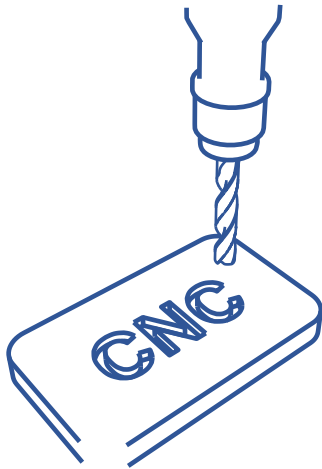


Modelowanie procesów produkcyjnych

Podstawy geometryczne
Podstawy programowania




```
G0 X63 Y0  
G0 Z2 S600 M3 M8  
G1 Z-10 F400  
G1 X-63  
G0 Z100 M5 M9
```

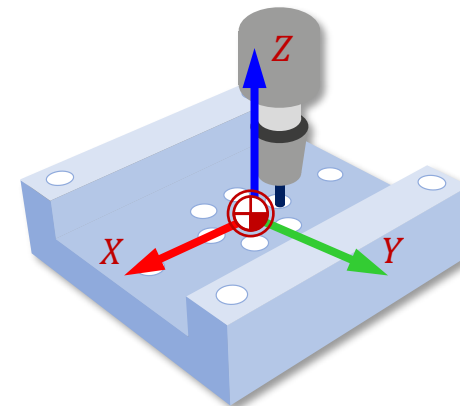
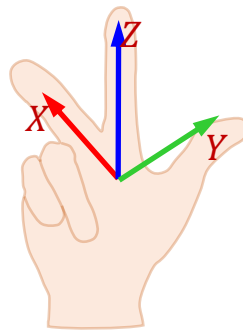
Materiały
<http://staff.uz.zgora.pl/ipajak>

Układ współrzędnych obrabanego przedmiotu

Układ obrabianego przedmiotu

Cechy

- prawoskrętny prostokątny (kartezjański) układ współrzędnych*
- definiowany przez programistę
- na sztywno związany z obrabianym przedmiotem
- układ odniesienia dla ruchów narzędzia zdefiniowanych w programie NC (MCU przekształca pozycje narzędzia wyrażone w układzie przedmiotu na przemieszczenia osi obrabiarki)
- początek układu to **punkt zerowy obrabianego przedmiotu** oznaczany symbolem 



* zgodnie z

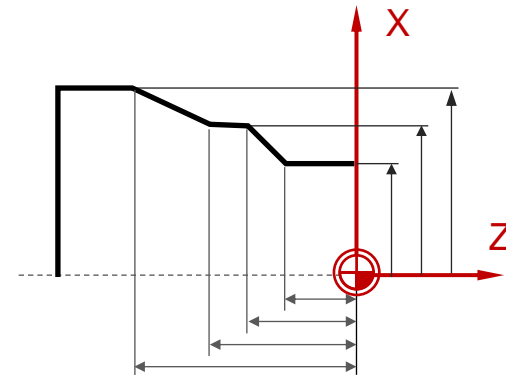
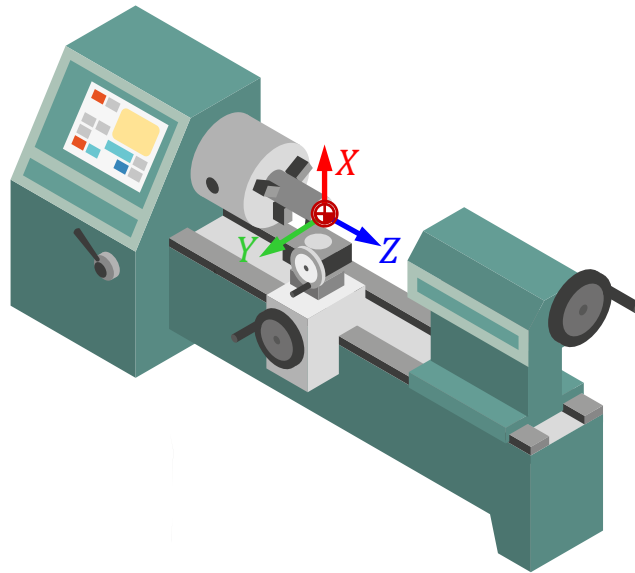
DIN 66217 *Axis and motion nomenclature for numerically controlled machines*

