktywna jest funkcja G64. Wykonanie każdego bloku rozpoczyna się z uchybem nadążania, zależnym od prędkości posuwu stanowiącym pozostałość z wykonania bloku poprzedniego. Uzyskuje się ciągłość sterowania kosztem zaokrągleń na narożach. Pokazuje to Rys. 3.27B.

Funkcja G60 wywołuje dojazd jednokierunkowy w bloku, w którym została zaprogramowana. **Programowana musi być łącznie z G0 lub gdy aktywna jest G0.** Ruch do zaprogramowanego punktu kończy się zawsze w tym samym kierunku. Kierunek i wielkość dojazdu określają parametry maszynowe obrabiarki. Na końcu bloku następuje kasowanie uchybu nadążania (jak dla G61). Działanie funkcji pokazuje Rys. 3.27C.



Rys. 3.27.
Wykonanie funkcji: G61, G64 i G60

FUNKCJA G09 modyfikuje sposób wykonania ruchu w przypadku funkcji G01. Prędkość posuwu roboczego jest zmniejszana przed końcem odcinka toru z opóźnieniem określonym w danych maszynowych (podobnie jak dla funkcji G00).

PRZYKŁAD: N111 G1 G9 X... Y... Z.... F6000

Funkcję G09 należy programować dla większych prędkości posuwu roboczego zwłaszcza przed narożami.

3.13. FUNKCJA GWINTOWANIA NIESYNCHRONICZNEGO - G63.

Funkcja G63 przeznaczona jest do programowania operacji gwintowania **niesynchronicznego** z wykorzystaniem specjalnej oprawki, która umożliwia wyrównanie różnicy przesunięć w osi wrzeciona wynikającej z braku synchronizacji obrotów wrzeciona z posuwem.

Funkcję G63 programuje się łącznie z:

- funkcją G01,
- przesuwem w osi wrzeciona
- prędkością posuwu F,
- prędkością obrotową wrzeciona S.

Ponadto należy zaprogramować kierunek obrotów wrzeciona **M03 i/lub M04** (stosowane są oprawki, które nie wymagają zmiany kierunku obrotów przy wycofaniu).

Prędkość posuwu F i obroty S muszą być dobrane do skoku gwintu i możliwości kompensacyjnych oprawki.

Programuje się dwa bloki zawierające funkcję G63:

- blok gwintowania,
- blok wycofania gwintownika.

3.14. FUNKCJE SPECJALNE - G9xx.

FUNKCJA G900 - zapamiętanie posuwu i modalnych funkcji G.

Funkcja G900 przydatna jest szczególnie przy projektowaniu cykli stałych użytkownika. Pozwala zapamiętać wartości słów F oraz obowiązujących funkcji modalnych grup: GI, GXI, GXII i GXVI. Po wykonaniu cyklu w którym funkcje te mogą być zmieniane, stan początkowy może być przywrócony funkcją G901.

FUNKCJA G901

Funkcja G901 przywraca funkcje zapamiętane przez zaprogramowanie funkcji **G900**.

FUNKCJA G910 - zapamiętanie parametrów użytkownika

Funkcja G910 umożliwia zapamiętanie zestawu parametrów użytkownika od R00 do R99. Przywrócenie wartości tych parametrów możliwe jest za pomocą funkcji G911.

FUNKCJA G911

Funkcja G911 przywraca wartości parametrów zapamiętanych przez funkcję G910.

3.15. CYKLE STAŁE - G81 DO G89.

Cykle stałe stanowią zestaw sparametryzowanych podprogramów, wpisanych na stałe do pamięci układu sterowania, umożliwiającących wykonanie takich operacji jak:

- wiercenie,
- nawiercanie,
- pogłębianie,
- gwintowanie,
- wytaczanie.

Wywoływane są przez deklarację funkcji G8x lub alternatywnie podprogramów L8x. Cykl wywołany przez funkcję G8x wykonywany jest w każdym bloku zawierającym zaprogramowany ruch aż do odwołania przez funkcję G80. Wywołany przez deklarację L8x wykonywany jest jednokrotnie.

WYKAZ CYKLI STAŁYCH

G81 (L81)	Wiercenie, nawiercanie
G82 (L82)	Wiercenie, pogłębianie
G83 (L83)	Wiercenie głębokich otworów
G84 (L84)	Gwintowanie - patrz rozdział 3.15.9
G85 (L85)	Wytaczanie - wersja 1
G86 (L86)	Wytaczanie - wersja 2
G87 (L87)	Wytaczanie - wersja 3
G88 (L88)	Wytaczanie - wersja 4
G89 (L89)	Wytaczanie - wersja 5
G80	Kasowanie cyklu stałego

Każdy cykl może być wykonany na jednej z trzech płaszczyzn: XY lub ZX lub YZ, przy czym ruch wrzeciona wykonywany jest wzdłuż trzeciej osi odpowiednio Z lub Y lub X. O wyborze płaszczyzny decyduje deklaracja parametru **R11**.

I tak:

Deklaracja R11	Płaszczyzna obróbki	Kierunek ruchu wrzeciona
R11=0	XY	Z
R11=1	YZ	X
R11=2	ZX	Y

UWAGA: Przed wywołaniem cyklu stałego należy odwołać kompensację promienia freza funkcją G40. Korekcja długości narzędzia pozostaje aktywna. W razie potrzeby można wywołać nową korekcję długości narzędzia

DEFINICJE PARAMETRÓW CYKLI STAŁYCH

- R0** Czas postoju nad otworem przed rozpoczęciem posuwu roboczego,
R1 Pierwsza głębokość wiercenia (dla cyklu G83).
Wielkość przyrostowa bez znaku, liczona od płaszczyzny odniesienia,
R2 Współrzędna absolutna płaszczyzny odniesienia (płaszczyzna na poziomie której pozycjonowane jest narzędzie przed wykonaniem operacji określonej przez cykl stały),
R3 Głębokość wiercenia, gwintowania i wytaczania - współrzędna absolutna,
R4 Czas postoju na dnie otworu,
R5 Zmniejszenie przyrostu głębokości wiercenia (dla G83) - wielkość przyrostowa bez znaku,
R7 Kierunek obrotów wrzeciona: 3 lub 4, programowany dla cykli, w których następuje zatrzymanie obrotów wrzeciona na dnie otworu (dotyczy cykli: G86, G87, G88) lub cykli dla których następuje zmiana kierunku obrotów przy wycofaniu z otworu (dotyczy to np. cyklu gwintowania G84). Należy zaprogramować numer zgodny z tym jaki został zaprogramowany przed wywołaniem cyklu - patrz "Programowanie Cyklu Stałego" p.(a)
R6 Kierunek obrotów wrzeciona 4 lub 3 przy wycofaniu, jeśli przy wycofaniu następuje zmiana kierunku obrotów jak np. w cyklu gwintowania G84.
Jeśli R7=3 to R6=4, a jeśli R7=4 to R6=3
R10 Współrzędna absolutna płaszczyzny wycofania - płaszczyzna do poziomu której wycofywane jest narzędzie po wykonaniu operacji określonej przez cykl.
R11 Wybór płaszczyzny (R11=0, 1 lub 2),

PROGRAMOWANIE CYKLU STAŁEGO

Aby wywołać cykl stały należy zaprogramować:

- a) prędkość roboczą Fxxxxx , obroty wrzeciona Sxxxx oraz kierunek obrotów M3 lub M4,
- b) (jeśli potrzeba) korekcję długości narzędzia,
- c) **Wszystkie parametry R** przewidziane dla wybranego cyklu.
Dotyczy to również przypadku zerowej wartości parametru.
- d) współrzędną pierwszego otworu wraz z G0,
- e) blok zawierający wywołanie cyklu np. N11 G81

W wyniku następuje wykonanie cyklu G8x dla pierwszego otworu. W następnych blokach wystarczy zaprogramować współrzędne kolejnych otworów. Każdy tak zaprogramowany blok będzie inicjował kolejne wykonanie cyklu stałego aż do momentu gdy zaprogramowany zostanie blok zawierający funkcję **G80** kasującą cykl stały. W trakcie wykonywania cyklu można zmieniać parametry cyklu.

Przykład programowania cyklu stałego (na pł. XY) zawiera opis cyklu G81.

3.15.1. CYKL WIERCENIA - G81 (L81).

PARAMETRY CYKLU:

- R2** Współrzędna absolutna płaszczyzny odniesienia i wycofania,
R3 Głębokość wiercenia - współrzędna absolutna,
R11 Wybór płaszczyzny (R11=0, 1 lub 2),

TREŚĆ CYKLU G81:

```
%SPF81
N0 H1+15=R99=999999
N0 G900 G910
N15 H1+20=R11=1
N16 H1+21=R11=2
N17 H0+22
N20 R50=919H0+23
N21 R50=918H0+23
N22 R50=917
N23 GR50
N1 G0 G17 G90 ZR2
N2 G1 ZR3
N3 G0 ZR2
N30 H1+5=R99=999999
N4 G901 G911
N5 M17
```

Opis wykonania cyklu:

- dojazd ruchem szybkim do płaszczyzny odniesienia R2
 - ruch roboczy na głębokość wiercenia R3
 - wycofanie ruchem szybkim do płaszczyzny odniesienia R2
- Wykonanie cyklu pokazano na Rys. 3.28 a.

PRZYKŁAD PROGRAMOWANIA

N10 G90 S50 M3 F60	(progr. prędkości posuwu F i obrotów wrzeciona)
N20 G0 D1 Z300	(korekcja długości wiertła)
N30 X120 Y200	(szybkie pozyc. nad pierwszym otworem)
N40 R2=270 R3=220 R11=0 G81	(deklaracja parametrów; wierc. 1-go otworu)
N50 X120 Y250	(wiercenie 2-go otworu)
N60 X170 Y250	(wiercenie 3-go otworu)
N70 X170 Y200 R3=230	(zmiana głębokości wiercenia: wierc. 4-go otw.)
N80 Z300 G80	(odwołanie cyklu)

UWAGA: Jeśli zamiast funkcji G81 użyte zostanie słowo L81 to należy:

Zmienić treść bloku N40 na :	N40 R2=270 R3=220 L81
W blokach N50, N60 i N70 dopisać (na końcu) słowo:	L81
Zmienić treść bloku N80 na:	N80 Z300

Wszystkie pozostałe cykle programowane są w analogiczny sposób. Zmienia się tylko numer funkcji Gxx (lub Lxx) oraz liczba definiowanych parametrów.

3.15.2. CYKL WIERCENIA/POGŁĘBIANIA - G82 (L82).

PARAMETRY CYKLU:

- R2** Współrzędna absolutna płaszczyzny odniesienia
- R3** Głębokość wiercenia - współrzędna absolutna,
- R4** Czas postoju na dnie otworu,
- R10** Współrzędna absolutna płaszczyzny wycofania
- R11** Wybór płaszczyzny (R11=0, 1 lub 2),

TREŚĆ CYKLU G82:

```
%SPF82
N0 H1+15=R99=999999
N0 G900 G910
N15 H1+20=R11=1
N16 H1+21=R11=2
N17 H0+22
N20 R50=919 H0+23
N21 R50=918 H0+23
N22 R50=917
N23 GR50
N1 G0 G17 G90 ZR2
N2 G1 ZR3
N3 G4 FR4
N4 G0 ZR10
N40 H1+7=R99=999999
N6 G901 G911
N7 M17
```

Opis wykonania cyklu:

- dojazd ruchem szybkim do płaszczyzny odniesienia R2
- ruch roboczy na głębokość wiercenia R3
- postój na dnie otworu G4 FR4
- wycofanie ruchem szybkim do płaszcz. wycofania R10

Wykonanie cyklu pokazano na Rys. 3.28 b.

3.15.3. CYKL WIERCENIA GŁĘBOKICH OTWORÓW - G83 (L83).

PARAMETRY CYKLU:

- R0** Czas postoju nad otworem przed rozpoczęciem posuwu roboczego,
- R1** Pierwsza głębokość wiercenia - wielkość przyrostowa bez znaku liczona od płaszczyzny odniesienia R2,
- R2** Współrzędna absolutna płaszczyzny odniesienia
- R3** Końcowa głębokość wiercenia - współrzędna absolutna,
- R4** Czas postoju na dnie otworu,
- R5** Zmniejszenie przyrostu głębokości wiercenia - wielkość przyrostowa bez znaku,
- R10** Współrzędna absolutna płaszczyzny wycofania,
- R11** Wybór płaszczyzny (R11=0, 1 lub 2),

TREŚĆ CYKLU G83:

```
%SPF83
N0 H1+1=R99=999999
N0 G900 G910
N1 R1=FABS R1 R5=FABS R5 R51=1
N0 H3+125=R2=R3
N0 R51=-1
N125 H1+130=R11=1
N126 H1+131=R11=2
N127 H0+132
N130 R50=919 H0+133
N131 R50=918 H0+133
N132 R50=917
N133 GR50
N1 G0 G17 G90 ZR2
N2 H2+30=R1=FABS (R2-R3)
N3 R8=R2-R1*R51 R9=R1
N4 G1 ZR8
N5 G4 FR4
N6 G0 ZR2
N7 G4 FR0
N8 G0 ZR8+R51 R7=FABS(R8-R3) R9=R9-R5
N9 H2+30=R5=R7
N11 H2+13=R9=R5
N12 H3+15=R5=R9
N13 R8=R8-R9*R51H3+30=0=(R8-R3)*R51
N130H1+30=FABS(R8-R3)=0
N14 H0-4
N15 R9=R5 H0-13
N30 G1 ZR3
N31 G4 FR4
N32 G0 ZR10
N33 G4 FR0
N34 H1+36=R99=999999
```

N35 G901 G911**N36 M17****Opis wykonania cyklu:**

Wiercenie zgodnie z cyklem G83 wykonywane jest w kilku przejściach o zmniejszającym się przyroście głębokości wiercenia. Liczba wierceń zależna jest od:

- głębokości pierwszego wiercenia R1,
- przyrostu głębokości wiercenia R5,
- końcowej głębokości wiercenia R3.

Kolejne przyrosty głębokości wiercenia i w konsekwencji kolejne głębokości wiercenia wyznaczane są automatycznie. Określają je parametry pomocnicze (patrz treść cyklu).

Parametry pomocnicze:

R51 - " mnożnik " określający znak przyrostów głębokości wiercenia:

$$R51 = 1 \quad \text{gdy } R2 > R3$$

$$R51 = -1 \quad \text{gdy } R2 < R3$$

R9 - kolejny przyrost głębokości wiercenia - wielkość przyrostowa bez znaku:

$$R9 = R1 \quad \text{pierwsze wiercenie}$$

$$R9 = R9 - R5 \quad \text{kolejne wiercenie gdy } R9 \geq R5$$

$$R9 = R5 \quad \text{kolejne wiercenie gdy } R9 < R5$$

R8 - kolejna głębokość wiercenia - współrzędna absolutna:

$$R8 = R2 - R1 * R51 \quad \text{pierwsze wiercenie}$$

$$R8 = R8 - R9 * R51 \quad \text{kolejne wiercenie}$$

$$R8 = R3 \quad \text{ostatnie wiercenie}$$

R7 - grubość warstwy, która pozostała do wiercenia:

$$R7 = FABS(R8 - R3)$$

Pierwsze wiercenie wykonywane jest na głębokość **R1** - posuw roboczy. Po pierwszym i po każdym następnym wierceniu wykonywana jest następująca sekwencja operacji:

- postój: G4 FR4,
- ruch szybki do płaszczyzny odniesienia R2,
- postój nad otworem: G4 FR0,
- ruch szybki do poziomu uzyskanego w poprzednim wierceniu (nie dotyczy ostatniego wiercenia).

Po wykonaniu tych operacji określana jest grubość warstwy, która pozostała do wiercenia: R7. Jeśli $R7 \leq R5$ to wykonywane jest ostatnie wiercenie. Jeśli $R7 > R5$ to wyznaczany jest kolejny się przyrost głębokości wiercenia - patrz parametr pomocniczy R9 i wykonywane jest kolejne wiercenie z posuwem roboczym na głębokość określoną przez R8. Zmniejszanie przyrostu głębokości wiercenia wykonywane jest do momentu gdy przyrost ten staje się mniejszy od R5. Od tego momentu kolejne głębokości zwiększane są o wartość stałą równą R5 (w przypadku ostatniego wiercenia przyrost głębokości wiercenia może być mniejszy od R5).

Uwaga:

1. Jeśli parametr R5 = 0 to wykonywane jest wiercenie ze stałym przyrostem równym R1.

2. Jeśli parametr R1 przekroczy zadeklarowaną w programie głębokość wiercenia (licząc od płaszczyzny odniesienia) to wykonywane jest jedno wiercenie na głębokość R3.

Wykonanie cyklu pokazano na Rys. 3.28 c.

3.15.4. CYKL WYTACZANIA (wersja 1) - G85 (L85).

PARAMETRY CYKLU:

R2 Współrzędna absolutna płaszczyzny odniesienia
R3 Głębokość wytaczania - współrzędna absolutna,
R10 Współrzędna absolutna płaszczyzny wycofania,
R11 Wybór płaszczyzny (R11=0, 1 lub 2)

TREŚĆ CYKLU G85:

```
%SPF85  
N0 H1+15=R99=999999  
N0 G900 G910  
N15 H1+20=R11=1  
N16 H1+21=R11=2  
N17 H0+22  
N20 R50=919 H0+23  
N21 R50=918 H0+23  
N22 R50=917  
N23 GR50  
N1 G0 G17 G90 ZR2  
N2 G1 ZR3  
N3 ZR10  
N30 H1+6=R99=999999  
N5 G901 G911  
N6 M17
```

Opis wykonania cyklu:

- dojazd ruchem szybkim do płaszczyzny odniesienia R2
- ruch roboczy na głębokość wiercenia R3
- wycofanie ruchem roboczym do płaszc. wycofania R10

Wykonanie cyklu pokazano na Rys. 3.29 a.

3.15.5. CYKL WYTACZANIA (wersja 2) - G86 (L86).

PARAMETRY CYKLU:

- R2** Współrzędna absolutna płaszczyzny odniesienia
- R3** Głębokość wytaczania - współrzędna absolutna,
- R4** Czas postoju na dnie otworu,
- R7** Kierunek obrotów wrzeciona przed wywołaniem cyklu: 3 lub 4,
- R10** Współrzędna absolutna płaszczyzny wycofania,
- R11** Wybór płaszczyzny (R11=0, 1 lub 2)

TREŚĆ CYKLU G86:

```
%SPF86  
N0 H1+15=R99=999999  
N0 G900 G910  
N15 H1+20=R11=1  
N16 H1+21=R11=2  
N17 H0+22  
N20 R50=919 H0+23  
N21 R50=918 H0+23  
N22 R50=917  
N23 GR50  
N1 G0 G17 G90 ZR2  
N3 G1 ZR3  
N4 G4 FR4  
N5 M5  
N6 G0 ZR10  
N7 MR7  
N70 H1+9=R99=999999  
N8 G901 G911  
N9 M17
```

Opis wykonania cyklu:

- dojazd ruchem szybkim do płaszczyzny odniesienia R2
- ruch roboczy na głębokość wiercenia R3
- postój na dnie otworu G4 FR4
- zatrzymanie obrotów wrzeciona
- wycofanie ruchem szybkim do płaszcz. wycofania R10
- włączenie obrotów wrzeciona w kierunku zadeklarowanym przed wywołaniem cyklu: R7

Wykonanie cyklu pokazano na Rys. 3.29 b.

