

PRONUM

INSTRUKCJA PROGRAMOWANIA

UKŁADU STEROWANIA NUMERYCZNEGO

CNC PRONUM 630 T

PRZEDSIĘBIORSTWO HANDLOWO PRODUKCYJNE

P R O N U M

Sp. z o.o.

04-491 WARSZAWA

ul. Giermków 22

Biuro :

WARSZAWA

Plac Czerwca 1976 nr 2 pok. 218

Tel/Fax: 022 478-28-79

Tel: 022 478-38-69

cnc@pronum.pl

www.pronum.pl

INSTRUKCJA PROGRAMOWANIA

UKŁADU STEROWANIA NUMERYCZNEGO TOKAREK

CNC PRONUM 630 T

LISTOPAD 2008

S P I S T R E Ś C I

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	19
1.7.1.	Wartość liczbowa parametru	19
1.7.2.	Operacje arytmetyczne	21
1.7.3.	Funkcje	22
1.7.4.	Obliczanie wartości wyrażeń	23
1.8.	ROZGAŁĘZIENIA PROGRAMU (SKOKI)	27
2.	OSIE STEROWANIA	29
3.	FUNKCJE PRZYGOTOWAWCZE G	31
3.1.	Wprowadzenie	31
3.2.	Funkcje systemu miar - G70/G71	32
3.3	Funkcje wymiarowania współrzędnych - 90/G91	32
3.4.	FUNKCJE KSZTAŁTU TORU I RODZAJU POSUWU	35
	(G0, G1, G2, G3, G10, G11, G33, G34, G35)	
3.4.1.	Funkcje ruchu ustawczego - G0/G10	36
3.4.2.	Funkcje linii prostej - G1/G11	40
3.4.3.	Funkcje łuku okręgu - G2/G3	42

3.4.3.1. Łuk okręgu określony przez promień.....	45
3.4.4 Funkcje gwintowania - G33/G34/G35	47
3.4.4.1 Programowanie, parametry, definicje.....	47
3.4.4.2 Nacinanie gwintu o stałym skoku.....	49
3.4.4.3 Nacinanie gwintu o zmiennym skoku	56
3.5. FUNKCJE PRĘDKOŚCI POSUWU - G94/G95/G96/G97.....	58
3.5.1 Stała prędkość skrawania.....	59
3.6 BAZY i UKŁADY WSPÓŁRZĘDNYCH.....	60
3.6.1 Wywołanie bazy pomiarowej - G54.....	62
3.6.2 Korekcja bazy pomiarowej - G55.....	64
3.6.3 Programowanie we współrzędnych maszynowych - G53	65
3.6.4 Przesunięcie bazy programu - G92.....	66
3.7 KOREKCJA DŁUGOŚCI NARZĘDZIA	68
3.8. KOMPENSACJA PROMIENIA NOŻA - G40/G41/G42.....	72
3.8.1. Wprowadzenie	72
3.8.2. Określenia i definicje	74
3.8.3. Podstawowe zasady wyznaczania toru środka noża	77
3.8.4. Programowanie kompensacji promienia noża.....	80
3.8.4.1. Wejście na tor skompensowany	84
3.8.4.2. Zejście z toru skompensowanego	87
3.8.5. Przypadki szczególne /zmiana strony i zmiana toru /	89
3.8.6. Ograniczenia	91

3.9.	FUNKCJE OGRANICZENIA PRZESTRZENI OBRÓBK	95
	(G25, G26 i G27)	
3.10.	FUNKCJE OKREŚLAJĄCE SPOSÓB	
	ZAKOŃCZENIA RUCHU	96
3.11.	LUSTRZANE ODBICIA	97
3.12.	FUNKCJA CZASOWEGO POSTOJU - G4	101
3.13.	FUNKCJE SPECJALNE - G9xx	101
4.	CYKLE STAŁE	102
4.1	Cykl toczenia warstwowego L95	102
4.2	Cykl gwintowania L97	113
4.3	Cykl wiercenia głębokich otworów L98	123
5.	PARAMETRY SPECJALNE	126
6.	POMIAR CZASU	129
7.	FUNKCJE M, S, T, E	130
7.1.	Funkcje pomocnicze M	130
7.2.	Funkcja S	132
7.4.	Funkcja T	132
7.4.	Funkcja pomocnicza E	132
DODATEK		
(Skrócona informacja dla		
użytkownika PRONUM 630 T)		
		D 1

1. STRUKTURA PROGRAMU OBRÓBK

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 suportu tokarki. 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 wydzielonych przestrzeniach adresowych pamięci systemu: **Pamięci Danych i Pamięci 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 wydzielonym obszarze pamięci systemu określanym jako **Pamięć Programów**. Zawartość Pamięci podtrzymywana jest " bateryjnie ". Maksymalna pojemność pamięci programu wynosi **od 64 do 192 KB**. Jednocześnie w pamięci może być zapisane łącznie **256** programów i podprogramów.

Programy mogą być wprowadzane do pamięci systemu sterowania:

- za pośrednictwem interfejsu szeregowego RS232 - patrz rozdz. 1.4 .
- bezpośrednio z pulpitu układu sterowania - patrz Instrukcja Obsługi,

Każdemu programowi przyporządkowany jest numer identyfikujący program - liczba max. 3 cyfrowa. W przypadku wprowadzania programu za pośrednictwem interfejsu numer stanowi część etykiety **%MPF03** - patrz rozdz. 1.3. W przypadku wprowadzania programu z klawiatury pulpitu, wpisywany jest wyłącznie numer programu - na polecenie systemu sterowania (komunikat na ekranie monitora). **Nie wolno w tym przypadku wpisywać całej etykiety.**

1.2. ZGODNOŚĆ Z NORMAMI

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

- a) **ISO 646** 7-bit coded character set for information processing.

PN 88/T-42109/01 Przetwarzanie informacji i komputery. Kod 7-bitowy. Tablica kodów i zestaw znaków ISO.

- 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**. Numerical control of machines - Axis and motion nomenclature.

PN 84/M - 55251 Obrabiarki do metali. Ogólna zasada, określenie i oznaczenia osi współrzędnych oraz zwrotów ruchów obrabiarek sterowanych numerycznie.

- e) **ISO 2806** 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. Znaku 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, a w tym format bloku dla zapisu metrycznego, przedstawia się następująco:

%MPF03 (: / DS) *

N04*

N04*

N04 G02 G03 X+043 Z+043 I+053 K+053 A035 Q043 U+053

F05 (F023 dla G95 i G96) S04 T04 E04 M02 R+053

(R035 dla A) D03 L03 P02 H1 *

N04*

N04*

N04*

N04 M30 *

UWAGI:

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.

słowa X i Z dla G2/G3 mają format: +053

słowo F dla G4 ma format: 031

słowo S dla M19 ma format: 031

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:

%MPF03 Etykieta identyfikująca program obróbki. Należy ją umieszczać **wyłącznie** w przypadku przesyłania programu 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.

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 (za wyjątkiem słowa H). Dlatego też 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 znak może być pominięty, np. zamiast **X+126** można napisać **X126**. Znak należy pisać tylko w przypadku liczb ujemnych. Jeśli np. dla osi X ma być osiągnięty punkt o współrzędnej **-226** to należy napisać w tekście bloku: **X-226**.

N Numer bloku. Po literze **N** umieszcza się numer bloku - liczbę dziesiętną maksymalnie czterocyfrową. Np. N9876 oznacza blok programu numer 9876. **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.

R Słowo określające parametr - patrz rozdz. 1.7.

G Funkcja przygotowawcza. Po niej następuje dwucyfrowy lub trzycyfrowy numer, np. G91 oznacza wymiarowanie przyrostowe współrzędnych . Funkcje Gxx i Gxxx omówione są szczegółowo w rozdziale 3.

X,Z Słowa współrzędnych punktów końcowych odcinka prostej lub łuku okręgu programowanego toru.

- I,K** Parametry łuku okręgu określające środek łuku. W przypadku gwintowania synchronicznego parametry: I K określają skok lub składowe skoku gwintu
- A** Kąt nachylenia promienia wodzącego - współrzędna biegunowa
- Q** Promień wodzący (moduł) - współrzędna biegunowa
- U** Promień łuku okręgu, w przypadku programowania zgodnie z rozdz. 3.4.3.1
- F** Funkcja prędkości posuwu. Po niej pisana jest liczba określająca prędkość w mm/min lub mm/obr.
- W przypadku programowanej przerwy (G04) po literze F deklarowany jest czas postoju.
- W przypadku G34/G35 słowo F określa zmianę skoku gwintu.
- S** Funkcja prędkości obrotowej wrzeciona. Prędkość wrzeciona może być określona w postaci numeru lub bezpośrednio w obr./min, np. S600 oznacza 600 obr./min .
- Funkcja może określać również pozycjonowanie katowe wrzeciona - patrz rozdz. rozdz.7.1.
- W przypadku G96 - słowo S określa ograniczenie prędkości obrotowej: G92 Sxxxx - patrz rozdz. 3.5
- T** Numer narzędzia. Np. T6 oznacza narzędzie o nr.6 .
- E** Funkcja dodatkowa określona przez cztery cyfry BCD, np. numer pozycji drugiej głowicy rewolwerowej.
- M** Funkcja pomocnicza. Dwie cyfry po literze M tworzą numer funkcji. Funkcje M opisano w rozdziale 7.1.
- 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 umieszczany obowiązkowo na końcu każdego bloku. Znaku tego nie wolno umieszczać wewnątrz bloku. Wywołany 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. Blok Główny oraz w ogólnym przypadku również bloki następujące bezpośrednio po nim muszą zawierać informacje uwzględniające to założenie. Dotyczy to głównie informacji zawartych w funkcjach modalnych (patrz roz.3.1) zaprogramowanych w blokach poprzednich lub skutków wywołanych przez operacje typu modalnego jak np. wywoływanie i korekcja baz pomiarowych (funkcje G54 i G55) lub przesunięcia początku układu współrzędnych (funkcja G92). Blok Główny musi opisywać punkt leżący na torze zaprogramowanym. Obowiązuje tu zawsze 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.... Z.... D401  
N335 T3 M6  
N340 S300 M3  
N345 G54 X.... Z.... D201  
N350 G92 X.... 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 STOSOWANIA " 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 tym samym znaku adresowym. Wyjątek stanowią funkcje G i M, które mogą być zapisane kilkakrotnie w jednym bloku. Długość bloku nie jest w zasadzie ograniczona. Zaleca się jednak, aby nie przekraczała 120 znaków.
6. **KOLEJNOŚĆ SŁÓW W BLOKU.** Zaleca się pisanie słów w bloku wg podanej wyżej kolejności. Wpływa to porządkująco na program, zwiększa jego przejrzystość i ułatwia sprawdzanie poprawności.

1.4. WPROWADZANIE DANYCH

Układy Sterowania Numerycznego PRONUM wyposażone są w pamięć RAM 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 oprogramowany kanał interfejsu RS232 jak np.:

- komputer klasy IBM PC/AT,
- 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

%MPF_{xxx} * N10... * N20... * * N1000 M30 * ETX

gdzie: xxx - numer programu

* - symbol końca bloku. Odpowiada znakowi LF.

PODPROGRAM

%SPF_{xxx} * N100... * N120... * N130... * * N322 M17 * ETX

KOREKTORY NARZĘDZI

%TOA * D1 P0=... P1=... P2=... P3=... P4=... P5... P6... *
D2 P0=... P1=... P2=... P3=... P4=... P5... P6... *
..... * 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 - typ narzędzia, liczba od 1 do 9,

P2 - długość narzędzia LOX - składowa w kierunku osi X
(format: +03.3)

P3 - długość narzędzia LOZ - składowa w kierunku osi Z
(format: +03.3)

P4 - korekc. Dług. narzędzia LOXz - skład. w kier. osi X
(format: +01.3)

P5 - korekc. dług. narzędzia LOZz - skład. w kier. osi Z
(format: +01.3)

P6 - Promień narzędzia (format: +03.3)

Wartości w/w parametrów należy oddzielić od siebie spacjami.

BAZY POMIAROWE

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

gdzie: D200, D201, ..., D211
X... Z...

- adresy kolejnych baz pomiarowych
- współrzędne kolejnej bazy
pomiarowej w formacie: +4.3

KOREKTORY BAZ POMIAROWYCH

%ZOA * D300 X... Z... * D301 ... ** D311...* ETX

gdzie: D300, D301,...,D324 - adresy korektorów baz pomiarowych
X... Z... - korygowana współrzędna bazy
pomiarowej w formacie: +2.3

PUNKTY OKREŚLONE WE WSPÓŁRZĘDNYCH MASZYNOWYCH

np. Baza Wymiany Narzędzia

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

PARAMETRY R (parametry użytkownika)

%RPA * R0... * R1... * R2... ** R99...* 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 powinien kończyć ostatni plik.

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 napisanie tych fragmentów w postaci podprogramów. Wtedy **program główny** składa się z bloków występujących raz w programie i kolejno wywoływanych **podprogramów**

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

- zmianie formatu etykiety na **%SPF03**
- zmianie formatu bloku kończącego podprogram na **N04 M17**.

Przykładowy tekst podprogramu: %SPF456
 N100 G91 G0 X20 Z-20
 N110 G1 Z15 F60
 N120 M17

UWAGA: Nie należy używać następujących numerów dla oznaczania podprogramów: **95,97 i 98**. Numery te są zarezerwowane dla oznaczenia standardowych podprogramów opisujących cykle stałe. Można jedynie użyć numerów **97 i 98** w przypadku programowania własnych cykli stałych zapisywanych do pamięci RAM, które mają zastąpić cykle standardowe. Cykle zapisane w pamięci RAM mają priorytet - "przykrywają" cykle standardowe.

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

Przykład wywołania podprogramu:

.....
N200 L100 P3
.....

Podprogram L100 wykonywany jest trzy razy

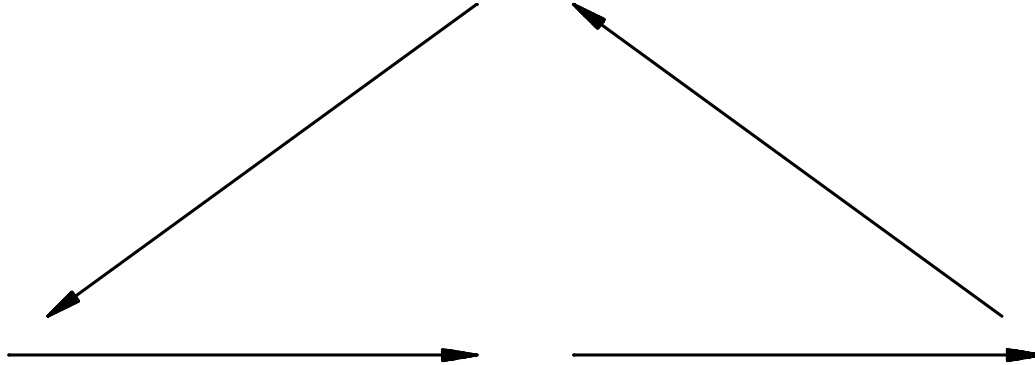
W przypadku gdy podprogram ma być wykonany tylko jeden raz można nie deklarować liczby wykonań **P1**.

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

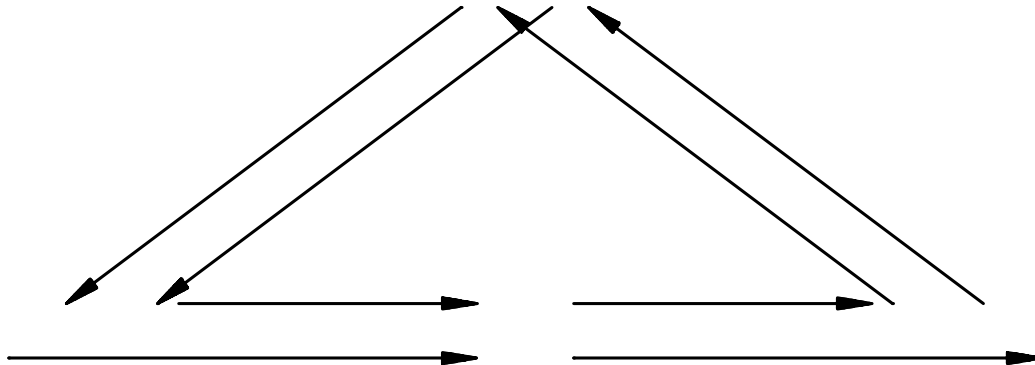
Maksymalna liczba programów i podprogramów, które można jednocześnie zapisać w pamięci PRONUM 630 T:	256
Maksymalna liczba powtórzeń podprogramu:	99
Maksymalna liczba zagłębień:	3

PRZYKŁAD WYWOŁYWANIA PODPROGRAMÓW

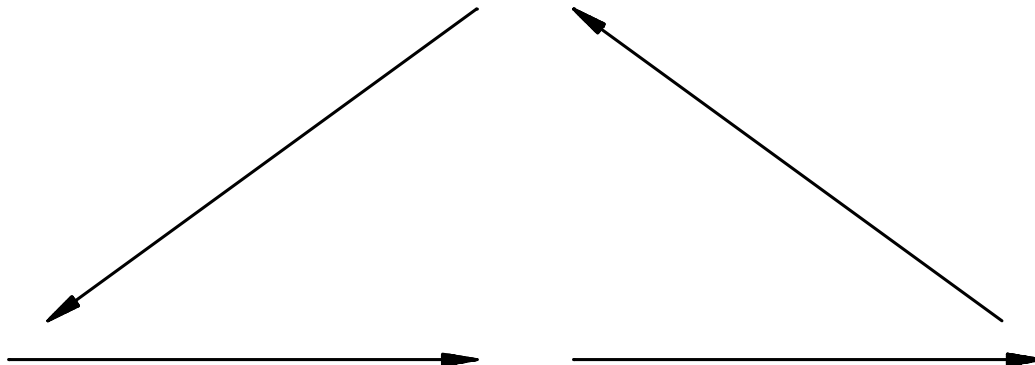
%MPF987 * N10... * N20... * N30L101 P1 * N40... * N50... *... * N90M30*



%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 programu lub podprogramu należy umieścić wewnątrz nawiasów:

**Np. %MPF123
 (WAŁEK NR.355)**

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 zajmowane miejsce w pamięci i ograniczone pole okna nr.8 (4-ry linie po 40 znaków). Ten sposób pisania komentarzy pokazuje poniższy przykład.

PRZYKŁAD:

%MPF256
(WAŁEK NR 3388)
N10 G90 G0 G54 D202 X50 Z10
N20 S400 M3
N30 G1 G42 X35 Z0 F.2 (WPROWADZ. KOMPENSACJI PROM. NOŻA)
N40 Z-10
N50 X40 Z-25 (TOCZENIE STOŻKA)
N60 Z-35
N70 G2 X40 Z-73.73 I35 K-19.365
N80 G1 Z-160 (TOCZENIE WALCA)
N90 G0 G40 X50 (ODWOŁANIE KOMPENSACJI PROMIENIA NOŻA)
N100 X75 Z-55 M5
N110 Z0 D0
N120 M30

PRONUM 630 T 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
(4-ty wiersz od dołu)
- @932 - wyświetl komunikat w wierszu informacyjnym +1
(3-ci wiersz od dołu)
- @933 - wyświetl komunikat w wierszu informacyjnym +2
(2-gi wiersz od dołu)
- @934 - wyświetl komunikat w wierszu informacyjnym +3
(1-szy wiersz od dołu)

Kasowanie wierszy funkcjami:

- @940 - kasuj 4-ry dolne wiersze
- @941 - kasuj wiersz informacyjny
- @942 - kasuj wiersz informacyjny +1
- @943 - kasuj wiersz informacyjny +2
- @944 - kasuj wiersz informacyjny +3

Wyświetlony komunikat (@942 i @943) 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.

Ten sposób pisania komentarzy i poleceń ilustruje poniższy przykład:

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
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 POTÓW, w których wartości liczbowe reprezentujące 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**

Ponadto słowa wymiarowe można pisać w postaci złożonych wyrażeń arytmetycznych i funkcyjnych, których składnikami i argumentami są liczby i zmienne parametry Rxx.

UWAGA Jeśli w POT wykorzystywane są Cykle Stałe L95, L97 lub L98 to nie zaleca się używać w programie parametrów o numerach przewidzianych dla tych cykli. Parametry te mieszczą się w zakresie od R20 do R32. Przed opisem każdego cyklu wyspecyfikowano numery parametrów, które zostaną użyte w danym cyklu. Parametry te mogą być użyte, jeśli przy pisaniu programu uwzględni się fakt, że po zakończeniu cyklu zachowają wartości, które im nadano przed rozpoczęciem cyklu.

1.7.1. WARTOŚĆ LICZBOWA PARAMETRU R

Każdemu parametrowi można przyporządkować wartość liczbową.

PRZYKŁAD:

%MPF987

N10

.....

N110 **R10=100 R33=-13.13 R51=120 R50=600**

R51=120

N120 L222 P1

.....

N500 M30

%SPF222

N300 T200 M6

N310 **SR50** M3 (S - 600 obr/min)

N320 G0 **X-R10**

N330 G1 G42 **XR33 Z-R33 FR51**

.....

N400 M17

W podanym przykładzie deklaracji parametrów dokonano w bloku N110 programu %MPF987.

W podprogramie %SPF222 w blokach N310,N320 i N330 nadano wartości liczbowe słowom: S, X, Z, F.

i tak:

słowu S nadano wartość równą: 600 (obr./min}
słowu X nadano wartość równą: -100 (mm)
słowu X nadano wartość równą: - 13.13 (mm)
słowu Z nadano wartość równą: 13.13 (mm)
słowu F nadano wartość równą: 120 (mm/min)

Zakresy liczb określonych przez parametry R:

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 -99999999.9 do 99999999.9

1.7.2. OPERACJE ARYTMETYCZNE

Parametry można określać za pomocą operacji arytmetycznych, których argumentami mogą być liczby i/lub parametry i/lub Funkcje - patrz p.1.7.3.

Są to operacje:

* 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 również parametr stanowiący wynik wykonywanej operacji (jak w przypadku w/w operacji: ZMIANY ZNAKU). Są to przypadki zmiany wartości parametru. I tak np. możliwe są operacje:

$R3 = R3 + R1$	odp. operacji: $(R3 := R3 + R1)$
$R3 = R3 * R1$	- " - $(R3 := R3 * R1)$
$R3 = R3 / 2$	- " - $(R3 := R3 / 2)$
i.t.p.	

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 określone są bezpośrednio dane geometryczne, technologiczne i numery funkcji.

PRZYKŁAD 1

```
.....
N10 R1=30 R2=R1+50 R3=R1+R2
.....
N90 G1 XR1 ZR2 F500
N91 ZR3
.....
N98 X-R1 Z-R2
N99 Z-3
.....
```

PRZYKŁAD 2

```
.....
N10 R1=30
.....
N90 G1 XR1 ZR1+50 F500
N91 Z2*R1+50
.....
N98 X-R1 Z-R1-50 F500
N99 Z-2*R1-50
.....
```

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

1.7.3. FUNKCJE

Parametry mogą być określone jako wynik działania funkcji, których argumentami mogą być liczby, parametry i funkcje oraz kombinacje liczb, parametrów i funkcji.

NAZWA FUNKCJI	ZAPIS FUNKCJI	UWAGI
1. PIERWIASTEK KWADRATOWY (ARG.)	@1 R1 lub SQRT R1	R1 >= 0
2. SINUS (ARG.)	@2 R2 lub SIN R2	R2 w rad.
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	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 BEZWZGLĘDNA (ARG.)	@14 R6 lub FABS R6	
15. WARTOŚĆ CAŁKOWITA-WIEKSZA (ARG.) tzn. min. liczba całk. >=(ARG.)	@15 R7 lub CEIL R7	
16. WARTOŚĆ CAŁKOWITA-MNIEJSZA (ARG.) tzn. max. liczba całk. <=(ARG.)	@16 R7 lub FLR R7	
17. LICZBA " PI " (3.14159)	@0 lub PI	

Argumentami Funkcji w powyższej tabeli są parametry od R1 do R7. Traktować to należy tylko jako przykład, gdyż Argumentami Funkcji w ogólnym przypadku mogą być: **Dowolne wyrażenia zawierające zależności arytmetyczne i funkcyjne, których składnikami mogą być liczby, parametry i funkcje**

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

1.7.4. OBLICZANIE WARTOŚCI WYRAŻEŃ

Obowiązuje powszechnie przyjęta konwencja obliczania wartości wyrażeń liczbowych deklarowanych w postaci rozbudowanych wyrażeń arytmetycznych i funkcyjnych. Dotyczy to zarówno kolejności wykonywania działań jak również sposobu stosowania nawiasów.

Przykładowo: $R99 = R88 - R77 + R66 * R55 / R44 - R33$ jest liczone jako równoważne zapisowi:

$$R99 = R88 - R77 + (R66 * R55 / R44) - R33$$

W powyższym przykładzie zastosowanie nawiasów jest operacją zbędną. Natomiast przy bardziej złożonych strukturach jest to koniecznością.

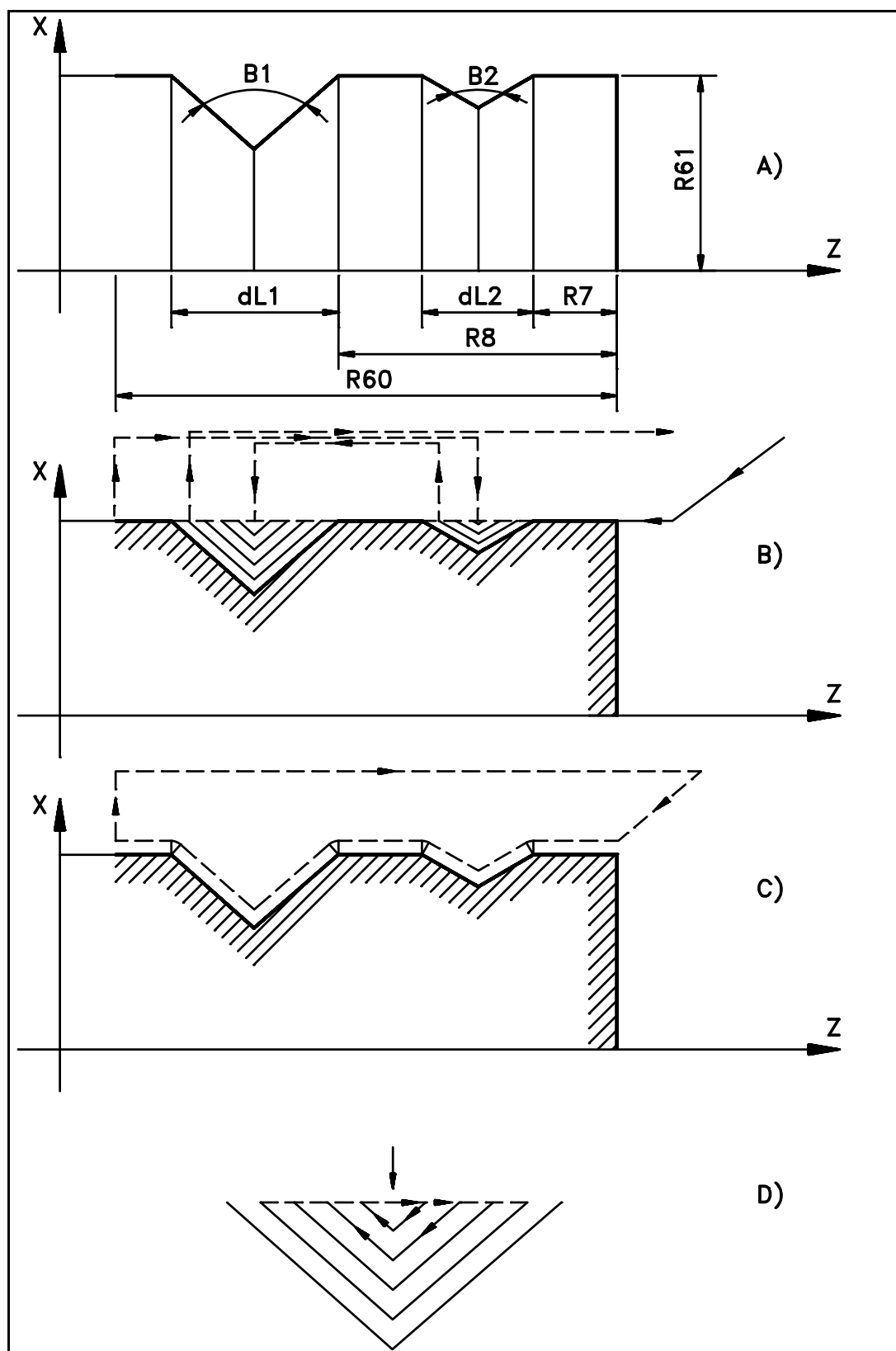
PRZYKŁAD SPARAMETRIZOWANEGO PROGRAMU: %MPF174 - Rys. 1.1

Tekst programu %MPF174 (i wywoływanego podprogramu %SPF222) może być częściowo niezrozumiały. Zawiera, bowiem struktury, które będą opisane w dalszej części instrukcji. W tym przypadku proponuje się aby dokładna analiza tekstu została przeprowadzona po zapoznaniu się z całością instrukcji programowania.

Program %MPF174 opisuje obróbkę wałka o promieniu R61 i długości R60 z wytoczonymi dwoma "wcięciami". Wcięcia te mają przekrój trójkąta równoramiennego o podstawach odpowiednio: dL1 i dL2 oraz kątach przeciwległych podstawom odpowiednio: B1 i B2.

Przyjęte wartości parametrów:

- długość wałka:	R60 = 90	
- promień wałka:	R61 = 35	
- podstawy dL1/dL2:	R30 = 20	(dla dL1)
	R30 = 30	(dla dL2)
- kąt rozwarcia B1/B2:	R99 = 2*PI/3	(dla dL1)
	R99 = 98*PI/180	(dla dL2)
- odległ. wcięcia "dL1"		
od czoła wałka:	R8 = 50	
- odległ. wcięcia "dL2"		
od czoła wałka:	R7 = 15	
- głębokość zbieranej		
warstwy:	R12 = 1.5	(dla dL1)
	R12 = 2	(dla dL2)



Rys. 1.1
%MPF124 - Przykład programowania parametrycznego

TEKST PROGRAMU:

%MPF174
N90 R60=90 R61=35 R7=15 R8=15 R30=20
N100 G90 G0 D201 XR61 ZR20
N105 S500 M3
N110 G95 G0 Z-R60 F5.5
N120 G0 XR61+10
N125 Z-(R7+R30/2)
N126 XR61+2
N130 G1 XR61 F.5
N135 R11=0 R15=0 R99=2*PI/3 R25=TAN(R99/2)
N136 R12=1.5 R20=R12*R25
N140 L222
N145 R30=30
N150 G90 G0 XR61+10
N160 Z-(R8+R30/2)
N161 XR61+2
N170 G1 XR61 F.5
N180 R11=0 R15=0 R99=98*@0/180 R25=TAN(R99/2) (@0 --> PI)
N181 R12=2 R20=R12*R25
N200 L222
N390 R99=2*PI/3 R30=20
N395 R26=1/TAN(R99/2) R19=R26*R30/2
N400 G90 G0 D02 XR61+10
N410 Z20 S500 F.5
N420 G1 G42 XR61 Z1
N430 Z-R7
N450 X(R61-R19) Z-(R7+R302)
N460 XR61 Z-(R7+R30)
N500 R99=98*PI/180 R30=30
N505 R26=1/TAN(R99/2) R19=R26*R30/2
N510 G0 Z-R8
N520 G1 XR61-R19 Z-(R8+R30/2)
N530 XR61 Z-(R8+R30)
N540 Z-R60
N550 G0 XR61+10
N560 G40 Z20
N570 M30

TEKST PODPROGRAMU:

%SPF222
N200 R11=R11+R12 R15=R15+R20 R31=R30/2
N220 G91 G1 ZR20 F500
N230 X-R11 Z-R15
N240 XR11 Z-R15
N250 R11=R11+R12 R15=R15+R20
N260 H2+230=R15=R31
N270 G0 Z2*(R15-R20-0.2)

KOMENTARZ

Po wstępnym wyrównaniu powierzchni wałka (blok N110) następuje doprowadzenie narzędzia do środka symetrii pierwszego wcięcia (bloki: N125 i N130). Podstawienie parametrów wykonywane jest w blokach: N135 i N136. Następnie w bloku N135 wywoływany jest podprogram SPF222.

Podprogram SPF222 opisuje zbieranie kolejnych warstw - patrz Rys.1.1B i Rys.1.1D. Przyrost zagłębienia między kolejnymi warstwami jest stały i określony przez parametr R12. W trakcie wykonywania podprogramu sterowane są ruchy robocze narzędzia wzdłuż boków trójkątów równoramiennych, w których współrzędne wierzchołków określone są przez parametry R11 i R15. Po każdorazowym dojściu noża do powierzchni walcowej liczone są nowe pary współrzędnych R11 i R15, wprowadzając kolejne zagłębienia noża o wartość R12 (blok N250). Jeśli policzone wymiary są mniejsze od końcowych - wykonywany jest kolejny cykl toczenia. Jeśli natomiast przekroczony by został wymiar końcowy to następuje wyjście z cyklu - skok do bloku N330 i powrót do programu głównego.

Po zgrubnym toczeniu pierwszego " wcięcia " następuje podstawienie nowych wartości parametrów i doprowadzenie narzędzia do środka symetrii drugiego "wcięcia" (bloki od N145 do N181), a następnie ponowne wywołanie podprogramu SPF222. Po wykonaniu podprogramu następuje ponowny powrót do programu głównego. Następuje teraz toczenie końcowe (od bloku N390). Włączone zostają odpowiednie obroty wrzeciona S i posuw synchroniczny F, a także zostaje wprowadzona kompensacja promienia ostrza noża G42 (blok N420). Wykonywane jest toczenie końcowe na pożądaną wymiar. Tor środka krzywizny ostrza noża pokazano na Rys. 1.1C.

1.8. ROZGAŁĘZIENIA PROGRAMU (SKOKI)

Rozkazy rozgałęzienia (skoki) umożliwiają zmianę kolejności wykonania programu.

Listę instrukcji tworzą:

- jedna instrukcja bezwarunkowa
- sześć instrukcji warunkowych

Warunkiem wykonania instrukcji skoku jest wynik porównania dwóch argumentów, 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

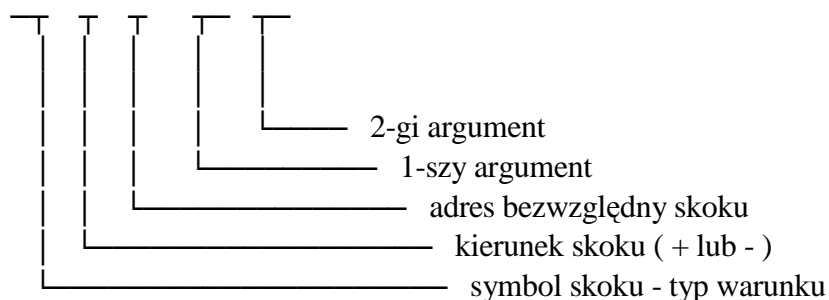
H4 lub HLE - skok przy spełnionym warunku $R1 \leq R2$
tzn. R1 mniejsze lub równe R2

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

- Po literze H stanowiącej symbol skoku należy wpisać cyfrę lub litery zgodnie z **Wykazem Instrukcji** określające typ warunku
- znak + lub – określa kierunek szukania docelowego bloku.
Znak + kieruje operację szukania w stronę końca programu, znak – w stronę początku programu.
- adres bezwzględny skoku: maksimum 4-ry cyfry dziesiętne,
- zgodnie z formatem dane należy rozdzielać separatorem, którym jest znak: =,
- argumentami Instrukcji w powyższych przykładach są parametry R1 i R2. Traktować to należy tylko jako przykład, gdyż Argumentami w ogólnym przypadku mogą być: **dowolne wyrażenia zawierające zależności arytmetyczne i funkcyjne, których składnikami mogą być liczby, parametry i funkcje,**
- 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.

PRZYKŁAD SKOKU BEZWARUNKOWEGO " w przód "

N10
.....
N100H0+305
.....
N305.....
.....

PRZYKŁAD SKOKU BEZWARUNKOWEGO " wstecz "

N20
.....
N120.....
.....
N300H0-20
.....

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 630 T pozwala sterować:

- dwie osie liniowe Z i X,
- wrzeciono,

Kierunki i zwroty osi **Z** i **X** określają: PN 84 M55251 i Standard ISO 841.

Kierunek osi Z jest równoległy do osi wrzeciona. Za **dodatni** przyjmuje się zwrot, przy którym zwiększa się odległość między narzędziem i przedmiotem obrabianym. W przypadku tokarki zwrot dodatni skierowany jest "od uchwytu do konika".

Kierunek osi X jest promieniowy w stosunku do przedmiotu i równoległy do poprzecznych prowadnic suportu. **Zwrot osi X** przyjmuje się za **dodatni**, gdy narzędzie zamocowane w głównym imaku nożowym (lub głowicy rewolwerowej) wycofuje się od osi obrabianego przedmiotu. Zwrot zależny jest, zatem od konstrukcji tokarki.

UWAGA - można tu wyróżnić trzy przypadki:

Tokarka przeznaczona do obróbki " za osią wrzeciona "

Kierunki i zwroty osi Z X pokazano na Rys. 3.1A (rozdz. 3.3) oraz na Rys. 3.5A i Rys. 3.20 A i B. Na rysunkach tych zwrot dodatni osi X został skierowany "do góry". Można przyjąć (z pewnym przybliżeniem), że tak widzi to operator tokarki patrząc na obrabiany przedmiot.

Tokarka przeznaczona do obróbki " przed osią wrzeciona "

Kierunki i zwroty osi Z X pokazano na Rys. 3.1B (rozdz. 3.3) oraz na Rys. 3.5B i Rys. 3.20 C i D. Na rysunkach tych zwrot dodatni osi X został skierowany "do dołu". Można przyjąć (z pewnym przybliżeniem), że tak widzi to operator tokarki patrząc na obrabiany przedmiot.