M 55251 *Maszyny sterowane numerycznie -- Osie współrzędnych i zwroty ruchów -- Nazwy i oznaczenia*

Układ obrabianego przedmiotu – tokarka

Cechy

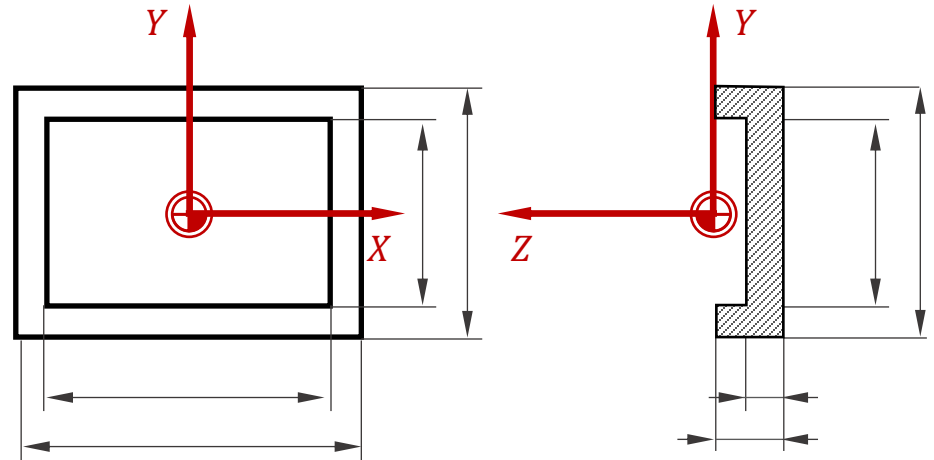
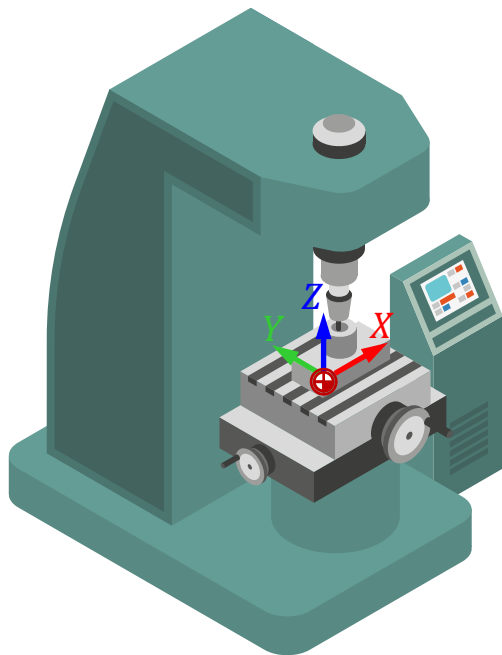
- kierunek osi Z przyjmuje się jako zgodny z osią wrzeciona przedmiotowego
- kierunek osi X przyjmuje się jako prostopadły do osi Z
na ogół przyjmuje się, że oś X leży w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny mocowania przedmiotu
- oś Y uzupełnia układ osi do prawoskrętnego



Układ obrabianego przedmiotu – frezarka

Cechy

- kierunek osi Z przyjmuje się jako zgodny z osią wrzeciona narzędziowego
- kierunek osi X przyjmuje się jako prostopadły do osi Z
na ogół przyjmuje się, że oś X leży w płaszczyźnie równoległej do stołu frezarki
- oś Y uzupełnia układ osi do prawoskrętnego