3.15.6. CYKL WYTACZANIA (wersja 3) - G87 (L87). Ręczne wycofanie narzędzia.

PARAMETRY CYKLU:

- R2** Współrzędna absolutna płaszczyzny odniesienia/wycofania
R3 Głębokość wytaczania - współrzędna absolutna,
R7 Kierunek obrotów wrzeciona przed wywołaniem cyklu: 3 lub 4,
R11 Wybór płaszczyzny (R11=0, 1 lub 2),

TREŚĆ CYKLU G87:

```
%SPF87  
N0 H1+15=R99=999999  
N0 G900 G910  
N15 H1+20=R11=1  
N16 H1+21=R11=2  
N17 H0+22  
N20 R50=919 H0+23  
N21 R50=918 H0+23  
N22 R50=917  
N23 GR50  
N1 G0 G17 G90 ZR2  
N2 G1 ZR3 M5  
N3 G1 G902 M0 ZR2  
N4 MR7  
N40 H1+6=R99=999999  
N5 G901 G911  
N6 M17
```

Opis wykonania cyklu:

- dojazd ruchem szybkim do płaszczyzny odniesienia R2
- ruch roboczy na głębokość wiercenia R3
- zatrzymanie obrotów wrzeciona
- zatrzymanie układu sterowania **STOP - M0** (patrz blok N3). Na ekranie monitora pojawia się komunikat: **Wycofaj ręcznie !!!**. Wycofanie narzędzia nastąpi po naciśnięciu przycisku: **START POSUWU (I)**.

Wykonanie cyklu pokazano na Rys. 3.29 c.

3.15.7. CYKL WYTACZANIA (wersja 4) - G88 (L88). Ręczne wycofanie narzędzia.

PARAMETRY CYKLU:

- R2** Współrzędna absolutna płaszczyzny odniesienia/wycofania
- R3** Głębokość wytaczania - współrzędna absolutna,
- R4** Czas postoju na dnie otworu,
- R7** Kierunek obrotów wrzeciona przed wywołaniem cyklu: 3 lub 4,
- R11** Wybór płaszczyzny (R11= 0, 1 lub 2),

TREŚĆ CYKLU G88:

```
%SPF88  
N0 H1+15=R99=999999  
N0 G900 G910  
N15 H1+20=R11=1  
N16 H1+21=R11=2  
N17 H0+22  
N20 R50=919 H0+23  
N21 R50=918 H0+23  
N22 R50=917  
N23 GR50  
N1G0 G17 G90 ZR2  
N2 G1 ZR3  
N3 G4 FR4  
N4 M5  
N5 G1 G902 M0 ZR2  
N6 MR7  
N60 H1+8=R99=999999  
N7 G901 G911  
N8 M17
```

Opis wykonania cyklu:

- dojazd ruchem szybkim do płaszczyzny odniesienia R2
- ruch roboczy na głębokość wiercenia R3
- postój na dnie otworu G4 FR4
- zatrzymanie obrotów wrzeciona
- zatrzymanie układu sterowania **STOP - M0** (patrz blok N3). Na ekranie monitora pojawia się komunikat: **Wycofaj ręcznie !!!**. Wycofanie narzędzia nastąpi po naciśnięciu przycisku: **START POSUWU (I)**.

Wykonanie cyklu pokazano na Rys. 3.29 d.

3.15.8. CYKL WYTACZANIA (wersja 5) - G89 (L89).

PARAMETRY CYKLU:

- R2** Współrzędna absolutna płaszczyzny odniesienia i wycofania
- R3** Głębokość wytaczania - współrzędna absolutna,
- R4** Czas postoju na dnie otworu,
- R11** Wybór płaszczyzny (R11=0, 1 lub 2),

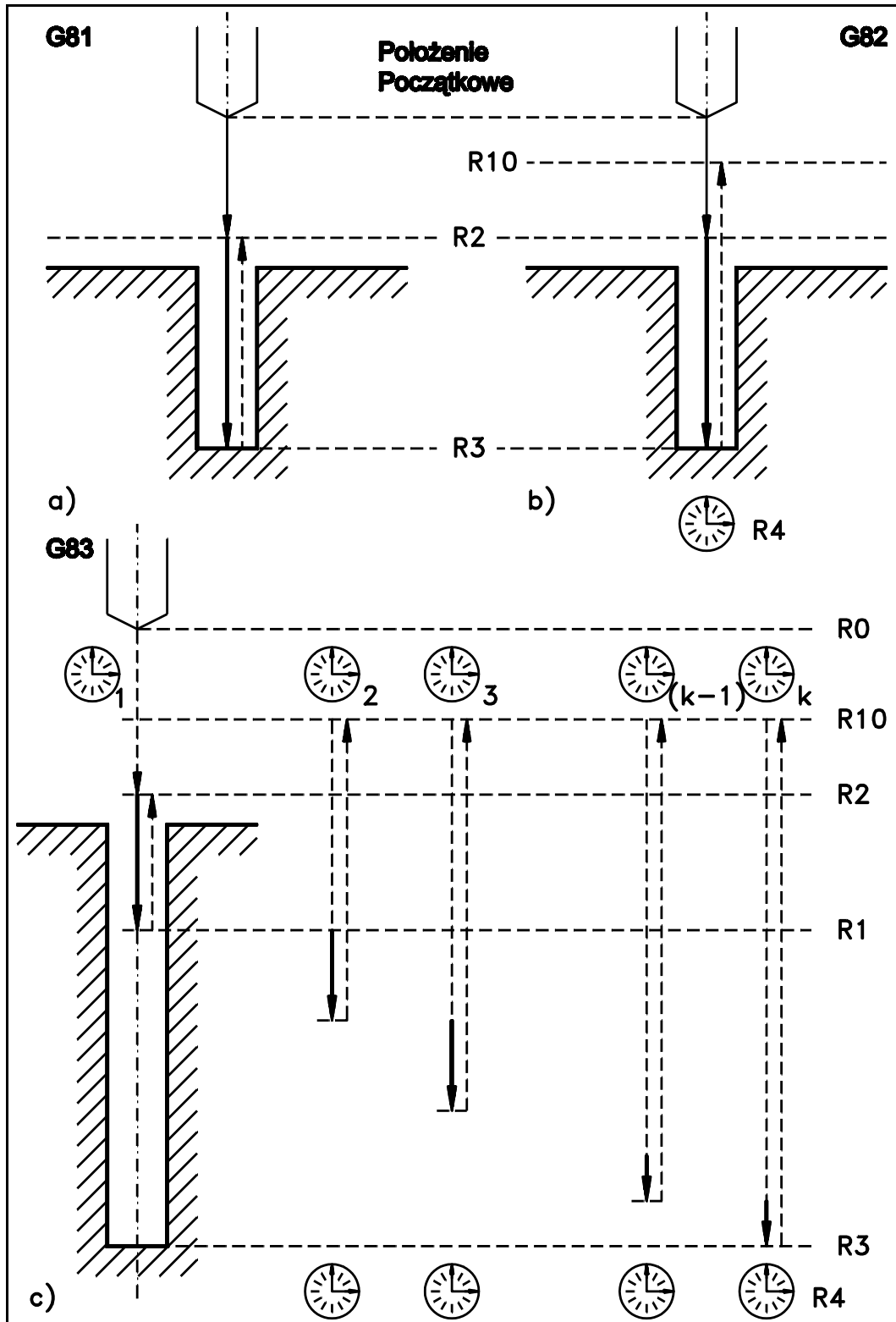
TREŚĆ CYKLU G89:

```
%SPF89  
N0 H1+15=R99=999999  
N0 G900 G910  
N15 H1+20=R11=1  
N16 H1+21=R11=2  
N17 H0+22  
N20 R50=919 H0+23  
N21 R50=918 H0+23  
N22 R50=917  
N23 GR50  
N1 G0 G17 G90 ZR2  
N2 G1Z R3  
N3 G4 FR4  
N4 ZR2  
N40 H1+6=R99=999999  
N5 G901 G911  
N6 M17
```

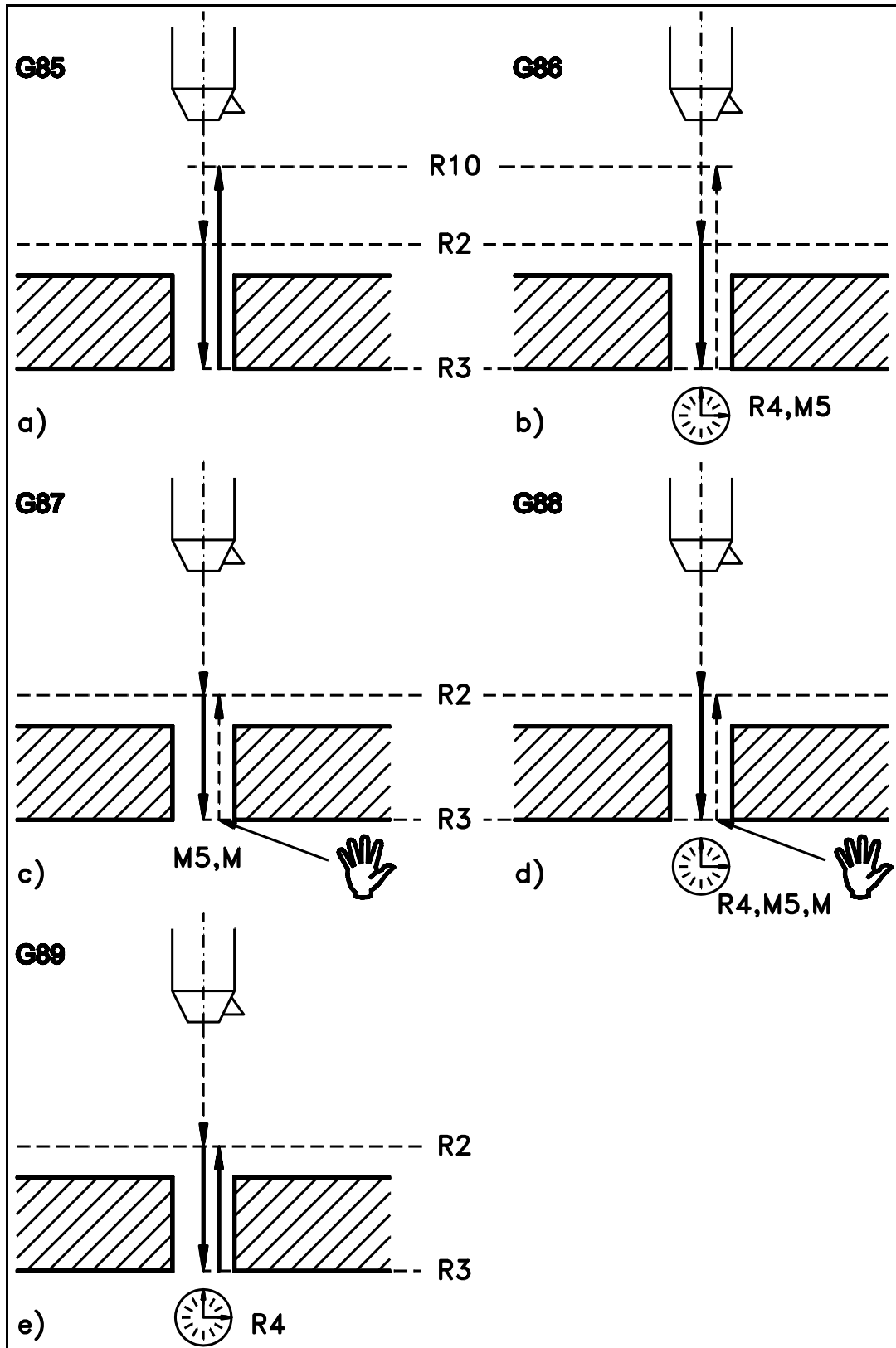
Opis wykonania cyklu:

- dojazd ruchem szybkim do płaszczyzny odniesienia R2
- ruch roboczy na głębokość wiercenia R3
- postój na dnie otworu G4 FR4
- wycofanie ruchem roboczym do płaszcz. odniesienia R2

Wykonanie cyklu pokazano na Rys. 3.29 e.



Rys. 3.28.
Cykle: G81, G82 i G83



Rys. 3.29.
Cykle: G85, G86, G87, G88 i G89

3.15.9. DEFINIOWANIE WŁASNYCH CYKLI STAŁYCH.

Użytkownik PRONUM 640 FC może definiować własne cykle stałe. Treść tych cykli wpisywana jest do pamięci programu, przy czym **należy je wpisywać jako G8x, a nie jako Lxx jak to przyjęto dla podprogramów.**

Zasady definiowania cykli:

Zdefiniowanie własnego cyklu stałego od G81 do G89 spowoduje "**przykrycie**" cyklu standardowego o tym samym numerze. Wywołanie cyklu poleceniem G8x lub L8x spowoduje wtedy wykonanie cyklu zaprogramowanego przez użytkownika; cykl standardowy stanie się nieaktywny. Ponowne uaktywnienie cyklu standardowego nastąpi po skasowaniu z pamięci programu cyklu zaprogramowanego przez użytkownika.

W przypadku gdy przewidywana jest możliwość wywołania własnego cyklu stałego przez makrocykl np. L900 - patrz. rozdz. 4.2, to pierwsze dwa i ostatnie trzy bloki tekstu należy zaprogramować tak jak zaprogramowano te bloki np. dla cyklu G82 (patrz roz. 3.15.2).

Uwaga: W drugim bloku makrocyklu L900 i L906 deklarowane jest podstawienie R99=999999. W wyniku tego podstawienia zapamiętanie a następnie przywracanie wartości słów F i S, funkcji modalnych oraz parametrów R odbywa się tylko raz na początku, a następnie na końcu w/w makrocykli.

Aby uniknąć " przykrycia " cykli standardowych należy definiować cykle o numerach od G101 do G199. Cykle te wywoływane są poleceniem: G101 do G199, a kasowane jak cykle G8x funkcją G80 lub mogą być wywoływane poleceniem L101 do L199.

Zdefiniowanie podprogramów o numerach zarezerwowanych dla cykli stałych i makrocykli (patrz rozdz. 4) spowoduje ich "przykrycie". Nie należy zatem używać następujących numerów dla oznaczanie podprogramów:

od L81 do L89
od L900 do L931.

Własne cykle stałe można wprowadzać do pamięci programu zarówno bezpośrednio z pulpitu układu sterowania (patrz Instrukcja Obsługi rozdz. 3.1 a) lub za pośrednictwem interfejsu szeregowego. W przypadku wprowadzania z pulpitu cykl należy wpisać jako podprogram G8x lub G1xx używając przycisku programowalnego "**Zapisz Zablok.**". W przypadku wprowadzania poprzez interfejs szeregowy cykl należy wprowadzać z etykietą %SPF8x lub %SPF1xx. Tak wprowadzony cykl w katalogu programów (patrz Instrukcja Obsługi rozdz. 3.1) pojawi się jako L8x lub L1xx. W tym przypadku należy dokonać zmiany nazwy - patrz Instrukcja Obsługi rozdz. 3.1 e. Następnie należy wejść w Edycję (patrz Instrukcja Obsługi rozdz. 3.1 c) i dokonać zapisu używając również w tym przypadku przycisku programowalnego "**Zapisz Zablok.**"

PRZYKŁAD: cyklu stałego zapisanego w pamięci programu. Jest to cykl gwintowania **G84** zastosowany w centrum obróbkowym **FYJ 40RN**

PARAMETRY CYKLU:

- R2** Współrzędna absolutna płaszczyzny odniesienia
- R3** Głębokość gwintowania - współrzędna absolutna,
- R7** Kierunek obrotów wrzeciona: 3 lub 4 przy gwintowaniu. Należy zaprogramować numer zgodny z tym jaki został zaprogramowany przed wywołaniem cyklu.
- R6** Kierunek obrotów wrzeciona 4 lub 3 przy wycofaniu.
Jeśli R7=3 to R6=4, a jeśli R7=4 to R6=3
- R10** Współrzędna absolutna płaszczyzny wycofania,

TREŚĆ CYKLU G84:

```
%SPF84  
(CYKL GWINT.)  
N0 H1+11=R99=999999  
N1 G900 G910  
N11 G0 G17 G90 ZR2 MR7  
N2 M47 G1 ZR3 M5  
N3 ZR2 MR6  
N4 M48 G0 ZR10  
N5 MR7  
N50 H1+7=R99=999999  
N6 G901 G911  
N7 M17
```

Opis wykonania cyklu:

- dojazd ruchem szybkim do płaszczyzny odniesienia R2
- obroty wrzeciona zgodnie z R7
- ruch roboczy na głębokość wiercenia R3 (gwintowanie)
- zatrzymanie obrotów wrzeciona
- zmiana kierunku obrotów wrzeciona zgodnie z R6, a następnie wycofanie ruchem roboczym do płaszczyzny odniesienia R2
- wycofanie ruchem szybkim do płaszczyzny wycofania R10
- włączenie obrotów wrzeciona w kierunku zadeklarowanym przed wywołaniem cyklu: MR7

Cykl G84 przeznaczony jest gwintowania **niesynchronicznego** z wykorzystaniem specjalnej oprawki, która umożliwi wyrównanie różnicy przesunięć w osi wrzeciona wynikającej z braku synchronizacji obrotów wrzeciona z posuwem. Prędkość posuwu F i obroty S muszą być dobrane do skoku gwintu i możliwości kompensacyjnych oprawki.

4. MAKROCYKLE WIERCENIA I FREZOWANIA. L9xx.

4.1. INFORMACJE WSTĘPNE.

Opcja makrocykli L9xx stanowi rozszerzenie możliwości układu sterowania w stosunku do cykli stałych G8x/L8x, w które wyposażony jest standardowo zgodnie z normą ISO każdy układ sterowania PRONUM 640 FC.

Umożliwiają one wykonanie takich operacji jak:

- wywołanie cykli stałych L8x dla otworów rozmieszczonych równomiernie na obwodzie okręgu lub wzdłuż linii prostej,
- frezowanie rowków,
- frezowanie kieszeni,
- rozfrezowanie otworu.