Tokarka umożliwiająca obróbkę " zarówno za jak i przed osią wrzeciona "

W tym przypadku, **jeden ze zwrotów musi być wybrany jako zwrot dodatni**. Zgodnie z normą powinien to być zwrot wyznaczony przez imak nożowy (lub głowicę rewolwerową) przyjęty za główny. Można w tym przypadku mówić, że tokarka ma dodatni zwrot w osi X "tak jak tokarka do obróbki za osią" lub "tak jak tokarka do obróbki przed osią".

Dodatni zwrot w kierunku osi X jest parametrem stałym dla danej tokarki i określony jest w parametrach maszynowych.

Zwrot w kierunku osi X musi być uwzględniony przy interpretacji funkcji:

- **G02 i G03** określających kierunek ruchu wzdłuż łuku okręgu - patrz roz. 3.4.3 Rys. 3.5,

- **G41 i G42** określających stronę, po której (w przypadku kompensacji promienie ostrza noża) usytuowany jest tor środka krzywizny ostrza noża względem konturu obrabianego detalu - patrz rozdz.3.8.2 Rys. 3.20,

oraz

- Przy wpisie odpowiedniej cyfry (**od 1 do 8**) w pole **P1** korektora narzędzia, a określającej kierunek ostrza noża - patrz rozdz. 3.8.4 Rys.3.23.

UWAGI dotycząca interpretacji funkcji: G2, G3, G41 i G42

Jednoznaczna interpretacja funkcji **G02, G03, G41 i G42** zgodnie PN 73/M 55256 może być wykonana tylko w przypadku, gdy zwrot osi X został wybrany tak jak dla tokarki do obróbki "za osią wrzeczona" - patrz Rys. 3.5A, Rys. 3.20A i 3.20B. W przypadku przeciwnym (patrz Rys. 3.5B, Rys. 3.20C i 3.20D) interpretacja zgodna z w/w normą może prowadzić do dwuznaczności. Wynika to prawdopodobnie i z tego, że norma ISO 1056 stanowiąca pierwowzór dla PN 73/M 55256 (patrz rozdz. 1.2) została unieważniona i opracowywana jest nowa norma ISO, a nadal obowiązująca przestarzała już PN 73/M 55256 nie zawiera jednoznacznych interpretacji w/w funkcji G, w przypadku gdy ruch wykonywany jest na płaszczyźnie. Dlatego zdecydowano, że do czasu opracowania nowych norm w/w funkcje G będą interpretowane zgodnie z intencją, która może wynikać ze starych norm oraz zgodnie ze sposobem interpretacji stosowanym w innych systemach sterowania numerycznego, jak np. w systemie SINUMERIK.

Zrezygnowano z interpretacji funkcji **G2 i G3** tak jak określają to w/w normy, zgodnie z którymi:

Funkcja **G2** określa kierunek łuku zgodny z kierunkiem ruchu wskazówek zegara - **CW**,
Funkcja **G3** określa kierunek łuku przeciwny do kierunku ruchu wskazówek zegara - **CCW**.

Przyjęto zasadę, że funkcje G2 i G3 będą interpretowane w odniesieniu do kierunku, w którym należy obrócić oś Z o kąt $\Pi/2$, tak aby pokryła się dokładnie z osią X - **patrz Rys. 3.5**

Funkcja G3 określać będzie kierunek łuku zgodny z tak zdefiniowanym kierunkiem obrotu osi Z
Funkcja G2 określać będzie kier. łuku przeciwny do tak zdefiniowanego kierunku obrotu osi Z

Zrezygnowano z interpretacji funkcji **G41 i G42** tak jak określają to w/w normy, zgodnie z którymi:

Funkcja G41 oznacza, że tor środka krzywizny ostrza noża znajduje się po lewej stronie konturu (patrząc zgodnie z ruchem noża)

Funkcja G42 oznacza, że tor środka krzywizny ostrza noża znajduje się po prawej stronie konturu (patrząc zgodnie z ruchem noża)

Przyjęto jako zasadę, że funkcje **G41 i G42** będą interpretowane tylko na podstawie Rys. 3.20 (patrz rozdz. 3.8.2)

3. FUNKCJE PRZYGOTOWAWCZE G.

3.1. WPROWADZENIE

Funkcje przygotowawcze G określają wszystkie istotne cechy geometrii toru obróbki (poza wymiarami określonymi przez słowa X,Z 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.

System PRONUM wyróżnia dwa typy funkcji **G**, a mianowicie:

- Funkcje Gxx (dwucyfrowe) - zgodnie ze standardem ISO,
- Funkcje Gxxx (trzycyfrowe) - funkcje specjalne stanowiące specyfikę systemów PRONUM 600

Funkcje G podzielone zostały na grupy (patrz skrócona informacja dla użytkownika - strony D2 i D3). Podziałem tym objęto również funkcje pojedyncze, nie tworzące grup. Wyróżniono tylko jedną taką funkcję: G4 . 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 następnych, 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. Funkcje te wyróżniono dodatkowym znakiem • umieszczanym po symbolu funkcji.

Wszystkie funkcje nie modalne 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 (w systemie metrycznym).
- G70** - wszystkie dane wymiarowe i słowo F określone są odpowiednio w calach lub cal/min (w systemie calowym).

Po włączeniu lub zerowaniu układu sterowania aktywna jest Funkcja **G71**. (Fakt ten wyróżniona symbolem: ●)

W przypadku użycia w programie wymiarowania calowego należy w pierwszym bloku programu zadeklarować funkcję G70. Należy pamiętać o różnicy formatu informacji dla każdej z w/w funkcji - patrz rozdz. 1.3. W przypadku programowania calowego należy stosować programowanie absolutne **G90** (patrz roz. 3.3) Programowanie we współrzędnych przyrostowych G91 dopuszcza się jedynie w szczególnie uzasadnionych przypadkach. **Tę możliwość należy sprowadzić do niezbędnego minimum.**

3.3. FUNKCJE WYMIAROWANIA WSPÓŁRZĘDNYCH - G90/G91

W skład tej grupy wchodzi dwie funkcje **modalne** określające sposób wymiarowania współrzędnych odcinka prostej lub łuku okręgu.

- G90●** - programowanie absolutne,
- G91** - programowanie przyrostowe.

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

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

PROGRAMOWANIE ABSOLUTNE – G90

W przypadku **programowania absolutnego** odcinki toru a ściślej, punkty końcowe odcinków toru są określane względem aktualnego układu współrzędnych programu. Początek tego układu współrzędnych nazywany będzie **Bazą lub Zerem Programu** - patrz rozdz. 3.6. Użyto określenia " **aktualnego układu współrzędnych** ", gdyż układ współrzędnych może być przesuwany (funkcja G92) w trakcie programu.

PRZYKŁAD PROGRAMOWANIA ABSOLUTNEGO :

Przykład odnosi się do fragmentu konturu przedmiotu przedstawionego na Rys. 3.1. Część A odnosi się do przypadku tokarki do obróbki "za osią wrzecioną", natomiast część B do tokarki do obróbki "przed osią wrzecioną".

Na Rys.3.1 oznaczono:

- | | |
|-----------------------|--|
| - O1 (O2) | Początek układu współrzędnych maszynowych |
| - ZP (zero programu) | Punkt ten przyjęto za początek układu współrzędnych programu |
| - PP (p-kt początek.) | Punkt, od którego rozpoczyna się ruch. |

.....
N300 G90 G1 Z-30
N302 X50 Z-60
N304 Z-120
N306 X30 Z-150
N308 Z-180
.....

PROGRAMOWANIE PRZYROSTOWE - G91

W przypadku **programowania przyrostowego** odcinki toru, a ściślej punkty końcowe odcinków toru określane są względem układu współrzędnych, którego początek pokrywa się z początkiem tego odcinka. Układ współrzędnych przesuwany jest w trakcie programu tak, że jego początek pokrywa się z początkiem programowanego odcinka.

PRZYKŁAD PROGRAMOWANIA PRZYROSTOWEGO:

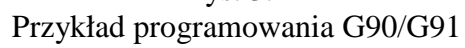
Przykład odnosi się do fragmentu konturu przedmiotu przedstawionego na Rys. 3.1.

.....
N300 G91 G1 Z-30
N302 X20 Z-30
N304 Z-60
N306 X-20 Z-30
N308 Z-30
.....

UWAGA: Wymiary w osi **X** mogą być określane jako **promień** lub **średnica** obrabianego przedmiotu. **Zalecany jednak i częściej stosowanym sposobem wymiarowania jest wymiarowanie promienia.** Sposób wymiarowania określony jest poprzez Parametry Maszynowe - patrz INSTRUKCJA INSTALACJI PRONUM 630T. Wymiarowanie średnicy dotyczy tylko programowania absolutnego - **G90**. Jeśli nawet w parametrach maszynowych ustawiony zostanie sposób " programowanie średnicy ", to i tak w przypadku programowania przyrostowego **G91** liczba zapisana pod adresem X określać będzie zmianę promienia. W przypadku wymiarowania średnicy **Zero Programu** dla osi **X** musi leżeć na osi wrzeciona.

Przykład programowania średnicy - Rys. 3.1

.....
N300 G90 G1 Z-30
N302 X100 Z-60
N304 Z-120
N306 X60 Z-150
N308 Z-180
.....



3.4. FUNKCJE KSZTAŁTU TORU I RODZAJU POSUWU (G0, G1, G2, G3, G10, G11, G33, G34, G35)

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

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

G0 i G10 - szybki ruch ustawczy

G1 i G11 - ruch roboczy, posuw F5

Funkcje programujące ruch roboczy wzdłuż łuków okręgu (funkcje interpolacji kołowej)

G3 - kierunek łuku okręgu zgodny z kierunkiem, w którym należy obrócić oś Z o kąt $\Pi/2$, tak aby pokryła się z osią X - **patrz Rys. 3.5**

G2 - kierunek łuku okręgu przeciwny do kierunku, w którym należy obrócić oś Z o kąt $\Pi/2$, tak aby pokryła się z osią X - **patrz Rys. 3.5**

Funkcje gwintowania synchronicznego

G33 - gwintowanie ze stałym skokiem

G34 - gwintowanie ze skokiem narastającym

G35 - gwintowanie ze skokiem malejącym

Po włączeniu lub zerowaniu układu sterowania aktywna jest funkcja **G1**.

ZASADY SKRÓCONEGO ZAPISU WSPÓŁRZĘDNYCH

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

Nie wymaga się programowania parametrów IK przybierających wartości zerowe. Dotyczy to programowania przyrostowego - G91 i absolutnego - G90,

W przypadku programowania przyrostowego współrzędne XZ przybierające wartości zerowe mogą być pominięte,

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

Ponadto prędkość F zaprogramowana w jednym bloku zachowuje wartość dla bloków następnych. Programuje się wyłącznie zmianę prędkości. Funkcje G0 i G10 nie zmieniają zaprogramowanej poprzednio prędkości F. Np. " blok G1 " programowany bezpośrednio po " bloku G0 " nie wymaga deklaracji prędkości, F, jeśli prędkość F została już poprzednio zaprogramowana

3.4.1. FUNKCJE RUCHU USTAWCZEGO - G0/G10

Programowanie tych funkcji wymaga podania składowych wektora przesunięcia (przypadek G0) lub danych niezbędnych do obliczenia składowych (przypadek G10). Obie funkcje wywołują ruch wzdłuż odcinka prostej z maksymalną (dopuszczalną dla danej osi maszyny) prędkością szybkiego posuwu zapisaną w parametrach maszynowych. 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)

Funkcje G0 i G10 definiowane są w prostokątnym układzie współrzędnych XZ.

PROGRAMOWANIE FUNKCJI G0

FORMAT: N4 **G0** X+43 Z+43 *

Zaleca się stosowanie zapisu skróconego - patrz p.3.4

Przypadek wymiarowania przyrostowego G91

W bloku podaje się składowe wektora przesunięcia: X Z (patrz Rys.3.2 A). Układ współrzędnych związany z początkiem wektora .

Przykład bloku programu : N100 G0 G91 X-35 Z-25

Przypadek wymiarowania absolutnego G90

W bloku podaje się współrzędne punktu końcowego odcinka linii prostej odniesione do aktualnego układu współrzędnych programu (patrz Rys. 3.2 B). Początek układu współrzędnych zaznaczono na Rys. 3.2B jako punkt ZP.

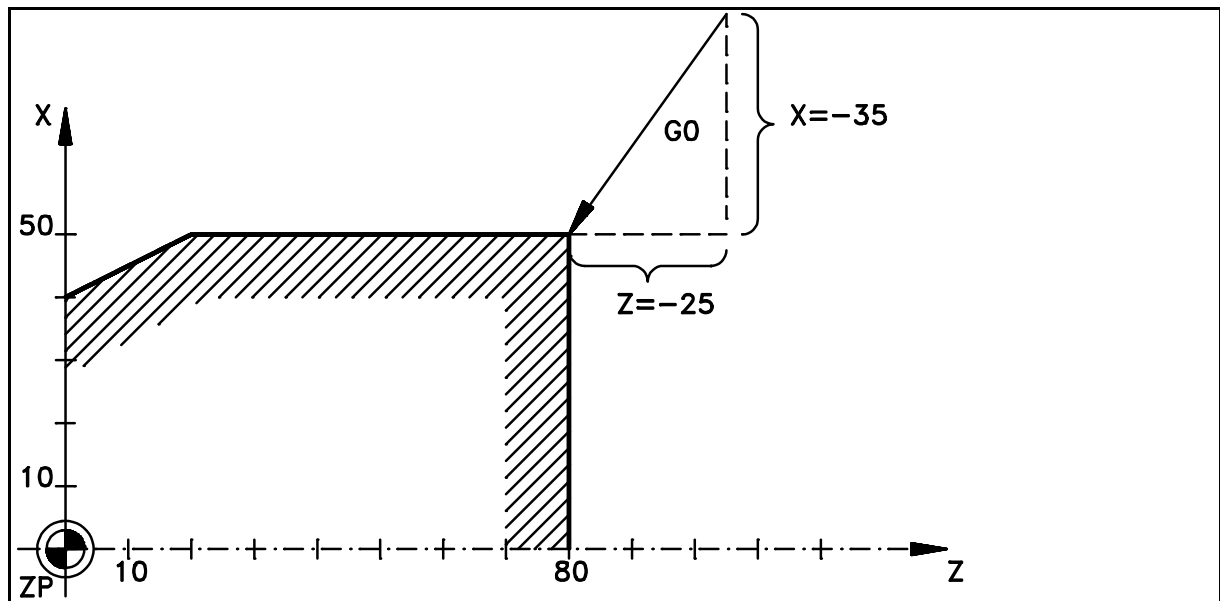
Przykład bloku programu : N110 G0 G90 X50 Z80

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

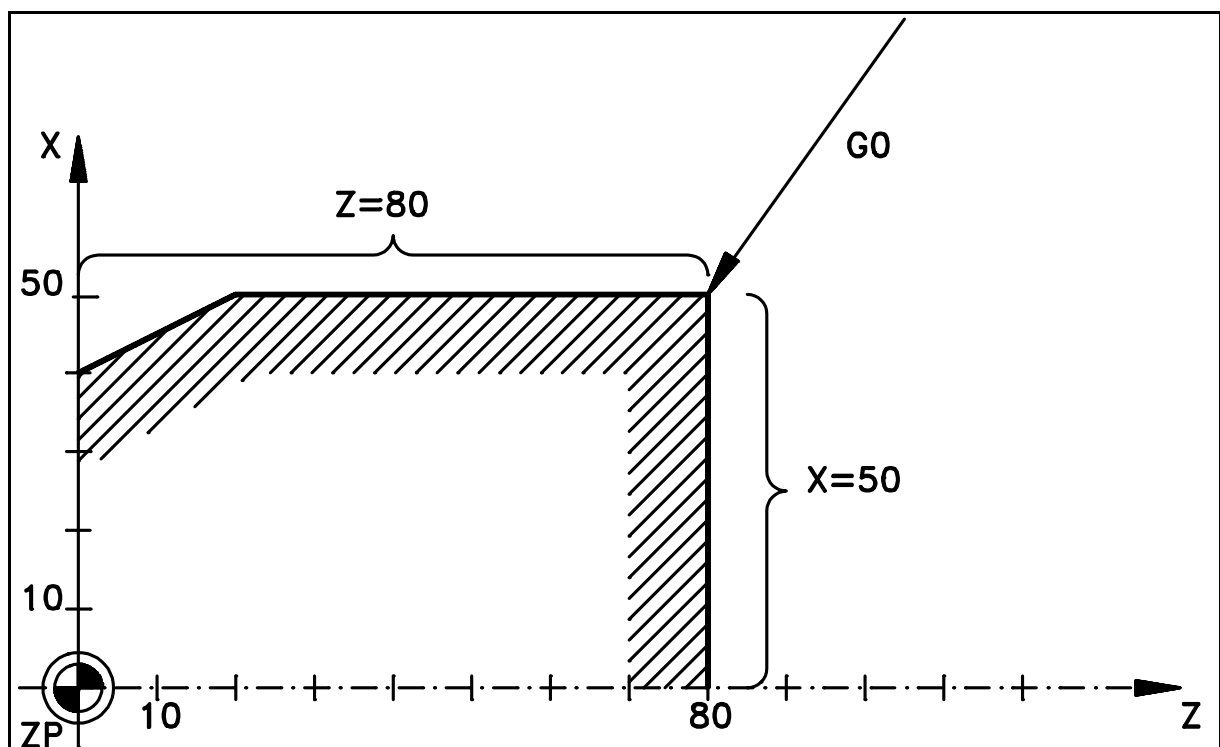
**od – 9999.999 do 9999.999 mm
z rozdzielczością 0.001 mm**

**lub od –389.9999 do 389.9999 cala
z rozdzielczością 0.0001 cala**

3. Funkcje przygotowawcze G



Rys. 3.2 A
Odcinek prostej G0 - wymiarowanie przyrostowe



Rys. 3.2 B
Odcinek prostej G0 - wymiarowanie absolutne

PROGRAMOWANIE FUNKCJI G10

FORMAT:

N4 G10 Z+43 X+43 Q43 A35 *

Zaleca się stosowanie zapisu skróconego - patrz p.3.4

Przypadek wymiarowania absolutnego G90 - patrz Rys. 3.3

W bloku programu należy podać następujące dane:

Współrzędne bieguna B i to w ściśle określonym porządku. Przyjęto, że pierwsza podana w bloku współrzędna Z lub X wyznacza oś biegunową względem której określany jest kąt nachylenia wektora wodzącego.

Współrzędne te należy określać w odniesieniu do aktualnego układu współrzędnych programu. Jeśli 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 (w tym przypadku format przyjmie postać skróconą: **N4 G10 Q43 A35 ***)

- Promień 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** ≥ 0 mierzony jest zgodnie ze skrętnością prostokątnego układu współrzędnych utworzonego przez współrzędne bieguna z uwzględnieniem kolejności, w jakiej je zapisano w bloku.

Współrzędne X,Z mogą być programowane 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 w zakresie:

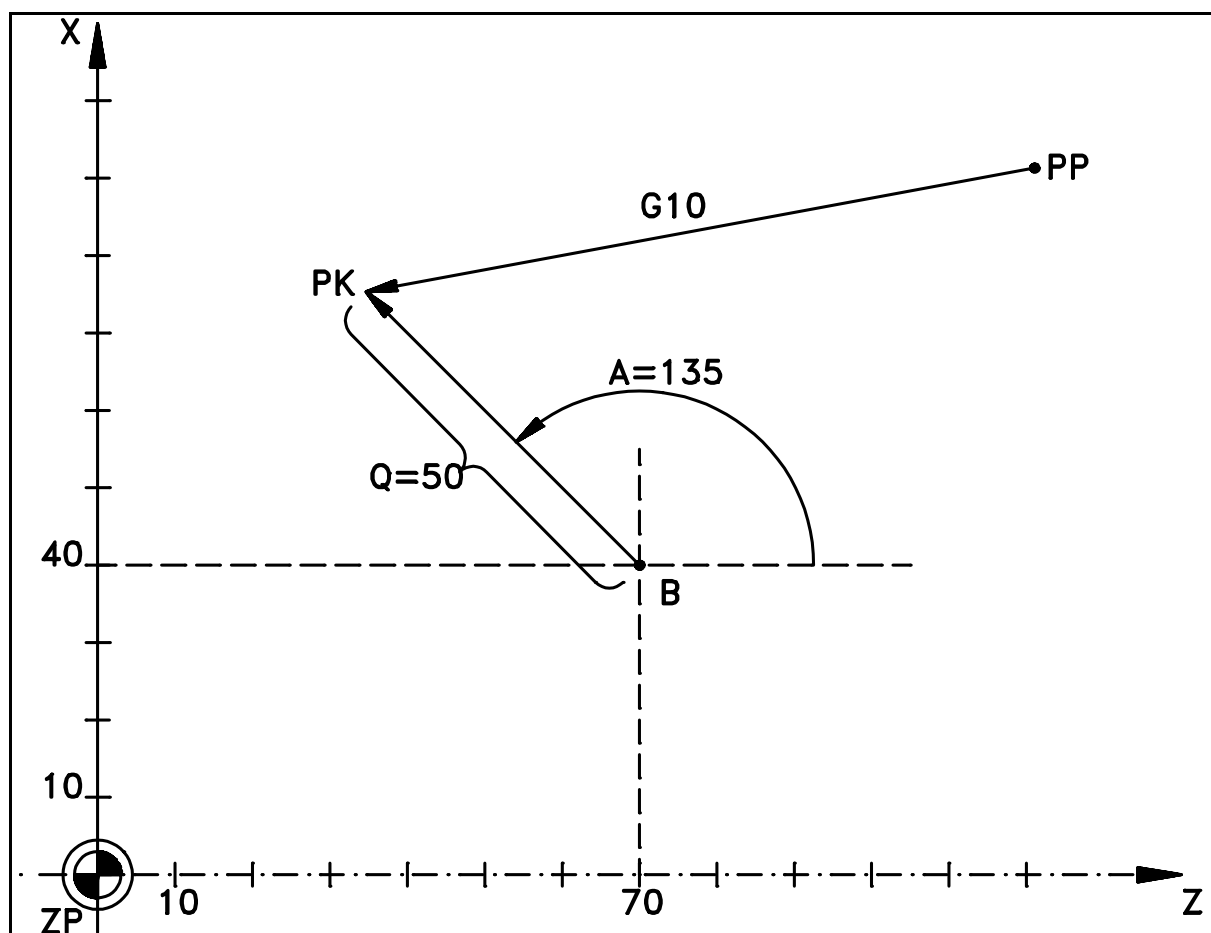
od 0.001 do 9999.999 mm lub 0.0001 do 389.9999 cala
z rozdzielczością 0.001 mm z rozdzielcz.0.0001 cala

Przykład bloku programu (Rys. 3.3.)

N120 G10 G90 Z70 X40 Q50 A135

Komentarz:

Współrzędne bieguna:	Z=70 X=40,
Promień wodzący:	Q=50,
Kąt:	A=135 stopni
B:	Biegun
PK:	Punkt końcowy ruchu G10
PP:	Punkt początkowy ruchu G10



Rys. 3.3
Programowanie odcinka prostej G10

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.

UWAGA: Sposób wykonania ruchu i osiągnięcie punktu końcowego w przypadku **G10** jest identyczny jak w przypadku **G0**. Różnica polega jedynie w sposobie definiowania punktu końcowego i wynikająca z tego różnica formatów zapisu danych.

3.4.2. FUNKCJE LINII PROSTEJ - G1/G11

FORMATY:

W przypadku, gdy aktywna jest funkcja G94

N4 **G1** X+43 Z+43 F5
N4 **G11** Z+43 X+43 Q43 A35 F5

W przypadku, gdy aktywna jest funkcja G95

N4 **G1** X+43 Z+43 F23
N4 **G11** Z+43 X+43 Q43 A35 F23

Zaleca się stosowanie zapisu skróconego - patrz p.3.4

Wykonanie bloków z zaprogramowanymi funkcjami G1 i G11 różni się od poprzednio opisanych przypadków (G0 i G10) wyłącznie tym, że ruch wykonywany jest z zaprogramowaną prędkością posuwu F5 lub F23.

Prędkość posuwu gdy **aktywna jest G94** może być programowana w zakresie:
od 1 do 12000 mm/min
(lub od 1 do 470 cal/min)

rozdzielczością: 1 mm/min
 (1 cal/min)

Prędkość posuwu gdy **aktywna jest G95** może być programowana w zakresie:
od 0.001 do 40 mm/obr.
(lub od .00001 do 1.55 cala/obr.)

z rozdzielczością: 0.001 mm/obr.
 (lub 0.0001 cal/obr.)

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

Przykłady programowania funkcji G1 zawarto w rozdziale 3.3 . Podano tam przykładowe teksty programów oraz Rys. 3.1 ilustrujący wykonanie programów.

PRZYKŁAD PROGRAMOWANIA FUNKCJI G11 - Rys. 3.4

Na Rys. 3.4 odcinki toru: P1P2, P2P3 i P3P4 są bokami sześciokąta foremnego. W tym przypadku wygodnie napisać ten fragment programu stosując programowanie biegunowe.

Tekst programu:

```
%MPF50
```

```
.....  
.....
```

```
N100 G0 Z200 X100
```

```
N110 G11 G90 F300 X100 Z100 Q50 A0 ( Punkt P1 )
```

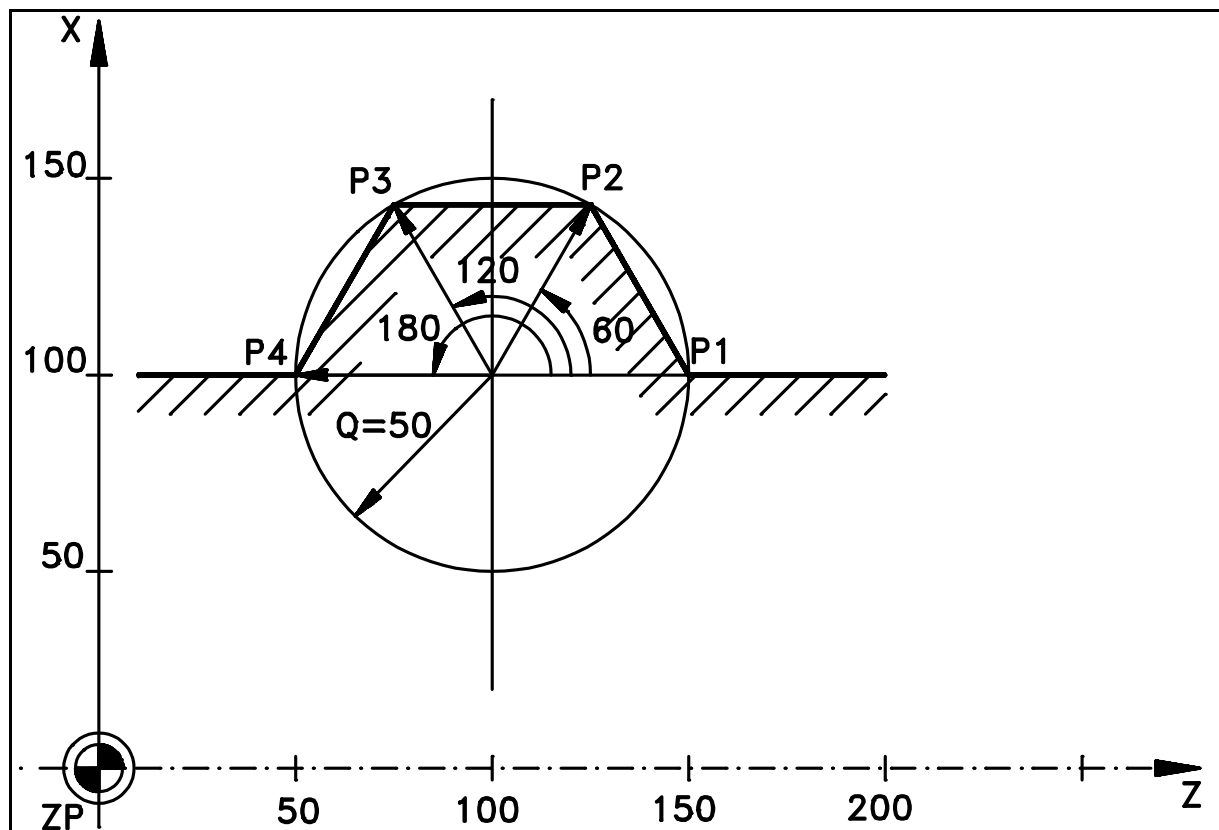
```
N120 A60 ( Punkt P2 )
```

```
N130 A120 ( Punkt P3 )
```

```
N140 A180 ( Punkt P4 )
```

```
N150 G1 Z10 X100
```

```
N160 M30
```



Rys. 3.4
Programowanie odcinka prostej G11

3.4.3. FUNKCJE ŁUKU OKRĘGU - G2/G3

FORMATY:

N4 **G2(lub G3)** X+53 Z+53 I+53 K+53 F5 (dla **G94**)

N4 **G2(lub G3)** X+53 Z+53 I+53 K+53 F23 (dla **G95**)

G3 - kierunek łuku okręgu zgodny z kierunkiem, w którym należy obrócić oś Z o kąt $\Pi/2$, tak aby pokryła się z osią X - **patrz Rys. 3.5**

G2 - kierunek łuku okręgu przeciwny do kierunku, w którym należy obrócić oś Z o kąt $\Pi/2$, tak aby pokryła się z osią X - **patrz Rys. 3.5**

F5 - prędkość posuwu (dla G94) w mm/min:

od 1 do 12000 mm/min z rozdzielcz. 1 mm/min

(lub od 1 do 470 cal/min z rozdzielcz. 1 cal/min)

F23 - prędkość posuwu (dla G95 i G96) w mm/obr.:

od 0.001 do 40 mm/obr. z rozdzielcz. 0.001 mm/obr.

(lub od .0001 do 1.55 cala/obr. z rozdzielcz. 0.0001 cal/obr.)

Wartość chwilowa prędkości wypadkowej jest stała i równa prędkości zapisanej w słowie **F**

I, K - parametry interpolacji określające współrzędne środka okręgu w stosunku do początku łuku (p. PP na Rys. 3.6) niezależnie od sposobu wymiarowania G90/G91.

Pokazuje to Rys. 3.6 na przykładzie łuku okręgu G2.

I - współrzędna środka łuku wzdłuż osi X

K - współrzędna środka łuku wzdłuż osi Z

X, Z - współrzędne końca łuku (p. PK na Rys.3.6) odniesione do:

- Początku łuku w przypadku **programowania przyrostowego - funkcja G91** (podobnie jak w przypadku parametrów: **I K**),

- Aktualnego układu współrzędnych programu w przypadku **programowania absolutnego - funkcja G90**.

System PRONUM 630 T umożliwia programowanie dowolnych łuków okręgu o promieniu:

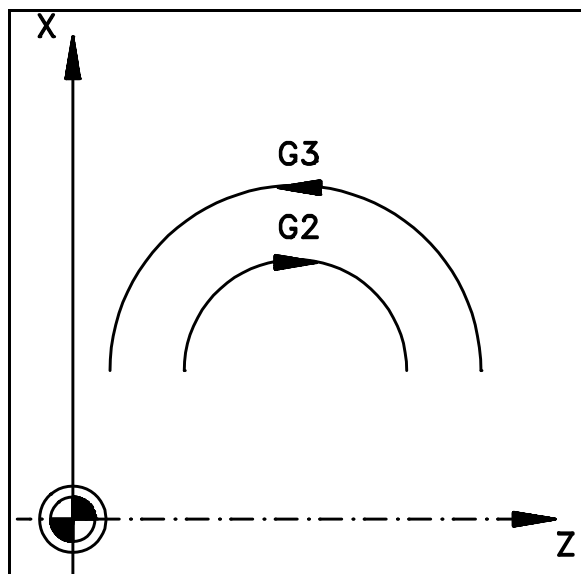
od 0.001 mm do 99999.999 mm lub od 0.0001 do 3899.9999 cala
z rozdzielczością 0.001 mm z rozdzielczością 0.0001 cala

w całym zakresie kąta pełnego.

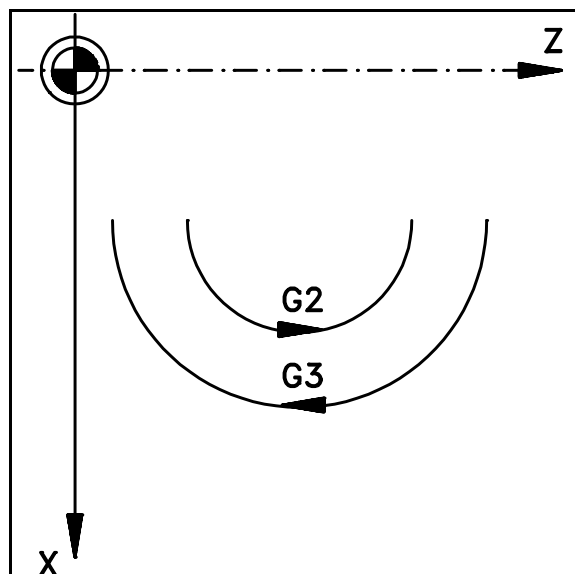
Współrzędne X Z mogą być programowane zgodnie z podanym formatem w zakresie:
od -9999.999 do 9999.999 mm /lub odpowiednio w calach/
z rozdzielczością 0.001 mm

Parametry **I K** mogą być programowane zgodnie z podanym formatem w zakresie: **od -99999.999 do 99999.999 mm /lub odpowiednio w calach/**
z rozdzielczością 0.001 mm

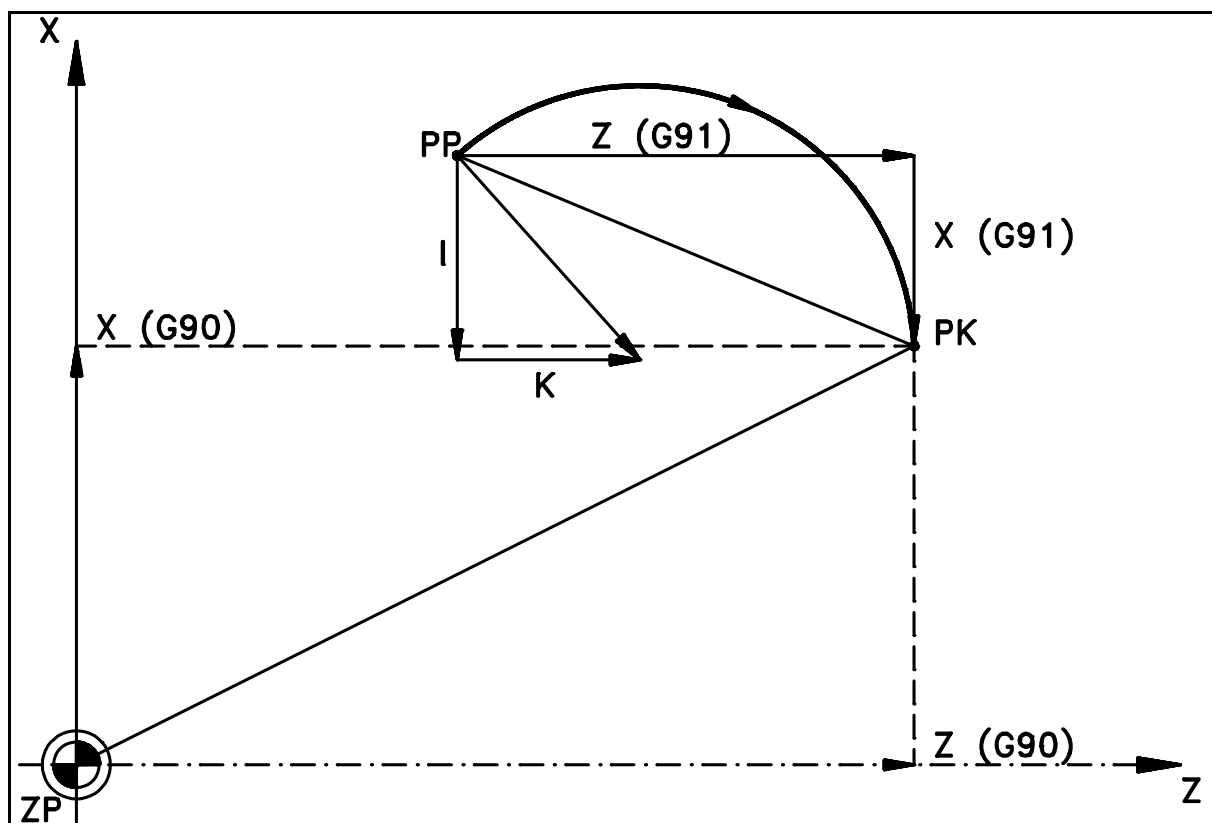
3. Funkcje przygotowawcze G



Rys. 3.5 A
Zwrot osi X jak w przypadku obróbki "za
osią wrzecioną"



Rys. 3.5 B
Zwrot osi X jak w przypadku obróbki
"przed osią wrzecioną"

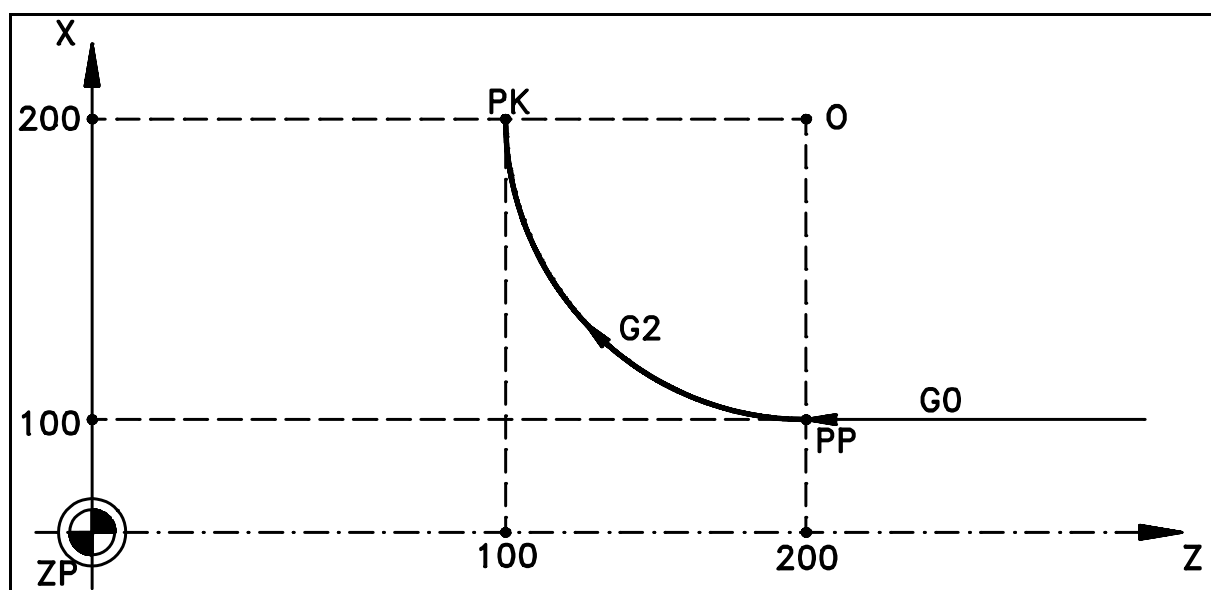


Rys. 3.6
Łuk okręgu - określenie parametrów IK i współrzędnych XZ

Przykłady programowania łuku okręgu

Przykład 1 (G91) - Rys. 3.7

```
.....  
N87 G0 G90 X100 Z200  
N88 G2 G91 F1200 X100 Z-100 I100  
.....
```



Rys. 3.7
Przykład programowania łuku okręgu

Przykład 2 (G90) - Rys. 3.7

```
.....  
N87 G0 G90 X100 Z200  
N88 G2 F1200 X200 Z100 I100  
.....
```

3.4.3.1. ŁUK OKRĘGU OKREŚLONY PRZEZ PROMIEŃ

FORMATY:

N4 **G2(lub G3)** X+43 Z+43 U+43 F5 * (dla **G94**)

N4 **G2(lub G3)** X+43 Z+43 U+43 F23 * (dla **G95**)

Zaleca się stosowanie zapisu skróconego - patrz p.3.4

Różnica w programowaniu łuku okręgu polega na tym, że zamiast parametrów **I K** programowany jest **promień łuku U** poprzedzony znakiem + lub – wg formatu: **U+43**.