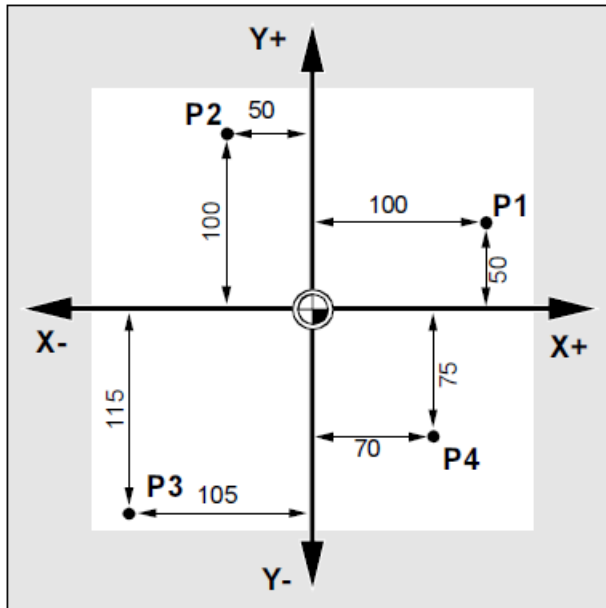


Opis punktów obrabanego przedmiotu

Współrzędne kartezjańskie

Opis punktu

- k –ta współrzędna kartezjańska punktu odpowiada wartości odczytanej z k –tej osi po wykonaniu rzutu prostokątnego punktu na tę oś

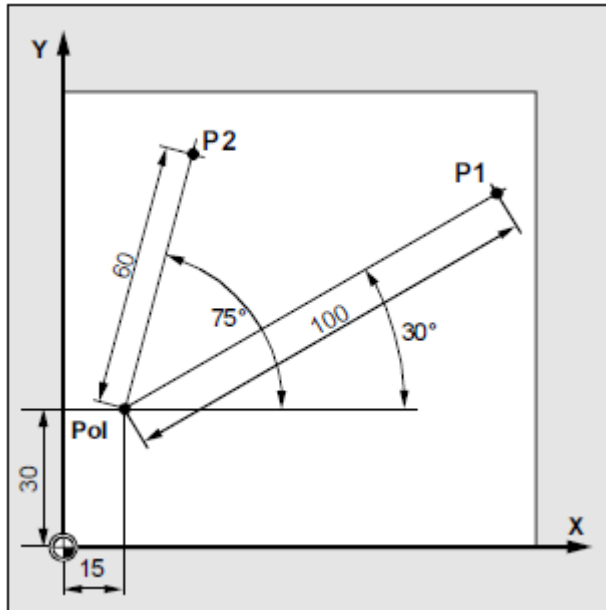
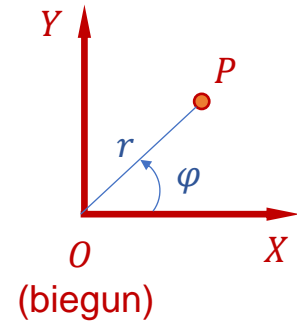


Pozycja	Współrzędne
P1	X100 Y50
P2	X-50 Y100
P3	X-105 Y-115
P4	X70 Y-75

Współrzędne biegunowe

Opis punktu

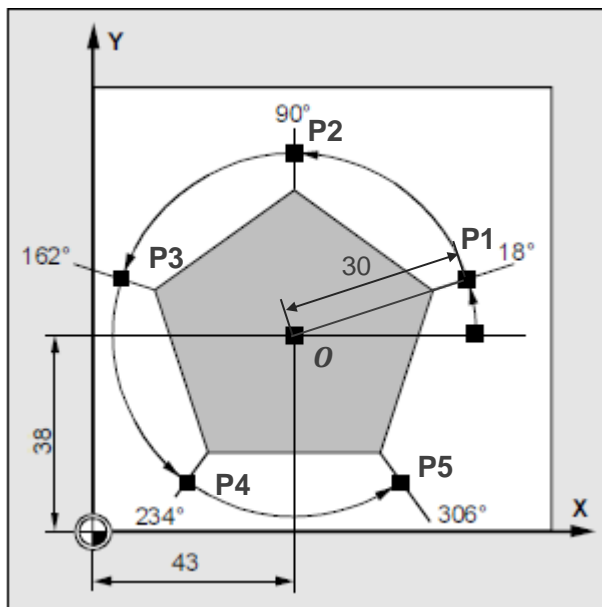
- położenie punktu na płaszczyźnie może być opisane względem układu za pomocą **promienia wodzącego (RP)** i kąta lub **amplitudy (AP)** ustalanych w oparciu o układ umieszczony w tzw. biegunie