Wykaz Makrocykli.

- L900** wiercenie, gwintowanie i wytaczanie otworów rozmieszczonych równomiernie na obwodzie okręgu zgodnie z cyklami stałymi od L81 do L89
- L906** wiercenie, gwintowanie i wytaczanie otworów rozmieszczonych równomiernie wzdłuż odcinka linii prostej zgodnie z cyklami stałymi od L81 do L89
- L901** frezowanie rowków o szerokości różnej od średnicy freza rozmieszczonych promieniowo na okręgu
- L902** frezowanie rowków o szerokości równej średnicy freza rozmieszczonych promieniowo na okręgu
- L904** frezowanie rowków o szerokości różnej od średnicy freza rozmieszczonych wzdłuż okręgu
- L905** frezowanie rowków o szerokości równej średnicy freza rozmieszczonych wzdłuż okręgu
- L903** frezowanie kieszeni prostokątnej
- L930** frezowanie kieszeni okrągłej
- L931** rozfrezowanie otworu.

Każdy z makrocykli może być wykonany na jednej z trzech płaszczyzn: XY lub ZX lub YZ przy czym ruch wrzeciona wykonywany jest wzdłuż trzeciej osi odpowiednio Z lub Y lub X. O wyborze płaszczyzny decyduje deklaracja parametru **R11**.

I tak:

Deklaracja R11	Płaszczyzna obróbki	Kierunek ruchu wrzeciona
R11=0	XY	Z
R11=1	YZ	X
R11=2	ZX	Y

Makrocykle wymiarowane są względem punktu, który za wyjątkiem L906 pokrywa się ze środkiem symetrii konfiguracji geometrycznej elementów makrocyklu. Punkt ten nazwano tu punktem " PS ". Współrzędne PS wyznaczają parametry R22 i R23 odniesione do aktualnego "zera programu".

Deklaracja R11	Współrzędna pozioma	Współrzędna pionowa
R11=0	R22=X	R23=Y
R11=1	R22=Y	R23=Z
R11=2	R22=Z	R23=X

Frezowanie rowków i kieszeni może być wykonywane warstwami prostopadłymi do osi wrzeciona. Liczbę warstw określa programista deklarując w programie:

- R1 - przyrost głębokości frezowania
- R2 - płaszczyznę odniesienia
- R3 - końcową głębokość frezowania

Kolejne głębokości frezowania zmieniają się liniowo o R1. Jeśli pozostała do frezowania grubość warstwy osiągnie wartość mniejszą od 2*R1 to jest ona dzielona na dwie równe części wyznaczające dwa ostatnie przyrosty głębokości frezowania (podobnie jak dla G83/L83).

Jeśli zadeklaruje się:

$$R1 = |R3 - R2|$$

to frezowanie sprowadzi się do wykonania tylko jednej warstwy.

Dla makrocykli: L901, L903, L904, L930 i L931 wykonywana jest obróbka zgrubna i wykańczająca. W trakcie wykonywania makrocyklu przy kolejnych zagłębieniach na ściankach rowka lub kieszeni zostawiany jest naddatek dla obróbki wykańczającej. Wielkość naddatku wynosi:

Dla makrocykli L901 i L904 wielkość naddatku wyznaczana jest automatycznie i wynosi:

0.3 mm	gdy średnica freza \leq 10 mm
0.5 mm	gdy średnica freza $>$ 10 mm

Dla makrocykli L903, L930 i L931 wielkość naddatku określa parametr R5.

Po wyfrezowaniu ostatniej warstwy (po ostatnim zagłębieniu) wykonywana jest obróbka wykańczająca. Naddatek zbierany jest jednym przejściem na pełnej wysokości ścianki rowka lub kieszeni .

W teksty makrocykli wbudowane zostały blokady uniemożliwiające wykonanie makrocyklu w pewnych przypadkach błędnej deklaracji parametrów. Wykrycie takiego przypadku zatrzymuje wykonywanie programu - STOP M0. Na ekranie monitora pojawia się komunikat wyjaśniający powód zatrzymania programu. Naciśnięcie przycisku "START" spowoduje dalszą kontynuację wykonywania programu z pominięciem danego makrocyklu.

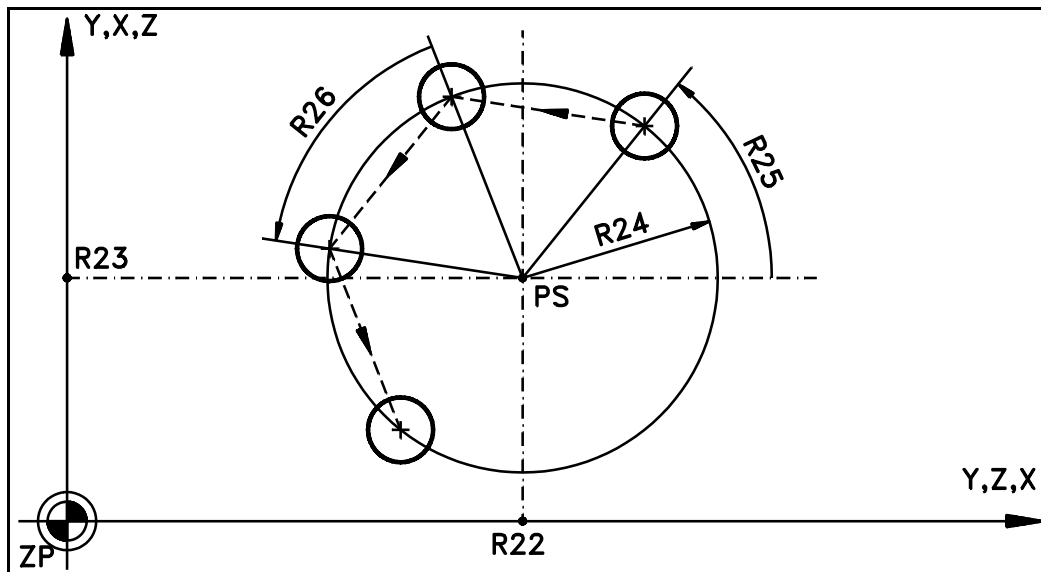
Przed wywołaniem makrocyklu należy odwołać korekcję promienia freza deklarując przed wywołaniem cyklu **G40=0**. Korekcja długości narzędzia pozostaje aktywna. Ponadto w tablicy korektorów narzędzi musi być wpisany promień freza (za wyjątkiem makrocykli L900,L905 i L906).

Przy wykonywaniu makrocykli: **L901, L902, L903, L904, L930 i L931** uwzględniany jest promień freza (pomimo tego, iż korekcja na promień freza została odwołana deklaracją **G40=0**). **Dlatego w bloku wywołującym makrocykl należy zadeklarować adres Dxx pod którym wpisany jest korektor określający promień freza.** Wielkość określająca promień freza wpisywana jest automatycznie do treści makrocyklu z tablicy korektorów Dxx. W przykładach wywołania makrocykli jest to korektor D1.

Dla makrocykli obowiązuje również zasada deklaracji wszystkich parametrów R przewidzianych dla danego makrocyklu. Dotyczy to również przypadku zerowej wartości parametru.

4.2. MAKROCYKL L900.

Wiercenie, gwintowanie i wytaczanie otworów rozmieszczonych równomiernie na obwodzie okręgu zgodnie z cyklami L81 do L89.



Rys. 4.1. Makrocykl L900

Parametry: R11 - wybór płaszczyzny (R11=0, 1 lub 2),
 R22 - współrzędna pozioma " PS " (współrzędna absolutna),
 R23 - współrzędna pionowa " PS " (współrzędna absolutna),
 R24 - promień okręgu,
 R25 -kąt położenia pierwszego otworu w odniesieniu do osi poziomej określony w stopniach. R25>0 gdy kąt określony jest zgodnie ze skrętnością układu współrzędnych. R25<0 gdy kąt określony jest przeciwnie do skrętności układu współrzędnych.
 R26 -przyrost kąta (znak jak dla R25). Jeśli zadeklaruje się R26=0 to przyrost kąta będzie wynikał z podzielenia kąta pełnego przez liczbę otworów ($R26= 360/R27$).
 R27 - liczba otworów,
 R28 - numer cyklu stałego: 81 do 89.

Blokady wykonania makrocyklu	
Komunikat	Przyczyna
BLAD DEKL. R27	Brak deklaracji liczby otworów
PRZEKR. LICZBA OTWOROW	Iloczyn liczby otworów i przyrostu kąta przekracza 360 stopni

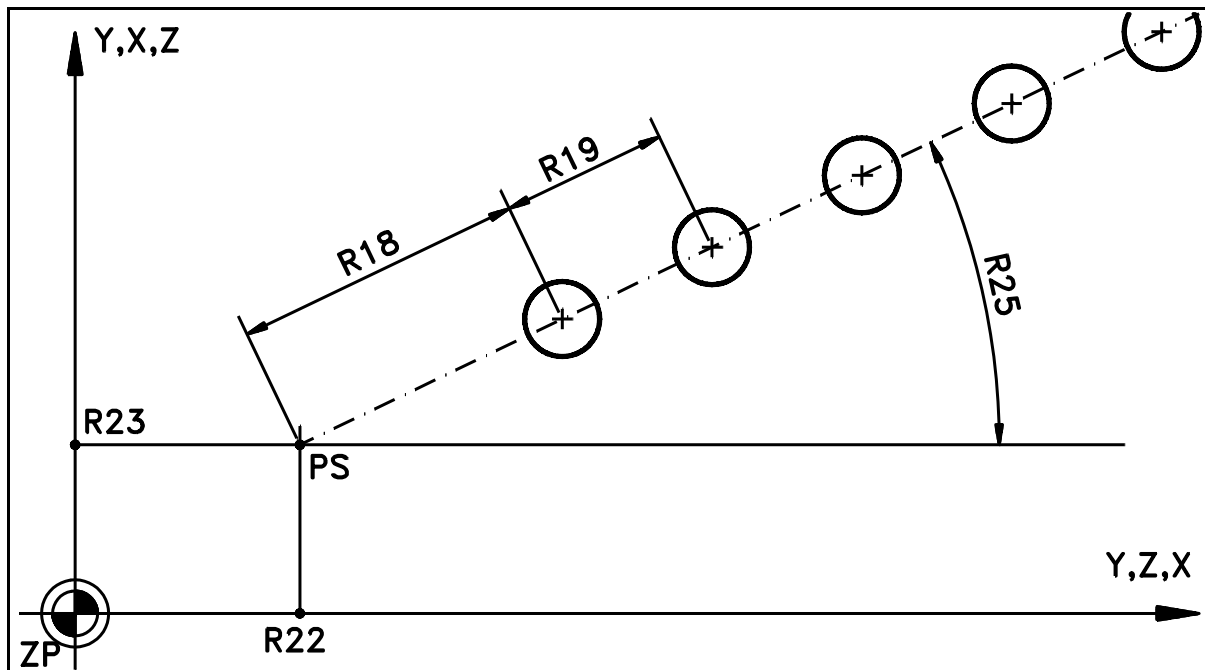
Przykład wywołania makrocyklu L900:

```
N101 R2=-50 R3=-100 R4=1 R10=-40 R11=0
N102 R22=50 R23=50 R24=10 R25=30 R26=60
N103 R27=6 R28=82 F50
N104 L900
```

4.3. MAKROCYKL L906.

Wiercenie, gwintowanie i wytaczanie otworów rozmieszczonych równomiernie wzdłuż odcinka linii prostej zgodnie z cyklami stałymi od L81 do L89.

Parametry: R11 - wybór płaszczyzny (R11=0, 1 lub 2),
 R22 - współrzędna pozioma "PS" (współrzędna absolutna),
 R23 - współrzędna pionowa "PS" (współrzędna absolutna),
 R18 - odległość pierwszego otworu od "PS" (wielkość bez znaku),
 R19 - odległość między otworami (wielkość bez znaku),
 R25 - kąt nachylenia odcinka prostej w odniesieniu do osi poziomej określony w stopniach. $R25 > 0$ gdy kąt określony jest zgodnie ze skrętnością układu współrzędnych. $R25 < 0$ gdy określony jest przeciwnie do skrętności układu współrzędnych.
 R27 - liczba otworów,
 R28 - numer cyklu stałego: 81 do 89.



Rys. 4.2. Makrocykl L906

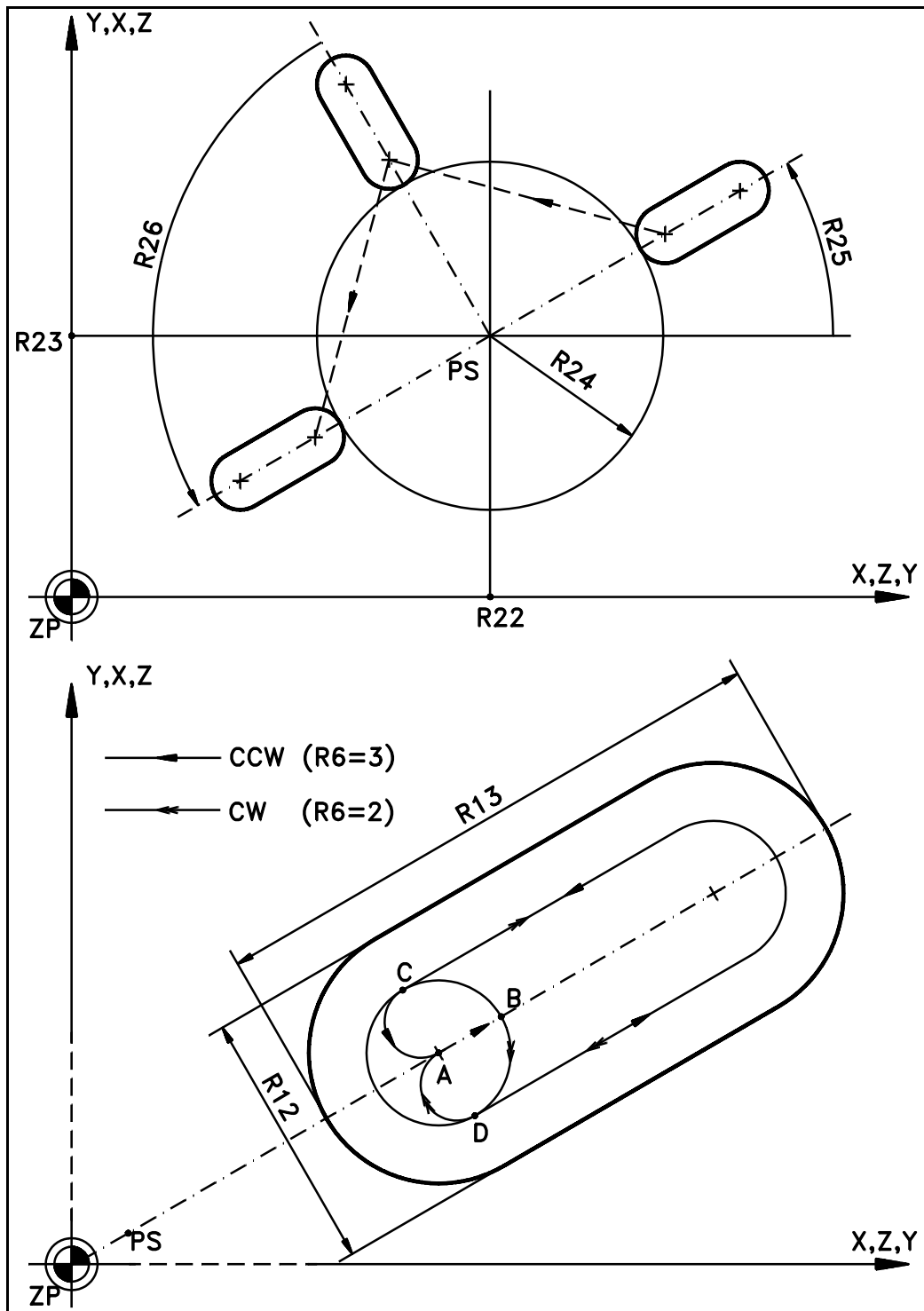
Blokada wykonania makrocyklu	
Komunikat	Przyczyna
BLAD DEKL. R27	Brak deklaracji liczby otworów

Przykład wywołania makrocyklu L906:

```
N101 R2=-50 R3=-100 R4=1 R10=-40 R11=0
N102 R22=50 R23=50 R25=30 R18=5 R19=10
N103 R27=6 R28=82 F50
N104 L906
```


4.4. MAKROCYKL L901.

Frezowanie rowków o szerokości różnej od średnicy freza rozmieszczonych równomiernie promieniowo na okręgu.



Rys. 4.3. Makrocykl L901

- Parametry:**
- R1 - przyrost głębokości frezowania (wielkość bez znaku),
 - R2 - płaszczyzna odniesienia (współrzędna absolutna),
 - R3 - końcowa głębokość frezowania (współrzędna absolutna),
 - R4 - prędkość posuwu w kierunku osi wrzeciona,
 - R6 - kierunek frezowania rowka CW: R6=2, CCW: R6=3,
 - R11 - wybór płaszczyzny (R11=0, 1 lub 2)
 - R12 - szerokość rowka,
 - R13 - długość rowka,
 - R15 - prędkość posuwu w płaszczyźnie prostopadłej do osi wrzeciona,
 - R22 - współrzędna pozioma "PS" (współrzędna absolutna),
 - R23 - współrzędna pionowa "PS" (współrzędna absolutna),
 - R24 - odległość krawędzi rowka od "PS" (patrz Rys. 4.3),
 - R25 - kąt położenia pierwszego rowka w odniesieniu do osi poziomej określony w stopniach. R25>0 gdy kąt określony jest zgodnie ze skrętnością układu współrzędnych. R25<0 gdy kąt określany jest przeciwnie do skrętności układu współrzędnych.
 - R26 - przyrost kąta (znak jak dla R25). Jeśli zadeklaruje się R26=0 to przyrost kąta będzie wynikiem podziału kąta pełnego przez liczbę otworów (R26= 360/R27).
 - R27 - liczba rowków.

Warunki wykonania makrocyklu: - R13 >= R12,
- promień freza < 0.45 * R12.

Zalecenie: - promień freza > 0.25 * R12.