Wszystkie pozostałe słowa zawarte w bloku definiujące łuk okręgu programowane są identycznie jak w przypadku opisanym poprzednio (patrz p. 3.4.3).

Dotyczy to: Funkcji przygotowawczych: G2,G3,G90,G91,
Współrzędnych końca łuku: X+43 Z+43,
Prędkości posuwu: F5 lub F23

UWAGA: Promień łuku **U** ma znak + lub – według następującej zasady:

- Promień **U** ma znak " + " gdy kąt środkowy łuku jest nie większy od 180 stopni.
- Promień **U** ma znak " – " gdy kąt środkowy łuku jest większy od 180 stopni, a mniejszy od 360 stopni.

Nie można programować pełnego łuku okręgu. Jest to zresztą, w przypadku tokarki problem czysto teoretyczny, trudny do praktycznej realizacji. Trudny do praktycznej realizacji jest również przypadek kąta środkowego większego od 180 stopni.

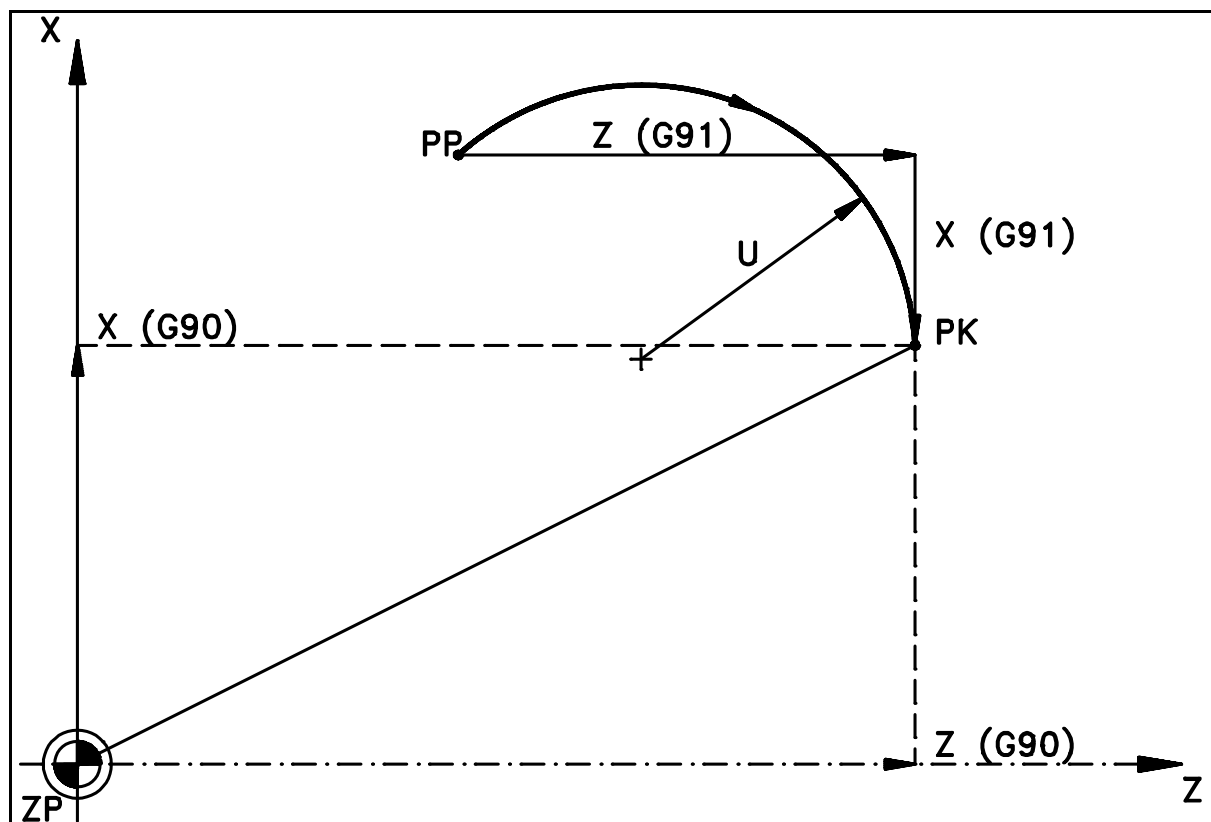
Przykłady programowania łuku okręgu

Przykład 1 (G91) - Rys. 3.8B

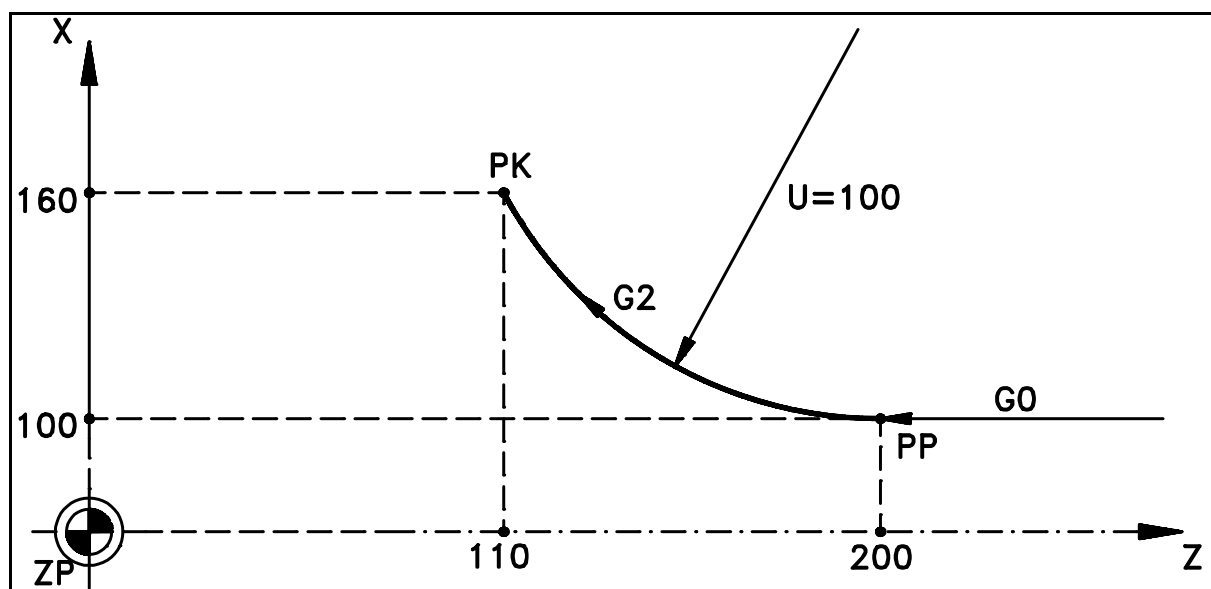
```
.....  
N87 G0 G90 X100 Z200  
N88 G2 G91 F1200 X60 Z-90 U100  
.....
```

Przykład 2 (G90) - Rys. 3.8B

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



Rys. 3.8 A
Łuk okręgu określony przez promień U



Rys. 3.8 B
Przykład programowania łuku za pośrednictwem promienia U

3.4.4 FUNKCJE GWINTOWANIA SYNCHRONICZNEGO (G33, G34, G35)

Gwintowanie synchroniczne może być wykonane na tokarce wyposażonej w przetwornik obrotowo - impulsowy na wrzecionie. Przyjmuje się standardową rozdzielczość 1024 imp./obrót. Ponadto przetwornik musi generować " znacznik " - jeden impuls na obrót.

Proces gwintowania synchronicznego polega na zachowaniu ścisłej zależności pomiędzy prędkością posuwu w osiach liniowych a obrotami wrzeciona.

W trakcie wykonywania operacji gwintowania zablokowane są w układzie sterowania Wszystkie operacje mogące spowodować zmianę obrotów wrzeciona lub prędkości posuwu, a mianowicie:

- procentowa zmiana prędkości obrotowej wrzeciona S,
- procentowa zmiana prędkości posuwu F,
- stop posuwu,
- praca " blok po bloku ".

PRONUM 630 T daje możliwość nacinania następujących rodzajów gwintów:

- wzdłuż osi wrzeciona - gwint wzdłużny
(tj. na powierzchniach cylindrycznych),
- wzdłuż tworzącej stożka - gwint stożkowy,
- wzdłuż osi prostopadłej do wrzeciona - gwint płaski
(tj. na powierzchniach czołowych wałków lub tarcz),
- prawoskrętnych i lewoskrętnych,
- jednozwojnych i wielozwojnych,
- ze stałym skokiem,
- ze zmiennym skokiem - narastającym lub malejącym.

3.4.4.1 PROGRAMOWANIE. PODSTAWOWE PARAMETRY. DEFINICJE.

Skok gwintu może być programowany w zakresie:

od 0.001 do 1000 mm z rozdzielczością 0.001 mm
od 0.0001 do 40 cali z rozdzielczością 0.0001 cala

Skok gwintu mierzony w osi Z programowany jest w słowie K
Skok gwintu mierzony w osi X programowany jest w słowie I

W przypadku gwintu na stożku programowana jest tylko jedna (większa) składowa skoku zgodnie z zasadą:

gdy: **PZ** >= **PX** skok programowany jest w słowie K
PZ < **PX** skok programowany jest w słowie I

gdzie: PZ, PX - wartości bezwzględne przesunięć w osiach Z X.

Zmiana skoku gwintu programowana jest w słowie F w zakresie:

od 0.001 do 100 mm z rozdzielczością 0.001 mm
od 0.0001 do 4 cali z rozdzielczością 0.0001 cala

Długość gwintu programowana jest (w zależności od kierunku nacinania gwintu) pod adresami **Z** i/lub **X** tak, jak w przypadku programowania przesunięć liniowych G1. Dotyczy to zarówno zakresu jak i znaków liczb programowanych pod adresami **Z** i **X**. Współrzędne **Z** i **X** można programować jako wartości absolutne G90 lub przyrostowe G91.

Właściwą **Skretność gwintu** uzyskuje się przez dobór kierunku obrotów wrzeciona i/lub zwrotu przesuwu suportu.

-kierunek obrotów wrzeciona określają funkcje pomocnicze M3 lub M4 programowane łącznie z funkcją S określającą wartość prędkości obrotowej wrzeciona.

M3 - kierunek zgodny z ruchem wskazówek zegara (CW)

M4 - kierunek przeciwny do ruchu wskazówek zegara (CCW)

- zwrot przesuwu suportu określają znaki liczb zaprogramowanych pod adresami **Z** i/lub **X**.

Gwint wielozwojny uzyskuje się poprzez przesunięcie kolejnych punktów startu operacji nacinania kolejnych nitek gwintu, wzdłuż linii gwintu o stałą wartość, równą ilorazowi skoku gwintu przez liczbę określającą liczbę zwojów (patrz PRZYKŁAD 3).

Uwaga: Nacinanie wszystkich nitek gwintu wielozwojnego musi być wykonane z taką samą prędkością obrotową S.

Przed rozpoczęciem operacji gwintowania (wcinania się noża w materiał - w nitkę gwintu) należy zapewnić warunki, w których osiągnięte zostaną:

- stabilne obroty wrzeciona,
- stabilny uchyb nadążania osi liniowych obrabiarki.

W tym celu należy:

Prędkość obrotową wrzeciona S i odpowiednią funkcję M3/M4 zaprogramować w bloku poprzedzającym ruch szybkiego pozycjonowania do punktu startu gwintowania.

Każdy odcinek toru zawierający funkcję G33/G34/G35 należy zaprogramować z uwzględnieniem **drogi dobiegu i drogi wybiegu** noża do/od materiału tak, aby nóż docierał do materiału po czasie nie krótszym niż 0.25 sekundy, a odejście noża wykonane zostało poza materiałem.

Droga dobiegu zależna jest od prędkości obrotowej S i skoku gwintu SK. Można ją wyznaczyć z zależności:

$$\text{droga dobiegu} \geq 0.0042 * S * SK$$

Proces nacinania każdej nitki gwintu wykonywany jest w kilku przejściach. Przy każdym (poza ostatnim) kolejnym przejściu następuje zwiększenie głębokości wcięcia. Stosowane są dwie podstawowe metody zmiany głębokości wcięcia, a mianowicie:

- metodą wcinania prostopadłego do linii gwintu,
- metoda wcinania po stycznej do ścianki nitki gwintu

Nacinanie gwintu metodą wcinania prostopadłego

Metoda ta polega na przesuwaniu punktu startu gwintowania PS, w kolejnych przejściach wzdłuż jednej osi: osi X lub osi Z. W przypadku gwintu wzdłużnego punkt startu przesuwany jest wzdłuż osi X (patrz Rys. 3.9), a w przypadku gwintu płaskiego wzdłuż osi Z (Patrz Rys. 3.13). Zagłębianie noża w nitkę gwintu, dla dwóch kolejnych przejść pokazuje Rys.3.10A. Na rysunku tym dX1 i dX2 są kolejnymi przyrostami zagłębiania noża w kierunku osi X.

Nacinanie gwintu metodą wcinania po stycznej do ścianki nitki gwintu

Metoda ta polega na przesuwaniu punktu startu gwintowania PS, w kolejnych przejściach wzdłuż linii równoległej do ścianki nitki gwintu. W tym przypadku punkt startu przesuwany jest w obu osiach jednocześnie (patrz Rys. 3.11). Zagłębianie się noża w nitkę gwintu, dla dwóch kolejnych przejść pokazuje Rys. 3.10B. Na rysunku tym dX1 i dX2 są kolejnymi składowymi przyrostów zagłębiania się noża w kierunku osi X, a dZ1 i dZ2 kolejnymi składowymi przyrostów zagłębiania się noża w kierunku osi Z.

3.4.4.2 NACINANIE GWINTU O STAŁYM SKOKU

FORMATY:

GWINT WZDŁUŻNY (nacinany w kierunku osi wrzeciona)

N4 G33 G90 (G91) Z+43 K33

GWINT PŁASKI (nacinany w kierunku prostopadłym do osi wrzeciona)

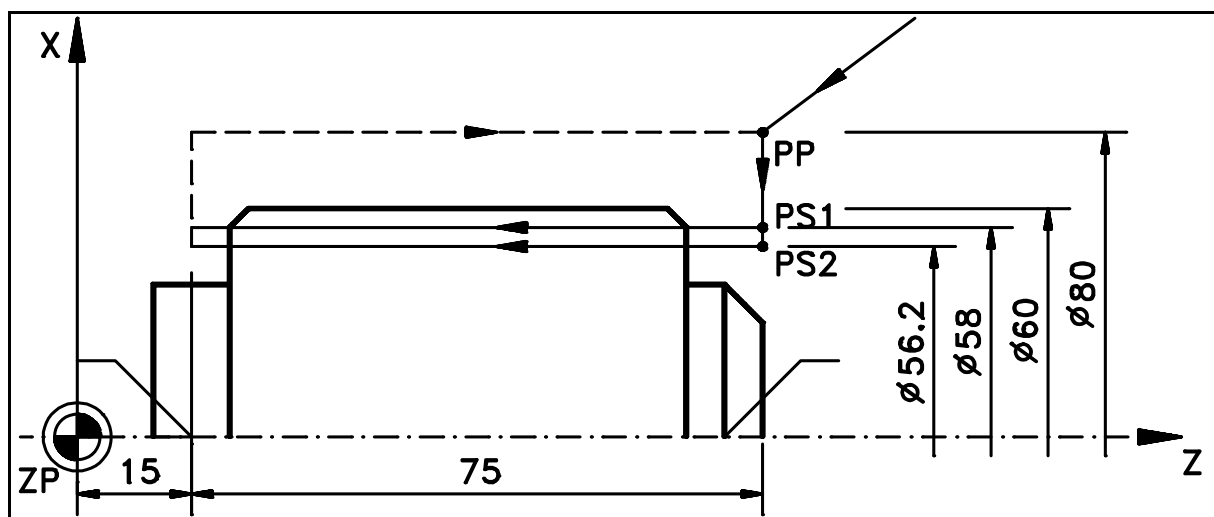
N4 G33 G90 (G91) X+43 I33

GWINTY NA STOŻKU

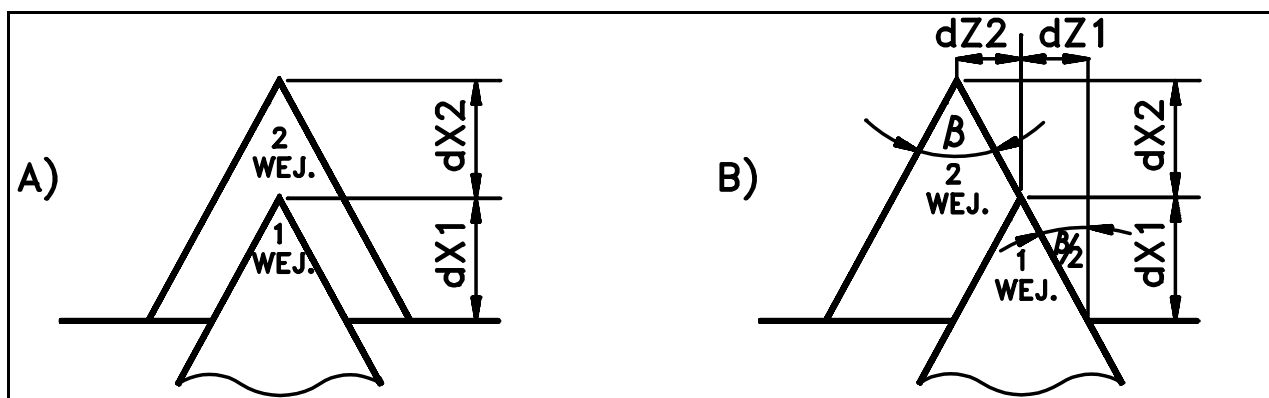
N4 G33 G90 (G91) Z+43 X+43 K33 gdy: $PZ \geq PX$

N4 G33 G90 (G91) Z+43 X+43 I33 gdy: $PZ < PX$

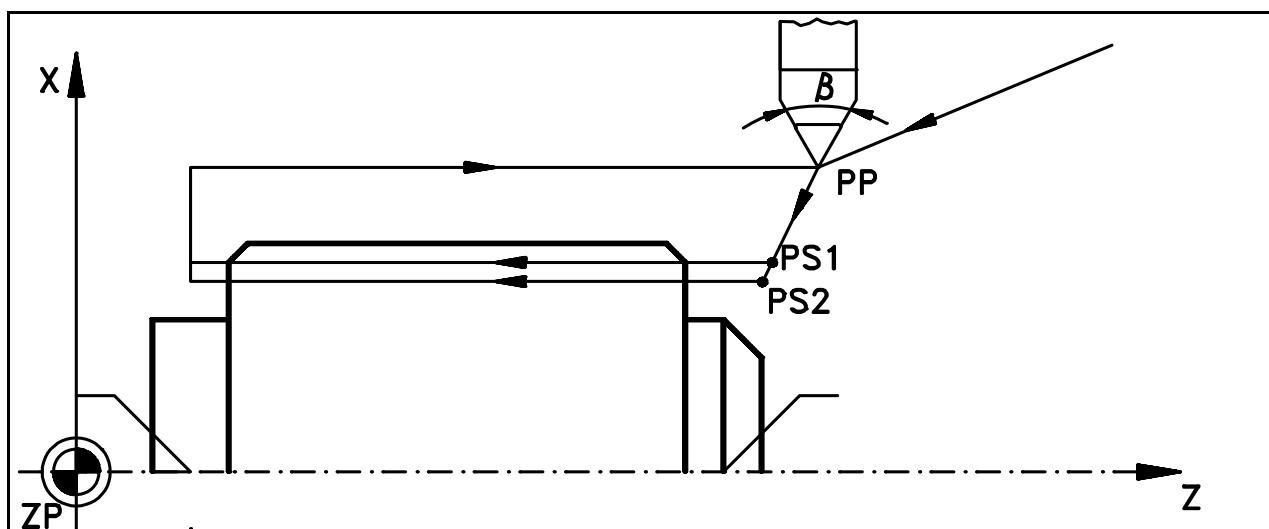
gdzie: PZ, PX - wartości bezwzględne przesunięć w osiach Z X



Rys. 3.9 Nacinanie gwintu metodą wcinania prostopadłego



Rys. 3.10 Wcięcie prostopadłe (A) i wcięcie po stycznej (B)



Rys. 3.11 Nacinanie gwintu metodą wcinania po stycznej

PRZYKŁAD 1

- gwint wzdłużny: wcinanie prostopadłe (p. Rys. 3.9),
- skok gwintu: 3.1 mm
- głębokość gwintu: 1.9 mm
- długość gwintu: 75 mm

Programowanie absolutne (G90). Wymiary w osi X w postaci średnic.

%MPF444

(PRZYKŁAD GWINT. STAŁY SKOK PROGR. ABS.)

.....

N10 G90 M3 Sxxxx

N20 G0 X80 Z90 Ruch szybki do PP

N30 X58 Ruch szybki do PS1

N40 G33 Z15 K3.1 Pierwsze przejście

N50 G0 X80

N60 Z90

N70 X56.2 Ruch szybki do PS2

N80 G33 Z15 K3.1 Drugie przejście

N90 G0 X80

Ten sam przykład napisany w wersji programowania przyrostowego (G91).

%MPF445

(PRZYKŁAD GWINT. STAŁY SKOK PROGR. PRZYROST.)

.....

N110 G91 M3 S...

N120 G0 X... Z... Ruch szybki do PP

N130 X-11 Ruch szybki do PS1

N140 G33 Z-75 K3.1 Pierwsze przejście

N150 G0 X11

N160 Z75

N170 X-11.9 Ruch szybki do PS2

N180 G33 Z-75 K3.1 Drugie przejście

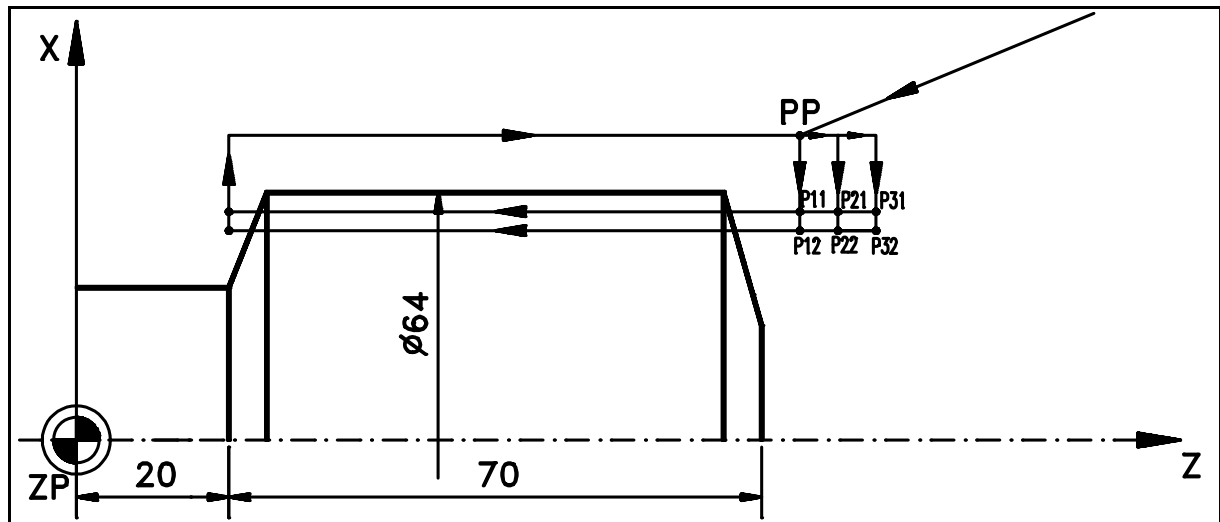
N190 G0 X11.9

UWAGA: Programy napisano przy założeniu, że gwintowanie wykonane jest w dwóch przejściach. Programy te nie uwzględniają przejścia wygładzającego.

PRZYKŁAD 2

- gwint wzdłużny: wcinanie po stycznej (p. Rys. 3.11),
- skok gwintu: 3.1 mm
- głębokość gwintu: 1.9 mm
- długość gwintu: 75 mm

Programowanie absolutne (G90). Wymiary w osi X w postaci promieni.



Rys. 3.12

Nacinanie gwintu wielozwojnego (trójzwojnego)

%MPF446

(PRZYKŁAD GWINT. STAŁY SKOK WCINANIE PO STYCZNEJ)

N210 G90 M3 S...

N220 G0 X40 Z96.351

Ruch szybki do PP

N230 X29 Z90

Ruch szybki do PS1

N240 G33 Z15 K3.1

Pierwsze przejście

N250 G0 X40

N260 Z96.351

N270 X28.1 Z89.423

Ruch szybki do PS2

N280 G33 Z15 K3.1

Drugie przejście

N290 G0 X40

Komentarz:

- Kąt rozwarcia ścianek gwintu: 60 stopni
- Kąt rozwarcia krawędzi skrawających noża: 60 stopni
- Składowa x wektora (PP,PS1): 11 mm
- Składowa y wektora (PP,PS1): $11 \cdot \tan 30 = 6.351$ mm
- Składowa x przyrostu zagłębienia w drugim przejściu: 0.9 mm
- Składowa y przyrostu zagłębienia w drugim przejściu: $0.9 \cdot \tan 30 = 0.577$ mm

PRZYKŁAD 3

- gwint trójzwojny; wcinanie prostopadłe (p. Rys. 3.12),
- skok gwintu: 6.6 mm
- głębokość gwintu: 2 mm
- średnica wałka: 32 mm
- długość gwintu: 76 mm
- wymiarowanie promieniowe

3. Funkcje przygotowawcze G

%MPF448

(PRZYKŁAD NACINANIA GWINTU TRÓJZWOJNEGO)

N110 G90 M4 Sxxxx

N115 G0 X38 Z96

N120 X30.9 ruch szybki do P11

N125 G33 Z20 K6.6 pierwszy zwój, pierwsze przejście.

N130 G0 X38

N135 Z96

N140 X30 ruch szybki do P12

N145 G33 Z20 K6.6 pierwszy zwój, drugie przejście

N150 G0 X38

N155 Z98.2

N160 X30.9 ruch szybki do P21

N165 G33 Z20 K6.6 drugi zwój, pierwsze przejście

N170 G0 X38

N175 Z98.2

N180 X30 ruch szybki do P22

N185 G33 Z20 K6.6 drugi zwój, drugie przejście

N190 G0 X38

N195 Z100.4

N200 X30.9 ruch szybki do P31

N205 G33 Z20 K6.6 trzeci zwój, pierwsze przejście

N210 G0 X38

N215 Z100.4

N220 X30 ruch szybki do P32

N225 G33 Z20 K6.6 trzeci zwój, drugie przejście

N230 G0 X38

N235 Z96

Komentarz:

Każdy zwój gwintu nacinany jest oddzielnie, poprzez dwukrotne przejście robocze noża. Punkt startu nacinania każdego kolejnego zwoju przesunięty jest w stosunku do poprzedniego o wartość równą ilorazowi skoku gwintu przez liczbę zwojów: $DZ = k/nz = 6.6 \text{ mm}/3 = 2.2 \text{ mm}$

PRZYKŁAD 4

- gwint płaski; wcinanie prostopadłe (patrz Rys. 3.13),

- skok gwintu (I): 3 mm

- głębokość gwintu: 1.5 mm

- długość gwintu: 35 mm

%MPF449

(PRZYKŁAD NACINANIA GWINTU PŁASKIEGO)

N110 G90 M3 Sxxxx

N120 G0 X10 Z50 Szybki ruch do PP

N130 Z44.2 Szybki ruch do PS1

N140 G33 X45 I3 Pierwsze przejście robocze

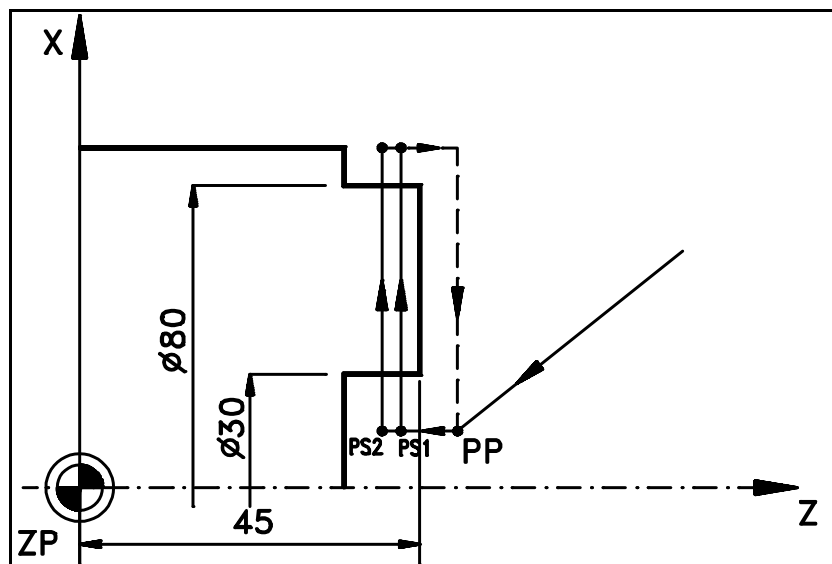
N150 G0 Z50 Wycofanie ruchem szybkim

N160 X10 Szybki ruch do PP

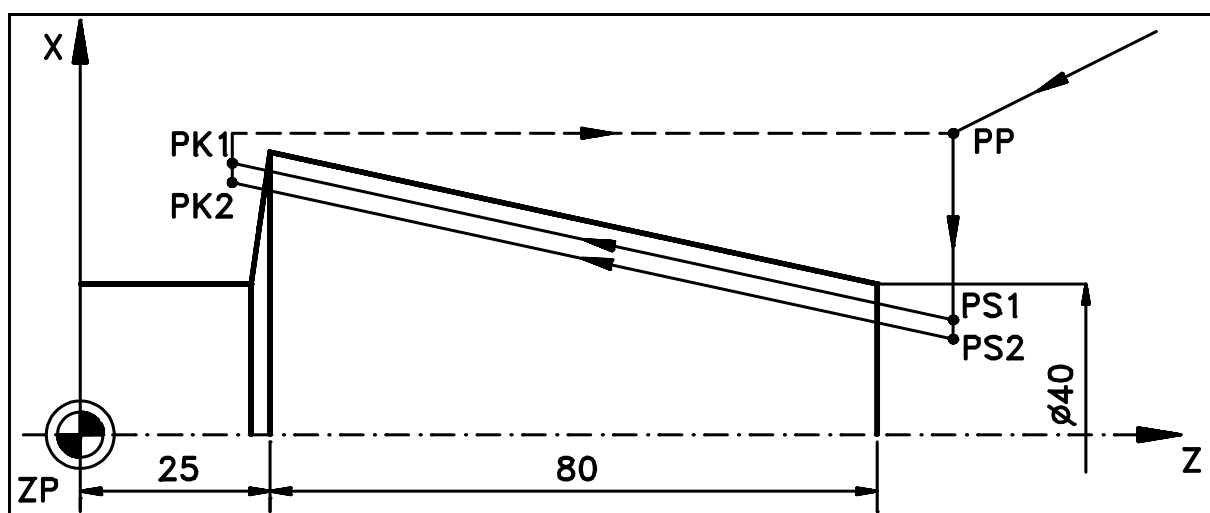
N170 Z43.5 Szybki ruch do PS2

N180 G33 X45 I3 Drugie przejście robocze

N190 Z500 Wycofanie ruchem szybkim



Rys. 3.13
Nacinanie gwintu płaskiego



Rys. 3.14
Nacinanie gwintu na stożku

PRZYKŁAD 5

- gwint na stożku ($PZ \geq PX$) - patrz: Rys. 3.14,

3. Funkcje przygotowawcze G

- kierunek wcinania prostopadły do osi Z,
- kąt nachylenia tworzącej stożka β : 12 stopni
- skok gwintu w kier. osi Z (I): 6 mm
- głębokość gwintu: 2.15 mm
- pozostałe wymiary określono na Rys. 3.14
- głębokość pierwszego wcięcia: 1.175 mm
- odległość punktu startu gwintowania od powierzchni czoła stożka: 10 mm

Obliczenia pomocnicze:

$$Z(PS1) = 25 + 80 + 10 = 115 \text{ mm}$$

$$X(PS1) = 20 - 1.175/\cos\beta - 10*\text{tg}\beta = 20 - 1.2 - 2.12 = 16.647 \text{ mm}$$

$$Z(PS2) = Z(PS1) = 115 \text{ mm}$$

$$X(PS2) = X(PS1) - (2.15 - 1.175)/\cos\beta = 16.647 - 0.997 = 15.667 \text{ mm}$$

$$Z(PK1) = 20 \text{ (z założenia)}$$

$$X(PK1) = X(PS1) + (Z(PS1) - Z(PK1))*\text{tg}\beta = 36.84 \text{ mm}$$

$$Z(PK2) = Z(PK1) = 20$$

$$X(PK2) = X(PK1) - 0.977 = 35.863$$

%MPF450

(PRZYKŁAD NACINANIA GWINTU NA STOŻKU)

.....

N110 G90 M3 Sxxxx

N120 G0 X40 Z115

N130 X16.647 (ruch szybki do PS1)

N140 G33 X36.84 Z20 K6 (pierwsze przejście robocze)

N150 G0 X40

N160 Z115

N170 X15.667 (ruch szybki do PS2)

N180 G33 X35.863 Z20 K6 (drugie przejście robocze)

N190 G0 G40

.....

Uwaga:

W przypadku gdy $PX \geq PZ$ wielkość skoku należy programować pod adresem I .

Przykładowy fragment programu:

.....

N150 G91.....

N160

N170 G33 X30 Z9 I2.5

.....

3.4.4.3 NACINANIE GWINTU O ZMIENNYM SKOKU

FORMATY:

GWINT WZDŁUŻNY (nacinany w kierunku osi wrzeciona)

N4 **G34 (G35)** G90 (G91) Z+43 K33 **F23**

GWINT PŁASKI (nacinany w kier. prostopadłym do osi wrzeciona)

N4 **G34 (35)** G90 (G91) X+43 I33 **F23**

GWINTY NA STOŻKU

N4 **G34 (G35)** G90 (G91) Z+43 X+43 K33 **F23** gdy: $PZ \geq PX$

N4 **G34 (G35)** G90 (G91) Z+43 X+43 I33 **F23** gdy: $PZ < PX$

Nacinanie gwintu ze zmiennym skokiem polega na tym, że każdy kolejny zwój nacinany jest ze skokiem, różniącym się od poprzedniego o wartość zapisaną pod adresem **F**.

Przykładowo:

Dla funkcji G34 będzie to następujący ciąg wartości:

SKP, SKP+F, SKP + 2*F, SKP + 3*F ,

Dla funkcji G35: SKP, SKP-F, SKP - 2*F, SKP - 3*F ,

Wartość słowa **F** wyznaczana jest z zależności:

$$F = \frac{SKK - SKP}{2 * \text{dł. gw}}$$

gdzie: SKP - wartość początkowa skoku gwintu,

SKP - wartość końcowa skoku gwintu,

dł. gw. - długość gwintu

W przypadku nacinania gwintu na stożku zmiana skoku zaprogramowana pod **F** interpretowana jest:

- jako zmiana skoku **K** gdy $PZ \geq PX$

- jako zmiana skoku **I** gdy $PZ < PX$

Przykład bloku gwintowania ze zmiennym - narastającym skokiem wykonanym na tworzącej wałka: N210 G91

.....
N230 G34 Z39 K6 F.2

Skok początkowy gwintu wynosi 6 mm. Ostatni szósty zwój ma skok 7 mm.