Pozycja	Współrzędne
P1	RP=100 AP=30
P2	RP=60 AP=75

Współrzędne biegunowe

Obróbka wiertarska

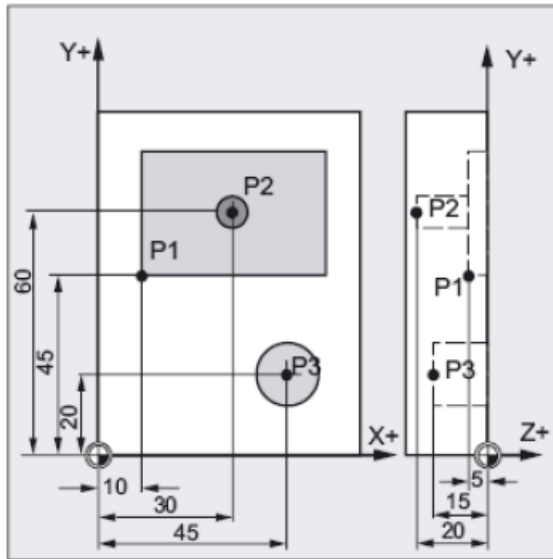


Pozycja	Współrzędne
<i>O</i>	X43 Y38
P1	RP=30 AP=18
P2	RP=30 AP=90
P3	RP=30 AP=162
P4	RP=30 AP=234
P5	RP=30 AP=306

Obróbka frezarska

Współrzędne kartezjańskie

Punkty opisywane 3 współrzędnymi (konieczne podanie głębokości dosuwu)



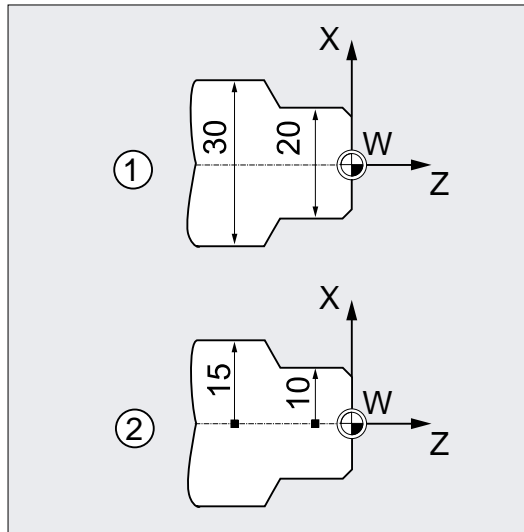
Pozycja	Współrzędne
P1	X10 Y45 Z-5
P2	X30 Y60 Z-20
P3	X45 Y20 Z-15

Obróbka tokarska

Wymiarowanie

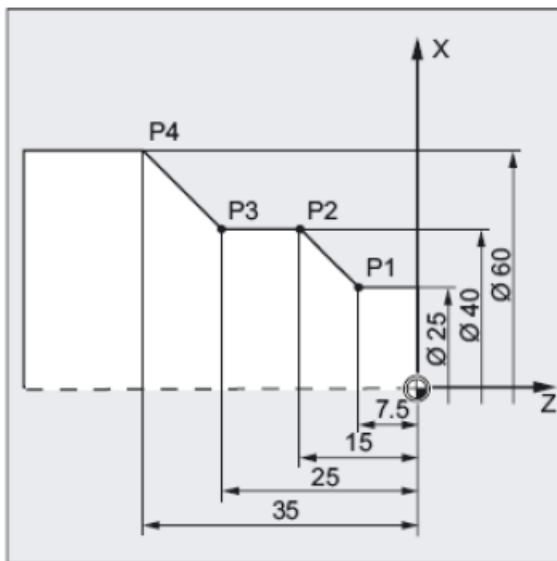
Wymiary dla osi poprzecznej mogą być podawane:

1. średnicowo (domyślnie)
2. promieniowo



Obróbka tokarska

Współrzędne kartezjańskie



wymiarowanie średnicowe

Pozycja	Współrzędne
P1	X25 Z-7.5
P2	X40 Z-15
P3	X40 Z-25
P4	X60 Z-35

wymiarowanie promieniowe

Pozycja	Współrzędne
P1	X12.5 Z-7.5
P2	X20 Z-15
P3	X20 Z-25
P4	X30 Z-35

Wymiarowanie absolutne i przyrostowe

Wymiarowane absolutne (bezwzględne)