Blokady wykonania makrocyklu	
Komunikat	Przyczyna
SPRAWDZ KOR. FREZA i/lub R12/R13	Nie spełnione warunki wykonania cyklu lub korekcja narzędzia <= 0
SPRAWDZ PARAMETRY: R1, R13, R24, R27	Brak deklaracji: R1, R13, R24, R27
PRZEKR. LICZBA ROWKOW	Iloczyn liczby otworów i przyrostu kąta przekracza 360 stopni
R1 ZA DUZY	Przyrost głębokości frezowania przekracza głębokość rowka
BLAD DEKLARACJI R6	Brak lub zła deklaracja kierunku frezowania

Przykład wywołania makrocyklu L901:

N101 R1=10 R2=-150 R3=-175 R4=20 R6=2
 N102 R12=40 R13=100 R27=6 R15=40 R11=0
 N103 R22=50 R23=50 R24=10 R25=30 R26=60
 N104 L901 D1

Opis wykonania makrocyklu w przypadku gdy:

$$R11 = 0$$

$$R6 = 2 \text{ lub } 3$$

1. Dojazd ruchem szybkim w pł.XY do punktu A.
2. Dojazd ruchem szybkim w osi Z do poziomu ZR2.
3. Ruch roboczy z prędkością FR4 do poziomu (ZR2 \mp R1) lub do poziomu kolejnej głębokości frezowania
(znak zależy od kier. ruchu w osi Z)

4. Ruch roboczy z prędkością FR15 wzdłuż wektora AB o module równym:

$$r = (R12/2 - \text{promień freza} - \text{naddatek na obr. wykańczającą})$$

5. Ruch roboczy wzdłuż łuku okręgu BCD lub BDC o promieniu r.
6. Ruch roboczy wzdłuż toru DC lub CD.
7. Ruch roboczy wzdłuż łuku okręgu CA lub DA o promieniu r/2.

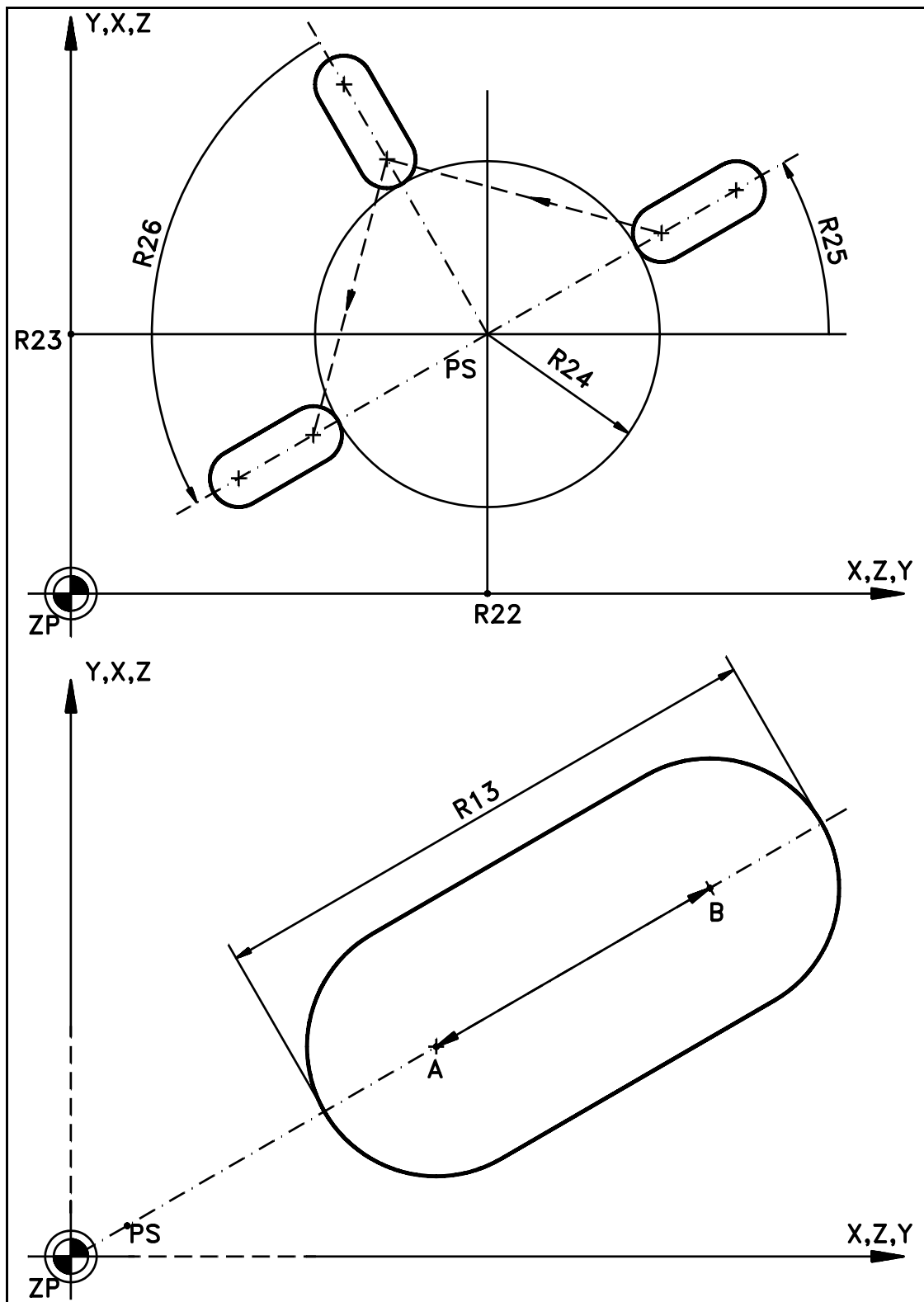
Jeśli nie osiągnięta została końcowa głębokość frezowania to wykonywany jest następny ruch roboczy w kierunku osi Z zgodnie z zasadą frezowania kolejnych warstw (patrz rozdz. 4.1) i powtarzane są operacje zgodnie z punktami 3, 4, 5, 6 i 7 aż do momentu osiągnięcia końcowej głębokości frezowania R3.

Po osiągnięciu końcowej głębokości frezowania wykonywana jest obróbka wykańczająca. Moduł wektora AB powiększony zostaje o naddatek i wykonywane są operacje zgodnie z punktami 4, 5, 6 i 7.

8. Wycofanie ruchem szybkim do poziomu (ZR2 \pm 1) i wykonanie frezowania następnego rowka zgodnie z procedurą opisaną w punktach od 1 do 8.

Zgodnie z opisaną wyżej procedurą można dokonać frezowania dowolnej liczby rowków zawartych w kącie ≤ 360 stopni.

4.5. MAKROCYKL L902. Frezowanie rowków o szerokości równej średnicy freza rozmieszczonych promieniowo na okręgu.



Rys. 4.4. Makrocykl L902

- Parametry:**
- R1 - przyrost głębokości frezowania (wielkość bez znaku),
 - R2 - płaszczyzna odniesienia (współrzędna absolutna),
 - R3 - końcowa głębokość frezowania (wsp. absolutna),
 - R4 - prędkość posuwu w kierunku osi wrzeciona,
 - R11 - wybór płaszczyzny (R11= 0, 1 lub 2),
 - R13 - długość rowka,
 - R15 - prędkość posuwu w płaszczyźnie prostopadłej do osi wrzeciona,
 - R22 - współrzędna pozioma "PS" (wsp. absolutna),
 - R23 - współrzędna pionowa "PS" (wsp. absolutna),
 - R24 - odległość krawędzi rowka od "PS" (patrz Rys. 4.4),
 - R25 - kąt położenia pierwszego rowka w odniesieniu do osi poziomej określony w stopniach. $R25 > 0$ gdy kąt określony jest zgodnie ze skrętnością układu współrzędnych. $R25 < 0$ gdy określony jest przeciwnie do skrętności układu współrzędnych.
 - R26 - przyrost kąta (znak jak dla R25). Jeśli zadeklaruje się $R26 = 0$ to przyrost kąta będzie wynikiem podziału kąta pełnego przez liczbę rowków.
 - R27 - liczba rowków.

Blokady wykonania makrocyklu	
Komunikat	Przyczyna
PROMIEN FREZA ≤ 0	Korekcja narzędzia ≤ 0
SPRAWDZ PARAMETRY: R1, R13, R24, R27	Brak deklaracji: R1, R13, R24, R27
PRZEKR. LICZBA ROWKOW	Iloczyn liczby otworów i przyrostu kąta przekracza 360 stopni
R1 ZA DUZY	Przyrost głębokości frezowania przekracza głębokość rowka

Przykład wywołania makrocyklu L902:

```
N101 R1=10 R2=-150 R3=-175 R4=20 R11=0
N102 R13=100 R15=40 R27=6
N103 R22=50 R23=50 R24=10 R25=30 R26=60
N104 L902 D1
```

Opis wykonania makrocyklu w przypadku gdy :

$$R11 = 0$$

1. Dojazd ruchem szybkim w pł.XY do punktu A.
2. Dojazd ruchem szybkim w osi Z do poziomu ZR2.
3. Ruch roboczy z prędkością FR4 do poziomu (ZR2 $-/+$ R1).
(znak zależy od kier. ruchu w osi Z).
4. Ruch roboczy z prędkością FR15 wzdłuż wektora AB o module równym:
 $r = (R13 - 2 * \text{promień freza})$

Po zakończeniu ruchu sprawdzenie czy osiągnięta została końcowa głębokość frezowania.

Jeśli końcowa głębokość frezowania nie została osiągnięta to wykonywany jest ruch roboczy w kierunku osi Z zgodnie z zasadą frezowania kolejnych warstw (patrz rozdz. 4.1) a następnie wykonanie operacji zgodnie z poz. 5.

Jeśli została osiągnięta to następuje wycofanie ruchem szybkim do poziomu (ZR2 $+/-$ 1) i wykonanie frezowania następnego rowka zgodnie z procedurą opisaną w punktach od 1 do 5.

5. Ruch roboczy z prędkością FR15 wzdłuż wektora BA.

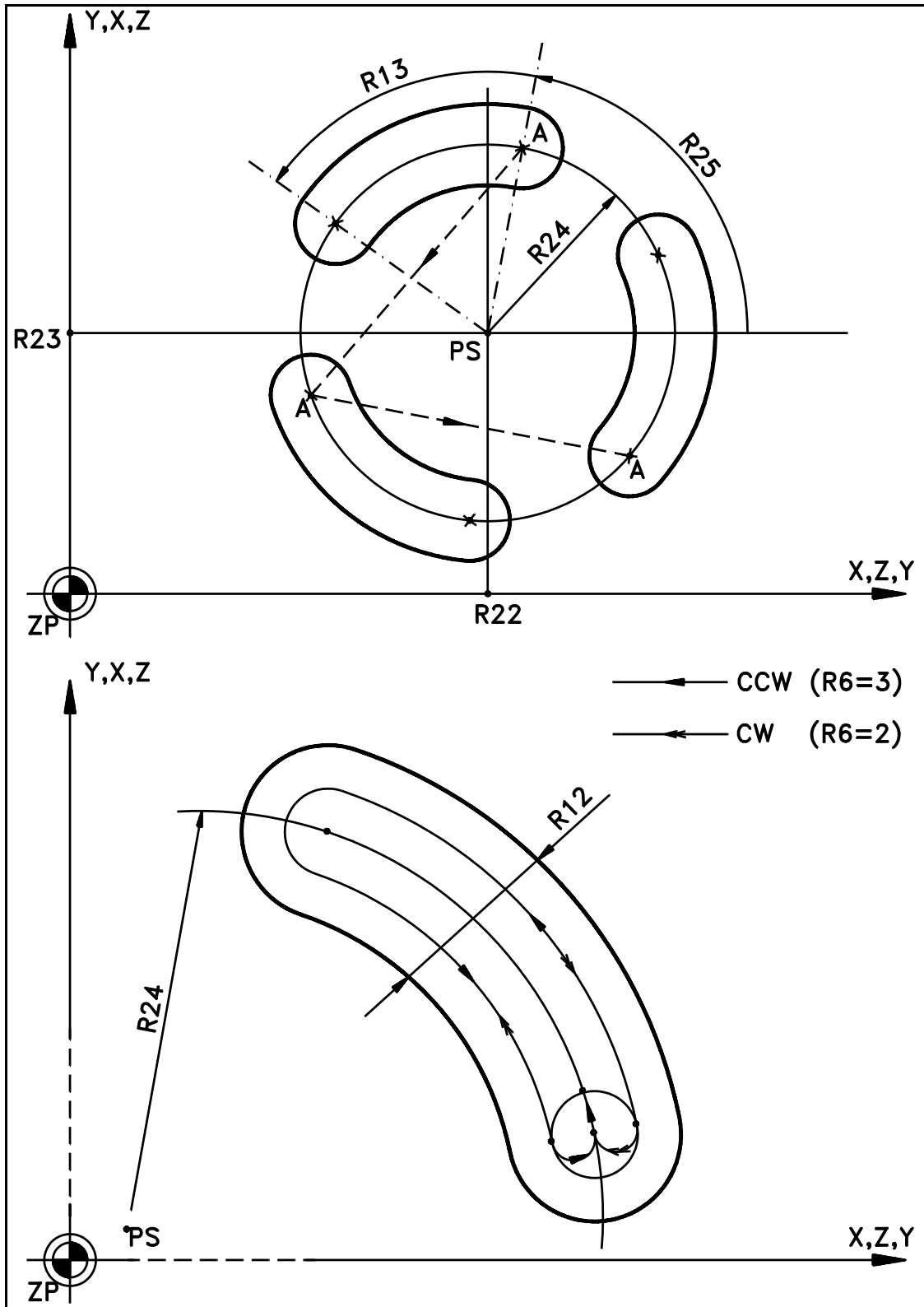
Po zakończeniu ruchu sprawdzenie czy osiągnięta została końcowa głębokość frezowania.

Jeśli końcowa głębokość frezowania nie została osiągnięta to wykonywany jest ruch roboczy w osi Z zgodnie z zasadą frezowania kolejnych warstw (patrz rozdz. 4.1) a następnie powrót do wykonywania operacji zgodnie z poz. 4.

Jeśli została osiągnięta to następuje wycofanie ruchem szybkim do poziomu Z(R2 $+/-$ 1) i wykonanie frezowania następnego rowka zgodnie z procedurą opisaną w punktach od 1 do 5.

Zgodnie z opisaną wyżej procedurą można dokonać frezowania dowolnej liczby rowków zawartych w kącie ≤ 360 stopni.

4.6. MAKROCYKL L904. Frezowanie rowków o szerokości większej od średnicy freza rozmieszczonych równomiernie wzdłuż okręgu.



Rys. 4.5. Makrocykl L904

Parametry: R1 - przyrost głębokości frezowania (wielkość bez znaku),
 R2 - płaszczyzna odniesienia (współrzędna absolutna),
 R3 - końcowa głębokość frezowania (współrzędna absolutna),
 R4 - prędkość posuwu w kierunku osi wrzeciona,
 R6 - kierunek frezowania rowka CW: R6=2 CCW: R6=3,
 R11 - wybór płaszczyzny (R11=0, 1 lub 2),
 R12 - szerokość rowka,
 R13 - kąt rozwarcia rowka (wielkość dodatnia),
 R15 - prędkość posuwu w płaszczyźnie prostopadłej do osi wrzeciona,
 R22 - współrzędna pozioma "PS" (współrzędna absolutna),
 R23 - współrzędna pionowa "PS" (współrzędna absolutna),
 R24 - promień okręgu (patrz Rys. 4.5),
 R25 - kąt położenia pierwszego rowka w odniesieniu do osi poziomej określony w stopniach. R25>0 gdy kąt określony jest zgodnie ze skłonnością układu współrzędnych. R25<0 gdy określony jest przeciwnie do skłonności układu współrzędnych.
 R27 - liczba rowków

Warunek wykonania makrocyklu: promień freza < 0.45 * R12.

Zalecenie: promień freza > 0.25 * R12
 (w przeciwnym przypadku w środku rowka pozostawiona zostanie nie wyfrezowana " wyspa ")

Uwaga: W przypadku gdy: R27 = 1,
 R13 = 360
 frezowany będzie pełny pierścień.

Blokady wykonania makrocyklu	
Komunikat	Przyczyna
SPRAWDZ KOR. FREZA i/lub R12	Nie spełniony warunek wykonania cyklu lub korekcja narzędzia <= 0
SPRAWDZ R1/R12/R13/R24/R27	Brak deklaracji: R1, R12, R13, R24, R27
R1 ZA DUZY	Przyrost głębokości frezowania przekracza głębokość rowka
BLAD DEKLARACJI R6	Brak lub zła deklaracja kierunku frezowania

Przykład wywołania makrocyklu L904:

N101 R1=10 R2=-150 R3=-175 R4=1000 R6=2
 N102 R12=15 R13=50 R27=4 R15=3000 R11=0
 N103 R22=49.5 R23=45.9 R24=30 R25=335
 N104 L904 D1

Opis wykonania makrocyklu w przypadku gdy:

$$R11 = 0$$

$$R6 = 2 \text{ lub } 3$$

1. Dojazd ruchem szybkim w pł.XY do punktu A.
2. Dojazd ruchem szybkim w osi Z do poziomu ZR2.
3. Ruch roboczy z prędkością FR4 do poziomu (ZR2 \mp R1) lub do poziomu następnej głębokości frezowania
(znak zależy od kier. ruchu w osi Z).

4. Ruch roboczy z prędkością FR4 wzdłuż łuku AB o cięciwie równej:

$$r = (R12/2 - \text{promień freza} - \text{naddatek na obr. wykańczającą})$$

5. Ruch roboczy wzdłuż łuku okręgu BCD lub BDC o promieniu r.
6. Ruch roboczy wzdłuż toru DC lub CD.
7. Ruch roboczy wzdłuż łuku okręgu CA lub DA o promieniu r/2.