PRZYKŁAD

- gwint płaski ($PZ < PX$) - patrz Rys. 3.15
- kąt nachylenia tworzącej stożka β : 78 stopni
- głębokość rowka gwintu: 0.5 mm
- wartość początkowa skoku (I): 2.5 mm
- zmiana skoku gwintu (F): -0.28 mm
- pozostałe wymiary określono na Rys. 3.15

Obliczenia pomocnicze:

$$X(A) = Z(A) = 30 \text{ mm} \quad (\text{z założenia})$$

$$X(PS) = X(A) - 2 \cdot 0.5 / \sin(90 - \beta) = 25.19 \text{ mm}$$

$$Z(PS) = Z(A) + 0.5 \cos(90 - \beta) = 30.511 \text{ mm}$$

$$X(PK) = 75 \text{ mm} \quad (\text{z założenia})$$

$$Z(PK) = Z(PS) - (X(PK) - X(PS)) \cdot \tan(90 - \beta) = 19.924$$

%MPF451

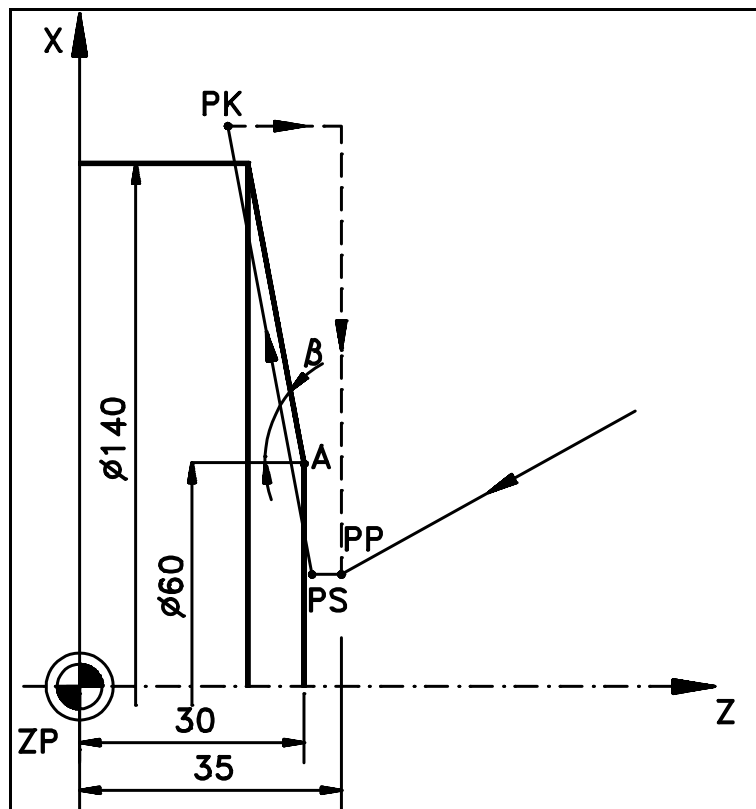
(GWINTOWANIE ZE SKOKIEM NARASTAJĄCYM)

N110 G90 M3 Sxxxx

N120 G0 X25.19 Z35 (ruch szybki do PP)

N130 Z30.511 (ruch szybki do PS)

N140 G34 X75 Z19.924 I2.5 F.28 (nacinanie gwintu)



Rys. 3.15
Gwint płaski ze skokiem narastającym

3.5. FUNKCJE PRĘDKOŚCI POSUWU - G94/G95/G96/G97

Sposób programowania prędkości posuwu określają cztery funkcje **Gxx** tworzące dwie pary funkcji modalnych:

Para pierwsza - **G94 ● i G95**

Para druga - **G96 i G97 ●,**

przy czym istnieje ścisła współzależność między parą drugą i parą pierwszą:

- wywołanie funkcji **G96** wymusza funkcję **G95**,
- wywołanie funkcji **G97** kasuje funkcję **G96** i przywraca funkcję **G94 lub G95**.

FUNKCJA

DZIAŁANIE

Pierwsza para:

G94 ●

Wywołuje programowanie prędkości posuwu w mm/min;
Prędkość posuwu programowana jest w słowie F w zakresie:
od 1 do 12000 mm/min
z rozd. 1 mm/min
(lub 1 do 470 cal/min
z rozd. 1 cal/min)

G95

Wywołuje programowanie prędkości posuwu w mm/obrót;
Prędkość posuwu programowana jest w słowie F w zakresie:
od 0.001 do 40 mm/obrót
z rozd. 0.001 mm/min
(lub .0001 do 1.55 cal/obr
z rozd. .0001 cal/obr)

Druga para:

G96

Programowana łącznie ze słowem S powoduje włączenie trybu pracy:
stała prędkość skrawania;
Prędkość skrawania programowana jest pod adresem S w zakresie:
od 1 do 1000 m/min
z rozdzielczością 1 m/min

UWAGA: ten tryb pracy może być wykonany na tokarkach z bezstopniowym napędem głównym

G97 ● Odwołuje G96, z jednoczesnym przywróceniem poprzednio programowanej funkcji G94 lub G95 oraz poprzednio programowanej prędkości posuwu F.

3.5.1 STAŁA PRĘDKOŚĆ SKRAWANIA

Prędkością skrawania (PS) nazwano prędkość liniową punktu przedmiotu stykającego się z ostrzem noża mierzoną względem ostrza noża. O prędkości tej decyduje prędkość obrotowa wrzeciona i odległość ostrza noża od osi wrzeciona, wg zależności:

$$PS(m/min) = 2 * \pi * r(mm) * n(obr/min) / 1000$$

Układ sterowania utrzymuje stałą prędkość skrawania **PS** poprzez zmianę prędkości obrotowej wrzeciona **n** w zależności od aktualnego promienia toczenia **r**.

PROGRAMOWANIE FUNKCJI G96

W kolejnych blokach należy zaprogramować:

Kierunek obrotów wrzeciona: **M3 lub M4**,
,(jeśli wcześniej nie był zadeklarowany)

Ograniczenie maksymalnych obrotów
w wrzeciona: **Nxxx G92 Sxxxxx**

Stałą prędkość skrawania: **Nxxx G96 Sxxxx**

Bloki programujące drogę roboczą narzędzia z funkcjami G1/G2/G3 i odpowiednimi słowami wymiarowymi. Słowa programujące prędkość posuwu **F** należy programować w mm/obrót. Można programować bloki zmieniające ograniczenie maksymalnych obrotów wrzeciona i stałą prędkość skrawania zgodnie z podanymi wyżej strukturami takich bloków.

Kasowanie trybu pracy: **stała prędkość skrawania** następuje od bloku, w którym zaprogramowano funkcję **G97** łącznie ze słowem określającym nową wartość prędkość obrotowej wrzeciona:

Nxxx G97 Sxxxx

Przywracane są ostatnio zaprogramowane funkcje **G94 lub G95** oraz wartość słowa **F**, które obowiązywały przed wywołaniem trybu stałej prędkości skrawania.

UWAGA: W przypadku programowania stałej prędkości skrawania **PS** zero programu **ZP** (patrz rozdz. 3.6) musi leżeć na osi wrzeciona.

PRZYKŁAD sekwencji bloków wywołujących i kasujących tryb **stałej prędkości skrawania**:

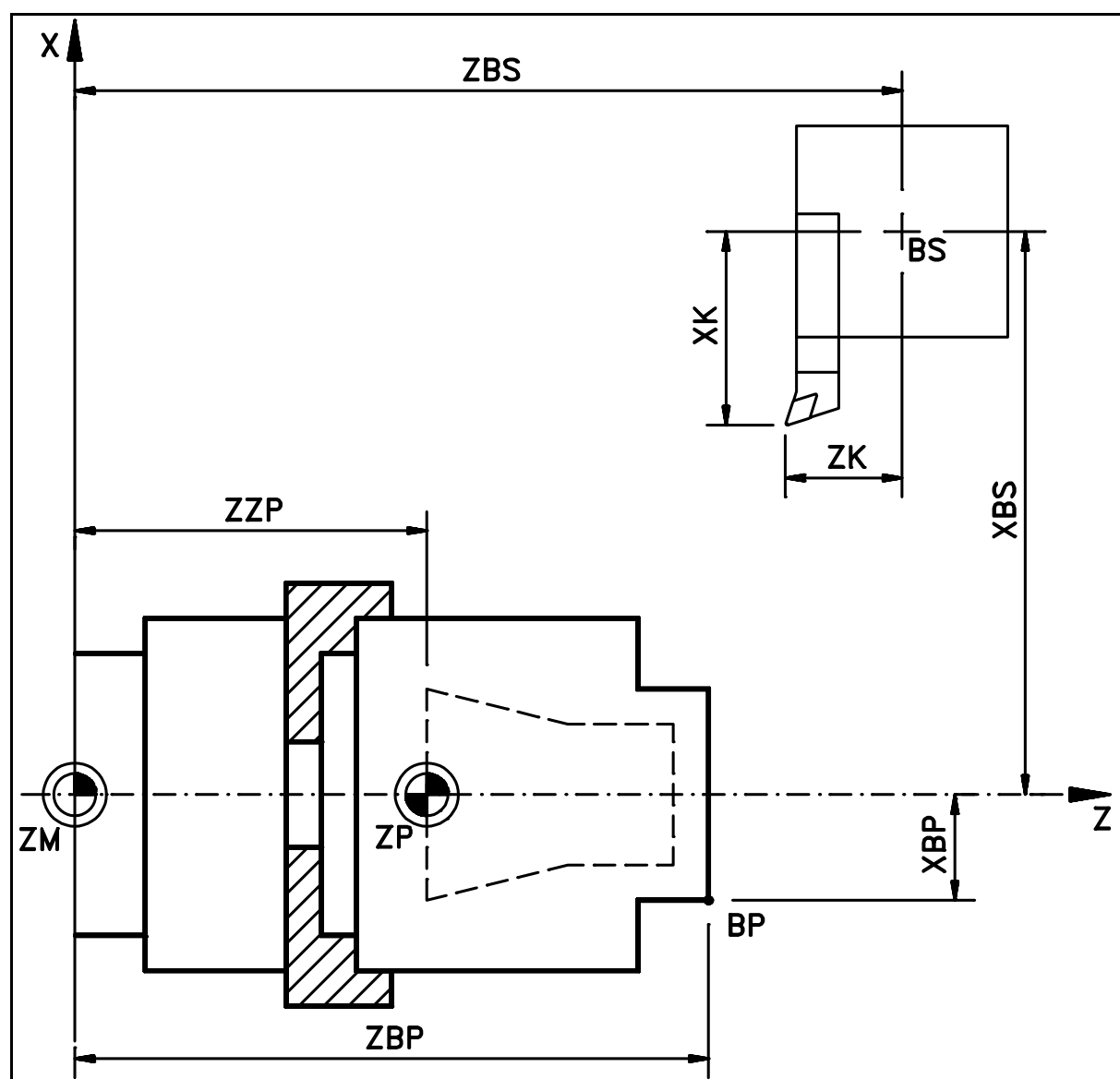
```
N100 M3
N101 G92 S3600      ( max. obroty: 3600 obr/min )
N102 G96 S300       ( stała prędkość skrawania: 300 m/min )
N102 G1 G91 F2.5 X100
.....
N200 G97 S500       (kasowanie stałej prędkości)
```

3.6 BAZY i UKŁADY WSPÓŁRZĘDNYCH (operacje typu: " zero offset ")

UWAGA: Przed przeczytaniem tego rozdziału zaleca się przeczytać Instrukcję Obsługi PRONUM 630 T - rozdziały 2.1 i 2.3

Na Rys. 3.16 pokazano schematycznie charakterystyczne punkty tokarki i obrabianego przedmiotu stanowiące podstawę dla wyznaczenia początków i wzajemnych przesunięć układów współrzędnych. Odległości między tymi punktami wynikają z konstrukcji tokarki, sposobu mocowania przedmiotu w uchwycie oraz postaci konstrukcyjnej przedmiotu i określają przesunięcie układu współrzędnych programu w stosunku do współrzędnych maszynowych.

M - Zero Maszyny - początek układu współrzędnych maszynowych.



Rys. 3.16
Punkty charakterystyczne tokarki i obrabianego przedmiotu

ZP - Baza Programu - Zero Programu - początek układu współrzędnych programu, w których napisany jest program obróbki lub kolejne jego fragmenty. **ZP** może być przesuwana w trakcie programu - funkcja G92. (Terminy: **Baza Programu i Zero Programu** używane będą zamiennie.)

BS Baza Stała Maszyny - punkt określony we współrzędnych maszynowych, do którego przesuwany jest suport tokarki przed rozpoczęciem programu obróbki. Do punktu tego przesuwany jest środek głowicy rewolwerowej wyznaczony przez oś obrotu lub inny punkt suportu względem którego określana jest długość noża - patrz rozdz.3.8 KOREKCJA DŁUGOŚCI NOŻA.

W praktyce stosowana jest często zasada, że **ZM** pokrywa się z **BS** - określają to parametry maszynowe.

BP Baza Pomiarowa - wyróżniony punkt (punkty) przedmiotu do którego (do których) można doprowadzić narzędzie lub sondę pomiarową zamocowaną w imaku nożowym w celu określenia położenia przedmiotu względem **ZM** lub częściej względem **BS** . Baza Pomiarowa może być zmieniana lub korygowana w trakcie wykonywania programu - f. G54 i G55.

XZP, ZZP Współrzędne Bazy Programu (Zera Programu) - pierwsza **ZP** określana jest względem **ZM** lub częściej względem **BS** w wyniku operacji: **USTAW ZERO** - patrz Instrukcja Obsługi PRONUM 630T i zapisana jest w pamięci danych pod adresem **D200 do D211**. Każda następna **ZP** określana jest względem poprzedniej.

XBS, ZBS - Współrzędne Bazy Stałej

XBP, ZBP - Współrzędne Bazy Pomiarowej.

XK, ZK Współrzędne końca ostrza noża. Współrzędne te wyznaczane są np. względem osi obrotu głowicy i określają długość noża.

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 i ZZP, a zaprogramowana ze słowami adresowymi X 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 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, Z wywołuje ruch do punktu określonego we współrzędnych maszynowych.
- G92 Zaprogramowana łącznie ze słowami adresowanymi X, 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.

3.6.1 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, ZZP**. Jest to operacja wykonywana **zawsze na początku programu obróbki**.

W wyniku operacji: **" Wywołania Bazy Pomiarowej "** określona zostaje **współrzędna absolutna pozycji suportu tokarki 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 :

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

gdzie: X, 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 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 Z+43

W wyniku wykonania tak zaprogramowanej sekwencji bloków ruch do pozycji określonej przez współrzędne XZ 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 XZ określonej jw. w dwóch blokach.

Np.

N4 **G54** G0 (lub G1 F5) G90 **D2xx** X+43

N5 Z+43

W podanych wyżej przykładach funkcję **G90** można zastąpić funkcją **G91**. W tym przypadku współrzędne XZ 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), przy czym przed wywołaniem nowej bazy pomiarowej należy skasować kompensację długości noża - patrz rozdz. 3.7. Każde wywołanie Bazy Pomiarowej kasuje poprzednie przesunięcia układu współrzędnych wprowadzone przez funkcje: G54, G55 i G92. Po wywołaniu nowej bazy pomiarowej kompensacja długości noża powinna być wprowadzona ponownie.

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

N4 G54 D0

Tak zaprogramowany blok kasuje wszystkie przesunięcia układu współrzędnych wprowadzone przez funkcje: G54, G55 i G92 oraz kompensację długości noża. Poczynając od tego bloku ruch programowany jest we współrzędnych maszynowych.

3.6.2 KOREKCJA BAZY POMIAROWEJ - FUNKCJA G55

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

STRUKTURA 1

N4 G55 X+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 i Z.
- Wyznaczone zostaną współrzędne absolutne aktualnej pozycji maszyny względem skorygowanej bazy programu (wykonanie bloku nie powoduje ruchu maszyny).

STRUKTURA 2

N4 G55 G90 G0 (lub G1 F5) D3xx X+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 lub G1 do pozycji określonej przez współrzędne X, Z w stosunku do skorygowanej Bazy Programu.

Funkcję G90 można zastąpić funkcją G91 (uwagi jak dla G54)

STRUKTURA 3

N4 G55 **G91** G0 D3xx X0 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 i/lub 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:

N4 G55 D0

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

3.6.3 PROGRAMOWANIE WE WSPÓŁRZĘDNYCH 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

N4 G53 G0 (lub G1 F5) G90 X+43 Z+43

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

STRUKTURA 2

N4 G53 G0 (lub G1 F5) G90 D4xx X0 Z0

W wyniku tak zaprogramowanego bloku wykonany zostanie ruch do pozycji X... , Z... zapisanej pod adresem od **D400** do **409**. Ruch wykonany zostanie dla współrzędnych, dla których zadeklarowano słowa: X0, Z0. Wykonanie następnego przesunięcia we współrzędnych maszynowych wymaga ponownej deklaracji funkcji G53.

3.6.4 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.... Z....** .

Znaczenie liczb zapisanych pod adresami X Z zależne jest od funkcji **G91** lub **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.

UWAGA:

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, wzajemnie równoległych układach współrzędnych. Operacja ta ułatwia w istotny sposób proces opracowania programu obróbki.

Funkcja G92 programowana jest zgodnie z następującymi strukturami:

STRUKTURA 1

```
Nxxx G91 .....  
.....  
Nxxx G92 X+43 Z+43  
.....
```

W wyniku tak zaprogramowanego bloku:

- Baza Programu zostanie przesunięta o wektor, którego składowe określają słowa X, Z ,
- Słowa X, 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

Nxxx G90

.....

.....

Nxxx **G92 X+43 Z+43**

W wyniku tak zaprogramowanego bloku:

- Współrzędne X, 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 .

3.7 KOMPENSACJA DŁUGOŚCI NOŻA

Kompensacją długości noża nazwano operację przesunięcia bazy programu o długość noża. Jest to operacja typu " zero offset " (patrz rozdz. 3.6.), w wyniku której ostrze noża doprowadzone zostanie zawsze do tego samego punktu konturu przedmiotu, niezależnie od długości noża (konturem nazwano zarys przedmiotu jaki ma być uzyskany w wyniku obróbki).

- W przypadku gdy program wykonywany jest **bez kompensacji promienia noża** (parametry P1 i P6 mają wartości zerowe - patrz następna strona) koniec ostrza noża **K** doprowadzony zostaje do początku konturu - patrz Rys. 3.18.
- W przypadku gdy program wykonywany jest **z kompensacją promienia noża** (parametry P1 i P6 mają wartości różne od zera) środek krzywizny ostrza noża **S** doprowadzony zostaje do punktu początkowego odcinka prostej stanowiącej dobieg do konturu - patrz Rys.3.19.

Długość noża (patrz Rys. 3.17) zamocowanego w imaku mierzona jest od wybranego punktu odniesienia **PO** ściśle związanego z głowicą rewolwerową do punktu **K** określającego koniec ostrza noża. W szczególnych przypadkach długość noża może być mierzona do środka krzywizny ostrza - punkt **S**.

Punkt odniesienia " PO " wybrany jest tak, aby po obrocie głowicy rewolwerowej punkt ten nie zmieniał swojego położenia określonego we współrzędnych maszynowych. Punktami spełniającymi ten warunek mogą być np. :

Przykład 1 - Rys. 3.17 (A)

Punkt przecięcia prostej równoległej do osi **Z**, przechodzącej przez środek obrotu głowicy rewolwerowej z płaszczyzną powierzchni bocznej głowicy , do której mocowany jest imak nożowy.

Przykład 2 - Rys. 3.17 (B)

Środek obrotu głowicy rewolwerowej

Są to często spotykane przypadki, a wybór jednego z nich zależny jest od stosowanej metody pomiaru długości noża.

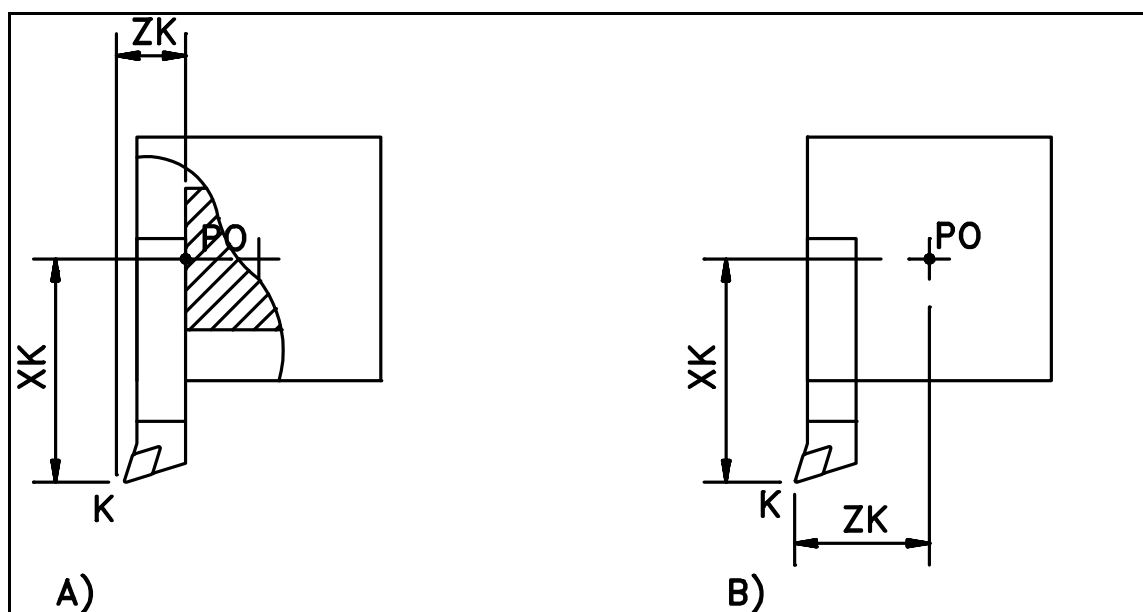
Za **Koniec ostrza noża " K "** (patrz Rys. 3.17 i Rys. 3.23) przyjmuje się punkt przecięcia prostych stycznych do krzywizny ostrza noża i równoległych odpowiednio do osi **X** i **Z**. Jest to punkt teoretyczny, leżący już poza naturalnym zarysem ostrza noża.

3.7 Kompensacja Długości Noża

Długość noża (jednocześnie wielkość kompensacji) określona jest przez parametry zapisane w tablicy korektorów narzędzi w pamięci danych pod adresami od **D01 do D99** w polach: **P1 do P6** . Parametry te określają wielkości składowych długości noża w kierunku osi X i kierunku osi Z oraz kierunek i promień ostrza noża.

Są to:

- P1 - kierunek ostrza noża - liczba od 1 do 9
(patrz Rys. 3.23)
- P2 - długość noża LOX - składowa w kierunku osi X
(format: +03.3)
- P3 - długość noża LOZ - składowa w kierunku osi Z
(format: +03.3)
- P4 - korekc. dług. noża LOXz - skład. w kier. osi X
(format: +01.3)
- P5 - korekc. dług. noża LOZz - skład. w kier. osi Z
(format: +01.3)
- P6 - Promień krzywizny ostrza noża (format: +03.3)



Rys. 3.17
Długość noża

Kompensacja długości noża w kierunku **X** i **Z** wykonana zostanie w bloku zawierającym słowo **Dxx** określające nową wartość kompensacji oraz słowa definiujące ruch **G0/G1** w kierunku osi **X** i/lub **Z**. Słowo **Dxx** może być również umieszczone w jednym z bloków poprzedzających blok definiujący ruch **G0/G1**. Kompensacja zostanie wykonana w bloku, w którym jeden z kierunków ruchu został zadeklarowany po raz pierwszy.

Kompensacja długości noża wprowadzana jest addytywnie. Wielkość przesunięcia w kierunku **X** określa suma liczb zapisanych w polach **P2** i **P4**. Podobnie wielkość przesunięcia w kierunku **Z** określa suma liczb zapisanych w polach **P3** i **P5**.

Programowanie kompensacji długości noża polega na:

- zadeklarowaniu w wybranym bloku programu słowa Dxx,
- zaprogramowaniu w wybranym bloku (lub blokach) funkcji ruchu G0/G1 w kierunku X i/lub Z,
- wpisaniu do tablicy korektorów narzędzi odpowiednich liczb w pola **od P1 do P6**.

Zakres liczb, które mogą być wpisane:

w pole P2 i P3:	± 999.999
w pole P4 i P5:	± 9.999

Znaki liczb wpisywanych w pola od **P2** i **P3** zależne są od kierunku i zwrotu wektora (**PO,K**). Przyjęto, że składowe zwrócone **do zera programu** mają znak **dodatni** (jak na Rys. 3.16 i 3.17), a składowe zwrócone **od zera programu** mają znak **ujemny**. Zasada ta obowiązuje również przy określaniu znaków liczb wpisywanych w pola **P4** i **P5**.

W pole P1 wpisywana jest liczba od 1 do 9 określająca kierunek ostrza noża (patrz Rys. 3.23).

W pole P6 wpisywana jest liczba określająca promień ostrza noża.

UWAGA: W przypadku gdy program ma być wykonany bez kompensacji promienia noża (założono zerowy promień ostrza noża) w pola **P1** i **P6** muszą być wpisane wartości:

P1 = 0
P6 = 0

Kasowanie kompensacji długości noża

Kasowanie kompensacji długości noża w kierunku **X** i/lub **Z** następuje w bloku zawierającym słowo **D0** oraz słowa definiujące ruch **G0/G1** w kierunku osi **X** i/lub **Z**. Słowo **D0** może być również umieszczone w jednym z bloków poprzedzających blok definiujący ruch **G0/G1**. W tym przypadku kasowanie kompensacji zostanie wykonane w bloku, w którym jeden z kierunków ruchu został zadeklarowany po raz pierwszy.

Przykłady programowania kompensacji długości noża.

PRZYKŁAD 1

```
.....  
N20 G0 .....  
N30 Z-250 X100 D9....      (wprowadz. kompensac. zgod. z D9)  
.....
```

PRZYKŁAD 2

```
.....  
.....  
N20 G0 D9 .....  
N30 Z-250 .....      (kompensacja w kier. Z i X zgod. z D9)  
N35 X100.....  
.....  
.....  
N180 G0 .....  
N190 D0 Z30 X10.....      (kasowanie kompensacji)  
.....
```

PRZYKŁAD 3

```
.....  
.....  
N20 G0 D9 .....  
N30 Z-250 .....      (wprowadzenie kompensac. zgod. z D9;  
                        P2=200, P3=100)  
.....  
.....  
N100 RD9.2=20 RD9.3=10  
N110 Z-300 D9      (wprowadzenie kompens. zgod. z D9 po  
                    dokonany podstawieniu w bloku N100;  
                    patrz rozdz.5 - parametry specjalne)  
.....
```

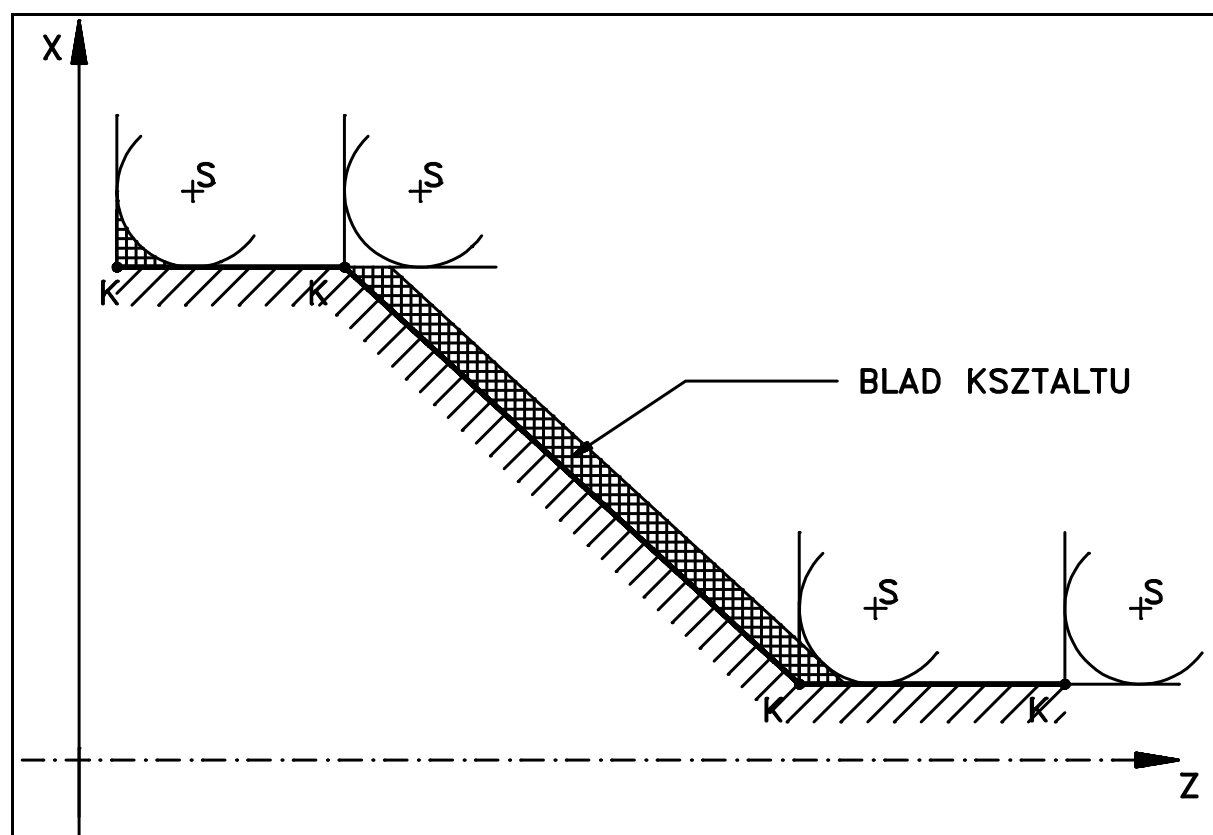
Sposób pomiaru długości noża i wprowadzanie kompensacji długości do pamięci danych o adresach od D01 do D99 omówiono w Instrukcji Obsługi PRONUM 630 T w rozdziale 2.3 - Pomiar długości narzędzia.

3.8. KOMPENSACJA PROMIENIA NOŻA (G40 / G41 / G42)

3.8.1. WPROWADZENIE

Dosunięcie noża do materiału wykonane tak, że koniec ostrza noża **K** zostaje doprowadzony do początku konturu, a następnie wykonanie programu obróbki **bez kompensacji promienia** noża steruje ruchami suportu tak, że koniec ostrza noża **K** przesuwany jest wzdłuż konturu zgodnie z treścią **POT**. Tak wykonany program może spowodować powstanie błędów kształtu - patrz Rys.3.18. Wielkość powstałego błędu zależy od promienia ostrza noża i kąta nachylenia stycznej do konturu. Poprawnie wykonane zostaną tylko odcinki konturu równoległe do osi układu współrzędnych: **X** lub **Z**.

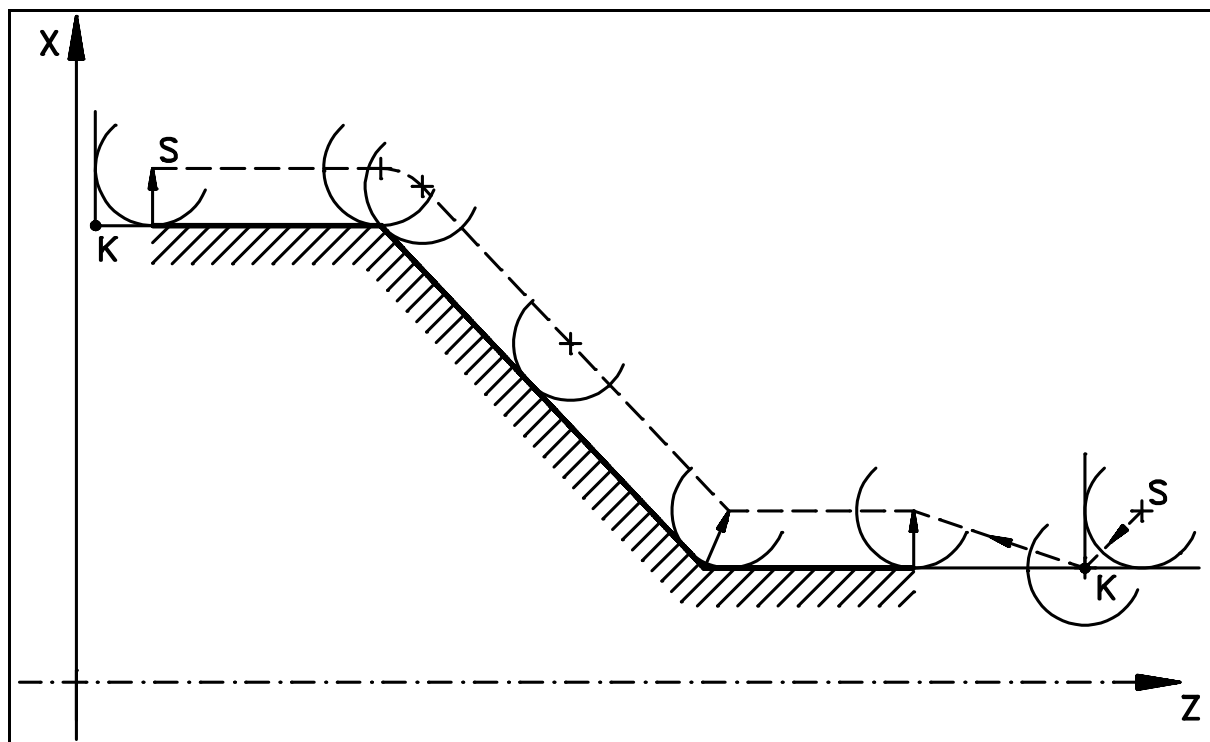
Uwaga: Na rysunkach ostrze noża będzie przedstawiane w postaci części łuku okręgu - wyjaśnia to Rys.3.23A.



Rys. 3.18
Wykonanie programu bez kompensacji promienia noża

3.8 Kompensacja promienia noża

Eliminację błędu kształtu można uzyskać w przypadku, gdy środek krzywizny ostrza noża porusza się wzdłuż krzywej oddalonej od konturu o promień krzywizny ostrza - patrz Rys. 3.19. Spełnienie tego warunku wymaga wykonania operacji **kompensacji promienia noża**. (Jest to pełna analogia do kompensacji promienia freza stosowanej w układach sterowania frezarek)



Rys. 3.19

Wykonanie programu z kompensacją promienia noża

Kompensacją promienia noża nazwano operację wyznaczania toru, po którym porusza się środek krzywizny ostrza noża (punkt **S**) w trakcie wykonywania programu obróbki. Tor ten nazywany będzie w dalszej części rozdziału w skrócie : **Torem noża**. Program obróbki określa w tym przypadku **kontur przedmiotu** - zarys przedmiotu po obróbce. Tor noża oddległy jest natomiast od konturu o promień noża i stanowi jego **ekwidystantę** (termin " **ekwidystanta** " używany będzie w dalszej części rozdziału). Ten sposób programowania geometrii obróbki jest najprostszy, najczęściej stosowany i zalecany w większości przypadków. Nie wymaga on od programisty wykonywania obliczeń współrzędnych toru noża. Obliczenia te wykonuje automatycznie układ sterowania.

Przesunięcie toru noża względem konturu przedmiotu wyznaczane jest na podstawie:

- Funkcji przygotowawczych G41 i G42 zadeklarowanych w treści POT (tworzących łącznie z funkcją G40 grupę funkcji modalnych), określających stronę po której usytuowany jest tor względem konturu - patrz p.3.8.2,
- Wielkości kompensacji określonej przez liczbę względną zapisaną w tablicy korektorów narzędzi w pamięci danych pod adresami od D1 do D99 w polu P6 (patrz rozdział 1.4 - KOREKTORY NARZĘDZI). Wartość bezwzględna liczby zapisanej w polu P6 równa jest promieniowi krzywizny ostrza noża.

3.8.2. OKREŚLENIA I DEFINICJE

STRONA TORU: Tor środka ostrza noża może być usytuowany po **LEWEJ** lub po **PRAWEJ** stronie konturu w zależności od zaprogramowanej funkcji **G41** lub **G42** oraz zwrotu osi **X**. Stronę należy określać wyłącznie na podstawie Rys. 3.20.

FUNKCJA

DZIAŁANIE

G41

Aktywność funkcji oznacza, że tor noża znajduje się po stronie konturu zgodnie z Rys. 3.20.

Obróbka typu: " **za osią wrzeciona** " Rys. 3.20 A

Obróbka typu: " **przed osią wrzeciona** " Rys. 3.20 D

G42

Aktywność funkcji oznacza, że tor noża znajduje się po stronie konturu zgodnie z Rys. 3.20.

Obróbka typu: " **za osią wrzeciona** " Rys. 3.20 B

Obróbka typu: " **przed osią wrzeciona** " Rys. 3.20 C

G40 •

Aktywna po włączeniu lub zerowaniu układu sterowania;
Aktywność funkcji oznacza, że sterowanie wykonywane jest wzdłuż toru określonego w treści programu (toru zaprogramowanego);
G40 użyta, po G41 lub G42 powoduje kasowanie kompensacji promienia noża.