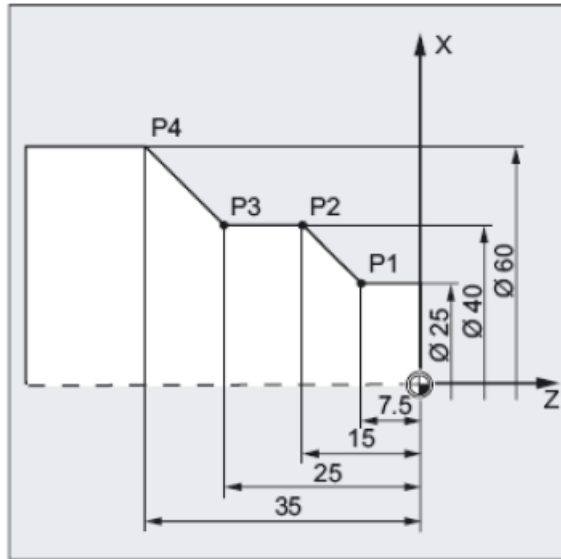
- wymiary wynikają z aktualnego układu obrabianego przedmiotu
- wymiar absolutny opisuje pozycję, do której poruszy się narzędzie

Wymiarowane przyrostowe (łańcuchowe, inkrementalne)

- wymiary wynikają z poprzednio wprowadzonego punktu
- wymiar przyrostowy opisuje przesunięcie, które musi wykonać narzędzie