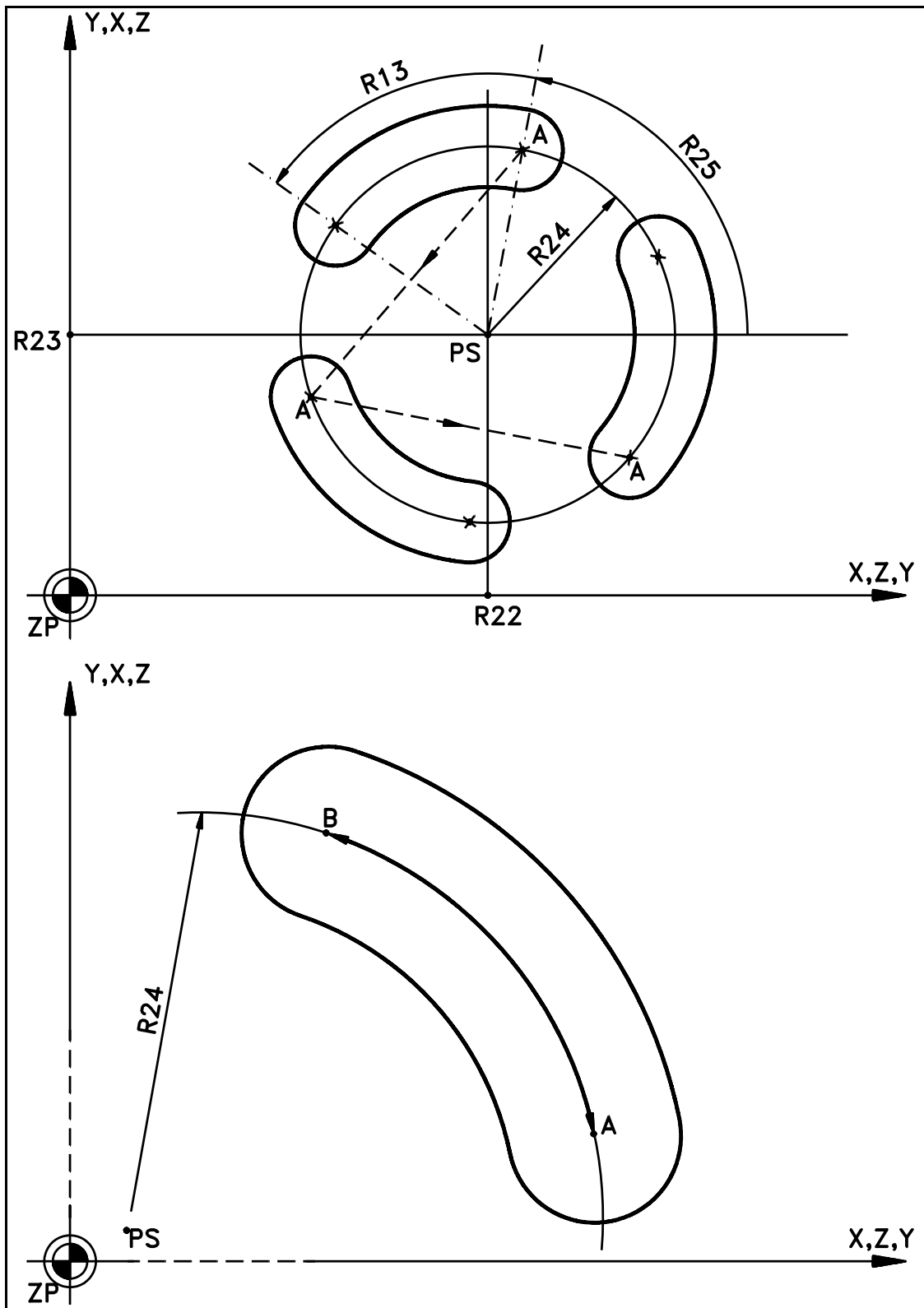
Jeśli nie osiągnięta została końcowa głębokość frezowania to wykonywany jest następny ruch roboczy w kierunku osi Z zgodnie z zasadą frezowania kolejnych warstw (patrz rozdz. 4.1) i powtarzane są operacje zgodnie z punktami 3, 4, 5, 6 i 7 aż do momentu osiągnięcia końcowej głębokości frezowania R3.

Po osiągnięciu końcowej głębokości frezowania wykonywana jest obróbka wykańczająca. Moduł wektora AB powiększony zostaje o naddatek i wykonywane są operacje zgodnie z punktami 4, 5, 6 i 7.

8. Wycofanie ruchem szybkim do poziomu (ZR2 \pm 1) i wykonanie frezowania następnego rowka zgodnie z procedurą opisaną w punktach od 1 do 8.

Zgodnie z opisaną wyżej procedurą można dokonać frezowania dowolnej liczby rowków zawartych w kącie ≤ 360 stopni.

4.7. MAKROCYKL L905. Frezowanie rowków o szerokości równej średnicy freza rozmieszczonych równomiernie wzdłuż okręgu.



Rys. 4.6. Makrocykl L905

Parametry: R1 - przyrost głębokości frezowania (wielkość bez znaku),
 R2 - płaszczyzna odniesienia (współrzędna absolutna),
 R3 - końcowa głębokość frezowania (współrzędna absolutna),
 R4 - prędkość posuwu w kierunku osi wrzeciona,
 R11 - wybór płaszczyzny (R11= 0, 1 lub 2),
 R13 - kąt rozwarcia rowka (wielkość dodatnia),
 R15 - prędkość posuwu w płaszczyźnie prostopadłej do osi wrzeciona,
 R22 - współrzędna pozioma "PS" (współrzędna absolutna),
 R23 - współrzędna pionowa "PS" (współrzędna absolutna),
 R24 - promień okręgu (patrz Rys. 4.6),
 R25 - kąt położenia pierwszego rowka w odniesieniu do osi poziomej określony w stopniach. R25>0 gdy kąt określony jest zgodnie ze skrętnością układu współrzędnych. R25<0 gdy określony jest przeciwnie do skrętności układu współrzędnych.
 R27 - liczba rowków

Uwaga: W przypadku gdy: R27 = 1,
 R13 = 360
 frezowany będzie pełny pierścień.

Blokady wykonania makrocyklu	
Komunikat	Przyczyna
SPRAWDZ:R1/R13/R24/R27	Brak deklaracji: R1,R13,R24,R27
R1 ZA DUZY	Przyrost głębokości frezowania przekracza głębokość rowka

Przykład wywołania makrocyklu L905

N1 R1=10 R2=-150 R3=-175 R4=2000
 N2 R11=0 R12=15 R13=50 R27=4 R15=3000
 N3 R22=49.5 R23=45.9 R24=30 R25=335
 N4 L905 P1

Opis wykonania makrocyklu w przypadku gdy:

$$R11 = 0$$

1. Dojazd ruchem szybkim w pł. XY do punktu A.
2. Dojazd ruchem szybkim w osi Z do poziomu ZR2.
3. Ruch roboczy z prędkością FR4 do poziomu (ZR2 \mp R1).
(znak zależy od kier. ruchu w osi Z)
4. Ruch roboczy z prędkością FR15 wzdłuż łuku AB.
Po zakończeniu ruchu sprawdzenie czy osiągnięta została końcowa głębokość frezowania

Jeśli końcowa głębokość frezowania nie została osiągnięta to wykonywany jest ruch roboczy w kierunku osi Z zgodnie z zasadą frezowania kolejnych warstw (patrz rozdz.4.1) a następnie wykonanie operacji zgodnie z poz. 5.

Jeśli została osiągnięta to następuje wycofanie ruchem szybkim do poziomu (ZR2 \pm 1) i wykonanie frezowania następnego rowka zgodnie z procedurą opisaną w punktach od 1 do 5.

5. Ruch roboczy z prędkością FR15 wzdłuż łuku BA.

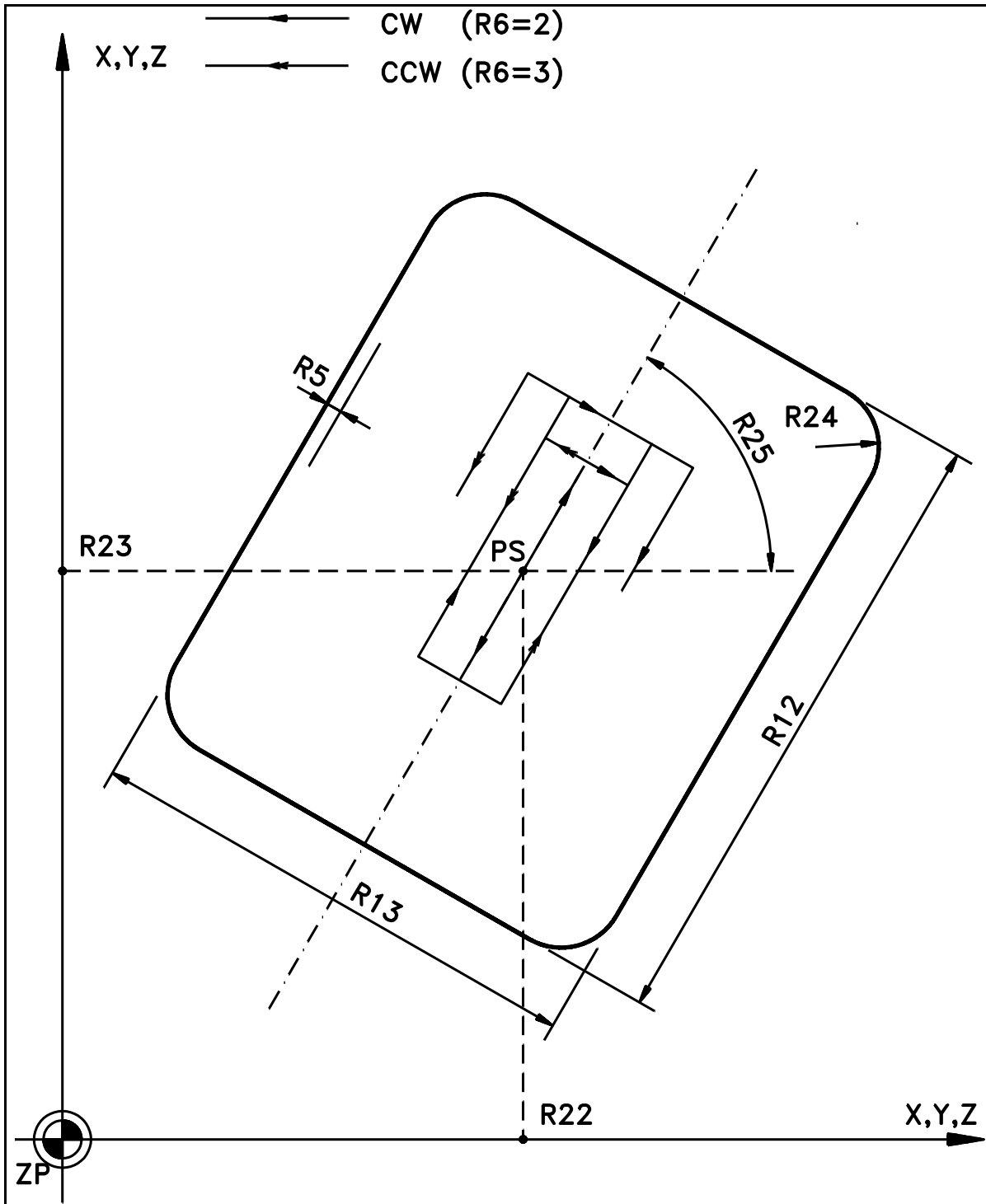
Po zakończeniu ruchu sprawdzenie czy osiągnięta została końcowa głębokość frezowania

Jeśli końcowa głębokość frezowania nie została osiągnięta to wykonywany jest ruch roboczy w osi Z zgodnie z zasadą frezowania kolejnych warstw (patrz rozdz. 4.1), a następnie powrót do wykonywania operacji zgodnie z poz. 4.

Jeśli została osiągnięta to następuje wycofanie ruchem szybkim do poziomu (ZR2 \pm 1) i wykonanie frezowania następnego rowka zgodnie z procedurą opisaną w punktach od 1 do 5.

Zgodnie z opisaną wyżej procedurą można dokonać frezowania dowolnej liczby rowków zawartych w kącie ≤ 360 stopni.

4.8. MAKROCYKL L903. Frezowanie kieszeni prostokątnej.



Rys. 4.7. Makrocykl L903

Parametry: R1 - przyrost głębokości frezowania (wielkość bez znaku),
 R2 - płaszczyzna odniesienia (współrzędna absolutna),
 R3 - końcowa głębokość frezowania (współrzędna absolutna),
 R4 - prędkość posuwu w kierunku osi wrzeciona,
 R5 - szerokość naddatku dla obróbki wykańczającej (R5 = 0 oznacza brak obróbki wykańczającej),
 R6 - kierunek frezowania kieszeni CW: R6=2, CCW: R6=3,
 R11 - wybór płaszczyzny (R11=0, 1 lub 2),
 R12 - długość kieszeni,
 R13 - szerokość kieszeni,
 R15 - prędkość posuwu w płaszczyźnie prostopadłej do osi wrzeciona,
 R22 - współrzędna pozioma "PS" (współrzędna absolutna),
 R23 - współrzędna pionowa "PS" (współrzędna absolutna),
 R24 - promień naroża kieszeni

W przypadku gdy: $R24 \leq \text{prom.freza} + 0.005$
 naroża wykonywane są z promieniem równym promieniowi freza

R25 - kąt nachylenia kieszeni w odniesieniu do osi poziomej określony jest w stopniach. $R25 > 0$ gdy kąt określony jest zgodnie ze skrętnością układu współrzędnych. $R25 < 0$ gdy określony jest przeciwnie do skrętności układu współrzędnych.

Warunki wykonania makrocyklu: $R12 \geq R13$,
 $R12 \geq 4 * \text{promień freza}$,
 $R13 \geq 4 * \text{promień freza}$.

Blokady wykonania makrocyklu	
Komunikat	Przyczyna
SPRAWDZ KOR. FREZA i/lub R12/R13	Nie spełnione warunki wykonania cyklu lub korekcja narzędzia ≤ 0
BLAD: R1=0	Brak deklaracji przyrostu głębokości frezowania
R1 ZA DUZY	Przyrost głębokości frezowania przekracza głębokość kieszeni
BLAD DEKLARACJI R6	Brak lub zła deklaracja kierunku frezowania

Przykład wywołania makrocyklu L903:
 N101 R1=10 R2=-150 R3=-160 R4=100 R15=300
 N102 R6=2 R22=0 R23=0 R12=100 R13=80
 N103 R5=1 R24=10 R25=0 R11=0
 N104 L903 D1

Opis wykonania makrocyklu L903 w przypadku gdy:

R5 różny od 0, R6=2, R11=0, R24 <= promień freza, R25 = 0

Wykonanie cyklu na płaszczyźnie XY pokazuje Rys. 4.8a.

1. Dojazd ruchem szybkim w pł.XY do punktu PS.
2. Dojazd ruchem szybkim w osi Z do płaszczyzny odniesienia ZR2.
3. Ruch roboczy z prędkością FR4 do poziomu pierwszej (ZR2-/+R1), a następnie kolejnej głębokości frezowania

(znak zależy od kierunku ruchu roboczego w osi Z:

- gdy ruch roboczy w kierunku ujemnym
- + gdy ruch roboczy w kierunku dodatnim

4. Frezowanie rowka o szerokości równej średnicy freza z prędkością FR15. Długość rowka zależy od wymiarów kieszeni.

$$WS = R12 - R13$$

(Wyfrezowanie rowka umożliwia dalsze frezowanie wzdłuż kolejnych zwojów meandra o stałym przyroście szerokości frezowania w ramach jednego zwoju meandra).

5. Frezowanie kieszeni na poziomie jednej warstwy wzdłuż kolejnych zwojów meandra (rozpoczynając od p. S).

Osiągane są kolejno punkty:

1, 2, 3, 4, 5 - pierwszy zwój meandra

1, 2, 3, 4, 5 - drugi zwój meandra

i.t.d

6. Gdy osiągnięty zostaje punkt 5 (dotyczy to również p. S) obliczana jest szerokość warstwy, która pozostała do frezowania z uwzględnieniem szerokości naddatku na obróbkę wykańczającą. Na tej podstawie wyznaczany jest przyrost szerokości frezowania.

Oznaczając: szerokość warstwy pozost. do frez. R10,
przyrost szerokości frezowania R16,
promień freza R9,

sprawdzone są kolejno następujące warunki:

Warunek 1.

Jeśli $R10 > 3 * R9$, to $R16 = 1.5 * R9$.

Wykonywany jest kolejny zwój meandra.

Warunek 2.

Jeśli $R10 > 1.5 * R9$, to $R16 = 1/2 * R10$.

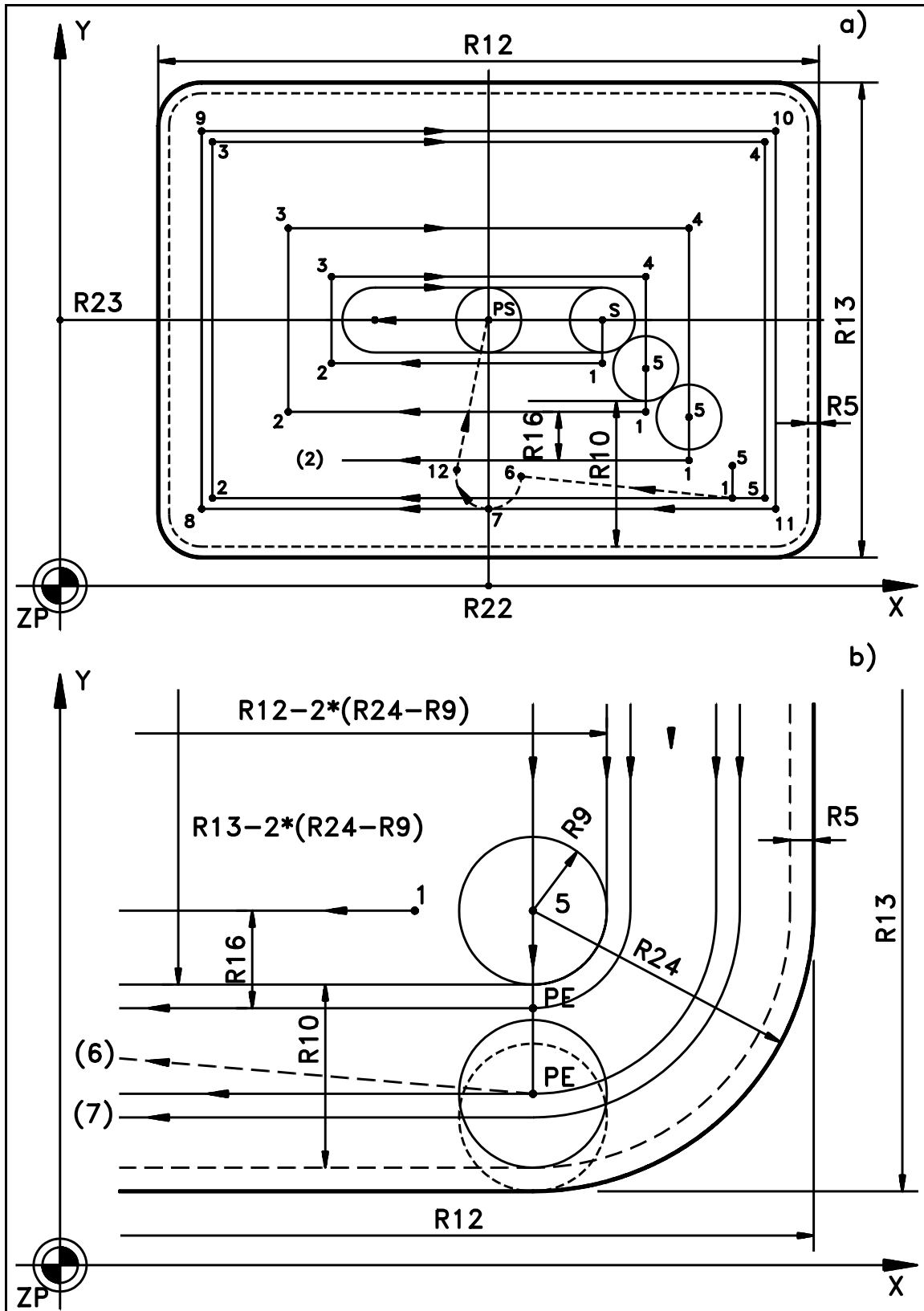
Wykonywany jest przedostatni zwój meandra.