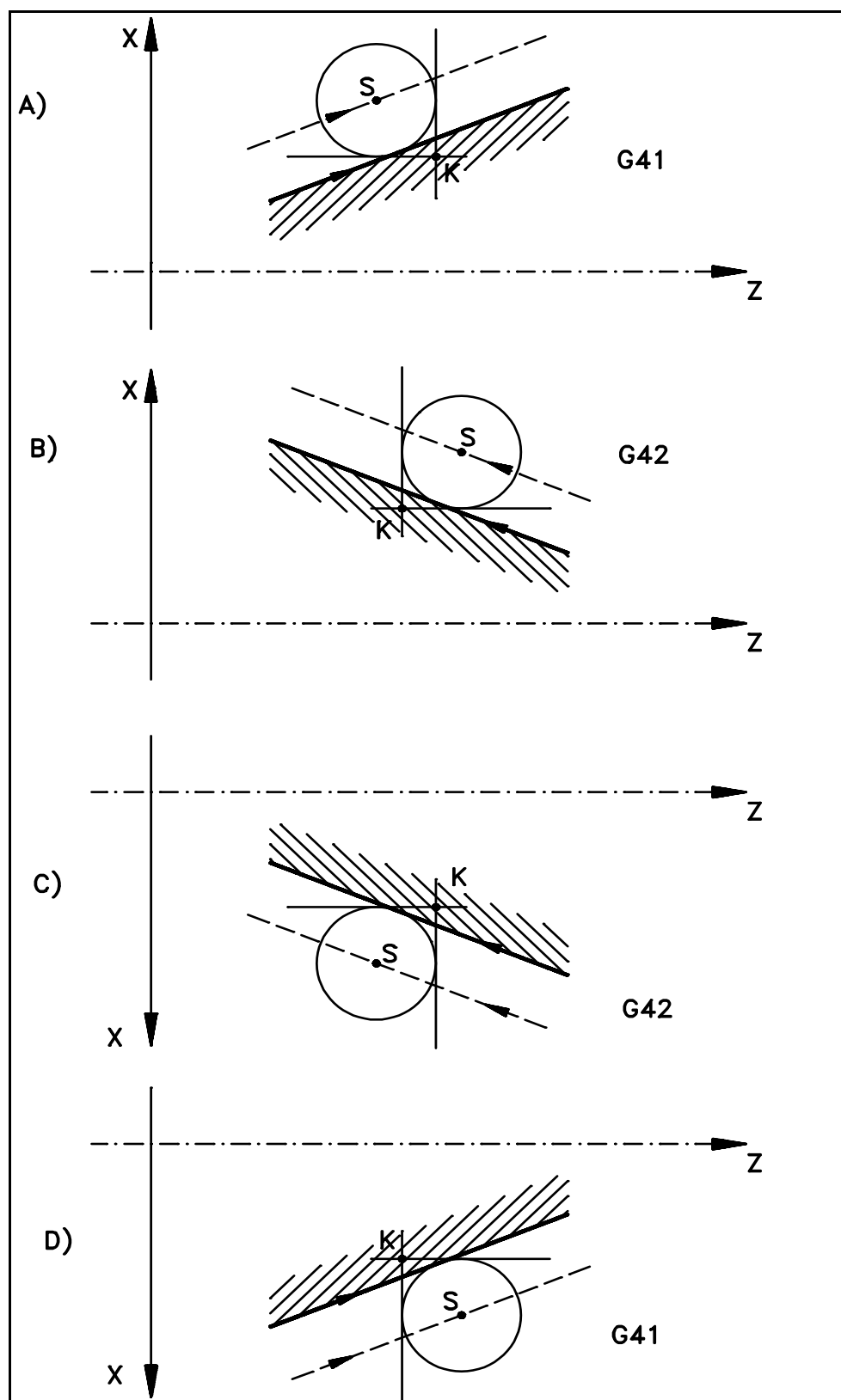
Podana wyżej definicja strony słuszna jest w przypadku gdy : **(P6) > 0**.

W przypadku gdy : **(P6) < 0** następuje zmiana strony zgodnie z następującą zasadą:

gdy: G41 i $(P6) < 0$ --> G42 i $(P6) > 0$

gdy: G42 i $(P6) < 0$ --> G41 i $(P6) > 0$

UWAGA: Przypadek: $(P6) > 0$ jest przypadkiem typowym i najczęściej stosowanym. Strona wykonywana w wyniku kompensacji jest zgodna ze stroną deklarowaną w POT. Zaleca się programowanie dodatniej kompensacji promienia noża.



Rys. 3.20
Określenie strony toru środka ostrza noża względem konturu

WEKTOR KOMPENSACJI

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

Wektor kompensacji określają :

- Kierunek: Kierunek WK określa prosta prostopadła do konturu.
- Długość: Długość WK równa jest promieniowi ostrza noża.
- Zwrot: Zwrot WK określają funkcje G41/G42 oraz znak liczby zapisanej w polu P6

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 określenie **obróbka zewnętrzna** - patrz Rys. 3.21. W przeciwnym przypadku używa się określenia **obróbka wewnętrzna** - patrz Rys. 3.22.

PUNKT SKRÓTU:

Punkt w którym w przypadku obróbki wewnętrznej przecinają się dwa kolejne odcinki ekwidystanty konturu. Oznaczony będzie symbolem **PS** - patrz Rys. 3.22 a, b, d. W punkcie tym następuje skrócenie toru.

WEKTOR SKRÓTU:

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

3.8.3. PODSTAWOWE ZASADY WYZNACZANIA TORU NOŻA

Dla każdego odcinka konturu wyznaczone są wektory kompensacji, przy czym dla odcinka prostej wyznaczany jest jeden a dla łuku okręgu dwa wektory, związane z początkiem i końcem łuku.

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

Przypadek obróbki zewnętrznej - Rys. 3.21

Każdy odcinek linii prostej toru odpowiada dokładnie pod względem wymiarów geometrycznych odcinkowi konturu.

Każdy łuk okręgu ma powiększony promień krzywizny o długość WK z jednoczesnym zachowaniem kąta środkowego łuku.

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. 3.22

Dla każdej pary kolejnych odcinków konturu wyznaczany jest **punkt skrótu**, który kończy i rozpoczyna odcinki toru. Jedyne odstępstwo od tej zasady ma miejsce w przypadku, gdy odcinki konturu są do siebie styczne - patrz Rys. 3.22C.

Wyznaczenie punktu skrótu 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. Zasada zachowania kąta środkowego zachowana jest jedynie w przypadku, gdy łuk okręgu styczny jest do obu łączących się z nim odcinków konturu.

Na Rysunkach 23 i 24 pokazano typowe, wybrane przypadki styków odcinków konturu.

Rys.3.21 - obróbka zewnętrzna

Rys.3.21A. - styk dwóch odcinków prostej ,

Rys.3.21B. - styk odcinka prostej i łuku okręgu (lub łuku okręgu i odc. prostej) ,

Rys.3.21C. - styk dwóch łuków okręgów,

Rys.3.21D. - przejście styczne odc. prostej i łuku okręgu.

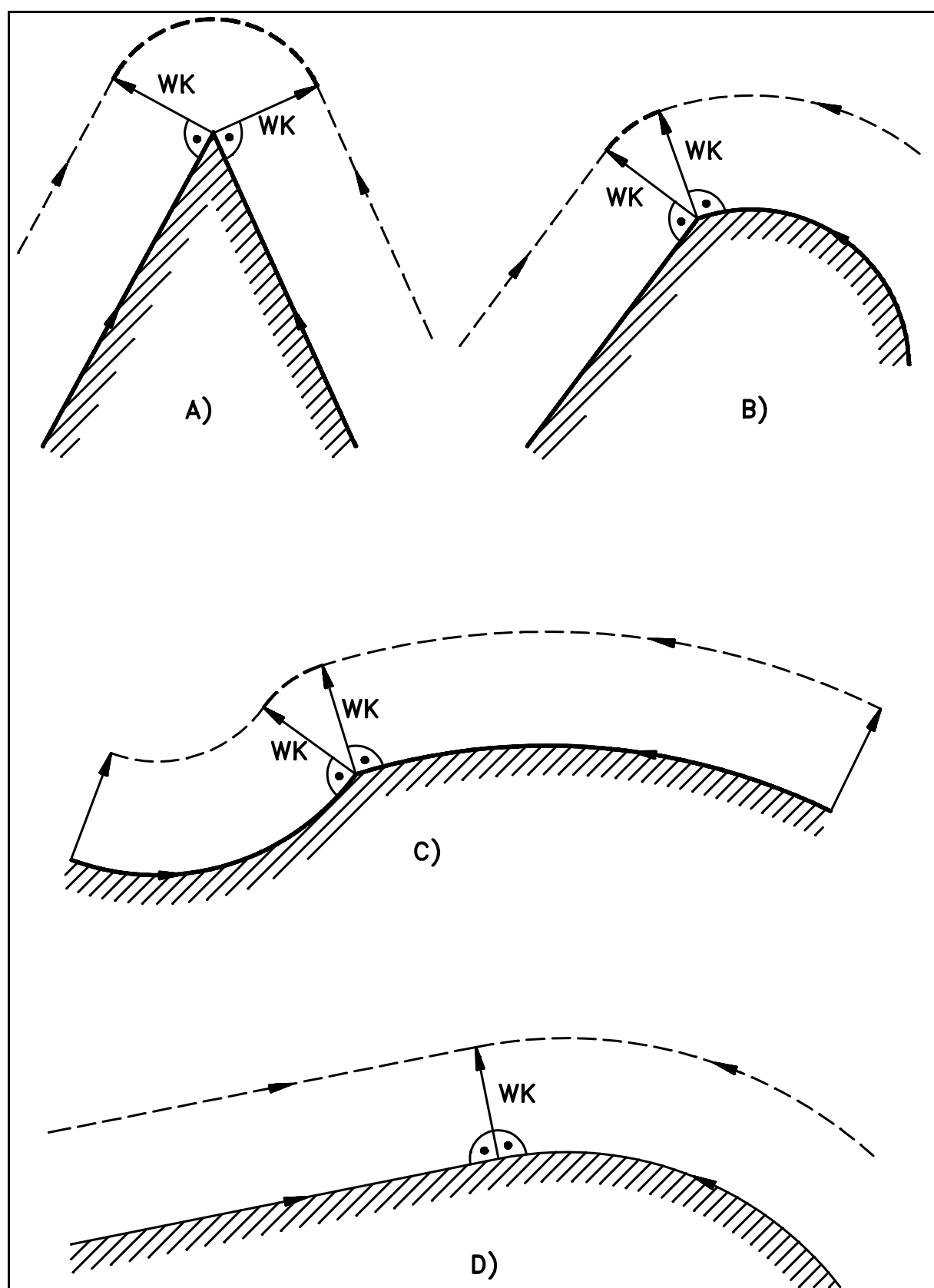
Rys.3.22 - obróbka wewnętrzna

Rys.2.22A. - styk dwóch odcinków prostej ,

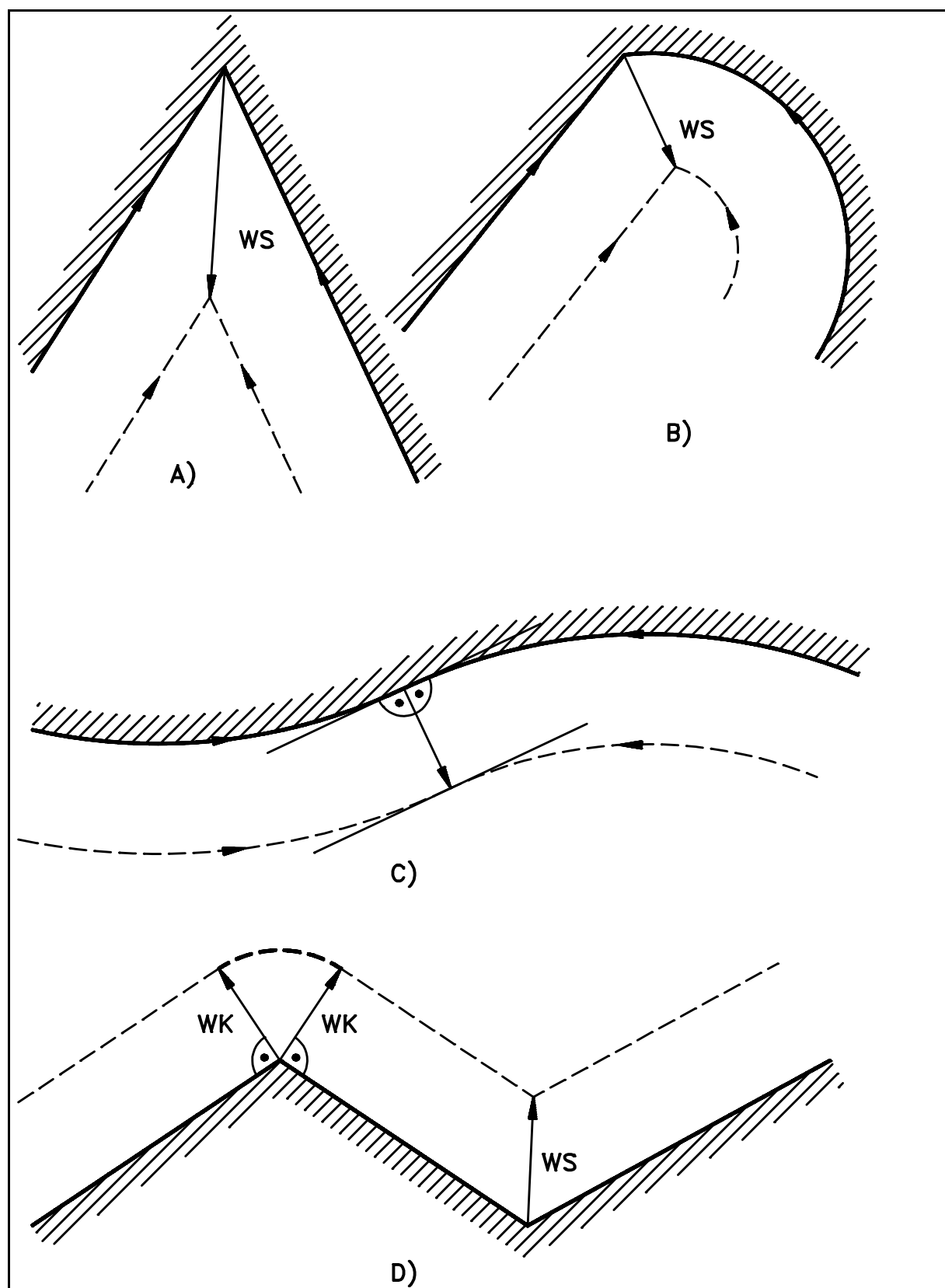
Rys.3.22B. - styk odcinka prostej i łuku okręgu,

Rys.3.22C. - styk dwóch stycznych do siebie łuków okręgu

Rys.3.22D. - trzy kolejne odcinki prostej – przypadek kompensacji zewnętrznej i wewnętrznej



Rys. 3.21
Obróbka zewnętrzna



Rys. 3.22
Obróbka wewnętrzna

3.8.4. PROGRAMOWANIE KOMPENSACJI PROMIENIA NOŻA

Kompensację promienia noża 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 funkcję **G41** lub **G42** . W bloku tym wykonywana jest operacja przejścia z **toru zaprogramowanego w POT na ekwidystantę konturu (na tor środka krzywizny noża)** zgodnie z uprzednio lub w tym bloku zadeklarowaną wartością kompensacji pod adresem **Dxx**. Operację tę nazwano " **Wejściem na tor skompensowany** " (patrz. rozdz. 3.8.4.1). Wykonywana jest zawsze wzdłuż odcinka prostej.

Wejście na tor skompensowany (patrz Rysunki: 3.24, 3.25 i 3.26) wykonywane jest wzdłuż wektora **KW**, którego początek pokrywa się z początkiem odcinka nazwanego tu odcinkiem " dobiegu do konturu ", a koniec wyznacza wektor kompensacji lub skrótu.

Uwaga:

Wejścia na tor skorygowany poprzedza zawsze (za wyjątkiem przypadku gdy parametr $P1=9$) operacja przesunięcie suportu o wektor **SK** - patrz Rys. 3.23. Jest operacją typu " zero offset " wykonywana w ramach kompensacji długości noża, w wyniku której środek krzywizny ostrza noża zostaje przesunięty do punktu położonego na torze zaprogramowanym.

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.3.8.4.2). Wykonywana jest wzdłuż wektora , którego początek wyznacza wektor kompensacji lub skrótu związany z początkiem odcinka prostej zaprogramowanego łącznie z **G40**, a koniec z końcem tego odcinka. Patrz Rysunki: 3.27 i 3.28.

PROGRAMOWANIE KOMPENSACJI PROMIENIA NOŻA wymaga:

- zadeklarowania w wybranych blokach programu funkcji z grupy : **G41, G42, G40**

Funkcja G41 lub G42 wywołuje kompensację promienia noża - przejście z toru zaprogramowanego na tor skompensowany.

Sposób deklaracji G41 lub G42 oraz wykonanie operacji wejścia na tor skompensowany opisano szczegółowo w rozdz.3.8.4.1

Funkcja G40 wywołuje kasowanie kompensacji promienia noża - przejście z toru skompensowanego na tor zaprogramowany .

Sposób deklaracji G40 oraz wykonanie operacji zejścia z toru skompensowanego opisano szczegółowo w rozdz.3.8.4.2

- 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 kompensację długości)

- wpisania do tablicy korektorów narzędzi odpowiednich liczb w pola **P6 i P1** (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 **P6** wpisać należy liczbę określającą promień noża. (Znak liczby może dodatkowo zmienić stronę toru - patrz rozdz. 3.8.2.)

Zakres liczb wpisywanych w pole P6: **± 999.999 mm**

W pole **P1** należy wpisać cyfrę **od 1 do 8** określającą kierunek i zwrot wektora **SK**. Sposób przyporządkowania w/w cyfr określono na Rys. 3.23.

Przypadek obróbki " **za osią wrzeciona** " określa Rys. 3.23 B.

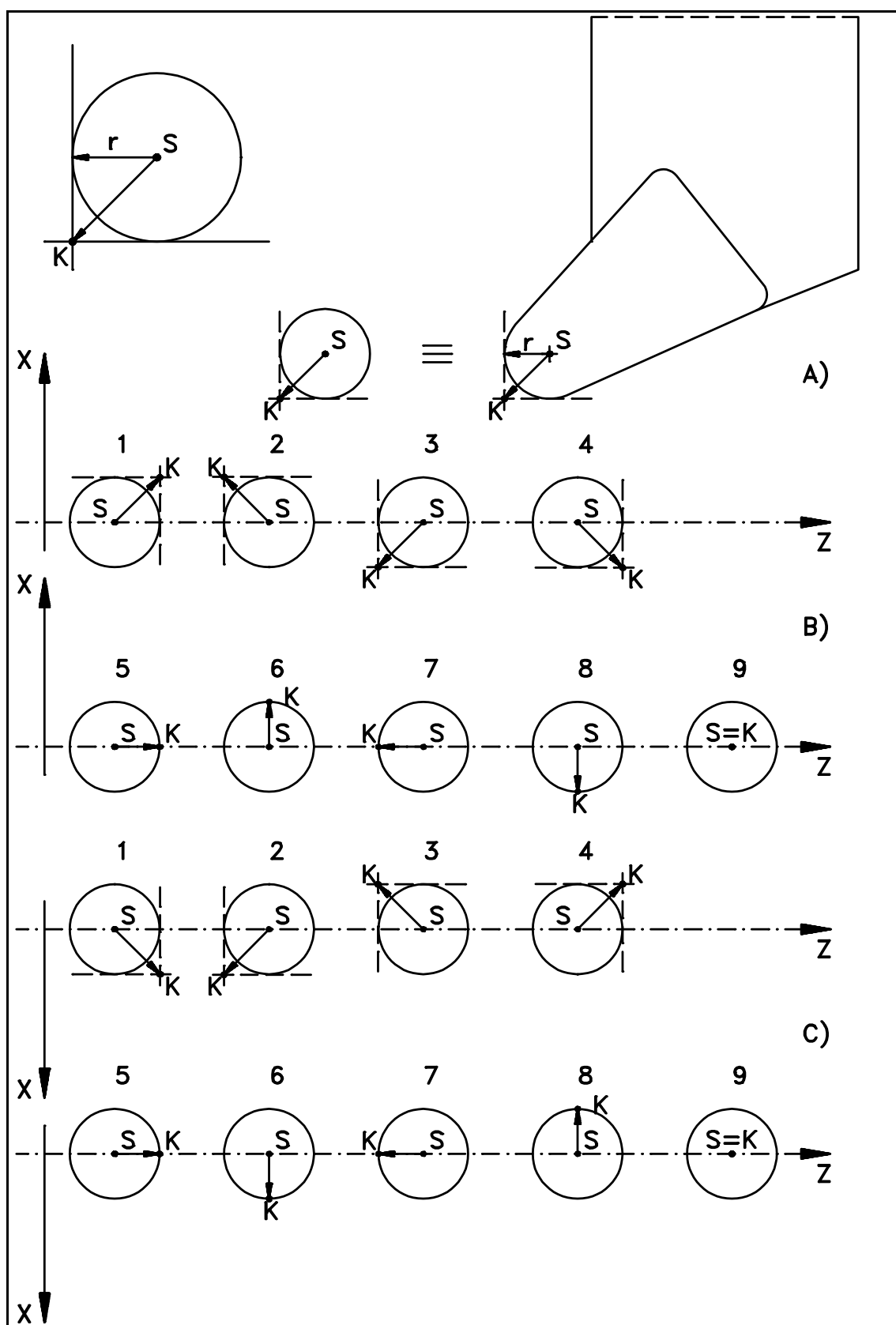
Przypadek obróbki " **przed osią wrzeciona** " określa Rys. 3.23 C.

W przypadku gdy długość noża mierzona jest do środka promienia krzywizny, w pole **P1** należy wpisać cyfrę **9**.

ZALECENIA:

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.

Zaleca się, aby przy wykonywaniu wszystkich operacji zmiany toru linia wyznaczająca ruch krawędzi tnącej noża nie przecinała konturu przedmiotu. Odstępstwo od tego zalecenia prowadzi do uszkodzenia przedmiotu. Zaleca się, aby dojście/odejście krawędzi tnącej noża do/od konturu przedmiotu odbywały się po stycznej, przy czym zalecenie to nie jest obligatoryjne. Decyzję podejmuje technolog.



Rys. 3.23
Kierunek i zwrot wektora SK

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.3.8.5.
- 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. 3.8.5.

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 łącznie z funkcjami **G41** lub **G42** powoduje, że prędkość posuwu krawędzi tnącej noża wzdłuż konturu detalu będzie równa prędkości założonej przez programistę i zapisanej w słowie **F**.

G46

Programowana łącznie z funkcjami **G41** lub **G42** powoduje, że prędkość posuwu środka krzywizny ostrza noża będzie równa prędkości zaprogramowanej w słowie **F**. Prędkość krawędzi tnącej noża na łukach okręgów będzie, zatem od niej różna i zależna od stosunku promienia ostrza noża do promienia łuku.

3.8.4.1. WEJŚCIE NA TOR SKOMPENSOWANY

Wyróżnia się trzy przypadki wejścia na tor skompensowany w zależności od:

- sposobu programowania (funkcje G41 lub G42 mogą być programowane w bloku łącznie z ruchem wzdłuż odcinka prostej G1/G0 lub w bloku poprzednim)
- konfiguracji konturu,
- strony toru

PRZYPADEK 1 - Rys. 3.24

Przypadek ten występuje dla **obróbki zewnętrznej**, niezależnie od sposobu programowania funkcji G41/G42. Wejście wykonywane jest wzdłuż wektora (zgodnie z p. 3.8.4), którego punkt końcowy wyznacza **Wektor Kompensacji** związany z końcem odcinka prostej stanowiący " dobieg do konturu ". 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 :

N10D1.....

N20 G1 (lub G0) G41(lub G42) F5 X+43 Z+43

PRZYKŁAD

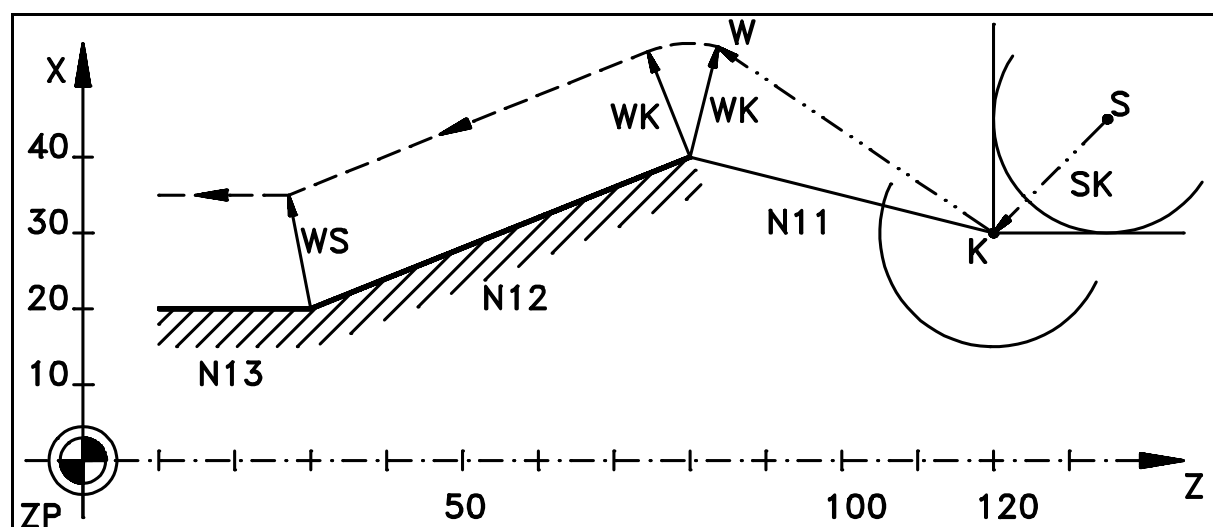
N10 G0 G90 X30 Z120 D1

N11 G1 G42 G91 F1000 X10 Z-40 (wejście na tor skompensowany)

N12 X-20 Z-50

N13 Z-80

.....



Rys. 3.24

Wejście na tor skompensowany - Przypadek 1

PRZYPADEK 2 - Rys. 3.25

Przypadek ten występuje dla **obróbki wewnętrznej**, gdy funkcje G41/G42 są programowane w bloku łącznie z ruchem wzdłuż odcinka prostej G1/G0. Wejście wykonywane jest wzdłuż wektora (zgodnie z p. 3.8.4) którego koniec wyznacza **Wektor Kompensacji** związany z początkiem pierwszego kompensowanego odcinka konturu. Może to być odcinek prostej lub łuk okręgu.

STRUKTURA BLOKU :

N10D1.....

N20 G1 (lub G0) G41(lub G42) F5 X+43 Z+43

PRZYKŁAD

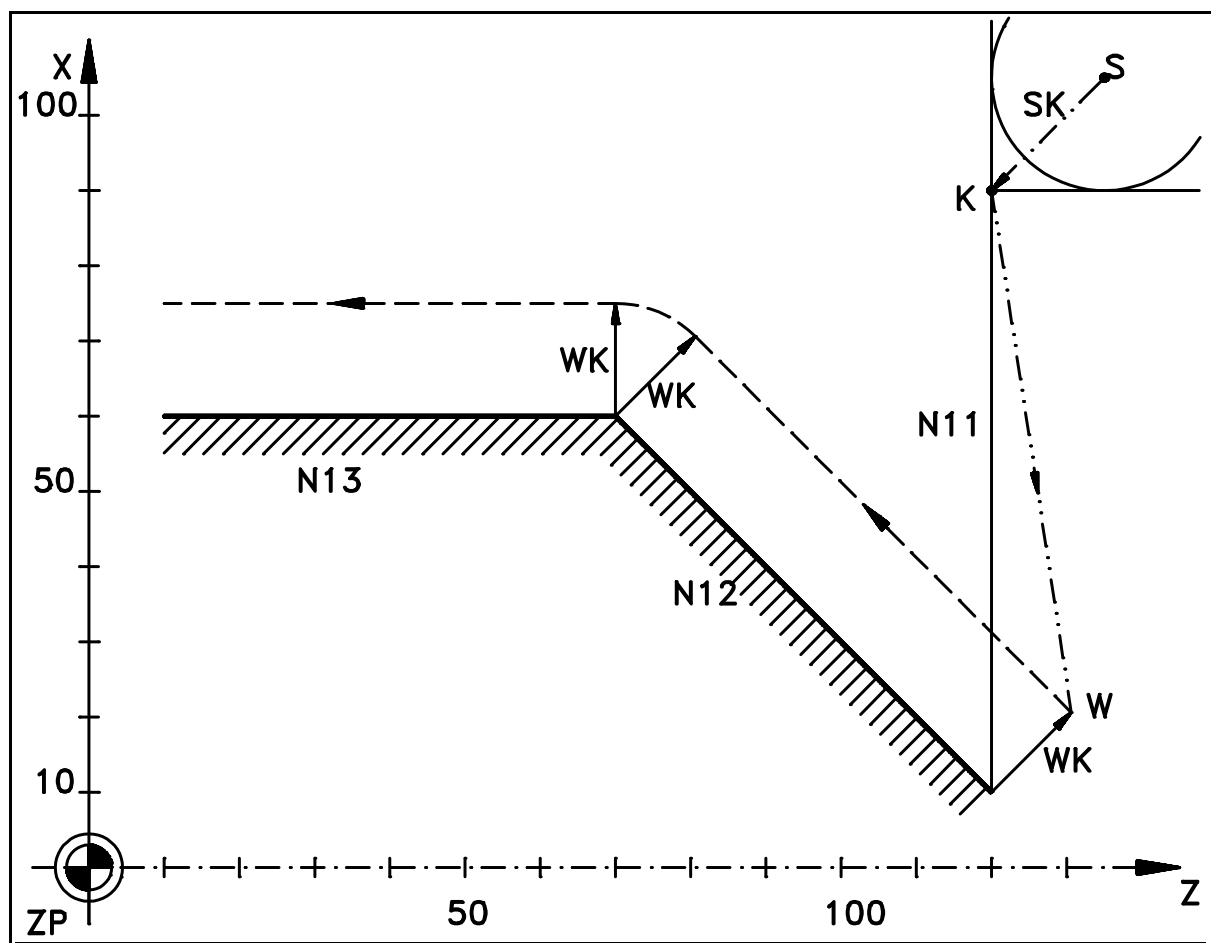
N10 G0 G90 X90 Z120 D1

N11 G1 G42 G91 F1000 X-80 (wejście na tor skompensowany)

N12 X50 Z-50

N13 Z-80

.....



Rys. 3.25

Wejście na tor skompensowany - Przypadek 2

PRZYPADEK 3 - Rys. 3.26

Przypadek ten występuje dla **obróbki wewnętrznej** gdy funkcje G41/G42 są programowane w bloku bez posuwu, poprzedzającym blok zawierający odcinek prostej G1/G0. Wejście wykonywane jest wzdłuż wektora (zgodnie z p. 3.8.4), którego koniec określa Wektor Skrótowy wyznaczony zgodnie z opisanymi poprzednio zasadami. Następnie wykonywany jest kolejny, już skompensowany odcinek toru (G0, G1, G10, G11, G2, G3).

STRUKTURA BLOKU:

N10D1.....

N19 G41(lub G42).....

N20 G1 (lub G0) F5 X+43 Z+43

PRZYKŁAD

N10 G0 G90 X20 Z120 D1

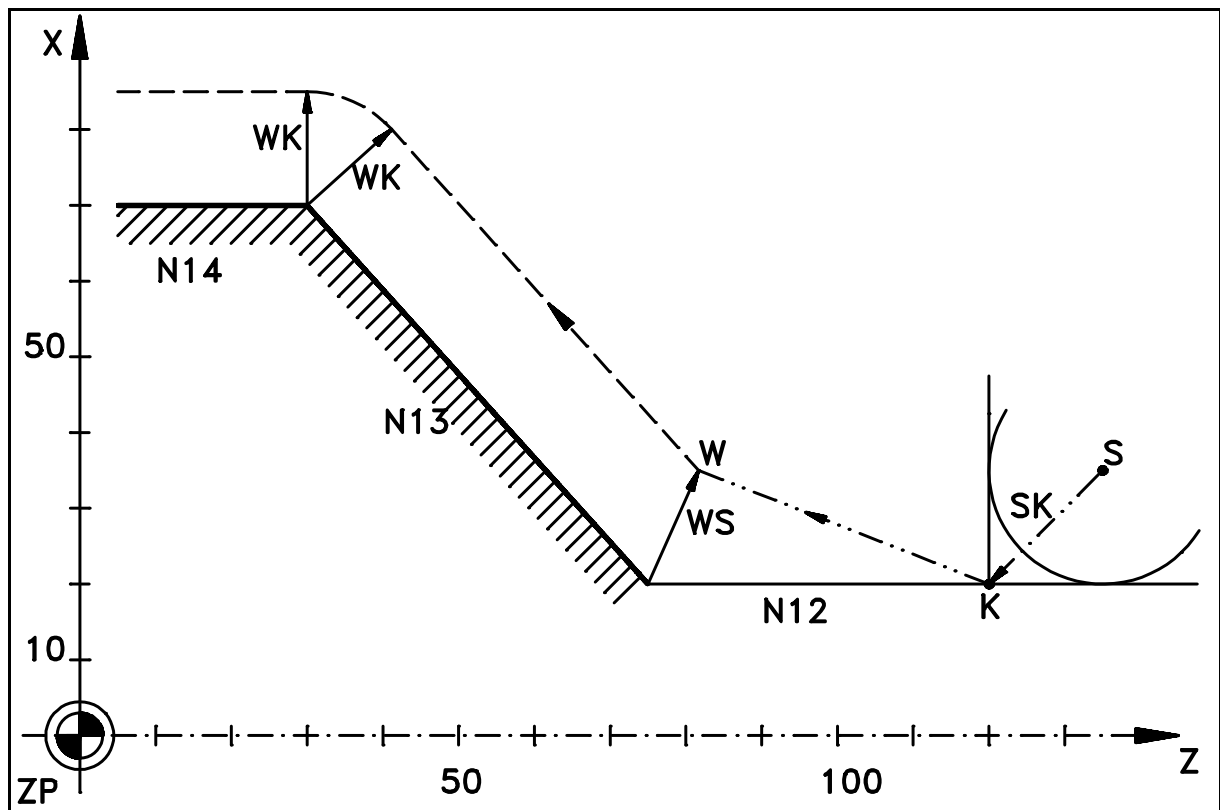
N11 G42

N12 G1 G91 F1000 Z-45 (wejście na tor skompensowany)

N13 X50 Z-45

N14 Z-35

.....



Rys. 3.26

Wejście na tor skompensowany - Przypadek 3

3.8.4.2. ZEJŚCIE Z TORU SKOMPENSOWANEGO

Wyróżnia się **dwa przypadki** zejścia z toru skompensowanego:

- przypadek obróbki wewnętrznej,
- przypadek obróbki zewnętrznej.

PRZYPADEK OBRÓBKİ WEWNĘTRZNEJ - Rys. 3.27

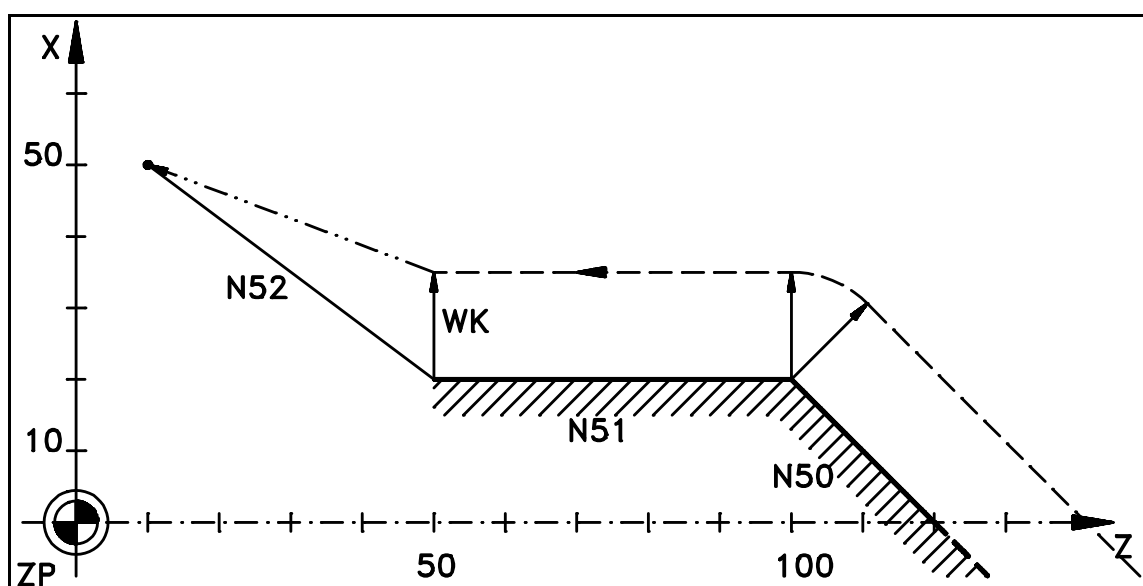
Zejście wykonywane jest wzdłuż wektora (zgodnie z p. 3.8.4), którego początek wyznacza **Wektor Kompensacji** związany z końcem ostatniego kompensowanego odcinka toru, a koniec z końcem odcinka prostej zaprogramowanego łącznie z funkcją G40. Następnie wykonywany jest kolejny odcinek toru zgodnie z POT (G0, G1, G10, G11, G2, G3).