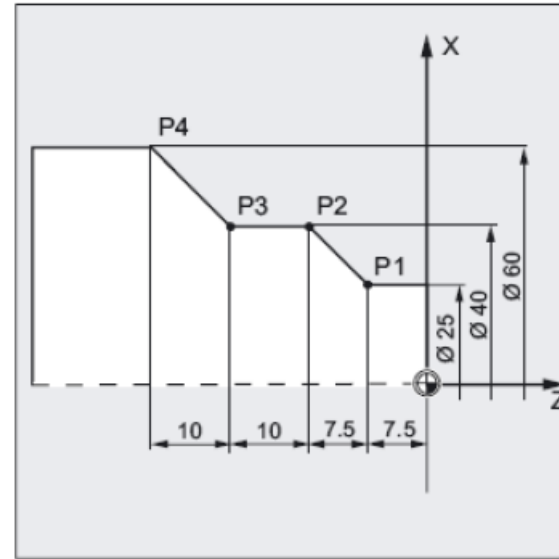
Obróbka tokarska

Wymiarowanie absolutne



Pozycja	Współrzędne
P1	X25 Z-7.5
P2	X40 Z-15
P3	X40 Z-25
P4	X60 Z-35

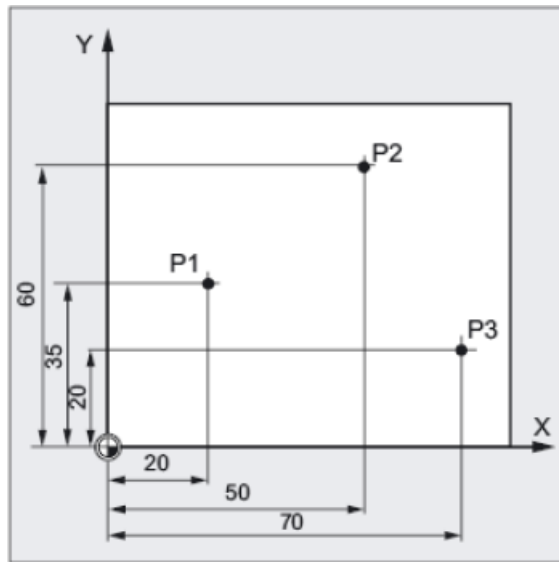
Wymiarowanie przyrostowe



Pozycja	Współrzędne	względem
P2	X15 Z-7.5	P1
P3	Z-10	P2
P4	X20 Z-10	P3

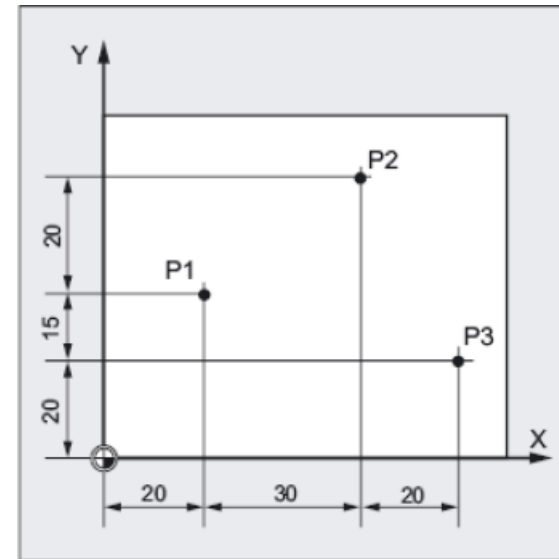
Obróbka frezarska

Wymiarowanie absolutne



Pozycja	Współrzędne
P1	X20 Y35
P2	X50 Y60
P3	X70 Y25

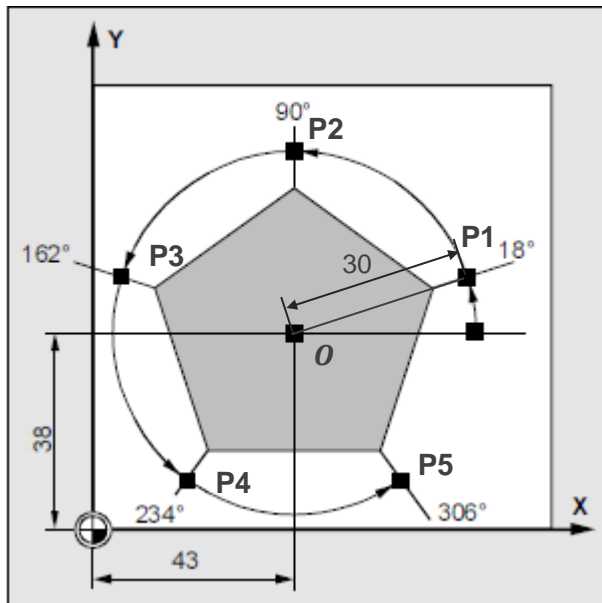
Wymiarowanie przyrostowe



Pozycja	Współrzędne	względem
P1	X20 Y35	punkt zerowy
P2	X30 Y20	P1
P3	X20 Y-35	P2