Warunek 3.

Jeśli $R10 \leq 1.5 * R9$, to $R16 = R10$.

Wykonywany jest ostatni zwój meandra.

Wykonywany jest ostatni zwój meandra.



Rys. 4.8. Makrocykl L903 - Wykonanie kolejnych operacji

7. Po spełnieniu Warunku 3 i po wykonaniu ostatniego zwoju meandra wykonywany jest dodatkowo ruch roboczy od p. 5 do p.1. Ruch ten kończy frezowanie zgrubne jednej warstwy kieszeni. Na ściankach kieszeni pozostawiony zostaje naddatek na obróbkę wykańczającą.
8. Wycofanie ruchem szybkim w osi Z do płaszczyzny odniesienia ± 1 mm (znak zależy od kierunku ruchu).
9. Sprawdzenie czy osiągnięta została końcowa głębokość frezowania.

Jeśli końcowa głębokość frezowania nie została osiągnięta to wykonywany jest ruch szybki w pł. XY do p. PS potem w osi Z do poprzednio osiągniętej głębokości frezowania ± 1 mm (znak zależy od kierunku dojazdu) a następnie powtarzane są operacje od 3 do 9 przy czym w operacji 3 powiększona zostaje głębokość frezowania zgodnie z opisaną poprzednio zasadą (patrz rozdz. 4.1).

Jeśli została osiągnięta końcowa głębokość frezowania to następuje przejście do obróbki wykańczającej.

10. Ruch szybki w pł. XY do p.6 - początek łuku dojścia do toru obróbki wykańczającej.
11. Ruch szybki w osi Z do poziomu końcowej głębokości frezowania ± 1 mm, a następnie ruch roboczy (uzupełniający) z prędkością FR4 o odcinek ± 1 mm.
12. Ruch roboczy FR15 wzdłuż toru określonego punktami od 6 do 11 a następnie do p. 7 i do p. 12 (łuk 7, 12 stanowi zejście z toru obróbki wykańczającej).
13. Wycofanie w osi Z ruchem szybkim do pł. odniesienia ± 1 mm (jak w pozycji 8).
14. Dojazd ruchem szybkim do p. PS (jak w pozycji 1).
15. Koniec wykonywania makrocyklu L903 i przejście do wykonywania następnego bloku programu obróbki.

Uwaga: Jeśli $R5 = 0$ (brak obróbki wykańczającej) to:

- przy obliczaniu szerokości warstwy pozostałej do frezowania (operacja 6) nie uwzględniany jest naddatek,
- pomijane są operacje 10, 11, 12 i 13.

Opis wykonania makrocyklu L903 w przypadku gdy:

R5 różny od 0, R6=2, R11=0, R24 > promienia freza, R25=0

Wykonanie cyklu w okolicy naroża kieszeni pokazuje Rys. 4.8 b.

1. Dojazd ruchem szybkim w pł.XY do punktu PS.
2. Dojazd ruchem szybkim w osi Z do płaszczyzny odniesienia ZR2.
3. Ruch roboczy z prędkością FR4 do poziomu pierwszej (ZR2-/+R1), a następnie kolejnej głębokości frezowania
(znak zależy od kierunku ruchu roboczego w osi Z:
– gdy ruch roboczy w kierunku ujemnym
+ gdy ruch roboczy w kierunku dodatnim).
4. Frezowanie środkowej części warstwy kieszeni ograniczonej prostokątem o wymiarach:
 $R12 - 2 * (R24 - R9)$
 $R13 - 2 * (R24 - R9)$

Frezowanie wykonywane jest wzdłuż meandra zgodnie z poprzednim opisem (przypadek $R24 \leq$ promień freza) pozycje od 4 do 7 przy czym w pozycji 6 nie uwzględniany jest naddatek, a w pozycji 7 nie wykonywany jest dodatkowy ruch od p. 5 do p. 1.

Na Rys. 4.8 b zaznaczono fragmenty linii początkowej i końcowej ostatniego zwoju meandra.

Uwaga: Dalsze frezowanie warstwy kieszeni wykonywane jest wzdłuż linii równoległych do konturu zewnętrznego kieszeni nazwanych dalej ekwidystantami.

5. Gdy osiągnięty zostaje punkt 5, a dla obróbki wzdłuż ekwidystanty p. PE obliczana jest szerokość warstwy, która pozostała do frezowania z uwzględnieniem szerokości naddatku na obróbkę wykańczającą. Na tej podstawie wyznaczany jest przyrost szerokości frezowania.

Oznaczając : szerokość warstwy pozostałej do frezowania R10,
przyrost szerokości frezowania R16,
promień freza R9,

sprawdzone są kolejno następujące warunki:

Warunek 1.

Jeśli $R10 > 3 * R9$, to $R16 = 1.5 * R9$.

Wykonywana jest pierwsza lub kolejna ekwidystanta.

Warunek 2.

Jeśli $R10 > 1.5 * R9$, to $R16 = 1/2 * R10$.

Wykonywana jest przedostatnia ekwidystanta.

Warunek 3.

Jeśli $R10 \leq 1.5 * R9$, to $R16 = R10$.

Wykonywana jest ostatnia ekwidystanta.

6. Po spełnieniu Warunku 3 i po wykonaniu ostatniej ekwidystanty zakończone jest frezowanie zgrubne warstwy kieszeni. Na ściankach kieszeni pozostawiony zostaje naddatek na obróbkę wykańczającą.

7. Wycofanie ruchem szybkim w osi Z do płaszczyzny odniesienia $\pm 1\text{mm}$ (znak zależy od kierunku ruchu).

8. Sprawdzenie czy osiągnięta została końcowa głębokość frezowania:

Jeśli końcowa głębokość frezowania nie została osiągnięta to wykonywany jest ruch szybki w pł. XY do p. PS potem w osi Z do poprzednio osiągniętej głębokości frezowania $\pm 1\text{mm}$ (znak zależy od kierunku dojazdu) a następnie powtarzane są operacje od 3 do 8 przy czym w operacji 3 powiększona zostaje głębokość frezowania zgodnie z opisaną poprzednio zasadą (patrz rozdz. 4.1).

Jeśli została osiągnięta końcowa głębokość frezowania to następuje przejście do obróbki wykańczającej.

9. Ruch szybki w pł. XY do p.6 - początek łuku dojścia do toru obróbki wykańczającej.

10. Ruch szybki w osi Z do poziomu końcowej głębokości frezowania $\pm 1\text{mm}$ a następnie ruch roboczy (uzupełniający) z prędk. FR4 o $\pm 1\text{mm}$.

11. Ruch roboczy FR15 wzdłuż toru określonego punktami od 6 do 11 a następnie do p. 7 i do p. 12 (łuk 7, 12 stanowi zejście z toru obróbki wykańczającej (analogicznie jak w poprzednio opisanym przypadku gdy $R24 \leq r$ promienia freza).

12. Wycofanie w osi Z ruchem szybkim do pł. odniesienia $\pm 1\text{mm}$ (jak w pozycji 7).

13. Dojazd ruchem szybkim do p. PS (jak w pozycji 1).

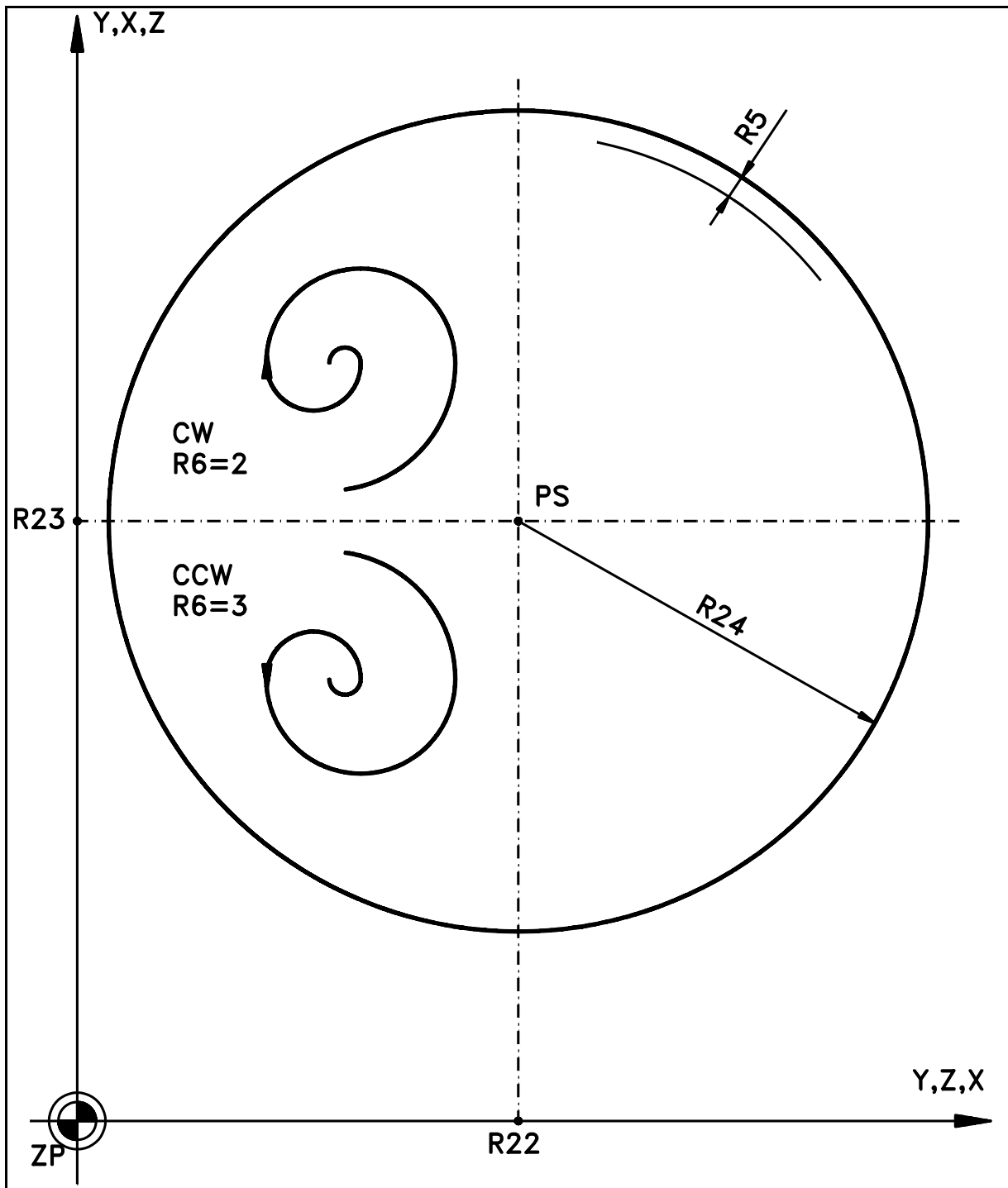
14. Koniec wykonywania makrocyklu L903 i przejście do wykonywania następnego bloku programu obróbki.

Uwaga: Jeśli $R5 = 0$ (brak obróbki wykańczającej) to:

-przy obliczaniu szerokości warstwy pozostałej do frezowania (operacja 5) nie uwzględniany jest naddatek,

-pomijane są operacje 9, 10, 11 i 12.

4.9. MAKROCYKL L930. Frezowanie kieszeni okrągłej.



Rys. 4.9. Makrocykl L930

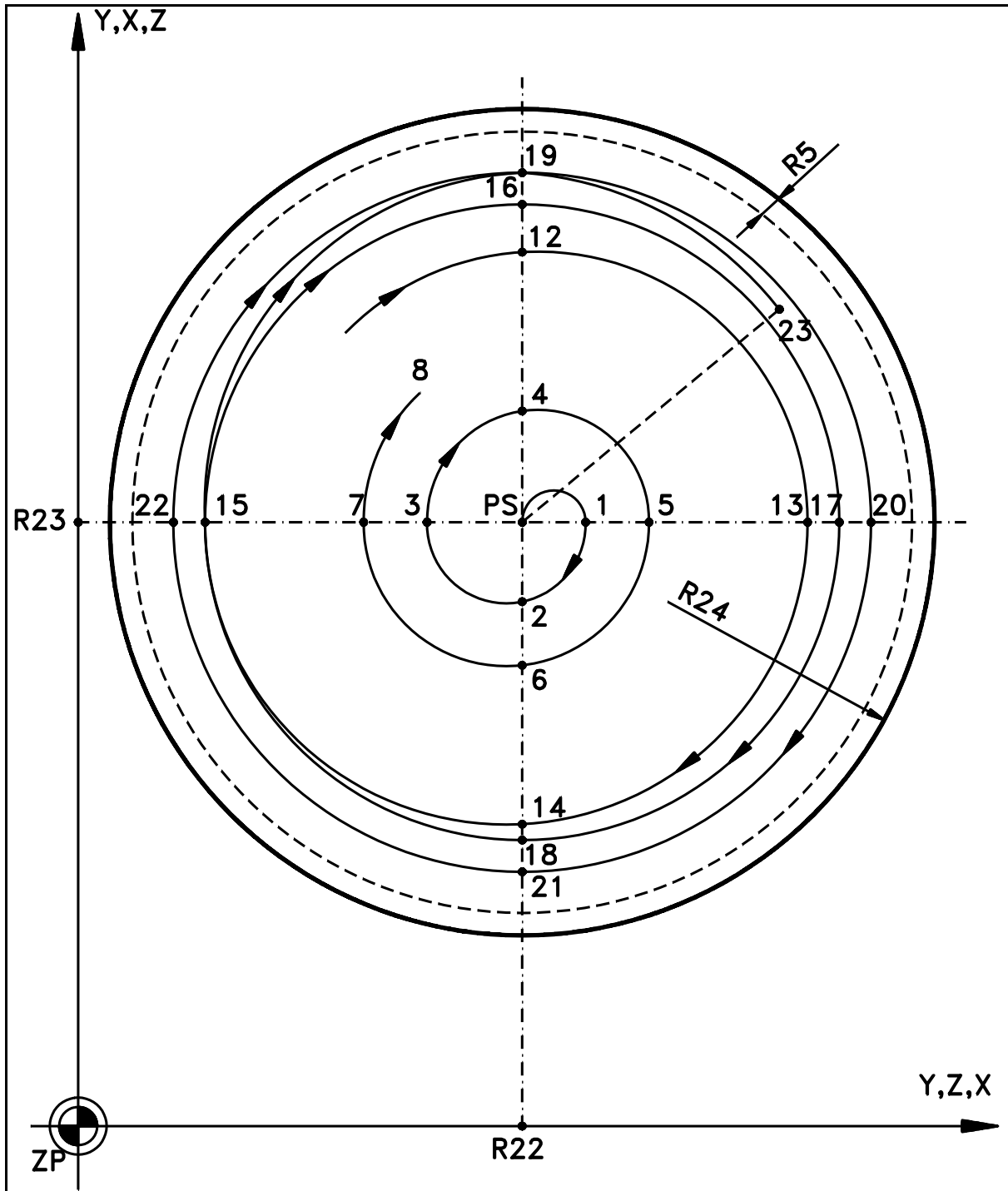
Parametry: R1 - przyrost głębokości frezowania (wielkość bez znaku),
 R2 - płaszczyzna odniesienia (współrzędna absolutna),
 R3 - końcowa głębokość frezowania (współrzędna absolutna),
 R4 - prędkość posuwu w kierunku osi wrzeciona,
 R5 - szerokość naddatku dla obróbki wykańczającej (R5 = 0 oznacza brak obróbki wykańczającej),
 R6 - kierunek frezowania kieszeni: CW R6=2, CCW R6=3,
 R11 - wybór płaszczyzny (R11= 0, 1 lub 2),
 R15 - prędkość posuwu w płaszczyźnie prostopadłej do osi wrzeciona,
 R22 - współrzędna pozioma "PS" (współrzędna absolutna),
 R23 - współrzędna pionowa "PS" (współrzędna absolutna),
 R24 - promień kieszeni.

Warunek wykonania makrocyklu: (R24 – R5 – promień freza) > 2 mm.

Blokady wykonania makrocyklu	
Komunikat	Przyczyna
SPRAWDZ KOR. FREZA i/lub R24	Nie spełniony warunek wykonania cyklu lub korekcja narzędzia <= 0
BLAD: R1=0	Brak deklaracji przyrostu głębokości frezowania
R1 ZA DUZY	Przyrost głębokości frezowania przekracza głębokość kieszeni
BLAD DEKLARACJI R6	Brak lub zła deklaracja kierunku frezowania

Przykład wywołania makrocyklu L930:

N101 R2=-150 R3=-175 R1=10 R4=1000 R15=3000
 N102 R6=2 R22=0 R23=0 R5=1 R24=50
 N103 R11=0
 N104 L930 D1



Rys. 4.10. Makrocykl L930 - Wykonanie kolejnych operacji

Opis wykonania makrocyklu L930 w przypadku gdy:

R5 różny od 0, R6=2, R11=0

Wykonanie cyklu na płaszczyźnie XY pokazuje Rys. 4.10

1. Dojazd ruchem szybkim w pł.XY do punktu PS.
2. Dojazd ruchem szybkim w osi Z do płaszczyzny odniesienia ZR2.
3. Ruch roboczy z prędkością FR4 do poziomu pierwszej (ZR2-/+R1), a następnie kolejnej głębokości frezowania
(znak zależy od kierunku ruchu roboczego w osi Z)
4. Frezowanie kieszeni z prędkością FR15 wzdłuż spirali złożonej z łuków okręgów G02 o zwiększającym się promieniu krzywizny. Osiągane są kolejno punkty: 1, 2, 3, 4, 5, 6,7,8,.....12,13,14 i 15. Każdy z tych punktów jest końcem poprzedniego i początkiem następnego łuku okręgu. W punktach tych następuje zmiana promienia łuku.
5. Gdy osiągnięty zostaje każdy (za wyjątkiem ostatniego) z punktów wymienionych w pozycji 4 obliczana jest szerokość warstwy, która pozostała do frezowania z uwzględnieniem szerokości naddatku na obróbkę wykańczającą. Na tej podstawie wyznaczany jest przyrost promienia łuku okręgu, a tym samym szerokości frezowania.

Oznaczając:

szerokość warstwy pozostałej do frezowania	R10
przyrost promienia łuku	R16
promień freza	R9

sprawdzone są kolejno następujące warunki:

Warunek 1.