STRUKTURA BLOKU :

```
N20 .....D1.....
.....
N50.... G41 .....
.....
N100 G1 (lub G0) G40 X+43 Z+43 F5
```

PRZYKŁAD

```
Nxx .....
Nxx .....G42..G91.....
N50 G1 X40 Z-40
N51 Z-50
N52 G40 X30 Z-40    ( zejście z toru skompensowanego )
.....
```



Rys. 3.27

PRZYPADEK OBRÓBKI ZEWNĘTRZNEJ - Rys. 3.28

Zejscie wykonywane jest wzdłuż wektora (zgodnie z p. 3.8.4), którego początek wyznacza **Wektor Kompensacji** związany z początkiem odcinka konturu zaprogramowanego łącznie z funkcją **G40**, a koniec z końcem tego odcinka. Następnie wykonywany będzie kolejny odcinek toru zgodnie z POT (G0, G1, G10, G11, G2 lub G3)

STRUKTURA BLOKU :

```

N20 .....D1.....
.....
N50.... G41 .....
.....
N100 G1 (lub G0) G40 X+43 Z+43 F5

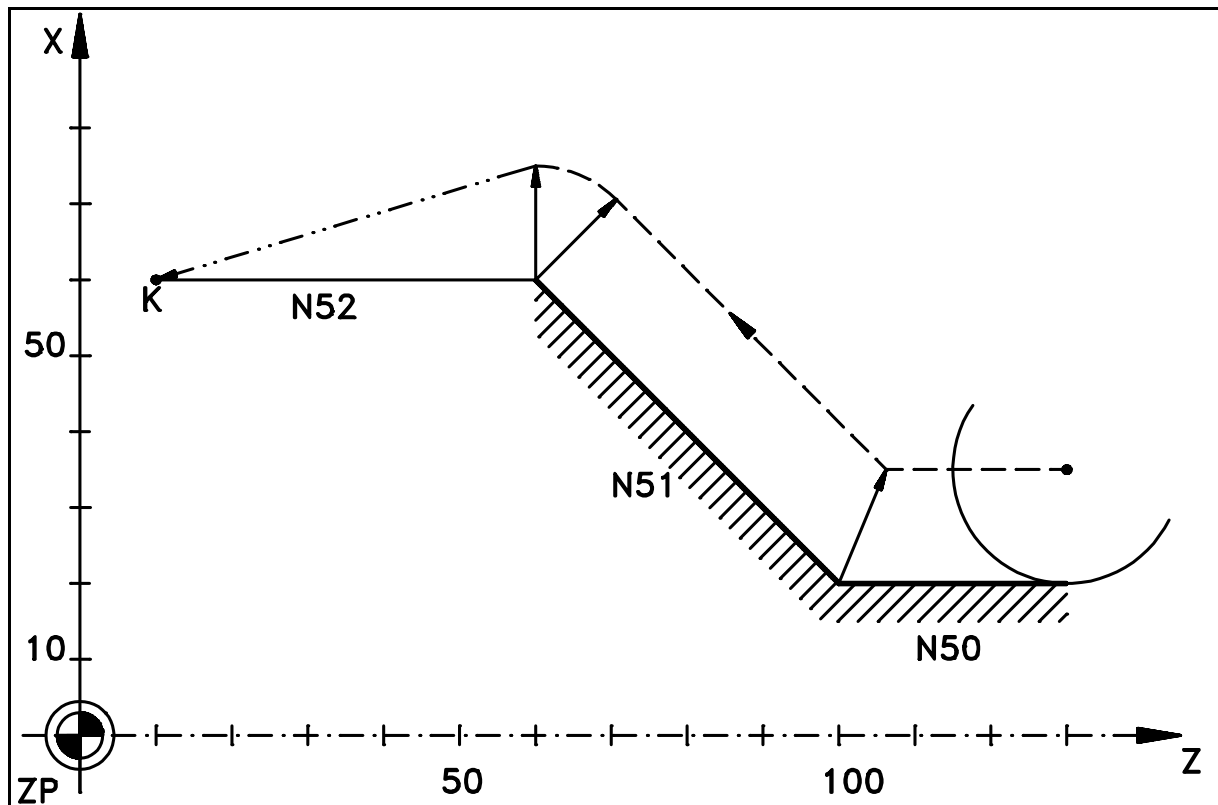
```

PRZYKŁAD

```

Nxx .....
Nxx .....G42..G91.....
N50 G1 Z-30
N51 X40 Z-40
N52 G40 Z-50    ( zejście z toru skompensowanego )
.....

```



Rys. 3.28

Zejscie z toru skompensowanego - **Przypadek obróbki zewnętrznej**

CNC PRONUM 630 T Instrukcja Programowania

3.8.5. PRZYPADKI SZCZEGÓLNE - zmiana strony i zmiana toru

ZMIANA STRONY

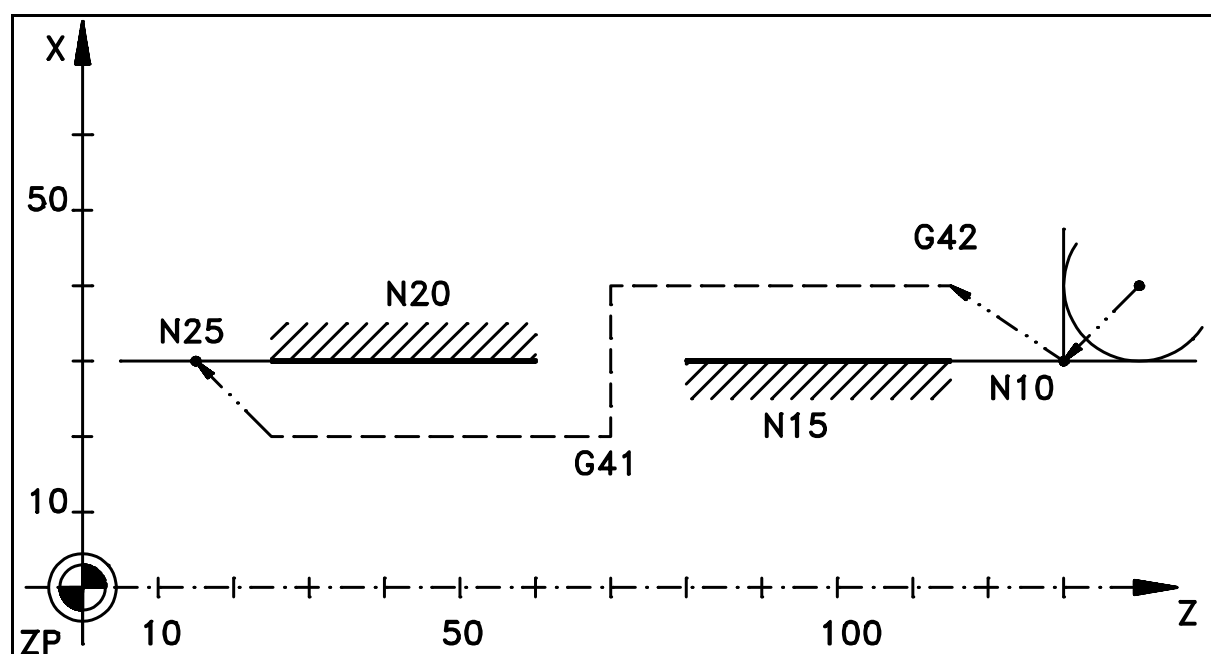
W trakcie wykonywania kompensacji można dokonać zmiany strony poprzez zadeklarowanie funkcji G41, gdy aktywna jest **G42** lub **G42** gdy aktywna jest **G41**. Zmiana strony nastąpi w bloku, w którym jedna z tych funkcji została zadeklarowana. W bloku tym oraz w bloku poprzednim należy zaprogramować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

Programowanie i wykonanie operacji zmiany strony toru pokazano na przykładzie.

PRZYKŁAD programowania zmiany strony pomiędzy odcinkami linii prostej:

```
%MPF55
N5 ..... D1 .....
N10 G1 G42 G91 F1000 Z-15
N15 Z-35
N20 G41 Z-35           (Zmiana strony)
N25 G40 Z-10
.....
```

Wykonanie programu pokazano na Rys. 3.29



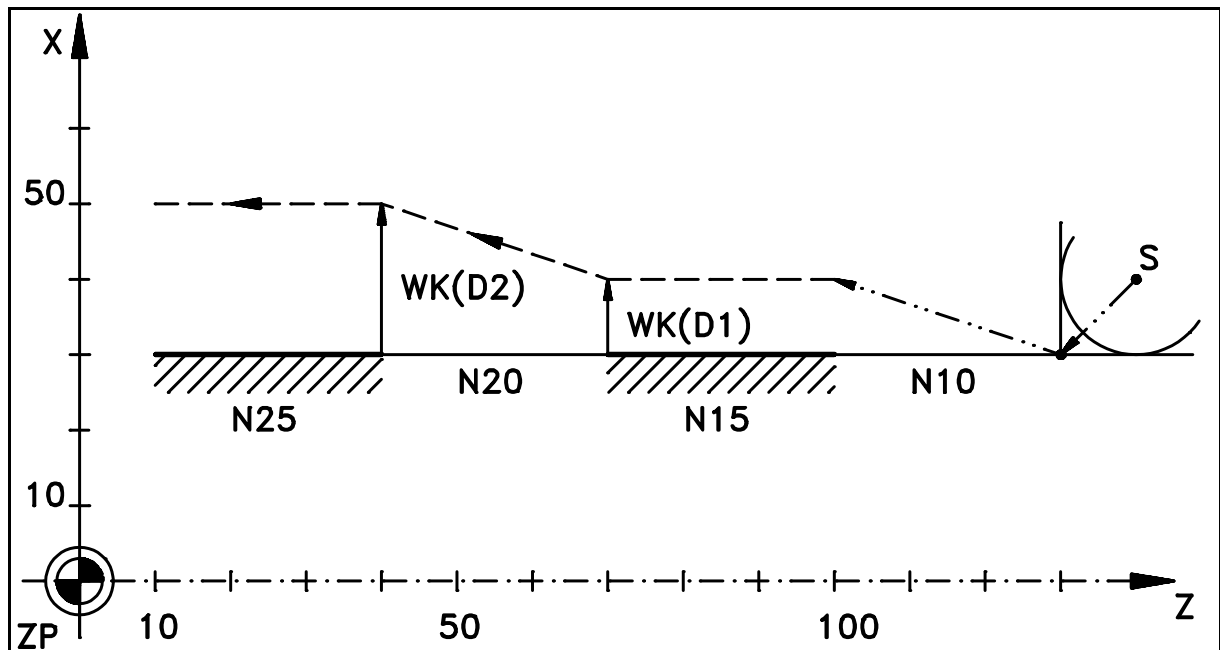
Rys. 3.29
Zmiana strony toru

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
N5 ..... D1 .....
N10 G1 G42 G91 F1000 Z-30
N15 Z-30
N20 D2 G42 Z-30      (Zmiana toru)
N25 Z-30
N30 G40 Z-20
.....
```



Rys. 3.30
Zmiana toru

3.8.6. OGRANICZENIA

Zastosowana w układzie sterowania PRONUM 630 T metoda kompensacji promienia noża gwarantuje, że zdecydowana większość spotykanych w praktyce kształtów przedmiotów jest korygowalna ze względu na promień noża w sposób prosty i bezpieczny. Ograniczenia, z którymi można się spotkać w praktyce, należy rozpatrywać w kategoriach fizycznej nierealizowalności obróbki danego fragmentu konturu przedmiotu ze względu na zbyt duży promień noża jak np. wcięcia lub uskoki konturu o wymiarach mniejszych od średnicy krzywizny ostrza noża lub obróbka wewnętrzna konturu, gdy promień noża jest większy od promienia krzywizny konturu (ten przypadek powoduje zatrzymanie wykonywania programu i wyświetlenie komunikatu:

obl.korekcji toru ? (błędne dane).

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

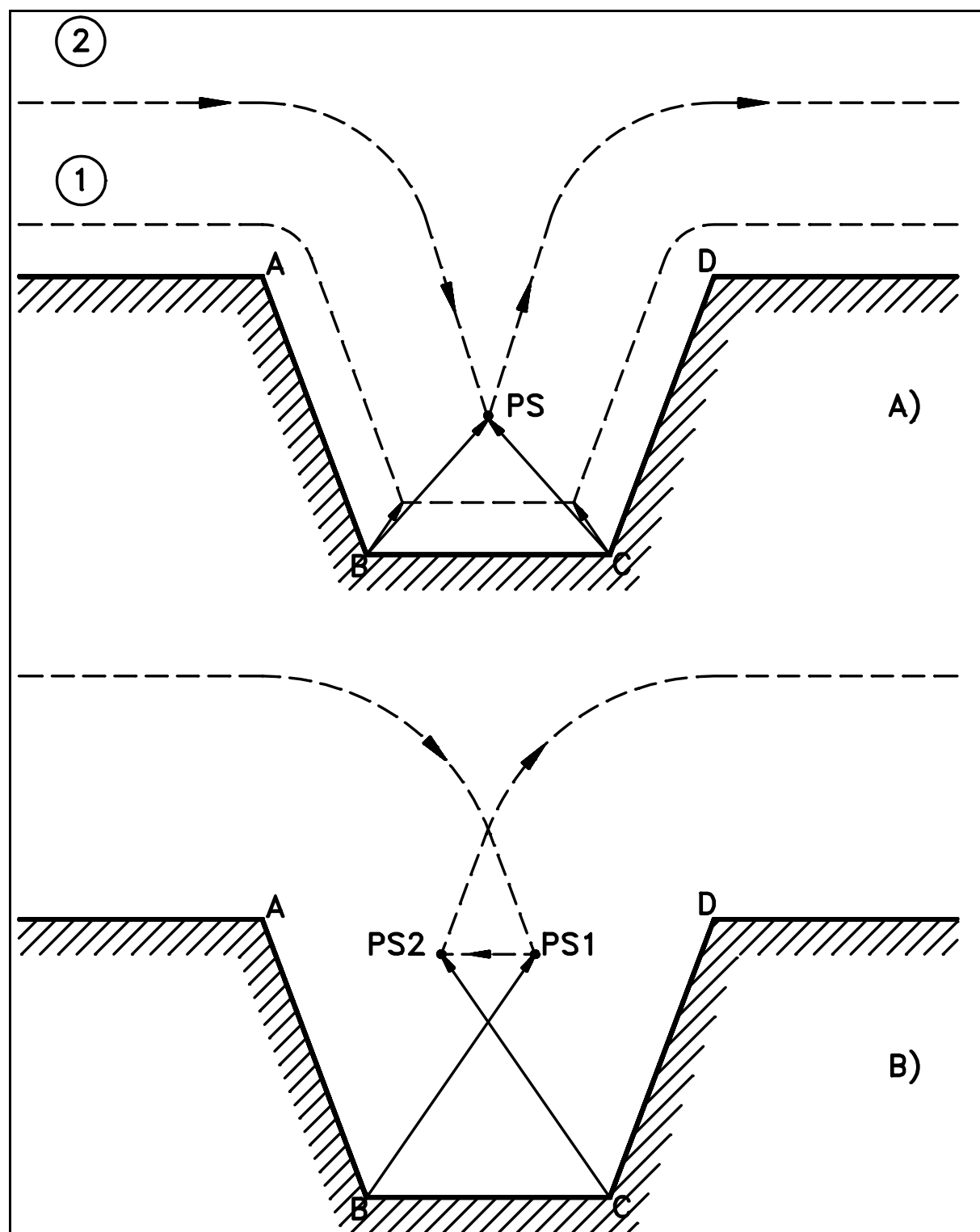
Ograniczenie to wystąpi, w gdy:

Suma długości rzutów Wektorów Skrótu lub długość rzutu Wektora Skrótu na prostą wyznaczoną przez punkt początkowy i końcowy zaprogramowanego odcinka konturu jest większa (większy) od długości tego odcinka prostej lub cięciwy zaprogramowanego łuku okręgu - patrz Rys. 3.31

Tak określone kryterium wyjaśniają: Rys.3.31 A i Rys.3.31 B. Na rysunkach tych odcinek prostej BC może być zastąpiony łukiem okręgu (bez zmiany ogólności rozważań). Rys.3.31A przedstawia dwa realizowalne przypadki kompensacji, w tym przypadek graniczny. Rys. 3.31 B przedstawia przypadek nierealizowalny, stanowiący ograniczenie kompensacji. Przekroczony został warunek określony przez wyżej zdefiniowane kryterium.

Przypadek poprawny zachodzi wtedy, gdy zwrot posuwu noża wzdłuż konturu zgodny jest ze zwrotem określonym przez program obróbki (przypadek 1 - Rys. 3.31 A). Przypadek graniczny gdy odcinek toru skorygowanego w wyniku operacji skrótu ulega likwidacji (przypadek 2-Rys.3.31 B) uznany jest również za poprawny.

Dalsze powiększanie wektora kompensacji (patrz Rys. 3.31B) powoduje zmianę zwrotu posuwu noża względem konturu. Występuje tu (w pewnym sensie) zjawisko "wyprzedzania" i " wycofywania " położenia noża względem konturu. Przypadek ten uznać należy za błędny , gdyż może spowodować uszkodzenie detalu.

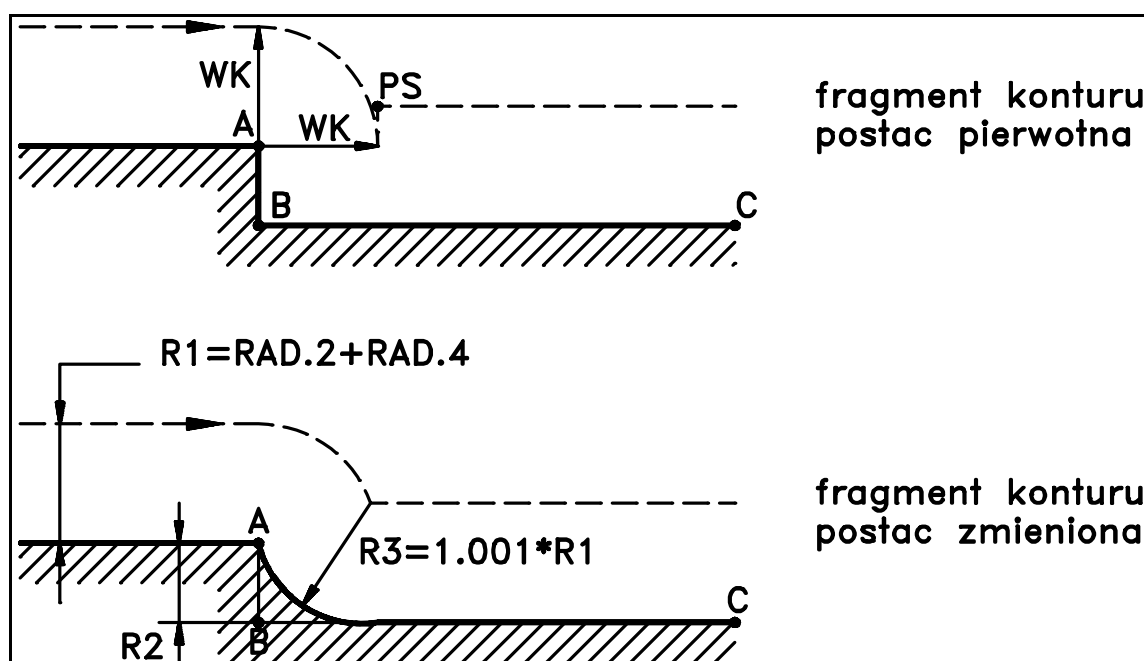


Rys. 3.31
Ograniczenia kompensacji

W przypadku, gdy dla fragmentów programu przy pewnych wielkościach kompensacji może wystąpić opisane wyżej ograniczenie to 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 noża nie mogą być obrobione. Wyjaśnia to następujący przykład:

PRZYKŁAD : Krawędź przedmiotu zawiera prostokątny uskok o wysokości mniejszej od promienia noża. Na Rys. 3.32 pokazano fragment konturu przedmiotu zawierający taki "uskok".



Rys. 3.32
Fragment konturu przedmiotu zawierający "uskok"

Tekst programu - postać pierwotna

```
%MPF9
N1 G90 G0 Z20 X20
N2 G1 G41 Z40 F500 D1
N3 Z140
N4 X10
N5 Z260
N6 Z280 G40
N7 M30
```

Tekst programu - postać zmieniona:

Uskok AB zamieniono łukiem okręgu stycznego do odcinka BC i promieniu większym od promienia noża - promień noża pomnożono przez 1.001

```
%MPF90
N1 G90 G0 Z20 X20
N2 G1 G41 Z40 F500 D1
N3 Z140
N30 R1=RAD.2+RAD.4 R2=10 R3=1.001*R1 (podst. korektora - p.rozdz. 5)
N31 G3 G91 ZSQRT(2*R2*R3-R2*R2) X-R2 ISQRT(2*R2*R3-R2*R2) JR3-R2
N5 G1 G90 Z260
N6 Z280 G40
N7 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 ZSQRT(20.02*(RAD.2+RAD.4)-100) X-10
ISQRT(20.02*(RAD.2+RAD.4)-100) J1.001*(RAD.2+RAD.4)-10
```


3.9. FUNKCJE OGRANICZENIA PRZESTRZENI OBRÓBK (G25, G26 i G27)

Funkcje te mogą być programowane tylko 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 systemie sterowania dodatkowej czynności - ciągłego dozoru, polegającego na ostrzeganiu przed przekroczeniem dozwolonej przestrzeni obróbki.

System 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, Zmin**)

Składowymi wektora są najmniejsze dopuszczalne wartości współrzędnych, odniesione do aktualnej bazy stałej (BS)

PRZYKŁAD: Nxxxx G25 Xmin..... Zmin.....

Funkcja G26 pozwala ograniczyć od góry obszar roboczy przez podanie wektora ograniczenia o składowych:
(**Xmax, Zmax**)

Składowymi wektora są największe dopuszczalne wartości współrzędnych, odniesione do aktualnej bazystałej (BS).

PRZYKŁAD: Nxxxx G25 Xmax..... Zmax.....

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

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

PRZYKŁAD: Nxxxx G27

3.10. 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 serwo mechanizmów sterujących posuwami obrabiarki. Pokazano to poglądowo na Rys. 3.34A. Gdy suport tokarki osiągnie pozycję toru zaznaczoną tu jako "p-kt S", to dopiero wówczas 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. 3.34B.

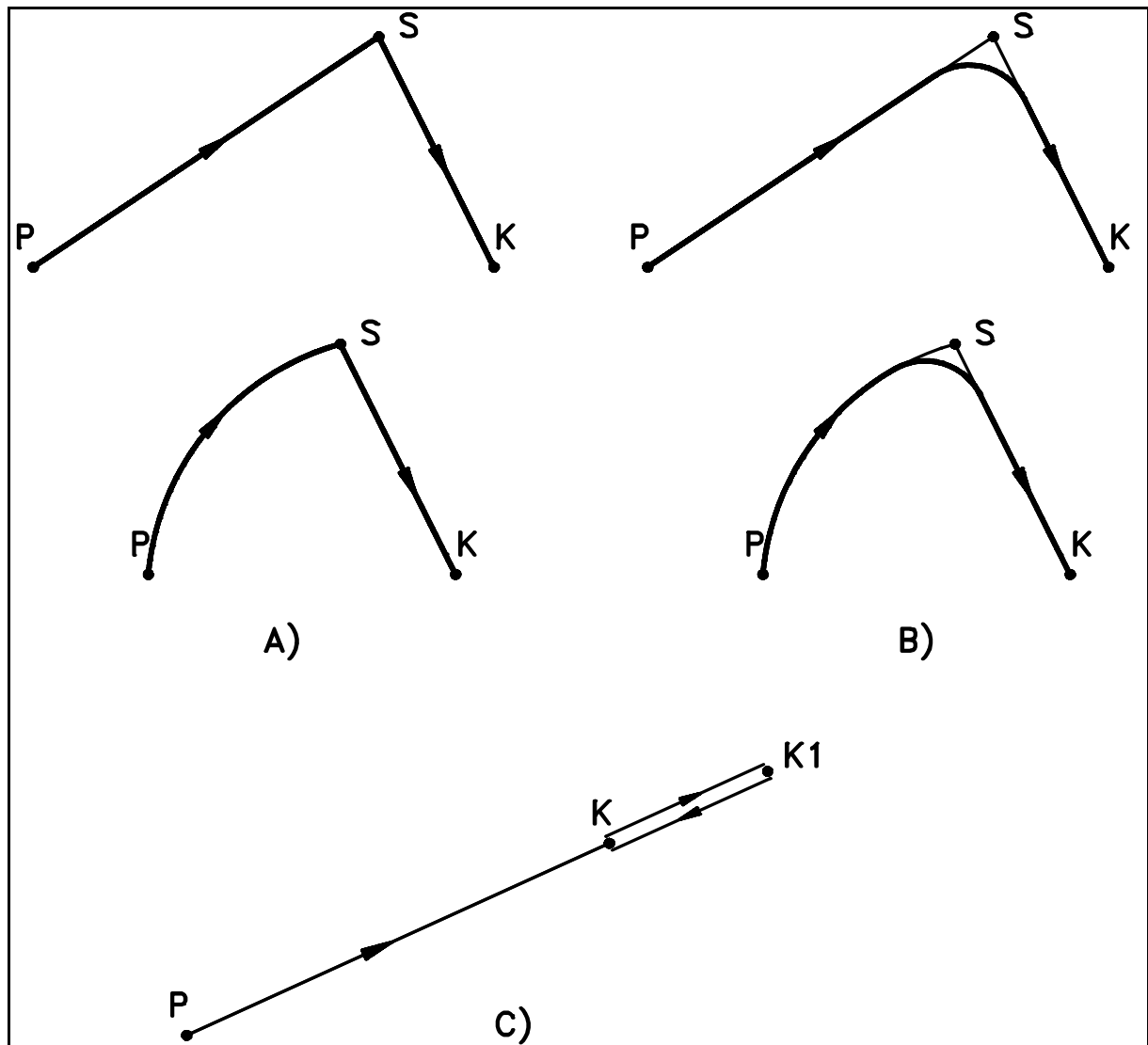
Funkcja G60 wywołuje dojazd jednokierunkowy w bloku, w którym została zaprogramowana. **Programowana musi być łącznie z G0 lub, gdy aktywna jest G0.** Ruch do zaprogramowanego punktu kończy się zawsze w tym samym kierunku. Kierunek i wielkość dojazdu określają parametry maszynowe obrabiarki. Na końcu bloku następuje kasowanie uchybu nadążania (jak dla G61). Działanie funkcji pokazuje Rys. 3.34C.

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.

3.10 Funkcje Określające Sposób Zakończenia Ruchu (G61, G64, G60 i G09)



Rys. 3.34
Wykonanie funkcji: G61, G64 i G60

3.11 LUSTRZANE ODBICIA

Lustrzane odbicie w kierunku osi Z lub X powoduje powstanie nowego toru, który jest osiowo symetryczny w stosunku do toru zaprogramowanego - tj. stanowi jego lustrzane odbicie. Wywoływane jest przez funkcje G7x tworzące dwie pary funkcji modalnych.

Są to:

G74 - wprowadza lustrzane odbicie w kierunku osi **X**

G75 - odwołuje lustrzane odbicie w kierunku osi **X**

G78 - wprowadza lustrzane odbicie w kierunku osi **Z**

G79 - odwołuje lustrzane odbicie w kierunku osi **Z**

Lustrzane odbicie może być również wywołane i odwołane sygnałem z PLC w polach komunikacyjnych PLC \Rightarrow NC: O26.7 i O30.7 (Patrz. PROGRAMOWALNY INTERFEJS PRONUM 630 T - rozdział 4.2.3). Wymaga to specjalnie opracowanego programu interfejsowego.

Wykonywane są następujące operacje:

- zmiana znaku programowanych przesunięć w osi odbicia.
Np. dla osi Z zmiana znaku współrzędnej Z a dla G2/G3 dodatkowo zmiana znaku parametru K,
- zmiana kierunku ruchu po okręgu: G2 na G3 lub G3 na G2
- zmiana strony korekcji: G41 na G42 lub G42 na G41.

Bez zmian pozostają:

- współrzędne bazy programu i jej korekcje,

Jeśli lustrzane odbicie włączone jest jednocześnie w obu osiach (osi X i osi Z) to kierunek ruchu po okręgu i strona korekcji pozostają bez zmiany.

Uwaga

Technologia obróbki metodą toczenia, określająca kształt noża tokarskiego i symetrię przedmiotu w odniesieniu do osi wrzeciona powoduje, że odbicie lustrzane w kierunku osi X jest praktycznie nieprzydatne. Może być ewentualnie wykorzystane w tokarkach uchwytych, w których ruch suportu umożliwia obróbkę zarówno nad jak i przed osią wrzeciona. Pewną możliwość w stosowaniu lustrzanego odbicia w kierunku osi X daje tokarka wyposażona w oś C umożliwiającą użycie narzędzia typu frez.

3.11 Lustrzane Odbicie

Przykład lustrzanego odbicia w kierunku osi Z podano na Rys. 3.35. Fragment konturu przedmiotu napisany jest w postaci podprogramu %SPF 346. Podprogram ten wywoływany jest dwukrotnie przez program główny %MPF 346.

Wywołanie pierwsze: Podprogram %SPF 346 wykonany jest zgodnie z jego treścią.

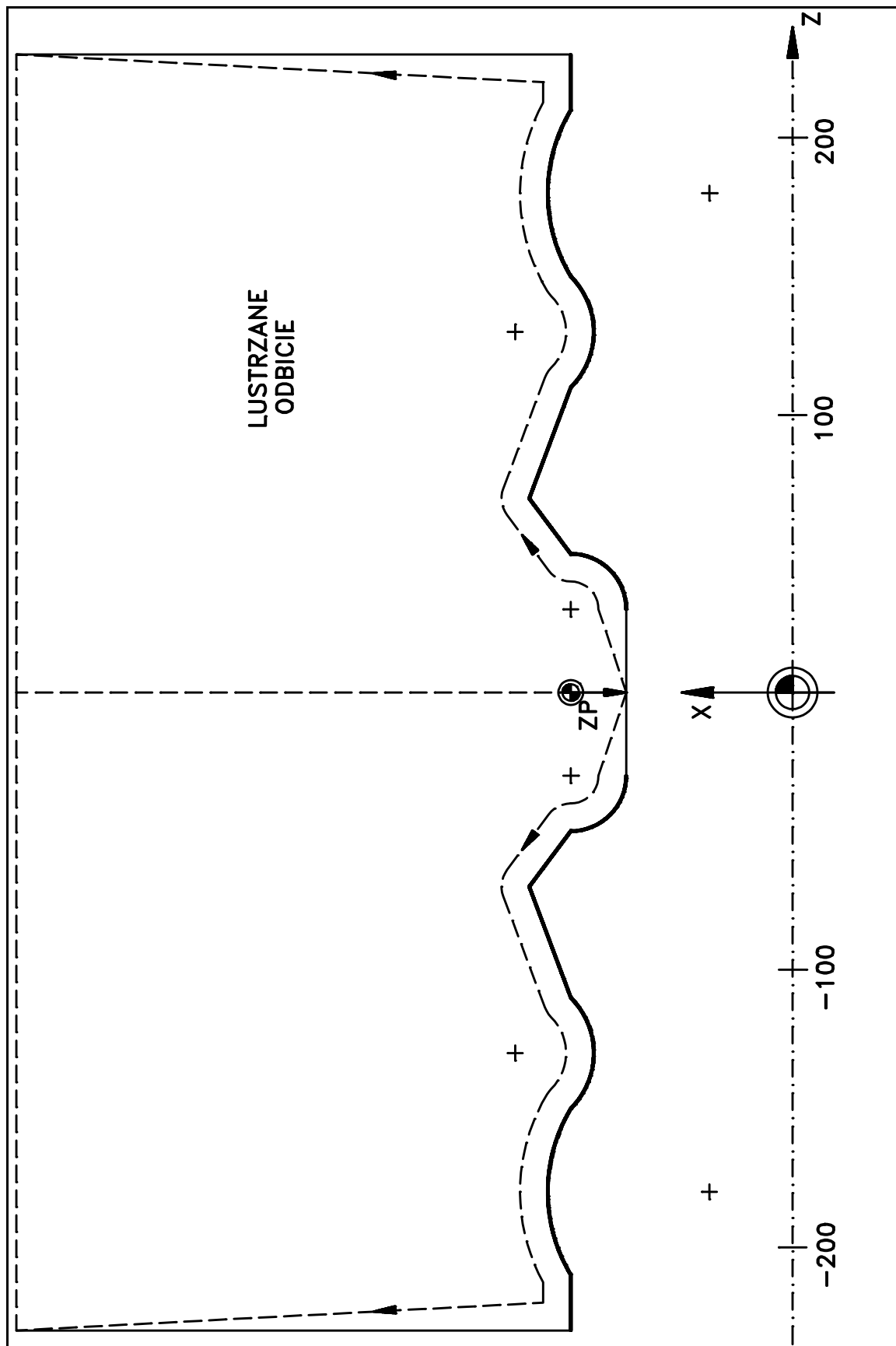
Wywołanie drugie: Wywołanie %SPF 346 poprzedza blok zawierający funkcję G78. Podprogram wykonany jest z lustrzanym odbiciem w osi Z.

Treść podprogramu:

```
%SPF346
N100 G91 G0 X-20
N110 G42 Z-30 F100 D3
N120 G2 X20 Z-20 I20
N130 G1 X25 Z-20
N140 X-25 Z-40
N150 G2 Z-40 I20 K-20
N160 G3 Z-60 I-60 K-30
N170 G1 Z-10
N180 G0 G40 X100
N190 G90 Z0
N200 X200
N210 M17
```

Treść programu głównego:

```
%MPF346
N10 G0 G90 G54 X250 Z0 D201
N20 X200
N30 L346 ( pierwsze wywołanie - lewa strona Rys.3.35 )
N40 G78
N50 L346 ( lustrzane odbicie - prawa strona Rys.3.35 )
N60 G79
N70 G0 G90 X200
N80 G54 D0
N90 M30
```



Rys. 3.35 Lustrzane odbicie

3.12. 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: N4 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)

3.13. 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, GIII, GX i GXI. 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.

4. CYKLE STAŁE

Cykle stałe stanowią zestaw sparametryzowanych podprogramów, wpisanych na stałe do układu sterowania, które umożliwiają:

- toczenie warstwowe; zgrubne i wykańczające,
- gwintowanie wzdłużne i płaskie,
- wiercenie głębokich otworów.

WYKAZ CYKLI STAŁYCH

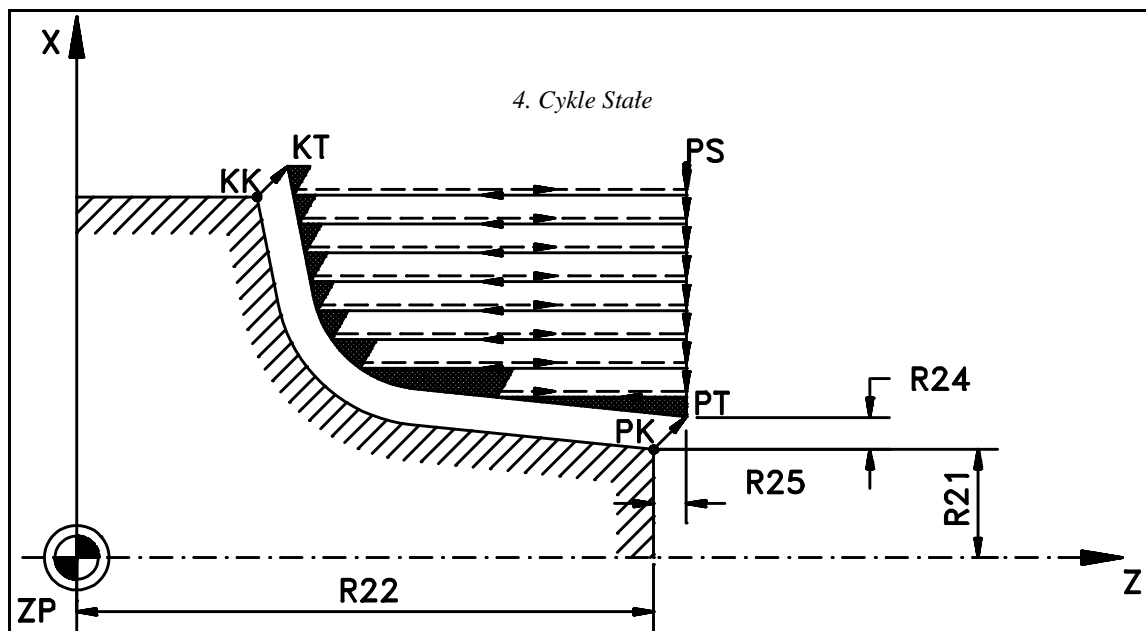
- L95** Cykl obróbki zgrubnej i/lub wykańczającej wykonany metodą toczenia warstwowego równoległe do osi maszyny i/lub konturu przedmiotu zadanego w postaci podprogramu,
- L97** Cykl nacinania gwintów wzdłużnych, stożkowych i płaskich (tj. na powierzchniach cylindrycznych, stożkowych oraz na czole wałka.
- L98** Cykl wiercenia głębokich otworów.

4.1 CYKL TOCZENIA WARSTWOWEGO - L95

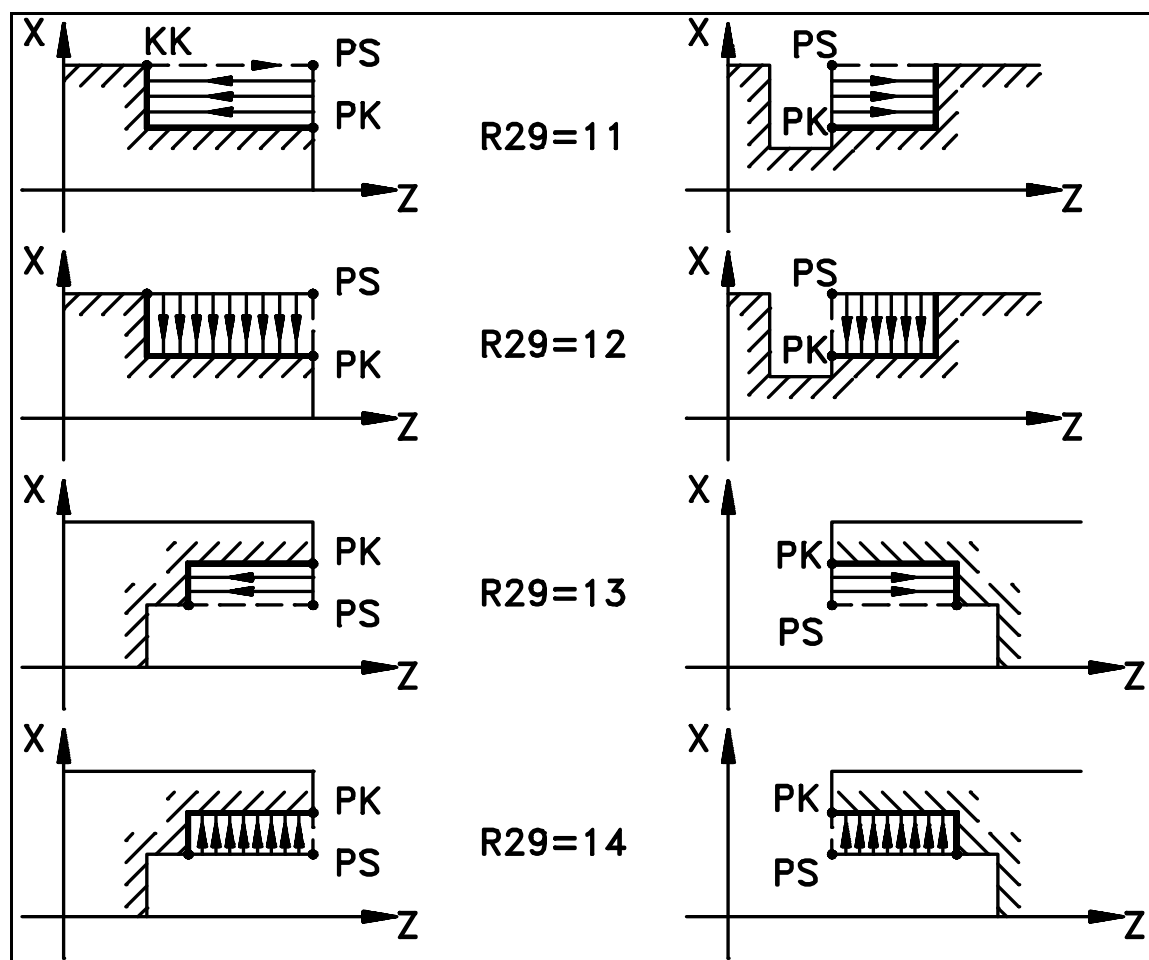
Cykl umożliwia wykonanie obróbki **zgrubnej, wygładzającej i wykańczającej**. Kontur obrabianego przedmiotu zadany jest w postaci podprogramu. Obróbka zgrubna wykonywana jest metodą zbierania kolejnych warstw wzdłuż wybranej osi: **X** lub **Z** lub **toczenia wzdłuż warstw**, stanowiących kolejne przybliżenie konturu. W obu przypadkach pozostawiany jest naddatek na obróbkę wygładzającą lub wykańczającą. Obróbka wygładzająca i wykańczająca wykonywane są przez toczenie równoległe do konturu z możliwością kompensacji na promień noża. Obróbka wygładzająca może być wykonana w kilku przejściach. Po każdym przejściu następuje zmniejszenie naddatku. Przy ostatnim przejściu zwanym **wykańczającym** programowany jest zerowy naddatek.

PARAMETRY CYKLU (patrz Rys. 4.1)

- R20** - Numer podprogramu opisującego kontur obrabianego przedmiotu.
- R21** - Współrzędna absolutna X punktu określającego początek konturu przedmiotu,
- R22** - Współrzędna absolutna Z punktu określającego początek konturu przedmiotu,
- R24** - Naddatek na obróbkę wygładzającą lub wykańczającą w kierunku osi X - wartość przyrostowa bez znaku,
- R25** - Naddatek na obróbkę wygładzającą lub wykańczającą w kierunku osi Z - wartość przyrostowa bez znaku,
- R26** - Szerokość zbieranej warstwy materiału w każdym przejściu narzędzia dla obróbki zgrubnej - wartość przyrostowa bez znaku,
- R27** - Strona toru: R27=40 (odp.G40), R27=41 (odp. G41) lub R27=42 (odp. G42) - jak w przypadku kompensacji promienia noża.
- R29** - Identyfikator rodzaju obróbki.



Rys. 4.1
Cykl toczenia warstwowego



Rys. 4.2
Kierunek zbierania warstw

WARTOŚĆ PARAMETRU R29

Obróbka zgrubna wzdłuż osi X lub Z (patrz Rys. 4.2)

R29 = 11	Obróbka wzdłuż osi Z na zewnątrz konturu
R29 = 12	Obróbka wzdłuż osi X na zewnątrz konturu.
R29 = 13	Obróbka wzdłuż osi Z wewnątrz konturu
R29 = 14	Obróbka wzdłuż osi X wewnątrz konturu.

Obróbka zgrubna wzdłuż warstwicy(patrz Rys. 4.3)

R29 = 22	Obróbka na zewnątrz konturu
R29 = 24	Obróbka wewnątrz konturu

Obróbka zgrubna i wykańczająca (patrz Rys. 4.1)

R29 = 21	Obróbka wygładzająca lub wykańczająca równoległa do konturu wykonywana na zewnątrz przedmiotu (do zaprogramowanego naddatku).
R29 = 23	Obróbka wygładzająca lub wykańczająca równoległa do konturu wykonywana wewnątrz konturu przedmiotu (do programowanego naddatku).
R29 = 31	Obróbka zgrubna wzdłuż osi Z na zewnątrz konturu przedmiotu. Po niej następuje jedno przejście równoległe do konturu, aż do zaprogramowanego naddatku.
R29 = 32	Obróbka zgrubna wzdłuż osi X na zewnątrz konturu przedmiotu. Po niej następuje jedno przejście równoległe do konturu, aż do zaprogramowanego naddatku.
R29 = 33	Obróbka zgrubna wzdłuż osi Z wewnątrz konturu przedmiotu. Po niej następuje jedno przejście równoległe do konturu, aż do zaprogramowanego naddatku.
R29 = 34	Obróbka zgrubna wzdłuż osi X wewnątrz konturu przedmiotu. Po niej następuje jedno przejście równoległe do konturu, aż do zaprogramowanego naddatku.
R29 = 41	Jak 31 + jedno przejście wykańczające, równoległe do konturu - bez pozostawienia naddatku.
R29 = 42	Jak 32 + jedno przejście wykańczające, równoległe do konturu - bez pozostawienia naddatku.
R29 = 43	Jak 33 + jedno przejście wykańczające, równoległe do konturu - bez pozostawienia naddatku.
R29 = 44	Jak 34 + jedno przejście wykańczające, równoległe do konturu - bez pozostawienia naddatku.

4. Cykle Stałe

Przykładowe wykonanie cyklu pokazano na Rys. 4.1. Na rysunku tym zaznaczono charakterystyczne punkty toru, w których rozpoczyna się i kończy ruch noża w trakcie wykonywania cyklu.

Są to:

PS Punkt Startu Cyklu - zbierania warstw w kierunku **X** lub **Z**. Od tego punktu rozpoczyna się ruch w przypadku obróbki zgrubnej wykonywanej metodą zbierania warstw wzdłuż osi **X** lub **Z** oraz w przypadku zbierania warstw. Położenie punktu **PS** wyznaczone jest automatycznie na podstawie treści podprogramu opisującego kontur i parametrów **R21 do R26**.

PK Punkt Początku Konturu
Od tego punktu rozpoczyna się ruch roboczy w przypadku obróbki wykańczającej i zerowego naddatku. Położenie punktu określają parametry **R21 i R22**.

KK Punkt Końca Konturu
W punkcie tym kończy się ruch roboczy w przypadku obróbki wykańczającej i zerowego naddatku. Położenie punktu określa treść podprogramu oraz parametry **R21 i R22**.

PT Punkt Początku Toru (w przypadku toczenia równoległe do konturu)
Od tego punktu rozpoczyna się ruch roboczy w przypadku toczenia równoległego do konturu i naddatku różnego od zera. Punkt ten przesunięty jest względem **PK** o wektor, którego składowe (wartości bezwzględne składowych wektora) określają parametry: **R24 i R25**.

KT Punkt Końca Toru (w przypadku toczenia równoległe do konturu)
W punkcie tym kończy się ruch roboczy w przypadku toczenia równoległego do konturu i naddatku różnego od zera. Punkt ten przesunięty jest względem **KK** o wektor, którego składowe (wartości bezwzględne składowych wektora) określają parametry: **R24 i R25**.

Uwagi:

- położenie punktu **PS** zmienia się wraz ze zmianą parametrów **R24 i R25**,
- położenia punktów **PT i KT** zmieniają się wraz ze zmianą parametrów **R24 i R25**.
- w przypadku zerowego naddatku punkty **PT i KT** pokrywają się odpowiednio z punktami **PK i KK**

OPIS WYKONANIA CYKLU (patrz Rys. 4.1, 4.2 i 4.3)

1. Start wykonania cyklu - po odczytaniu bloku z **L95**.

**Jeśli R29 równa się: 11, 12, 13, 14,
31, 32, 33, 34,
41, 42, 43, 44,**

to wykonany jest ruch szybki do punktu **PS**, a następnie wykonane są operacje zgodnie z **p.2**.

Jeśli R29 równa się: 21 lub 23,

to wykonany jest ruch szybki do punktu **PT** lub **PK**, a następnie wykonane są operacje zgodnie z **p.4**.

Jeśli R29 równa się: 22 lub 24,

to wykonany jest ruch szybki do punktu **PS** a następnie wykonane są operacje zgodnie z **p.8**.

2. Zbieranie kolejnych warstw wzdłuż osi: **Z** lub **X**

Jeśli R29 równa się: 11, 13, 31, 33, 41 lub 43,

to zbierane są warstwy w kierunku osi **Z** (patrz Rys. 4.1)

- 2.1. Ruch roboczy noża w kierunku osi **Z** aż do linii określającej zarys naddatku,
- 2.2. Odsunięcie noża od obrobionej powierzchni o **1 mm**,
- 2.3. Wycofanie noża ruchem szybkim do punktu o współrzędnej **Z** określającej położenie punktu **PS**,
- 2.4. Dosunięcie noża do materiału ruchem szybkim w kierunku osi **Z** o wielkość : **(R26 + 1) mm**,
- 2.5. Zbieranie kolejnych warstw wykonywane jest zgodnie z operacjami określonymi w punktach. od 2.1 do 2.4. Po zebraniu ostatniej warstwy i po wycofaniu zgod. z 2.3 ruch szybki do punktu **PT**.

Jeśli R29 równa się: 12, 14, 32, 34, 42 lub 44,

to zbierane są warstwy w kierunku osi **X**.

Zbieranie warstw w kierunku osi **X** wykonywane jest zgodnie z operacjami określonymi w punktach. od 2.1 do 2.5, przy czym:

literę **Z** należy zastąpić literą **X**,

punkt **PT** należy zastąpić przez punkt **KT**

Ponadto po zebraniu ostatniej warstwy i po wycofaniu do punktu **KT** wykonywany jest dodatkowo ruch szybki do **PS**.

3. Koniec cyklu - przypadek 1

Jeśli R29 równa się: 11, 12, 13 lub 14,
to następuje zakończenie cyklu.

4. Obróbka wygładzająca lub wykańczająca

4.1 Ruch szybki do punktu **PT** (lub w przypadku zerowego naddatku do punktu **PK**),

4.2 Ruch roboczy wzdłuż linii wyznaczającej naddatek od punktu **PT** do punktu **KT** (lub wzdłuż konturu w przypadku zerowego naddatku od punktu **PK** do punktu **KK**),

4.3 Ruch szybki do punktu **PS**.

5. Koniec cyklu - przypadek 2

Jeśli R29 równa się: 31, 32, 33 lub 34,
to następuje zakończenie cyklu.

6. Obróbka wygładzająca lub wykańczająca

6.1 Ruch szybki do punktu **PK**,

6.2 Ruch roboczy wzdłuż konturu od punktu **PK** do **KK**,

6.3 Ruch szybki do punktu **PS**.

7. Koniec cyklu - przypadek 3

Jeśli R29 równa się: 41, 42, 43 lub 44,
to następuje zakończenie cyklu.

8. Toczenie wzdłuż warstwicy stanowiących kolejne przybliżenie konturu
(patrz Rys. 4.3)

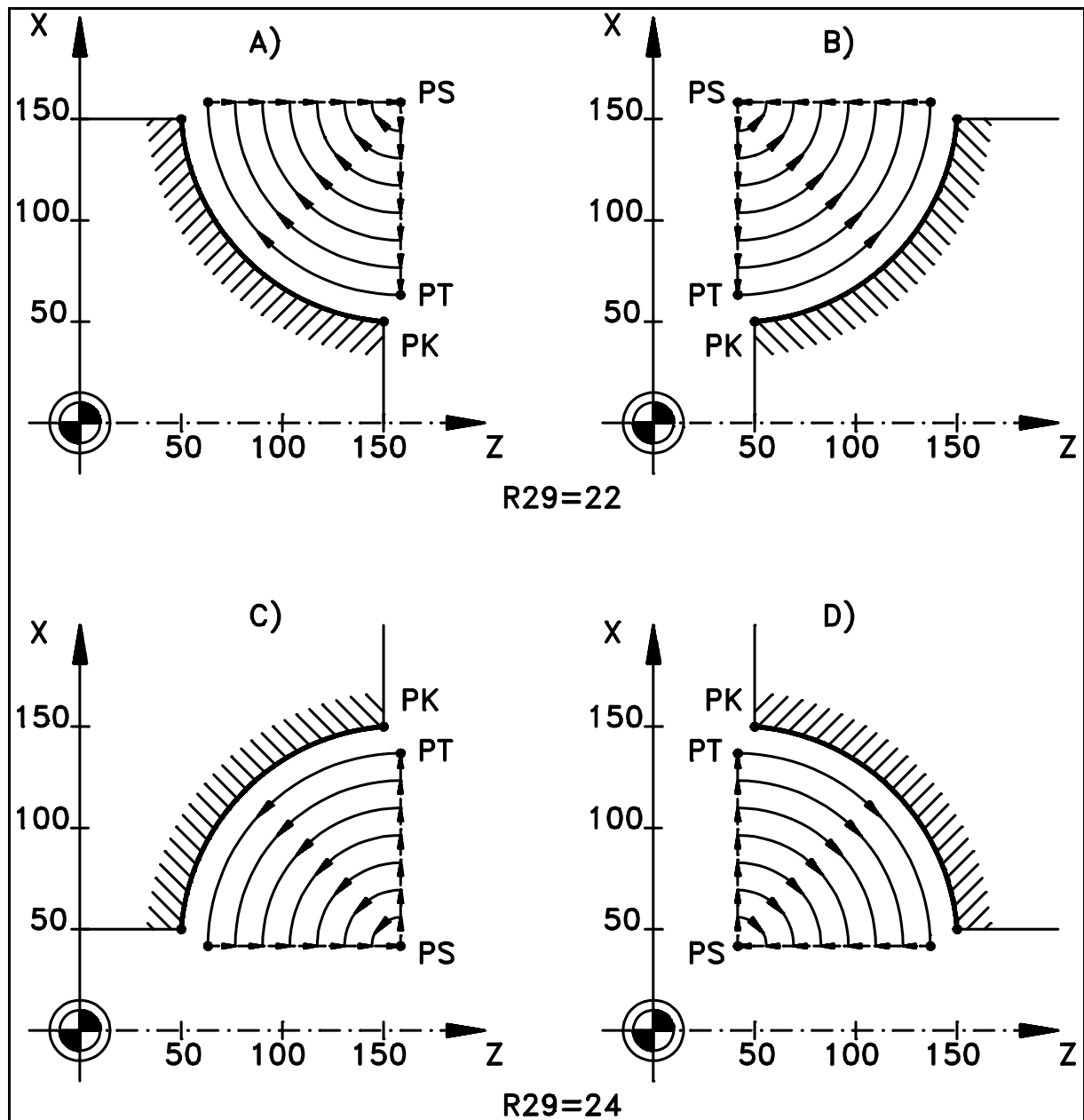
8.1 Ruch szybki w kierunku punktu **PT** o wielkość określoną przez parametr **R26**,

8.2 Ruch roboczy wzdłuż pierwszej warstwicy,

8.3 Wycofanie ruchem szybkim do punktu **PS**,

8.4 Toczenie wzdłuż kolejnych warstwicy wykonywane jest zgodnie z operacjami określonymi w punktach. od 8.1 do 8.4, przy czym ruch szybki zgodnie z 8.1 wykonywany jest dla n-tej warstwicy o wielkość równą $n * R26$. Ostatnie toczenie wykonywane jest wzdłuż linii naddatku.

9. Koniec cyklu - przypadek 4



Rys. 4.3
Toczenie warstw

ZALECENIA dotyczące PROGRAMOWANIA KONTURU

1. Położenie punktów **PK** i **KK** należy wybrać tak, jak pokazano to na rysunkach Rys. 4.2 i Rys. 4.3,
2. Prosta równoległa do osi **X** lub **Z** może przecinać kontur tylko w jednym punkcie,
3. Wartość bezwzględna różnicy położenia punktów **PK** i **KK** w każdej z osi musi być większa od:

$$\mathbf{R26 + \max (R24, R25)}$$

W przypadku obróbki wałka o tworzącej równoległej do osi **Z** lub powierzchni tarczy prostopadłej do osi **Z** należy zaprogramować dodatkowy blok, opisujący linię konturu leżącego już poza materiałem tak, aby powyższy warunek został spełniony.

4. Nie należy stosować lustrzanych odbić,
5. W przypadku obróbki wzdłuż warstwicy (**R29 = 22** lub **R29 = 24**) nie wolno wprowadzać kompensacji promienia noża. Warunkiem koniecznym jest, aby: **R27 = 40**,
6. W przypadku obróbki wygładzającej lub wykańczającej można wprowadzać kompensację promienia noża programując **R27 = 41** lub **R27 = 42**. Ponadto w programie głównym wywołującym L95 należy zadeklarować odpowiedni adres **Dxx**.
7. Przy programowaniu konturu należy zwrócić uwagę na ograniczenia opisane w rozdz. 3.6.8
8. Przed wywołaniem cyklu **L95** należy położenie suportu zaprogramować tak, aby w trakcie ruchu do punktu **PS** ostrze noża nie zawadziło o obrabiany przedmiot (przed obróbką),

U W A G A:

Zaleca się sprawdzenie każdego zaprogramowanego cyklu L95 w trybie symulacji graficznej
(przed wykonaniem obróbki)

PRZYKŁADY PROGRAMOWANIA - L95**PRZYKŁAD 1**

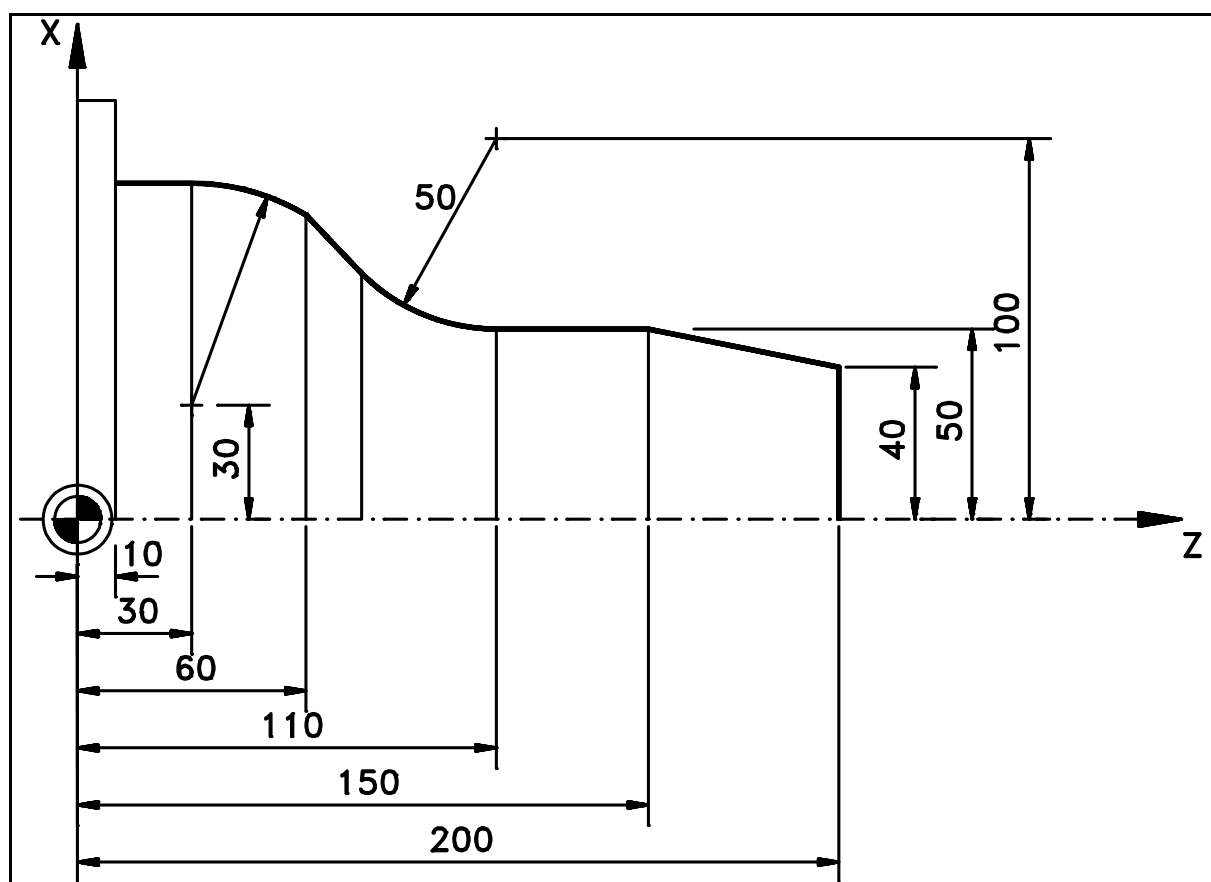
Przedmiot obróbki pokazano na Rys. 4.4 . Kontur przedmiotu (po obróbce) określa podprogram **%SPF 234**. Pełny proces obróbki określa program główny **%MPF 200**. Podprogram wywoływany jest czterokrotnie.

Pierwsze wywołanie: obróbka zgrubna **R29 = 11**

Drugie wywołanie: obróbka wygładz. **R29 = 21**

Trzecie wywołanie: obróbka wygładz. **R29 = 21**

Czwarte wywołanie: obróbka wykańcz. **R29 = 21, R24 = R25 = 0**



Rys. 4.4 Przykład programowania L95

Tekst podprogramu:

```
%SPF234
N10 G90 G1 X40 Z200
N20 X50 Z150
N30 Z110
N40 G2 X64.645 Z74.645 I50
N50 G1 X80 Z60
N60 G3 X92.426 Z30 I-30 K-30
N70 G1 Z10
N80 X120
```


Tekst programu głównego:

%MPF200	
N80 T4 M6	wybór noża
N90 S600 M3	wybór obrotów
N100 G90 G0 X150 Z250	
N110 R20=234 R21=40 R22=200	
N120 R24=2 R25=2 R26=3	podstawienie parametrów
N130 R27=42 R29=11 D1 F1200	
N140 L95	obróbka zgrubna
N150 R24=1 R25=1 R29=21	zmiana parametrów
N160 L95	obróbka wygładzająca
N170 R24=.2 R25=.2	zmiana parametrów
N180 L95	obróbka wygładzająca
N190 R24=0 R25=0	zmiana parametrów
N200 L95	obróbka wykańczająca
N210 G0 X140 Z240	
N220 M30	

PRZYKŁAD 2

Proces obróbki, podany w Przykładzie 1, może być zaprogramowany i wykonany w inny sposób, np. poprzez zmianę parametru **R29** w programie **%MPF 200**. Jeśli zadeklaruje się **R29 = 41**, to:

- skrócony zostanie tekst **%MP F200**,
- **%SPF 234** wywołany zostanie trzy razy:
 - Pierwsze wywołanie - obróbka zgrubna
 - Drugie wywołanie - obróbka wygładzająca
 - Trzecie wywołanie - obróbka wykańczająca

Tekst programu (modyfikacja %MPF 200):

```
%MPF210
N100 G90 G0 X150 Z250
N110 R20=234 R21=40 R22=200
N120 R24=5 R25=5 R26=10
N130 R27=42 R29=41 D1 F1200
N140 L95
N210 G0 X140 Z240
N220 M30
```

UWAGA: **Celowe jest** wykonanie programu %MPF 210 w trybie symulacyjnym dla następujących wartości parametru R29: 11, 12, 21, 22, 31, 32, 41 i 42
Zaleca się zmieniać wartość parametru **R27**.
W przypadku R29=22 należy podstawić: **R27=40**.

Tekst programu można uzupełnić blokami: N135 LR20
 N136 G0 X150 Z250
 wstawiając je pomiędzy N130 i N140. W ten sposób narysowany zostanie kontur przedmiotu, przed wywołaniem podprogramu %SPF 234.

PRZYKŁAD 3 Cztery pary programów i podprogramów - patrz Rys. 4.3. Wykonanie tych programów w trybie symulacji graficznej, z jednoczesną odpowiednią zmianą parametrów **R27** i **R29**, pozwoli na lepsze poznanie cyklu **L95**.

%SPF10

(Rys. 4.3 a)

N1 G2 G90 X150 Z50 I100

N2 M17

%MPF10

N1 G0 G90 X50 Z150

N2 R20=10 R21=50 R22=150 R24=5 R25=5

N3 R26=5 R27=40 R29=22 F4000 D1

N4 LR20

N5 G0 X100 Z200

N6 L95

N7 M30

%SPF20

(Rys. 4.3 b)

N1 G3 G90 X150 Z150 I100

N2 M17

%MPF20

N1 G0 G90 X50 Z50

N2 R20=20 R21=50 R22=50 R24=5 R25=5

N3 R26=5 R27=40 R29=22 F4000 D1

N4 LR20

N5 G0 X100 Z0

N6 L95

N7 M30

%SPF30

(Rys.4.3 c)

N1 G3 G90 X50 Z50 I-100

N2 M17

%MPF30

N1 G0 G90 X150 Z150

N2 R20=30 R21=150 R22=150 R24=5 R25=5

N3 R26=5 R27=40 R29=24 F4000 D1

N4 LR20

N5 G0 X100 Z200

N6 L95

N7 M30

%SPF40

(Rys. 4.3 d)

N1 G2 G90 X50 Z150 I-100

N2 M17

%MPF40

N1 G0 G90 X150 Z50

N2 R20=40 R21=150 R22=50 R24=5 R25=5

N3 R26=5 R27=40 R29=24 F4000 D1

N4 LR20

N5 G0 X100 Z0

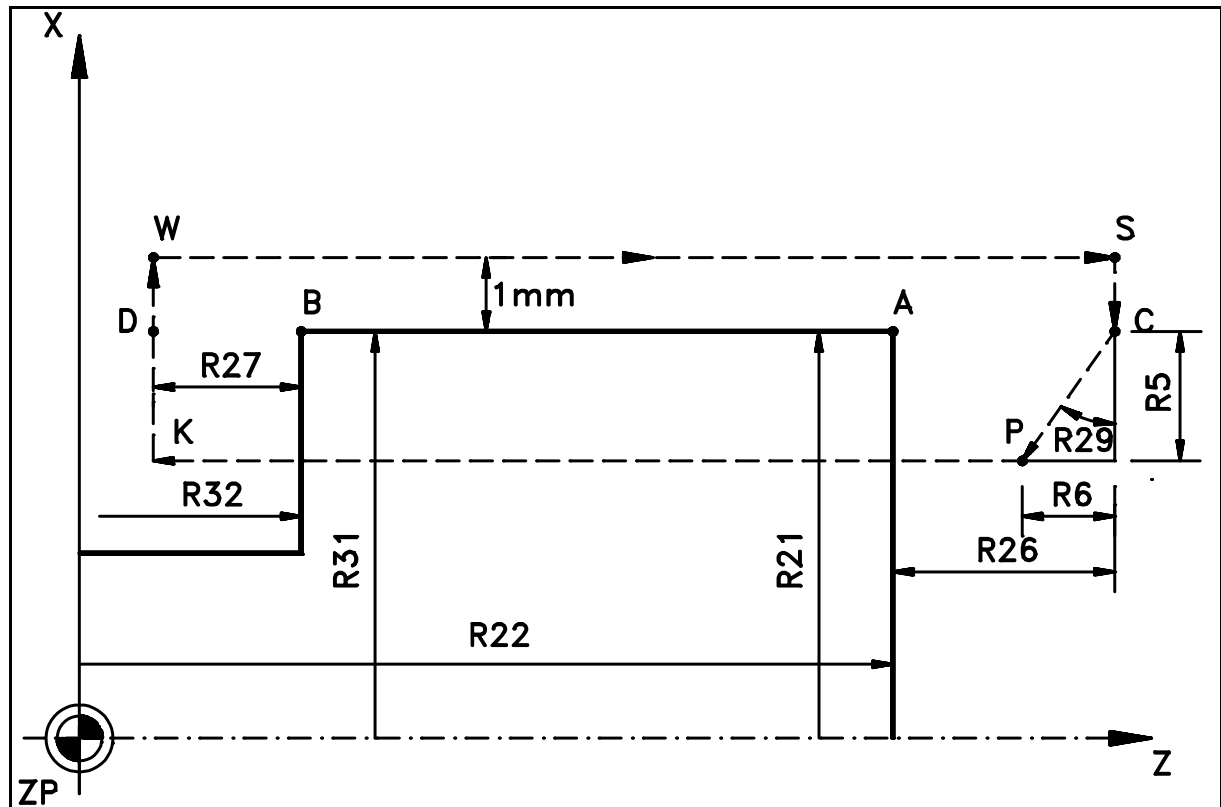
N6 L95

N7 M30

4.2 CYKL GWINTOWANIA - L97

Cykl L97 umożliwia nacinanie następujących rodzajów gwintów jednozwojnych ze stałym skokiem:

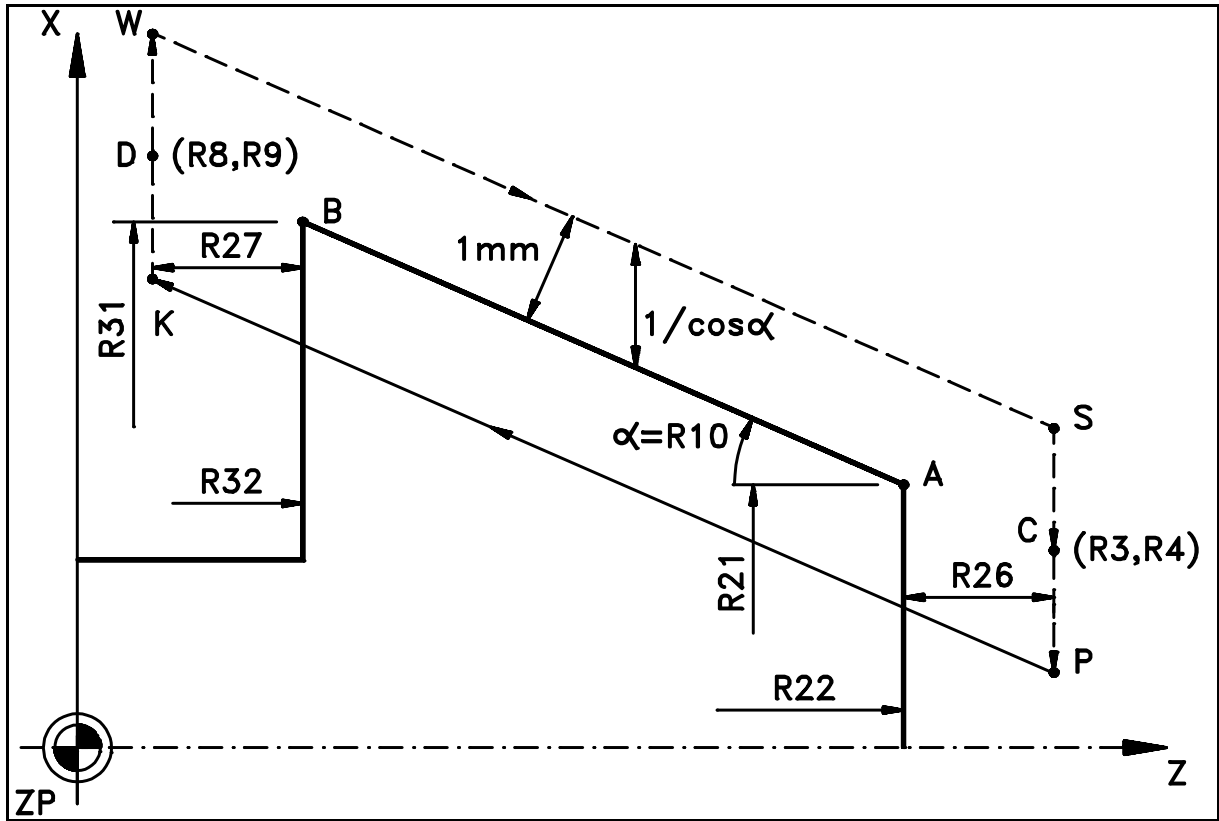
- **gwint wzdłużny** w kierunku osi Z
(na powierzchniach cylindrycznych), **Rys. 4.5**
- **gwint stożkowy** wzdłuż tworzącej stożka **Rys. 4.6**
- **gwint płaski** w kierunku osi X
(na powierzchniach czołowych wałków lub tarcz), **Rys. 4.7**



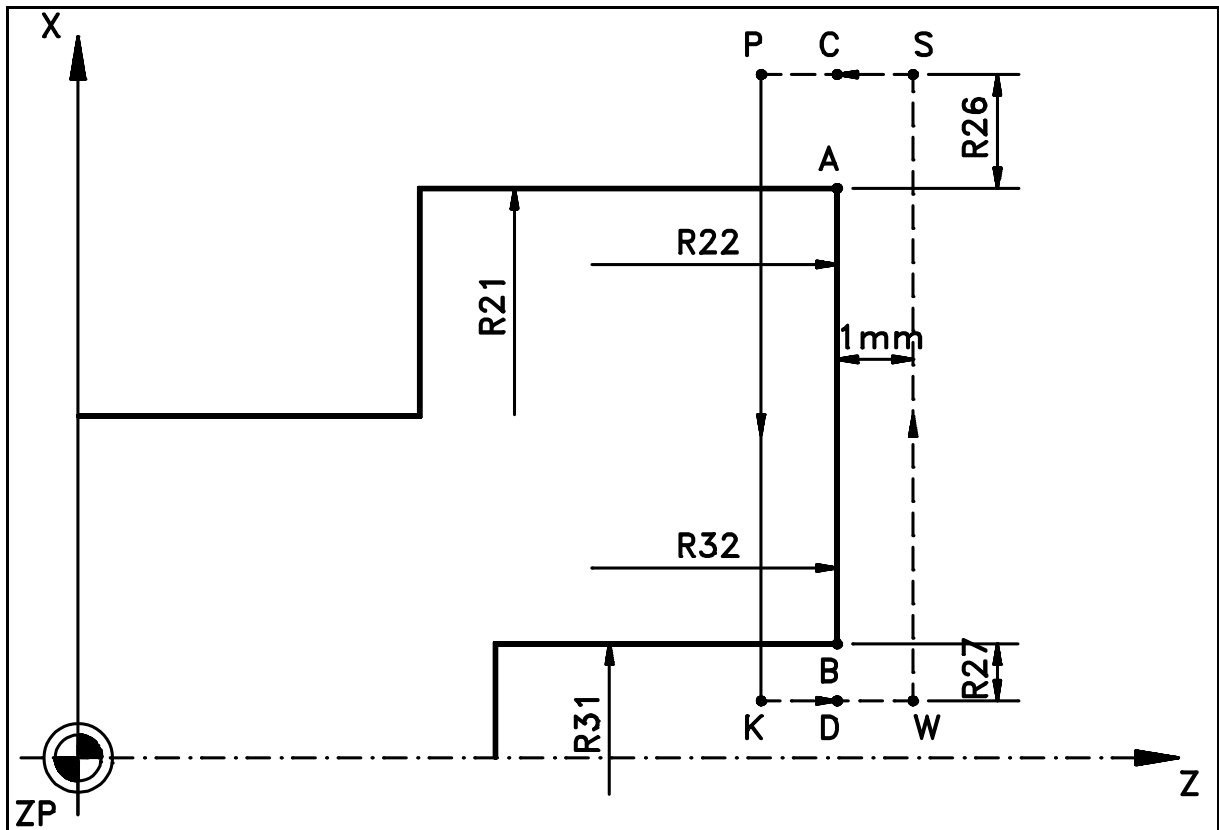
Rys. 4.5
Gwint wzdłużny

Wykaz punktów zaznaczonych na rysunkach: Rys.4.5, Rys.4.6 i Rys.4.7

- A - początek gwintu
- B - koniec gwintu
- C - programowany początek dobiegu (patrz rozdz. 3.4.4.1)
- D - programowany koniec wybiegu (analogia do dobiegu)
- S - punkt startowy (w punkcie tym rozpoczynają się i kończą wszystkie operacje nacinania kolejnej nitki gwintu
- P - początek ruchu roboczego nacinania gwintu
- K - koniec ruchu roboczego nacinania gwintu
- W - odsunięcie noża po nacięciu kolejnej nitki gwintu



Rys. 4.6 Gwint stożkowy



Rys. 4.7 Gwint płaski

4. Cykle Stałe

PARAMETRY PODSTAWOWE - deklarowane przed wywołaniem cyklu

R20 - skok gwintu - wartość przyrostowa bez znaku

R21 - współrzędna X początku gwintu - wartość absolutna

R22 - współrzędna Z początku gwintu - wartość absolutna

R23 - liczba nacięć jałowych (na końcu głębokości gwintu)

R24 - głębokość gwintowania - wartość przyrostowa ze znakiem

R24 < 0 - gwint zewnętrzny

R24 > 0 - gwint wewnętrzny

R25 - naddatek na obróbkę wygładzającą - wartość przyrostowa bez znaku

R26 - droga dobiegu - wartość przyrostowa bez znaku

R27 - droga wybiegu - wartość przyrostowa bez znaku

R28 - liczba nacięć zgrubnych

R29 - kąt dosuwu w stopniach (dla gwintów wzdłużnych i płaskich) - w przypadku nacinanie gwintu metodą wcinania po stycznej do ścianki nitki gwintu. W przypadku gwintu na stożku należy zadeklarować **R29=0**

R31 - współrzędna X końca gwintu - wartość absolutna

R32 - współrzędna Z końca gwintu - wartość absolutna

PARAMETRY POMOCNICZE - obliczane przez program w trakcie wykonywania cyklu

R1 - wielkość odsunięcia przy powrocie:

R1 = +1 mm - gwint zewnętrzny

R1 = -1 mm - gwint wewnętrzny

R2 - kąt dosuwu w radianach:

R2 = $2 \cdot \pi \cdot R29 / 360$

R3 - współrzędna Z punktu P

R4 - współrzędna X punktu P

R24 - R5

R5 - kolejna głębokość gwintowania **R5 = $\frac{R24 - R5}{SQRT(R28)}$ * SQRT(R7)**

SQRT(R28)

R6 - druga składowa głębokości gwintu: **R6 = FABS(R5) * TAN(R2)**

Z - wzdłużny

X - płaski

R7 - wskaźnik obiegu cyklu (numer kolejnego gwintowania)

R8 - współrzędna Z punktu K

R9 - współrzędna X punktu K

R31 - R21

R10 - kąt nachylenia stożka **R10 = ATAN $\frac{R31 - R21}{R32 - R22}$**

R32 - R22

R11 - współrzędna X skoku gwintu

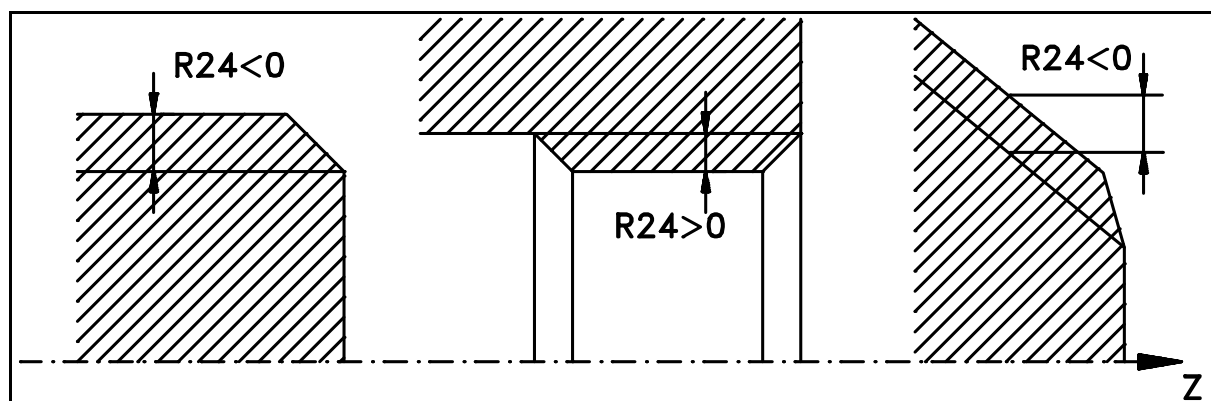
R12 - współrzędna Z skoku gwintu

WYJAŚNIENIA dotyczące deklarowanych parametrów **R20 do R32**

- ad. R20 -** Skok gwintu określany jest jako wartość przyrostowa bez znaku mierzona w kierunku nacinania gwintu. Wyznaczenie większej składowej (w przypadku gwintu na stożku) oraz podstawienie pod właściwy adres I lub K wykonywane jest automatycznie przez program.
- ad. R21 - R22** Współrzędne początku gwintu określają punkt konturu przedmiotu, od którego ma być nacięty gwint. Współrzędne podawane są jako wartości absolutne.
- ad. R23 -** Skrawanie jałowe wykonywane jest po obróbce wygładzającej lub zgrubnej, gdy $R25 > 0$. Liczba przejść jałowych może być dowolna - dodatkowe wyjaśnienia patrz: ad. R25.
- ad. R24 -** Głębokość gwintu określana jest jako wartość przyrostowa ze znakiem. Mierzona jest w kierunku osi X lub Z (patrz Rys. 4.8). Znak określa kierunek dosuwu suportu.

$R24 < 0$ - gwint zewnętrzny

$R24 > 0$ - gwint wewnętrzny



Rys. 4.8
Głębokość gwintu

- ad. R25 -** Naddatek wygładzania definiowany jest jako wartość przyrostowa bez znaku (znak określany jest przez program na podstawie znaku R24). Naddatek odejmowany jest od głębokości gwintowania R24. W ten sposób powstaje głębokość gwintowania dla obróbki zgrubnej - patrz: ad. R28. Po zakończeniu gwintowania zgrubnego wykonywane jest wygładzające - zbierany jest naddatek a następnie skrawanie jałowe zgodnie z R23.

ad. R26 Droga dobiegu określana jest jako wartość przyrostowa bez znaku. Konieczność programowania drogi dobiegu wyjaśniono w rozdz. 3.4.4.1. W przypadku gwintu na stożku programowana jest składowa Z drogi dobiegu jak pokazano to na Rys. 4.7.

ad. R27 Droga wybiegu określana jest jako wartość przyrostowa bez znaku. Konieczność programowania drogi wybiegu wyjaśniono w rozdz. 3.4.4.1. W przypadku gwintu na stożku programowana jest składowa Z drogi wybiegu jak pokazano to na Rys. 4.7.

ad. R28 Wartość parametru R28 określa liczbę nacięć zgrubnych. System sterowania oblicza automatycznie kolejne głębokości dosuwu, tak, aby uzyskać jednakowy przekrój wióra. W ten sposób uzyskuje się jednakową siłę skrawania od pierwszego nacięcia zgrubnego do ostatniego. Kolejna głębokość gwintowania R5 (patrz tekst podprogramu blok N20) wyznaczana jest według następującej zależności:

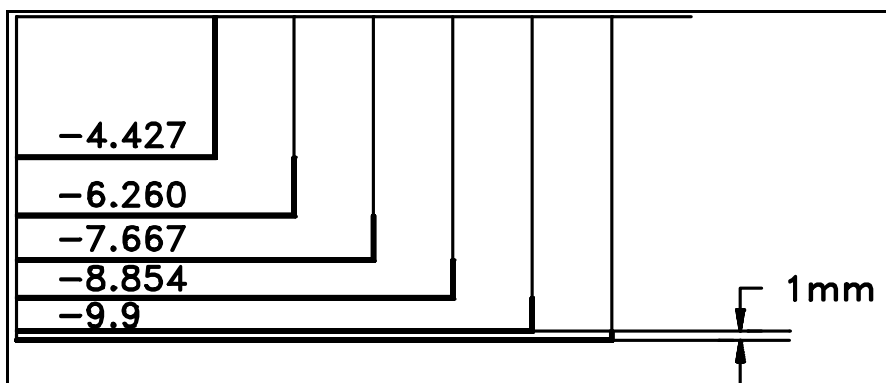
$$R5 = \frac{R24 - R25}{SQRT(R28)} * SQRT(R7)$$

gdzie: **SQRT** - operator pierwiastkowania
R7 - numer kolejnego gwintowania

uwaga: $\text{sgn } R25 = \text{sgn } R24$ (operacja wykonywana automatycznie przez program)

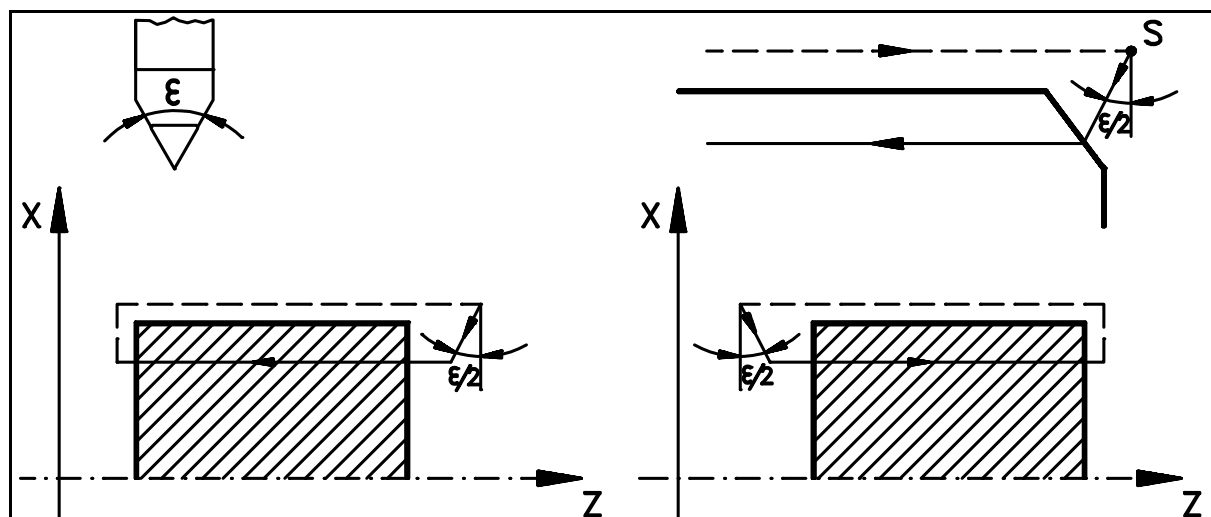
PRZYKŁAD

- głębokość gwintu: $R24 = -10$
 - liczba nacięć zgrubnych: $R28 = 5$
 - deklarowany naddatek wygładzania: $R25 = 0.1$
uwaga: program nadaje parametrowi
 $R25$ znak " - ", w efekcie: $R25 = -0.1$



Rys. 4.9
 Przyrost głębokości gwintowania

- ad.** **R29** Dosuw noża jest możliwy pod dowolnym kątem dla gwintów wzdłużnych i płaskich - wyjaśniono to dokładnie w rozdziale 3.4.4. Dla gwintów stożkowych należy deklarovać: $R29 = 0$. Wartość kąta deklarowana jest bez znaku. W cyklu kąt jest skierowany odpowiednio do kierunku obróbki. Pokazuje to Rys. 4.10.



Rys. 4.10
Znak kąta dosuwu noża

- ad. R31** Współrzędne początku gwintu określają punkt konturu przedmiotu, do **R32** którego ma być nacięty gwint. Współrzędne podawane są jako wartości absolutne.

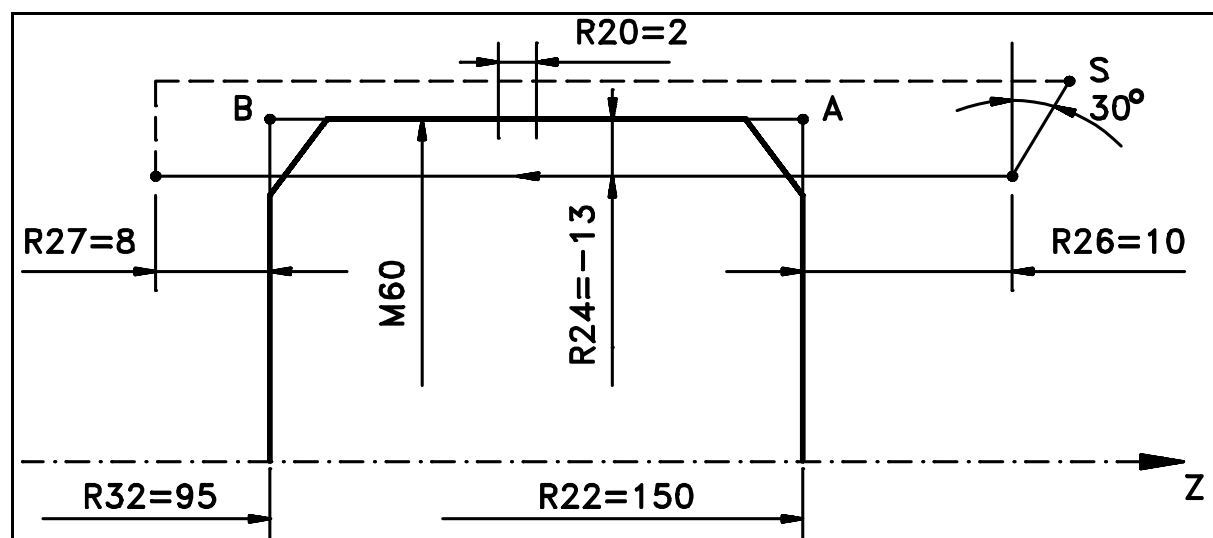
TEKST PODPROGRAMU i OPIS WYKONANIA CYKLU - L97**%SPF97**

N1 G900 G910	Zapamiętanie parametrów R
N2 $R2=2*PI*R29/360$ $R7=1$ $R1=-1$	
N3 $H3+5=R24=0$	Gwint wewnętrzny; R25 i R1 bez zmiany znaku
N4 $R25=-R25$ $R1=-R1$	Zmiana znaku R1 i R25 dla gwintu zewnętrznego
N5 $H1+7=R25=0$	Brak wygładzania
N6 $R23=R23+1$	
N7 $H1+35=R22=R32$	Skok do gwintu płaskiego
N8 $R10=ATAN((R31-R21)/(R32-R22))$ $R1=R1/COSR10$	Obliczenie kąta nachylenia stożka Obliczenie odsunięcia przy nawrocie
N9 $H2+12=PI/4=FABSR10$	Badanie nachylenia stożka
N10 $R11=R20$ $R12=0$	Podstawienie parametrów określających skok gwintu
N11 $H0+13$	
N12 $R11=0$ $R12=R20$	Podstawienie parametrów określających skok gwintu
N13 $H3+15=R22=R32$	Kierunek posuwu "do zera ukł. współrzędnych"
N14 $H0+17$	
N15 $R3=R22+R26$ $R4=R21+R26*TANR10$ $R8=R32-R27$ $R9=R31-R27*TANR10$ $R2=-R2$	Obliczenie wsp. punktów krańcowych dla kierunku "do zera układu wsp."
N16 $H0+18$	Skok do gwintu wzdłużnego lub na stożku
N17 $R3=R22-R26$ $R4=R21-R26*TANR10$ $R8=R32+R27$ $R9=R31+R27*TANR10$	Obliczenie wsp. punktów krańcowych dla kierunku "od zera układu wsp."
N18 G0 G90 $XR4+R1$ $ZR3$	Ruch szybki do punktu S
N19 $H3+27=R7=R28$	Badanie końca gwintowania zgrubnego
N20 $R5=(R24-R25)*SQRT(R7/SQRT(R28))$ $R6=FABSR5*TANR2$	Obliczenie kolejnej głębokości gwint. Obliczenie drugiej składowej

4. Cykle Stałe

N21 XR4+R5 ZR3+R6	Ruch szybki do punktu P
N22 G33 XR9+R5 ZR8+R6 IR11 KR12	Nacinanie kolejnej nitki gwintu
N23 G0 XR9+R1	Odsunięcie ruchem szybkim
N24 XR4+R1 ZR3	Wycofanie ruchem szybkim
N25 R7=R7+1	Powiększenie wskaźnika obiegu
N26 H0–19	Skok do następnego obiegu
N27 R7=1 R5=R24 R6=FABSR5*TANR2	Podstawienie końcowej głęb. gwintowania Obliczanie drugiej składowej
N28 H3+57=R7=R23	Badanie końca cyklu gwintowania
N29 XR4+R5 ZR3+R6	Ruch szybki do punktu S
N30 G33 XR9+R5 ZR8+R6 IR11 KR12	Gwintowanie wygładzające
N31 G0 XR9+R1	Odsunięcie ruchem szybkim
N32 XR4+R1 ZR3	Wycofanie ruchem szybkim
N33 R7=R7+1	Powiększenie wskaźnika obiegu
N34 H0–28	Skok do następnego obiegu
N35 H3+37=R21=R31 (gwint płaski)	Kier. posuwu "do zera układu wsp."
N36 H0+39	
N37 R4=R21+R26 R9=R31+R27 R2=–R2	Obliczanie wsp. punktów krańcow. dla kierunku "do zera układu wsp."
N38 H0+40	
N39 R4=R21–R26 R9=R31+R27	Obliczanie wsp. punktów krańcowych dla kierunku "do zera układu wsp."
N40 G0 G90 XR4 ZR22+R1	Ruch szybki do punktu S
N41 H3+49=R7=R28	Badanie końca gwintowania zgrubn.
N42 R5=(R24–R25)*SQRTTR7/SQRTTR28 R6=FABSR5*TANR2	Obliczanie kolejnej głęb. gwintowania Obliczanie drugiej składowej
N43 ZR22+R5 XR4+R6	Ruch szybki do punktu P

N44 G33 XR9+R6 IR20	4. <i>Cykle Stałe</i> Nacinanie kolejnej nitki gwintu
N45 G0 ZR22+R1	Odsunięcie ruchem szybkim
N46 XR4	Wycofanie ruchem szybkim
N47 R7=R7+1	Powiększenie wskaźnika obiegu
N48 H0–41	Skok do następnego obiegu
N49 R7=1 R5=R24 R6=FABSR5*TANR2	Podstaw. końcowej głębokości gwintowania Obliczenie drugiej składowej
N50 H3+57=R7=R23	Badanie końca cyklu gwintowania
N51 ZR22+R5 XR4+R6	Ruch do punktu P
N52 G33 XR9+R6 IR20	Gwintowanie wygładzające
N53 G0 ZR22+R1	Odsunięcie ruchem szybkim
N54 XR4	Wycofanie ruchem szybkim
N55 R7=R7+1	Powiększenie wskaźnika obiegu
N56 H0–50	Skok do następnego obiegu
N57 G901 G911	Odtworzenie parametrów R
N58 M17	Koniec cyklu gwintowania

PRZYKŁAD PROGRAMOWANIA CYKLU - L97 (p. Rys. 4.1)

Rys. 4.11
Przykład gwintu zewnętrznego

Skok gwintu:	R20 = 2mm
Punkt początkowy X:	R21 = 60 mm
Punkt początkowy Z:	R22 = 150 mm
Liczba nacięć jałowych:	R23 = 3
Głębokość gwintowania:	R24 = -13 mm
Naddatek wygładzania:	R25 = 0.1 mm
Droga dobiegu:	R26 = 10 mm
Droga wybiegu:	R27 = 8 mm
Liczba nacięć zgrubnych:	R28 = 7
Kąt dosuwu:	R29 = 30 stopni
Punkt końcowy X:	R31 = 60 mm
Punkt końcowy Z:	R32 = 95 mm

Tekst programu:

```

%MPF 10
.....
N25 Sxxxx M03
N30 T3 M06
N35 R20=2 R21=60 R22=150 R23=3 R24=-13
N40 R25=.1 R26=10 R27=8 R28=7 R29=30
N45 R31=60 R32=95 L97
.....
N60 M30

```

4.3 CYKL WIERCENIA GŁĘBOKICH OTWORÓW - L98**PARAMETRY PODSTAWOWE** - deklarowane przed wywołaniem cyklu

- R22 Współrzędna absolutna punktu odniesienia (kpt. pocz.)
- R24 Zmniejszenie przyrostu głębokości wiercenia - wielkość przyrostowa bez znaku
- R25 Pierwsza głębokość wiercenia - wielkość przyrostowa bez znaku liczona od punktu odniesienia R22
- R26 Końcowa głębokość wiercenia - współrzędna absolutna
- R27 Czas postoju przed otworem (po kolejnym wycofaniu)
- R28 Czas postoju w dnie otworu

PARAMETRY POMOCNICZE - podstawiane i obliczane w trakcie wykonywania cyklu

- R11 Kolejna głębokość wiercenia - współrzędna absolutna
- R12 Grubość warstwy, która pozostała do wiercenia:
- R14 Kolejny przyrost głębokości wiercenia - wielkość przyrostowa bez znaku:
- R51 "Mnożnik" określający znak przyrostów głębokości wiercenia

TEKST PODPROGRAMU - L98

```
%SPF98
N0 G900 G910
N0 R24=FABS R24 R25=FABS R25 R51=1
N0 H3+1=R22=R26
N0 R51=-1
N1 G0 G90 ZR22
N2 H2+30=R25=FABS(R22-R26)
N3 R11=R22-R25*R51 R14=R25
N4 G1 ZR11
N5 G4 FR28
N6 G0 ZR22
N7 G4 FR27
N8 G0 ZR11+R51 R12=FABS(R11-R26) R14=R14-R24
N9 H2+30=R24=R12
N11 H2+13=R14=R24
N12 H3+15=R24=R14
N13 R11=R11-R14*R51 H3+30=0=(R11-R26)*R51
N134 H1+30=FABS(R11-R26)=0
N14 H0-4
N15 R14=R24 H0-13
N30 G1 ZR26
N31 G4 FR28
N32 G0 ZR22
N33 G4 FR27
N34 G901 G911
N35 M17
```

Opis wykonania cyklu:

Wiercenie zgodnie z cyklem L98 wykonywane jest w kilku przejściach o zmniejszającym się przyroście głębokości wiercenia. Liczba wierceń zależna jest od:

- głębokości pierwszego wiercenia - R25,
- przyrostu głębokości wiercenia - R24,
- końcowej głębokości wiercenia - R26.

Kolejne przyrosty głębokości wiercenia i w konsekwencji kolejne głębokości wiercenia wyznaczone są automatycznie (nie wymagają deklaracji w POT). Określają je parametry pomocnicze (patrz treść cyklu).

R51 "Mnożnik" określający znak przyrostów głębokości wiercenia

R51 = 1 gdym R22 > R26
R51 = -1 gdym R22 < R26

R14 - kolejny przyrost głębokości wiercenia:

R14 = R25 pierwsze wiercenie
R14 = R14 - R24 kolejne wiercenie gdy R14 >= R24
R14 = R24 kolejne wiercenie gdy R14 < R24

R11 - kolejna głębokość wiercenia:

R11 = R22 - R25*R51 pierwsze wiercenie
R11 = R11 - R14*R51 kolejne wiercenie
R11 = R26 ostatnie wiercenie

R12 - grubość warstwy, która pozostała do wiercenia:

$R12 = FABS(R11 - R26)$

Pierwsze wiercenie wykonywane jest na głębokość: **R22 - R25**. Po pierwszym i po każdym następnym wierceniu wykonywana jest następująca sekwencja operacji:

- postój: **G4 FR28**,
- ruch szybki do punktu odniesienia **R22**,
- postój przed otworem: **G4 FR27**
- ruch szybki do pozycji uzyskanej w poprzednim wierceniu (nie dotyczy ostatniego wiercenia).

Po wykonaniu tych operacji określana jest grubość warstwy, która pozostała do wiercenia: **R12**. Jeśli **R12 <= R24** to wykonywane jest ostatnie wiercenie.

Jeśli **R12 > R24** to wyznaczany jest kolejny zmniejszający się przyrost głębokości wiercenia - patrz parametr pomocniczy **R14** i wykonywane jest kolejne wiercenie z posuwem roboczym na głębokość określoną przez **R11**. Zmniejszanie przyrostu głębokości wiercenia wykonywane jest do momentu gdy przyrost ten staje się mniejszy od **R24**. Od tego momentu kolejne głębokości zwiększane są o wartość stałą równą **R24** (w przypadku ostatniego wiercenia przyrost głębokości wiercenia może być mniejszy od R24).

- Uwaga:
1. Jeśli parametr R24=0 to wykonywane jest wiercenie ze stałym przyrostem równym R25
 2. Jeśli parametr R25 przekroczy zadeklarowaną w programie głębokość wiercenia to wykonywane jest tylko jedno wiercenie na głębokość R26

Wykonanie cyklu pokazano na Rys. 4.12

PRZYKŁAD:

Punkt początkowy	Z=157 mm	R22=157
Przyrost głębokości wiercenia	20 mm	R24= 20
Pierwsza głębokość wiercenia	50 mm	R25= 50
Głębokość końcowa	5 mm	R26= 5
Czas postoju przed otworem	2 sek	R27= 2
Czas postoju w gł. otworu	1 sek	R28= 1

Tekst programu

%MPF 100

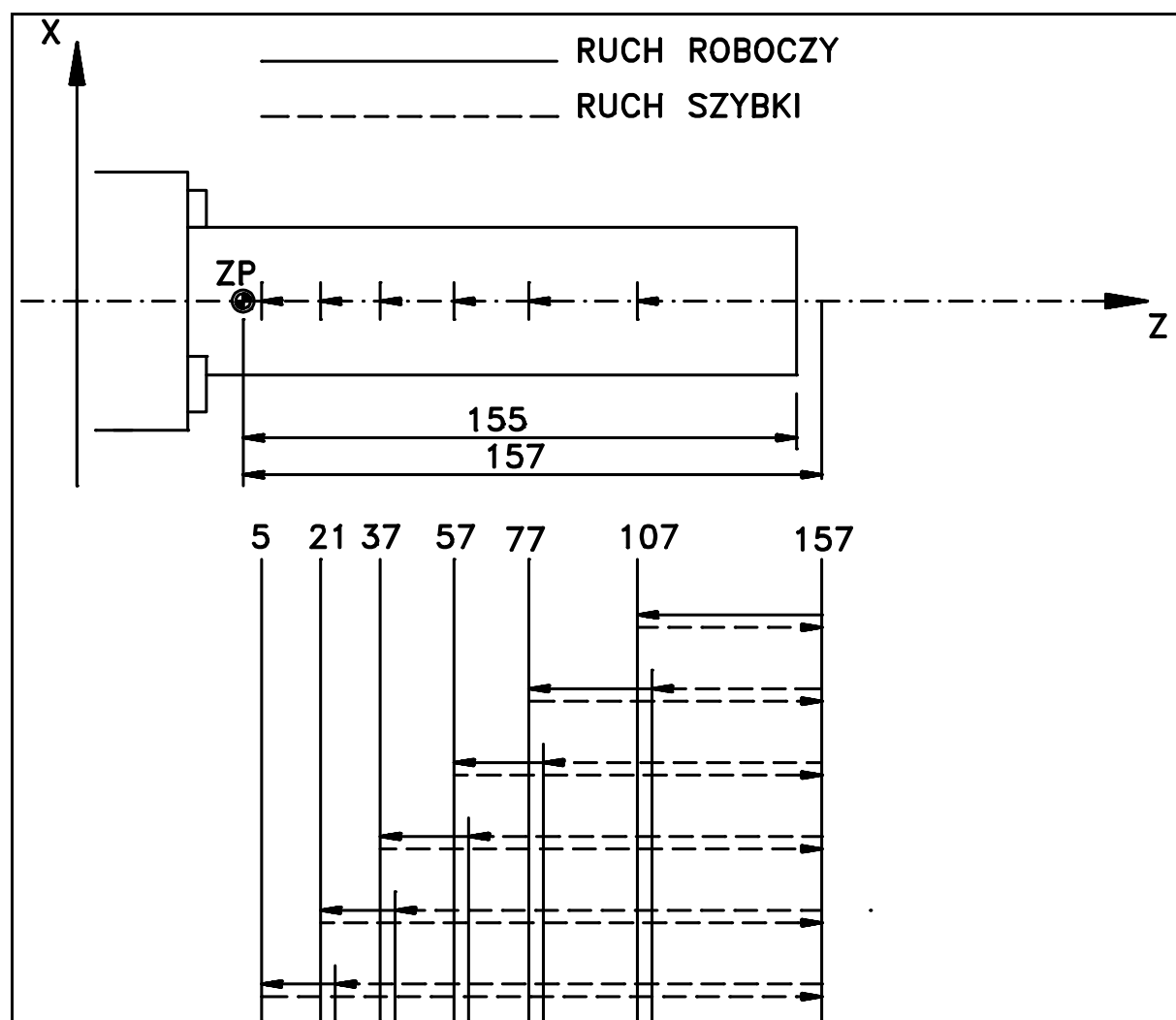
.....
N25 Fxxxx Mxx Sxxx

N30 R22=157 R24=20 R25=50 R26=5

N35 R27=2 R28=1

N40 **L98**

.....
N50 M30



Rys. 4.12

Cykl wiercenia głębokich utworów

5. PARAMETRY SPECJALNE

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA.

PRONUM 630 T 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.

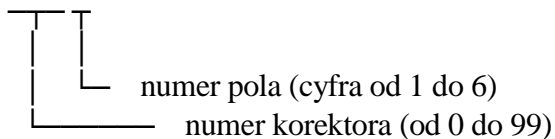
UWAGA:W przypadku wstawiania nowych wartości do rejestrów korektorów, baz pomiarowych, korekcji baz i punktów wymiany przetwarzanie kolejnego bloku może być nieznacznie opóźnione o czas konieczny na przeliczenie zadawanych współrzędnych osi jak i toru narzędzia w nowym środowisku danych.

OPIS PARAMETRÓW SPECJALNYCH

WARTOŚĆ KOREKTORA NARZĘDZIA

FORMAT :

R D 2 1 . 3



PRZYKŁADY:

Użycie w programie obróbki technologicznej zapisu:

N100 RD15.6=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 RD15.6=RD15.6+0.10 (zwiększenie promienia o 0.100 mm)

5. Parametry Specjalne

Cyfra określająca numer pola od 0 do 6 odpowiada oznaczeniu symbolicznemu poszczególnych pól na planszy edycji korektorów narzędzi. Znaczenie kolejnych pól rejestru korektora narzędzia jest następujące:

- P0 - numer narzędzia, liczba od 1 do 9
(tymczasowo nie wykorzystane)
- P1 - typ narzędzia, liczba od 1 do 9,
- P2 - długość narzędzia LOX - składowa w kierunku osi X
(format: +03.3)
- P3 - długość narzędzia LOZ - składowa w kierunku osi Z
(format: +03.3)
- P4 - korekcja długości narzędzia LOXz - skład. w kier. osi X
(format: +01.3)
- P5 - korekcja długości narzędzia LOZz - skład. w kier. osi Z
(format: +01.3)
- P6 - Promień narzędzia (format: +03.3)

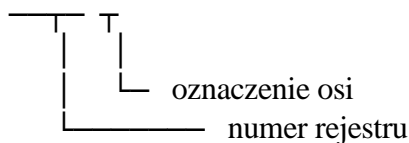
UWAGA: Zmiana wartości korektora może być dokonana tylko po zejściu z toru skorygowanego tzn. przy obowiązującym G40 lub przed wprowadzeniem korekcji promienia narzędzia.

WARTOŚCI REJESTRÓW :

- bazy pomiarowej
- korekcji bazy pomiarowej
- punktu wymiany narzędzia w danej osi.

FORMAT :

R D 2 0 0 . 3



gdzie numer rejestru oznacza dostęp do rejestrów

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

Dopuszcza się oznaczanie osi w sposób tradycyjny tzn. literami : X, Z lub cyframi 1 lub 3. Dotyczy to również dalszej części opisu.

WARTOŚCI REJESTRÓW WEWNĘTRZNYCH

POŁOŻENIE OSI WZGLĘDEM ZERA MASZyny:

R A X . oś

SUMARYCZNE PRZESUNIĘCIE ZERA UKŁADU WSPÓŁRZĘDNYCH:

R A Z . oś

PRZESUNIĘCIE UKŁADU WSPÓŁRZĘDNYCH WPROWADZONE FUNKCJĄ G54:

R A B . oś

Każdorazowo po wywołaniu bazy pomiarowej funkcją G54 wszystkie inne składniki przesunięcia zera układu współrzędnych są kasowane. W kolejnych blokach programu obróbki przesunięcie może być modyfikowane funkcjami G55 oraz G92, jednakże początkowa wartość przesunięcia zera jest pamiętana w systemie i może być odczytana jako parametr specjalny RAB.x.

PRZESUNIĘCIE UKŁADU WSPÓŁRZĘDNYCH 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.

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:

R R

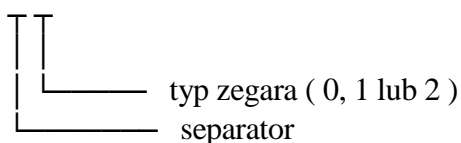
Rejestr RR służy do przekazywania danych lub informacji o wykonaniu funkcji specjalnych @9xx. Jego zawartość testowana funkcjami skoków warunkowych pozwala sterować programem obróbki.

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



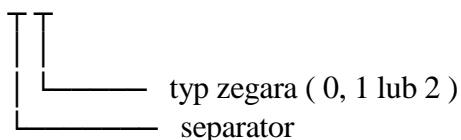
Funkcja @920 inicjuje działanie zegara. Zegar oznaczony typem 0 zlicza kolejne impulsy co 4 ms, zegar 1 co 100 ms, a zegar 2 co 1 sekundę. Ilość zliczonych impulsów od momentu wyzerowania zegara odczytana jest do rejestru informacyjnego RR -funkcją @921 (rejestr informacyjny RR - patrz. rozdz. 5).

Zakres zliczania mieści się pomiędzy 0, a 32767.

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

ODCZYT STANU LICZNIKA - ZEGARA

@ 9 2 1 = 1



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

PRZYKŁAD:

N100 R0=0

@920=2

zerowanie zegara nr.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 jak np. wywołujące ruch maszyny.

Jeśli funkcja pomocnicza jest wykonywana po ruchu zaprogramowanym w bloku - nazywa się funkcją po blokową. Jeśli natomiast funkcja pomocniczą wysyłana jest do PLC przed wykonaniem ruchu w bloku - to jest to funkcja przed blokowa. Wysłanie funkcji przed blokowej 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 po blokowych zapisanych w bloku.

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

Funkcje pomocnicze w bloku są wykonywane w następującej kolejności: przed blokowe funkcje M, funkcja S, funkcja T, funkcja E i po blokowe funkcje M. W jednym bloku można zaprogramować jedną funkcję S, jedną funkcję T, jedną funkcję E, pięć funkcji przed blokowych M i pięć funkcji po blokowych M.

7.1. FUNKCJE POMOCNICZE M

STOP PROGRAMU

M0 - bezwarunkowe zatrzymanie programu.

Jest to funkcja po blokowa. 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 po blokowa. 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 po blokowa. W słowie S programowane jest położenie kątowe wrzeciona z rozdzielczością 0.1 stopnia. Do programu interfejsowego przekazywany jest sygnał wywołujący cykl pozycjonowania kąowego 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 interfejsu. 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 przed blokowe, a funkcje M5 i M9 – po blokowe.

Funkcja M6 może być funkcją przed blokową lub po blokową. 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).
- ograniczenie obrotów wrzeciona dla G96; G92 Sxxxx,
- prędkość skrawania dla G96.

Jest to funkcja przed blokowa. 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 (patrz dokumentacja techniczna - 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 przed blokową. Działanie funkcji E określa program interfejsowy PLC, do którego przekazywana jest wartość funkcji E i sygnał zmiany E

DODATEK
Skrócona informacja dla Użytkownika CNC PRONUM 630 T

Tablica funkcji przygotowawczych G	D 2
Tablica standardowych funkcji M	D 4
Tablica liter adresowych	D 5
Tablica adresów pamięci danych.....	D 7
Tablica znaków pomocniczych.....	D 8

TABELA FUNKCJI PRZYGOTOWAWCZYCH G

Grupa Funkcji	Kod ISO	Działanie Funkcji
G I	G00	Ruch ustawczy, współrzędne prostokątne
	G10	Ruch ustawczy, współrzędne biegunowe
	G01 •	Odcinek linii prostej, współrzędne prostokątne
	G11	Odcinek linii prostej, współrzędne biegunowe
	G03	Łuk okręgu - kierunek zgodny z kierunkiem, w którym należy obrócić oś Z o kąt $\Pi/2$, tak aby pokryła się z osią X - patrz Rys. 3.5
	G02	Łuk okręgu - kierunek przeciwny do kierunku, w którym należy obrócić oś Z o kąt $\Pi/2$, tak aby pokryła się z osią X - patrz Rys. 3.5
	G33	Gwintowanie ze stałym skokiem
	G34	Gwintowanie ze skokiem narastającym
	G35	Gwintowanie ze skokiem malejącym
G II	G04	Programowana przerwa programu
G III	G94 •	Programowanie posuwu w mm/min
	G95	Programowanie posuwu w mm/obr.
G IV	G96 •	Stała prędkość skrawania
	G97	Odwołanie G96 z jednoczesnym przywróceniem funkcji: G94 i G95
G V	G25	Ograniczenie obszaru obróbki od dołu
	G26	Ograniczenie obszaru obróbki od góry
	G27 •	Kasowanie ograniczeń: G25 i G26
G VI	G40 •	Kasowanie kompensacji promienia ostrza noża
	G41	Tor środka krzywizny ostrza noża po stronie zgodnie z Rys. 3.20
	G42	Tor środka krzywizny ostrza noża po stronie zgodnie z Rys. 3.20
G VII	G45 •	Słowo S programuje prędkość wzdłuż konturu przedmiotu
	G46	Słowo S programuje prędkość wzdłuż toru środka ostrza noża
G VIII	G53	Programowanie we współrzędnych maszynowych
	G54	Wywołanie bazy pomiarowej
	G55	Korekcja bazy pomiarowej
	G92	Przesunięcie układu współrzędnych programu
	G92 Sxxxx	Ograniczenie obrotów wrzciona dla G96

Tablica Funkcji Przygotowawczych G - c.d.

G IX	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 X	G71 • G70	Programowanie w jednostkach metrycznych Programowanie w jednostkach calowych
G XI	G90 • G91	Programowanie we współrzędnych absolutnych Programowanie we współrzędnych przyrostowych
G XII	G74 G75 •	Lustrzane odbicie w osi X Kasowanie lustrzanego odbicia w osi X
	G78 G79 •	Lustrzane odbicie w osi Z Kasowanie lustrzanego odbicia w osi Z
G XIII	G900 G901 •	Pamiętanie funkcji modalnych G, posuwu F i obrotów S Przywrócenie funkcji zapamiętanych poprzez funkcję G900
G XIV	G910 G911 •	Pamiętanie parametrów R Przywrócenie wartości parametrów R zapamiętanych poprzez funkcję G910

-
- - Funkcja aktywna po włączeniu lub zerowaniu układu sterowania

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	Zorientowana 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
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 lub skok gwintu w kierunku osi X
K	od -99999.999 mm do 99999.999 mm	Współrzędna środka łuku okręgu w stosunku do początku łuku w osi Z lub skok gwintu w kierunku osi Z
A	od 0.00000 stop. do 359.99999 stop.	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 roz. 3.5.3.1)
F	1 do 12000 mm/min 0.001 do 40 mm/obr	Prędkość posuwu roboczego
	0.1 do 999,9 s	Programowany czas postoju
	0.001 do 100 mm	Zmiana skoku gwintu dla G34 i G35
S	od 6 obr/min do 6000 obr/min	Prędkość obrotowa wrzeciona
	od 0.1 stop. do 359.999 stop	Pozycja wrzeciona w przypadku zaprogramowania funkcji M19
	od 1 do 100 m/min	Stała prędkość skrawania w przypadku G96
	od 6 do 6000 obr/min	Maxymalne obroty dla G96 (G92 Sxxxx)

Tablica Liter Adresowych - c.d.

G	od 0 do 999	Funkcja przygotowawcza G
M	od 0 do 99	Funkcja pomocnicza M
T	od 0 do 9999	Numer narzędzia
L	od 0 do 999	Numer podprogramu
P	od 0 do 99	Liczba powtórzeń podprogramu
R	od 0 do 99	Parametr użytkownika
H	od 0 do 6	Numer instrukcji skoku

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 wyrażeń 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)