Jeśli $R10 > 2*(0.25*1.75*R9)$, to $R16 = 0.25*1,75*R9$.

Wykonywany jest kolejny łuk okręgu
(przyjęcie takiego kryterium powoduje, że przyrost szerokości frezowania między dwoma kolejnymi zwojami spirali np. p. 3 i p. 7 wynosi: $1.75 * R$).

Warunek 2.

Jeśli $R10 > 0.25*1.75 * R9$, to $R16 = 1/2 *R10$.
(na Rys. 4.10 jest to p. 13)

Wykonywany jest przedostatni łuk okręgu stanowiący segment spirali.

Warunek 3.

Jeśli $R10 \leq 0.25*1.75 * R9$, to $R16 = R10$.
(na Rys. 4.10 jest to p. 14)

Wykonywany jest ostatni łuk okręgu stanowiący segment spirali.

6. Po spełnieniu Warunku 3 i po wykonaniu ostatniego łuku spirali wykonywany jest pełny łuk okręgu o promieniu: $r = R24 - R9 - R5$

Łuk ten kończy frezowanie zgrubne jednej warstwy kieszeni. Na ściankach kieszeni pozostawiony zostaje naddatek na obróbkę wykańczającą.

7. Wycofanie ruchem szybkim w osi Z do płaszczyzny odniesienia $\pm 1\text{mm}$ (znak zależy od kierunku ruchu).

8. Sprawdzenie czy osiągnięta została końcowa głębokość frezowania:

Jeśli końcowa głębokość frezowania nie została osiągnięta to wykonywany jest ruch szybki w pł. XY do p. PS potem w osi Z do poprzednio osiągniętej głębokości $\pm 1\text{mm}$ (znak zależy od kierunku dojazdu) a następnie powtarzane są operacje od 3 do 9 przy czym w operacji 3 powiększona zostaje głębokość zgodnie z opisaną poprzednio zasadą (patrz rozdz. 4.1).

Jeśli została osiągnięta końcowa głębokość frezowania to następuje przejście do obróbki wykańczającej.

9. Ruch szybki w osi Z do poziomu końcowej głębokości frezowania $\pm 1\text{mm}$, a następnie ruch roboczy (uzupełniający) z prędkością FR4 o odcinek $\pm 1\text{mm}$.

10. Ruch roboczy FR15 po łuku okręgu o kącie środkowym 90 stopni i promieniu
 $r = R24 - R9$.

Na Rys. 4.10 jest to łuk od p.15 do p.19. Jest to operacja wejścia na tor obróbki wykańczającej.

11. Ruch roboczy wzdłuż pełnego łuku okręgu o promieniu r równym:

$$r = R24 - R9$$

a następnie wzdłuż łuku o kącie środkowym 45 stopni od p.19 do p. 23.

12. Wycofanie w osi Z ruchem szybkim do pł. odniesienia $\pm 1\text{mm}$ (jak w pozycji 7).

13. Dojazd ruchem szybkim do p. PS (jak w pozycji 1).

15. Koniec wykonywania makrocyklu L930 i przejście do wykonywania następnego bloku programu obróbki.

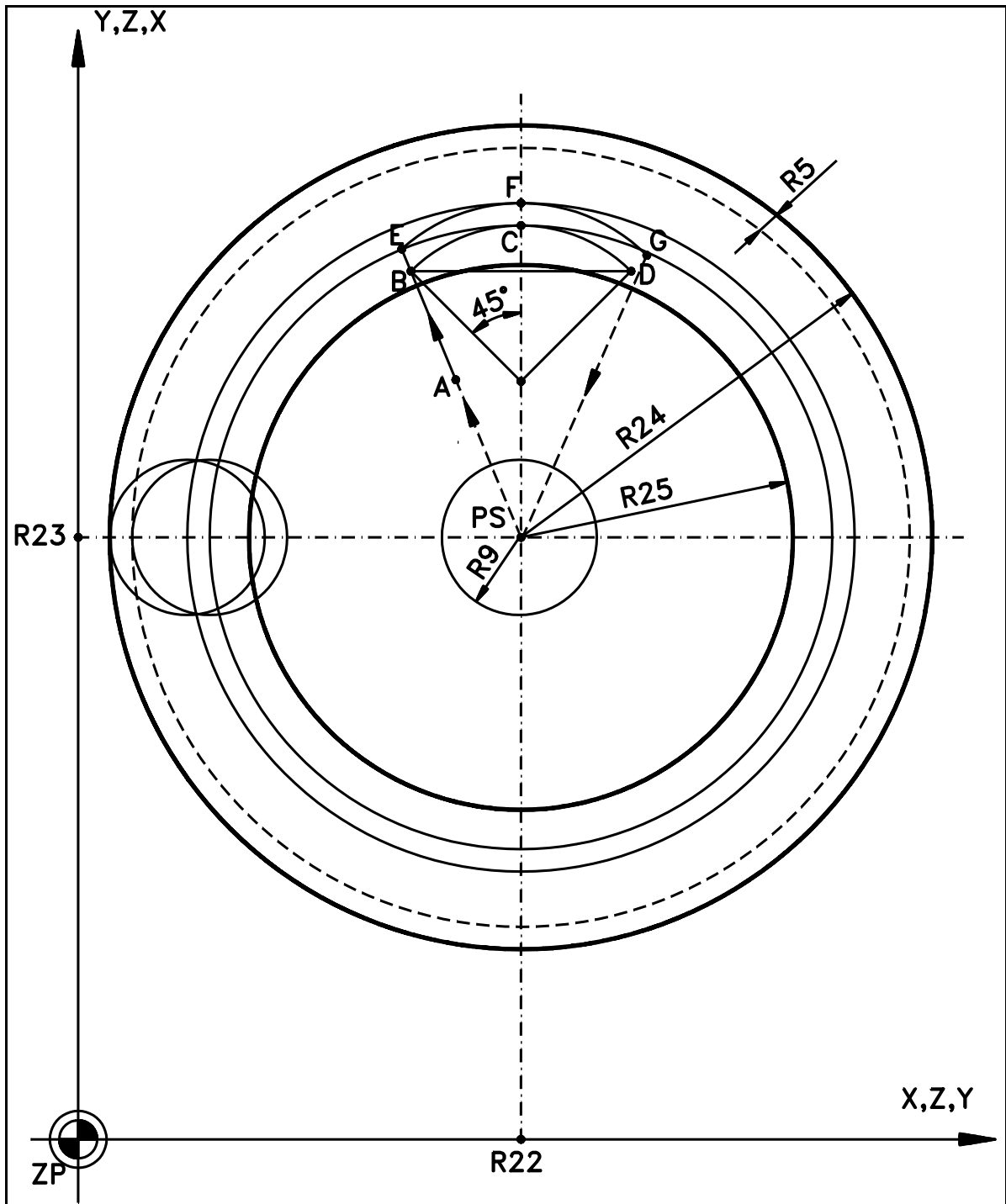
Uwaga: Jeśli $R5 = 0$ (brak obróbki wykańczającej) to:

Przy obliczaniu szerokości warstwy pozostałej do frezowania (operacja 5) nie jest uwzględniany naddatek.

Po wykonaniu łuku okręgu zgodnie z poz. 6 wykonywany jest zawsze dodatkowy łuk okręgu o kącie środkowym 45 stopni (analogicznie jak w poz. 11) stanowiący odejście od konturu a dopiero potem wykonywana jest poz. 7

Pomijane są operacje 9, 10, 11 i 12.

4.10. MAKROCYKL L931. Rozfrezowanie otworu.



Rys. 4.11. Makrocykl L931

Parametry: R2 - płaszczyzna odniesienia (współrzędna absolutna),
 R3 - współrzędna określająca zagłębienie freza (wsp. abs.),
 R5 - szerokość naddatku dla obróbki wykańczającej
 (R5 = 0 oznacza brak obróbki wykańczającej),
 R6 - kierunek frezowania CW: R6=2 CCW: R6=3,
 R10 - płaszczyzna wycofania po wykonaniu rozfrezowania (wsp. abs.),
 R11 - wybór płaszczyzny (R11= 0, 1 lub 2),
 R15 - prędkość posuwu roboczego krawędzi tnącej freza wzdłuż obrabianego
 konturu (patrz uwaga 1 na końcu rozdziału 4.10),
 R22 - współrzędna pozioma "PS" (współrzędna absolutna),
 R23 - współrzędna pionowa "PS" (współrzędna absolutna),
 R24 - promień otworu po rozfrezowaniu,
 R25 - promień otworu przed rozfrezowaniem.

Warunek wykonania cyklu:

Promień freza < R24 – R5 – 0.1 mm.

Blokady wykonania makrocyklu	
Komunikat	Przyczyna
SPRAWDZ: KOR. FREZA, R5, R24	Nie spełniony warunek wykonania cyklu lub korekcja promienia freza <= 0
BLAD DEKL. R6	Brak lub zła deklaracja kierunku frezowania

Przykład wywołania cyklu L931:

N102 R2=-150 R3=-175 R5=1 R6=2 R10=-150
 N103 R15=300 R22=50 R23=50 R24=50 R11=0
 N104 R25=40
 N104 L931 D1

Opis wykonania makrocyklu L931 w przypadku gdy:

R5 różny od 0, R6=2, R11=0

Wykonanie cyklu na płaszczyźnie XY pokazuje Rys. 4.11

1. Dojazd ruchem szybkim w pł. XY do punktu PS.
2. Dojazd ruchem szybkim w osi Z do płaszczyzny odniesienia ZR2.
3. Ruch roboczy z prędkością FR15/2 do poziomu ZR3
4. Wyróżnia się dwa przypadki wykonania cyklu.

PRZYPADEK 1.

Promień freza < R25 – 5 mm.

(Założono pięciomilimetrový przedział na tolerancję wykonania otworu wstępnego).

Przy wykonywaniu operacji zgodnie z poz. 3 nie jest wykonywane frezowanie powierzchnią czołową freza. Jeśli by jednak wystąpiło frezowanie (za duży promień freza) to należy przerwać wykonywanie cyklu i zmienić frez.).

Wykonanie Przypadku 1

- dojazd ruchem szybkim do p. A o współrzędnych :

$$X = R22 - (R25 - R9 - 5) * \sin \pi/8$$
$$Y = R23 + (R25 - R9 - 5) * \cos \pi/8$$

- ruch roboczy FR15 do p. B (do pocz. łuku wejścia na tor obróbki zgrubnej).

PRZYPADEK 2.

Promień freza >= R25 – 5 mm.

Przy wykonywaniu operacji zgodnie z po. 3 może wystąpić frezowanie powierzchnią czołową freza.

Wykonanie Przypadku 2.

- ruch roboczy FR15 do p. B (do pocz. łuku wejścia na tor obróbki zgrubnej).

5. Ruch roboczy wzdłuż łuku BC o kącie środkowym $\pi/4$ i promieniu $r = (R24 - R9 - 5)/2$ (wejście na tor obróbki zgrubnej).
6. Ruch roboczy wzdłuż okręgu o promieniu $r = R24 - R9 - 5$ (obróbka zgrubna).
7. Ruch roboczy wzdłuż łuku CD o parametrach jak w poz.5 (zejście z toru obr. zgrubnej).

8. Dojazd do p. B, a następnie ruch roboczy do p. E. Dojazd do p. B wykonany jest z prędkością $F3 \cdot R15$.
9. Ruch roboczy wzdłuż łuku EF o kącie środkowym $\Pi/4$ i promieniu $r = (R24 - R9) / 2$ (wejście na tor obróbki wykańczającej).
10. Ruch roboczy wzdłuż okręgu o promieniu $r = R24 - R9$ (obróbka wykańczająca).
11. Ruch roboczy wzdłuż łuku FG o parametrach jak w poz.9 (zejście z toru obr. wyk.).
12. Wycofanie ruchem szybkim w osi Z do płaszczyzny wycofania R10.
13. Dojazd ruchem szybkim w pł. XY do punktu PS.
14. Koniec wykonywania makrocyklu L931 i przejście do wykonania następnego bloku programu obróbki.

Uwaga:

1. Prędkość posuwu roboczego jest korygowana automatycznie (zmniejszana) tak, aby prędkość wzdłuż konturu obrabianego otworu była równa wartości określonej przez R15. Wynika to z faktu, że prędkość poruszania się krawędzi tnącej freza wzdłuż obrabianego konturu jest większa od prędkości z jaką porusza się środek freza, natomiast ruch sterowany jest wzdłuż toru środek freza.
2. W przypadku $R5 = 0$ nie wykonywane są operacje zgodnie z pozycjami od 5 do 8 a w poz. 4 dojdzie ruchem roboczym wykonywane jest do p. E (zamiast do p. B).
3. W przypadku $R6 = 3$ punkty A,B,C,D,E,F i G odbijane są lustrzanie od osi przechodzącej przez punkty R23 i PS, a ruch wykonywany jest w kierunku G03.

5. PARAMETRY SPECJALNE.

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA.

PRONUM 640 FC umożliwia programowanie obróbki z użyciem w wyrażeniach arytmetycznych takich parametrów jak zawartości korektorów narzędzi, rejestrów baz pomiarowych, korekcji baz pomiarowych, a także punktów wymiany narzędzia.

Cecha ta upraszcza programowanie obróbki dając np. możliwość obróbki poprzez wywoływanie podprogramu zawierającego opis konturu przy zmieniającej się dynamicznie wartości promienia narzędzia (zbieranie kolejnymi warstwami do właściwego konturu).

Wartości parametrów specjalnych są odczytywane i zapisywane w analogiczny sposób jak parametry użytkownika R, tzn. mogą być argumentami złożonych wyrażeń oraz funkcji.

UWAGA:W przypadku wstawiania nowych wartości do rejestrów korektorów, baz pomiarowych, korekcji baz i punktów wymiany przetwarzanie kolejnego bloku może być nieznacznie opóźnione o czas konieczny na przeliczenie zadawanych współrzędnych osi jak i toru narzędzia w nowym środowisku danych.

OPIS PARAMETRÓW SPECJALNYCH

WARTOŚĆ KOREKTORA NARZĘDZIA

FORMAT :

R D 2 1 . 3



numer pola (cyfra od 0 do 4)
numer korektora (od 1 do 99)

PRZYKŁADY:

Użycie w programie obróbki technologicznej zapisu:

N100 RD15.2=10.987

oznacza wpisanie do pola promienia narzędzia korektora numer 15 wartości: 10.987

Powiększenie wartości wskazanego promienia korektora narzędzia można uzyskać poprzez zapis:

N110 RD15.2=RD15.2+0.10 (zwiększenie promienia o 0.100 mm)

Cyfra określająca numer pola od 0 do 4 odpowiada oznaczeniu symbolicznemu poszczególnych pól na planszy edycji korektorów narzędzi. Programowana jest po separatorze, którym jest znak kropki. Znaczenie kolejnych pól rejestru korektora narzędzia jest następujące:

- P0 - typ narzędzia, liczba od 0 do 99 (tymczasowo nie wykorzystane)
- P1 - korekcja długości narzędzia format: +43
- P2 - kompensacja lub korekcja
promienia narzędzia format: +43
- P3 - addytywne zużycie lub zmiana
długości narzędzia format: +13
- P4 - addytywne zużycie lub zmiana
promienia narzędzia format: +13

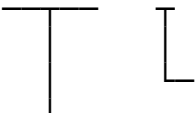
UWAGA: Zmiana wartości korektora może być dokonana tylko po zejściu z toru skorygowanego tzn. przy obowiązującym G40 lub przed wprowadzeniem korekcji promienia narzędzia.

WARTOŚCI REJESTRÓW :

- BAZY POMIAROWEJ
- KOREKCJI BAZY POMIAROWEJ
- PUNKTU WYMIANY NARZĘDZIA.

FORMAT :

R D 200 . 3



oznaczenie osi
numer rejestru

gdzie numer rejestru przyjmuje wartości:

- dla baz pomiarowych od 200 do 211
- dla korekcji baz pomiarowych od 300 do 324
- dla punktów wymiany narzędzi od 400 do 409

Oznaczenie osi programowane jest po kropce w postaci cyfr od 1 do 4. Cyfra 1 oznacza oś X, cyfra 2 – oś Y, cyfra 3 – oś Z, cyfra 4 – czwartą oś. Dopuszcza się oznaczanie osi przy pomocy liter, tzn.: X, Y, Z lub C dla 4- ej osi. Uwaga ta dotyczy również oznaczeń osi użytych w dalszej części opisu rejestrów specjalnych (.oś).

WARTOŚCI REJESTRÓW WEWNĘTRZNYCH

POŁOŻENIE OSI WZGLĘDEM ZERA MASZYNY:

R A X . oś

SUMARYCZNE PRZESUNIĘCIE ZERA UKŁADU WSPÓLRZĘDNYCH:

R A Z . oś

PRZESUNIĘCIE UKŁADU WSPÓLRZĘDNYCH WPROWADZONE FUNKCJĄ G54:

R A B . oś

Po wywołaniu bazy pomiarowej funkcją G54 wszystkie inne składniki przesunięcia zera układu współrzędnych (za wyjątkiem korekcji długości) są kasowane. W kolejnych blokach programu obróbki przesunięcie może być modyfikowane funkcjami G55 oraz G92, jednakże początkowa wartość przesunięcia zera jest pamiętana w układzie sterowania i może być odczytana jako parametr specjalny RAB.x.

PRZESUNIĘCIE UKŁADU WSPÓLRZĘDNYCH WPROWADZONE FUNKCJĄ G55:

R A K . oś

Składowa wektora przesunięcia zera układu współrzędnych wynikająca z programowania funkcji G55 jest każdorazowo rejestrowana. Jej wartość jest dostępna poprzez parametr specjalny RAK.oś.

DŁUGOŚĆ NARZĘDZIA:

R A L

RAL pozwala odczytać aktualnie obowiązującą długość narzędzia wprowadzoną po zaprogramowaniu korektora narzędzia Dxx wraz z przesuwnem wzdłuż osi narzędzia.

PROMIEŃ NARZĘDZIA:

R A R

Rejestr RAR pozwala odczytać aktualnie obowiązujący promień narzędzia wprowadzony funkcjami G41/G42 zaprogramowanymi wraz z rejestrem korektora narzędzia Dxx.

ZAWARTOŚĆ WYWOŁANEGO KOREKTORA NARZĘDZIA:

R A D . numer pola (jak dla RD)

Parametr ten umożliwia odczyt poszczególnych pól wywołanego aktualnie korektora narzędzia.

REJESTR INFORMACYJNY:

RR

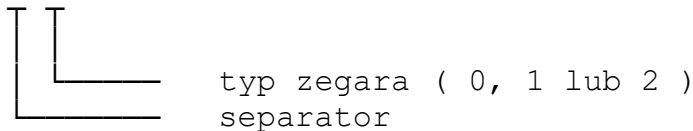
Rejestr RR służy do przekazywania danych lub informacji o wykonaniu funkcji specjalnych @9xx. Jego zawartość testowana funkcjami skoków warunkowych pozwala sterować programem obróbki.

6. POMIAR CZASU.

W niektórych przypadkach technologia interesuje czas wykonania programu przez obrabiarkę. Funkcje @920 i @921 umożliwiają odczytanie ilości taktów zegara od momentu jego wyzerowania. Pomiar czasu może być dokonywany z 3-ch niezależnych zegarów, z których każdy pracuje z inną częstotliwością.

START POMIARU CZASU - ZEROWANIE

@ 9 2 0 = 1



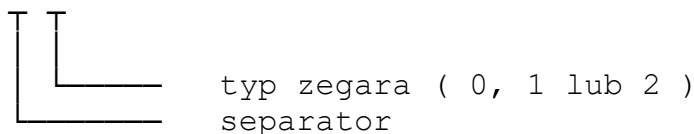
Funkcja @920 inicjuje działanie zegara. Zegar oznaczony typem 0 zlicza kolejne impulsy co 4 ms zegar 1 co 100 ms a zegar 2 co 1 sekundę. Ilość zliczonych impulsów od momentu wyzerowania zegara odczytana jest do rejestru informacyjnego RR -funkcją @921 (rejestr informacyjny RR - patrz. rozdz. 5).

Zakres zliczania mieści się pomiędzy 0, a 32767.

Typ zegara	Takt zliczany co
0	4 ms
1	100 ms
2	1 s

ODCZYT POMIARU CZASU - ZEGARA

. @ 9 2 1 = 1



Funkcja @921 odczytuje ilość taktów zegara zliczonych od momentu jego wyzerowania.

PRZYKŁAD:

N100 R0=0

@920=2

zerowanie zegara typu 2 (co 1 s)

N110 R0=R0+1

N120 H3-110 = 10000 = R0

@921=2

odczyt czasu w sekundach

N130 R1=RR

wstaw wynik pomiaru czasu do R1

N140 M30

7. FUNKCJE M, S, T, E.

Operacje pomocnicze obrabiarki programuje się przy pomocy funkcji M, S, T i E. Funkcje te można programować w tym samym bloku programu co inne słowa programu, np. wywołujące ruch maszyny.

Jeśli funkcja pomocnicza jest wykonywana po ruchu zaprogramowanym w bloku - nazywa się funkcją poblokową. Jeśli natomiast funkcja pomocniczą wysyłana jest do PLC przed wykonaniem ruchu w bloku - to jest to funkcja przedblokowa. Wysłanie funkcji przedblokowej może spowodować wstrzymanie ruchu w bloku aż do wykonania operacji związanych z tą funkcją. Podobnie wykonanie następnego bloku może być wstrzymane do zakończenia wykonywania funkcji poblokowych zapisanych w bloku.

Dokładny opis działania każdej funkcji znajduje się w dokumentacji techniczno-ruchowej maszyny. Funkcje S, T i E są zawsze przedblokowe. Funkcje M mogą być przedblokowe lub poblokowe odpowiednio do definicji w programie interfejsowym (patrz instrukcja programowania PLC).

Funkcje pomocnicze w bloku są wykonywane w następującej kolejności: przedblokowe funkcje M, funkcja S, funkcja T, funkcja E i poblokowe funkcje M. W jednym bloku można zaprogramować jedną funkcję S, jedną funkcję T, jedną funkcję E, pięć funkcji przedblokowych M i pięć funkcji poblokowych M.

7.1. FUNKCJE POMOCNICZE M.

STOP PROGRAMU

M0 - bezwarunkowe zatrzymanie programu.

Jest to funkcja poblokowa. Powoduje:

- zatrzymanie programu po wykonaniu funkcji zapisanych w bloku,
- przekazanie do programu interfejsowego PLC sygnału M0, który może powodować, np.: wyłączenie obrotów wrzeciona, chłodziwa, wyświetlenie stosownego komunikatu na ekranie. Działanie tej funkcji opisuje dokumentacja techniczno - ruchowa maszyny.

M1 - warunkowe zatrzymanie programu.

Jest wykonywana tylko przy ustawionym na pulpicie warunku wykonania tej funkcji. Działa identycznie jak funkcja M0.

KONIEC PROGRAMU

M2 - koniec programu.

Jest to funkcja poblokowa. Umieszcza się ją w ostatnim bloku programu. Powoduje:

- zakończenie wykonywania programu (również wtedy, gdy po bloku z funkcją M2 zapisano kolejne bloki programu),
- wyzerowanie numeru programu,
- przekazanie do programu interfejsowego sygnału M2/M30. Sygnał ten może wyłączać obroty wrzeciona i chłodziwo oraz zeruje interfejs. Szczegóły zawiera dokumentacja techniczno - ruchowa obrabiarki.

M30 - koniec programu bez wyzerowania numeru programu.

Umieszcza się ją w ostatnim bloku programu. Działa podobnie jak M2, ale nie zeruje numeru programu. Umożliwia to powtórzenie programu po wciśnięciu przycisku START.

KONIEC PODPROGRAMU

M17 - koniec podprogramu.

Funkcja programowana w ostatnim bloku podprogramu. Nie należy jej umieszczać w tym samym bloku, w którym wywołuje się podprogram.

STOP WRZECIONA Z POZYCJONOWANIEM KĄTOWYM.

M19 S.... - zorientowane zatrzymanie wrzeciona.

Jest to funkcja poblokowa. W słowie S programowane jest położenie kątowe wrzeciona z rozdzielczością 0.1 stopnia. Do programu interfejsowego PLC przekazywany jest sygnał wywołujący cykl pozycjonowania kąтового wrzeciona.

INNE FUNKCJE POMOCNICZE M

Inne standardowe funkcje M, a mianowicie:

- M3** - załączenie obrotów wrzeciona w kierunku CW,
- M4** - załączenie obrotów wrzeciona w kierunku CCW,
- M5** - zatrzymanie obrotów wrzeciona,
- M13** - załączenie obrotów CW i chłodziwa,
- M14** - załączenie obrotów CCW i chłodziwa,
- M8** - załączenie chłodziwa,
- M9** - wyłączenie chłodziwa,
- M6** - zmiana narzędzia

są przekazywane do programu interfejsowego PLC. Ich działanie opisuje dokumentacja techniczno - ruchowa obrabiarki. W szczególności: ruchy robocze obrabiarki są blokowane przy zatrzymanym wrzecionie (z możliwością wykonywania ruchów ustawczych), funkcje M3, M4, M13, M14 i M8 są przedblokowe, a funkcje M5 i M9 – poblokowe.

Funkcja M6 może być funkcją przedblokową lub poblokową. Może powodować zatrzymanie obrotów wrzeciona. Zaprogramowanie funkcji zmiany narzędzia M6 nie powoduje zmiany korekcji długości i promienia narzędzia. Zmianę korekcji narzędzia można wywołać wyłącznie przy pomocy słowa Dxx i funkcji przygotowawczych G41/G42/G40.

7.2. FUNKCJA S.

Funkcja prędkości obrotowej wrzeciona jest programowana w słowie S w postaci:

- litera adresowa S,
- liczba czterocyfrowa dziesiętna bez znaku.

Programowana liczba może określać:

- numer kodu prędkości obrotowej,
- prędkość obrotową wrzeciona w obr/min. (np. słowo S1230 oznacza prędkość obrotową = 1230 obr/min.)
- położenie kątowe wrzeciona (programowane łącznie z M19).

Jest to funkcja przedblokowa. Parametry maszynowe określają czy wrzeciono jest sterowane z NC (analogowe sterowanie prędkością obrotową w maksymalnie ośmiu zakresach) oraz czy zainstalowany jest przetwornik do pomiaru położenia kąowego wrzeciona (niezbędny przy pozycjonowaniu kątowym wrzeciona funkcją M19 S....). Gdy wrzeciono nie jest sterowane z NC i nie wyposażono obrabiarki w przetwornik pomiarowy położenia kąowego działanie funkcji S jest w całości określone przez program interfejsowy PLC (patrz dokumentacja techniczno - ruchowa obrabiarki). Funkcja S wybiera w takim przypadku numer kodu prędkości obrotowej. Gdy wrzeciono sterowane jest z NC, prędkość obrotową wrzeciona w ramach zakresu określa wartość napięcia analogowego na wyjściu układu sterowania. Przy zmianie zakresu do PLC przekazywany jest sygnał zmiany zakresu. Zmianą zakresu steruje program interfejsowy PLC. Przetwornik pomiarowy pozwala nadzorować rzeczywistą prędkość obrotową wrzeciona oraz pozwala na pozycjonowanie kątowe wrzeciona. Funkcje wrzeciona opisano dokładniej w instrukcji programowania PLC.

7.3. FUNKCJA T.

Funkcja wyboru numeru narzędzia jest programowana w słowie T w postaci:

- litera adresowa T,
- czterocyfrowy numer narzędzia.

Działanie funkcji T określa program interfejsowy PLC, do którego przekazywana jest wartość funkcji T i sygnał zmiany T.

7.4. FUNKCJA POMOCNICZA E.

Zaprogramowanie słowa E w postaci:

- litera adresowa E,
 - czterocyfrowy numer funkcji
- określa dodatkową funkcję pomocniczą do dowolnego wykorzystania w interfejsie obrabiarki.

Jest funkcją przedblokową. Działanie funkcji E określa program interfejsowy PLC, do którego przekazywana jest wartość funkcji E

DODATEK.

SKRÓCONA INFORMACJA DLA UŻYTKOWNIKA PRONUM 640 FC

Tablica funkcji przygotowawczych G.....	D2
Tablica standardowych funkcji pomocniczych M	D4
Tablica liter adresowych	D5
Tablica liter adresowych dla osi kątowych ABC (opcja).....	D6
Tablica adresów pamięci danych	D7
Tablica znaków pomocniczych	D7

TABELA FUNKCJI PRZYGOTOWAWCZYCH G

Grupa Funkcji	Kod ISO	Działanie Funkcji
G I	G00 G10 G01 • G11 G02 G03	Ruch ustawczy, współrzędne prostokątne Ruch ustawczy, współrzędne biegunowe Odcinek linii prostej, współrzędne prostokątne Odcinek linii prostej, współrzędne biegunowe Łuk okręgu - kierunek CW Łuk okręgu - kierunek CCW
G II	G04	Programowana przerwa programu
G III	G63	Gwintowanie niesynchroniczne z wykorzystaniem specjalnej oprawki
G IV	G17 • G18 G19	Płaszczyzna obróbki: XY Płaszczyzna obróbki: ZX Płaszczyzna obróbki: YZ
G V	G25 G26 G27 •	Ograniczenie obszaru obróbki od dołu Ograniczenie obszaru obróbki od góry Kasowanie ograniczeń: G25 i G26
G VI	G40 • G41 G42	Kasowanie kompensacji promienia freza Tor środka po lewej stronie konturu przedmiotu Tor środka po prawej stronie konturu przedmiotu
G VII	G45 • G46	Słowo F programuje prędkość wzdłuż konturu przedmiotu Słowo F programuje prędkość wzdłuż toru środka freza
G VIII	G43 • G44	Znak korekcji długości narzędzia zgodny ze znakiem korektora Znak korekcji długości narzędzia przeciwny do znaku korektora
G IX	G53 G54 G55 G92	Programowanie we współrzędnych maszynowych Wywołanie bazy pomiarowej Korekcja bazy pomiarowej Przesunięcie układu współrzędnych programu

-
- Funkcja aktywna po włączeniu lub zerowaniu układu sterowania

Tablica Funkcji Przygotowawczych G - c.d.

G X	G61 G64 •	Pozycjonowanie na końcu bloku z kasowaniem uchybu nadążania Kasowanie działania funkcji G61
	G60	Dojazd jednokierunkowy dla funkcji G00
	G09	Ruch z wyhamowaniem na końcu odcinka linii prostej G01 lub G10
G XI	G71 • G70	Programowanie w jednostkach metrycznych Programowanie w jednostkach calowych
G XII	G90 • G91	Programowanie we współrzędnych absolutnych Programowanie we współrzędnych przyrostowych
G XIII	G74 G75 •	Lustrzane odbicie w osi X Kasowanie lustrzanego odbicia w osi X
	G76 G77 •	Lustrzane odbicie w osi Y Kasowanie lustrzanego odbicia w osi Y
	G78 G79 •	Lustrzane odbicie w osi Z Kasowanie lustrzanego odbicia w osi Z
G XIV	G81 G82 G83 G84 G85 G86 G87 G88 G89 G80 •	Cykle stałe: Wiercenie Wiercenie/pogłębianie Wiercenie głębokich otworów Gwintowanie / patrz roz. 3.15.9 / Wytaczanie 1 Wytaczanie 2 Wytaczanie 3 Wytaczanie 4 Wytaczanie 5 Kasowanie cyklu stałego
G XV	G68	W przypadku osi obrotowej A lub B lub C ruch wykonywany jest po najkrótszej drodze.
G XVI	G917• G918 G919	Transformacja ortogonalna układu współrzędnych; Patrz rozdział 3.4.2
G XVII	G900 G901•	Pamiętanie funkcji modalnych G, posuwu F i obrotów S Przywrócenie funkcji zapamiętanych poprzez G900
G XVIII	G910 G911•	Pamiętanie parametrów R Przywrócenie wartości parametrów R zapamiętanych poprzez funkcję G910

Tablica Funkcji Przygotowawczych G - c.d.
(opcje)

GXIX	G14	Wywołanie osi wtórnej
	G15 •	Odwołanie osi wtórnej
GXX	G22	Wywołanie interpolacji cylindrycznej. Po słowie G22 należy dopisać słowo A0, B0 lub C0 określające oś kątową, np.: G22 A0
	G20 •	Odwołanie interpolacji cylindrycznej

TABLICA STANDARDOWYCH FUNKCJI M

Grupa Funkcji	Kod ISO	Działanie Funkcji
M I	M00	Zatrzymanie programu
	M01	Warunkowe zatrzymanie programu
M II	M02	Koniec programu
	M30	Koniec programu (bez wyzerowania numeru programu)
	M17	Koniec podprogramu
M III	M03	Kierunek obrotów wrzeciona: CW
	M04	Kierunek obrotów wrzeciona: CCW
	M05	Zatrzymanie obrotów wrzeciona
	M19	Zorientowane zatrzymanie wrzeciona
M IV	M08	Włączenie chłodziwa
	M13	Włączenie chłodziwa oraz M03
	M14	Włączenie chłodziwa oraz M04
	M09	Wyłączenie chłodziwa

TABLICA LITER ADRESOWYCH

Litera	Zakres liczb	Komentarz
X	od -9999.999 mm do 9999.999 mm	Współrzędna punktu końcowego lub przyrost położenia w osi X
Y	od -9999.999 mm do 9999.999 mm	Współrzędna punktu końcowego lub przyrost położenia w osi Y
Z	od -9999.999 mm do 9999.999 mm	Współrzędna punktu końcowego lub przyrost położenia w osi Z
I	od -99999.999 mm do 99999.999 mm	Współrzędna środka łuku okręgu w stosunku do początku łuku w osi X
J	od -99999.999 mm do 99999.999 mm	Współrzędna środka łuku okręgu w stosunku do początku łuku w osi Y.
K	od -99999.999 mm do 99999.999 mm	Współrzędna środka łuku okręgu w stosunku do początku łuku w osi Z
A	od 0.00000 ° do 359.99999 °	Kąt nachylenia promienia wodzącego (współrzędna biegunowa)
Q	od 0.001 mm do 9999.999 mm	Promień wodzący (współrzędna biegunowa)
U	od - 99999.999 mm do 99999.999 mm	Promień okręgu (w przypadku programowania łuku okręgu zgodnie z rozdz. 3.5.3.1)
F	1 do 12000 mm/min	Prędkość posuwu roboczego
	0.1 do 999,9 s	Programowany czas postoju
S	od 6 do 6000 obr/min	Prędkość obrotowa wrzeciona
	0.1 do 359.9 °	Pozycja wrzeciona w przypadku M19
G	od 0 do 999	Funkcja przygotowawcza G
M	od 0 do 99	Funkcja pomocnicza M
T	od 0 do 9999	Numer narzędzia
E	od 0 do 9999	Funkcja dodatkowa E
L	od 0 do 999	Numer podprogramu
P	od 1 do 99	Liczba powtórzeń podprogramu
R	od 0 do 99	Parametr użytkownika
H	od 0 do 6	Numer instrukcji skoku

TABLICA LITER ADRESOWYCH
Dla osi A B C
(o p c j a)

Litera	Zakres liczb	Komentarz
A	od – 9999.999 ° do + 9999.999 ° lub od –99999.999 mm do 99999.999 mm	Położenie absolutne lub przemieszczenie kątowe A w płaszczyźnie prostopadłej do osi X lub też dodatkowa oś liniowa .
B	od – 9999.999 ° do + 9999.999 ° lub od –99999.999 mm do 99999.999 mm	Położenie absolutne lub przemieszczenie kątowe B w płaszczyźnie prostopadłej do osi Y lub też dodatkowa oś liniowa .
C	od – 9999.999 ° do + 9999.999 ° lub od –99999.999 mm do 99999.999 mm	Położenie absolutne lub przemieszczenie kątowe C w płaszczyźnie prostopadłej do osi Z lub też dodatkowa oś liniowa .

TABLICA ADRESÓW PAMIĘCI DANYCH

Litera	Adresy	Komentarz
D	od 0 do 99	Adresy korektorów narzędzi
D	od 100 do 199	Adresy zarezerwowane dla pamięci magazynu narzędzi
D	od 200 do 211	Adresy współrzędnych baz pomiarowych
D	od 300 do 324	Adresy korektorów baz pomiarowych
D	od 400 do 409	Adresy wybranych punktów we współrzędnych maszynowych. Np. baza wymiany narzędzia.

TABLICA ZNAKÓW POMOCNICZYCH

Znak	Opis Działania
+	Operator dodawania wyrażeń parametrycznych
-	Operator odejmowania wyrażeń parametrycznych ----- Znak określający liczbę ujemną
*	Operator mnożenia wyrażeń parametrycznych (lub znak końca bloku w symbolicznym zapisie formatu)
/	Operator dzielenia wyrażeń parametrycznych ----- Znak " slash " określający warunkowe wykonanie bloku
=	Operator równości lub podstawienia w wyrażeniach parametrycznych ----- Separator w deklaracji skoku warunkowego
(.....)	Nawias w wyrażeniach parametrycznych ----- Nawias przy pisaniu komentarzy w tekście bloku
:	Znak oznaczający Blok Główny
%	Znak początku pliku (przy szeregowej transmisji danych)