Współrzędne biegunowe

Wymiarowanie absolutne



Pozycja	Współrzędne
---------	-------------

P1	RP=30 AP=18
----	-------------

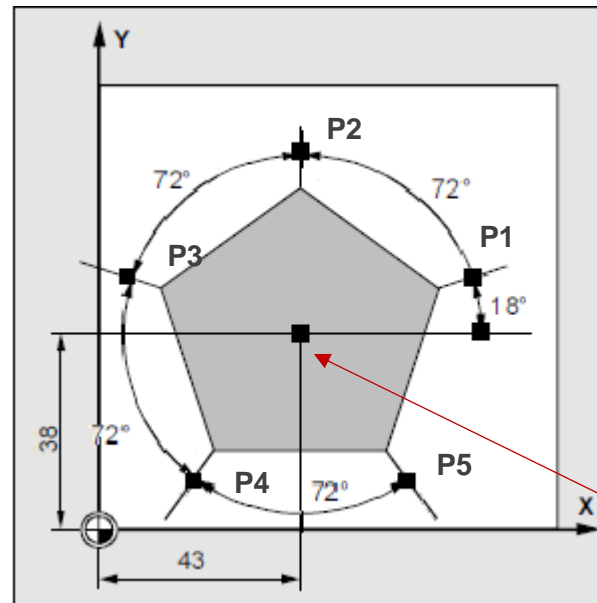
P2	RP=30 AP=90
----	-------------

P3	RP=30 AP=162
----	--------------

P4	RP=30 AP=234
----	--------------

P5	RP=30 AP=306
----	--------------

Wymiarowanie przyrostowe



biegun
X43 Y38

Pozycja	Współrzędne	względem
---------	-------------	----------

P1	RP=30 AP=18	punkt zerowy
----	-------------	--------------

P2	AP=72	P1
----	-------	----

P3	AP=72	P2
----	-------	----

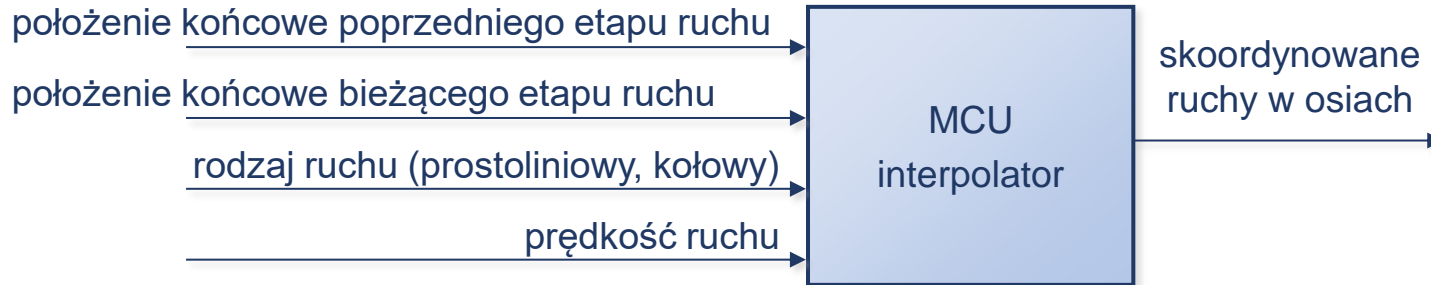
P4	AP=72	P3
----	-------	----

P5	AP=72	P4
----	-------	----

Ruch narzędzia

Sterowanie numeryczne a interpolacja

Sterowania numeryczne – idea



Układ MCU wyznacza prędkości chwilowe dla osi obrabiarki uwzględniając:

- tor ruchu narzędzia
wyznaczony metodą interpolacji w oparciu o parametry toru:
 - rodzaj ruchu,
 - położenie początkowe i końcowe danego etapu ruchu
- częstotliwość próbkowania oraz prędkość ruchu

Interpolacja liniowa i kołowa

Interpolacja

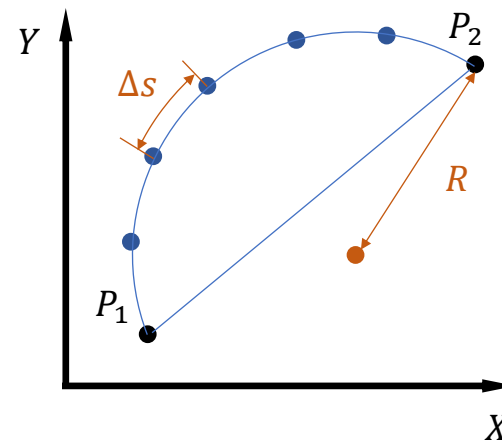
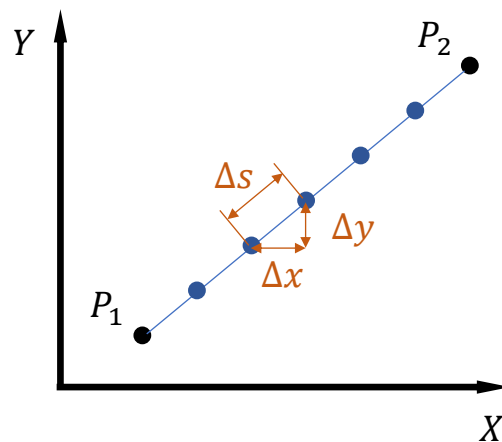
wyznaczenie w pewnym przedziale funkcji, która przyjmuje znane wartości dla danych liczb z tego przedziału*

Interpolacja liniowa

położenia pośrednie pomiędzy początkowym i końcowym leżą na linii prostej wyznaczonej przez te położenia

Interpolacja kołowa

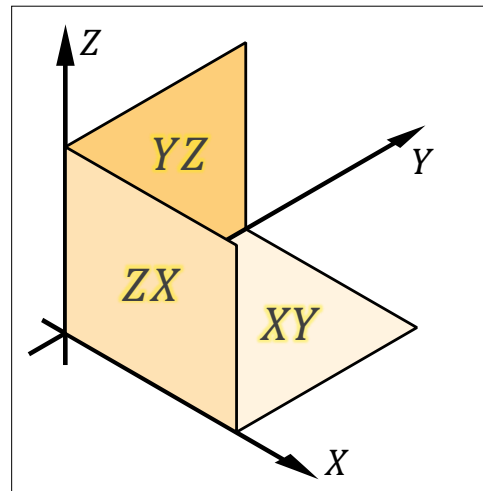
położenia pośrednie pomiędzy początkowym i końcowym leżą na okręgu (o podanym środku i promieniu)



Płaszczyzny robocze

Płaszczyzna robocza

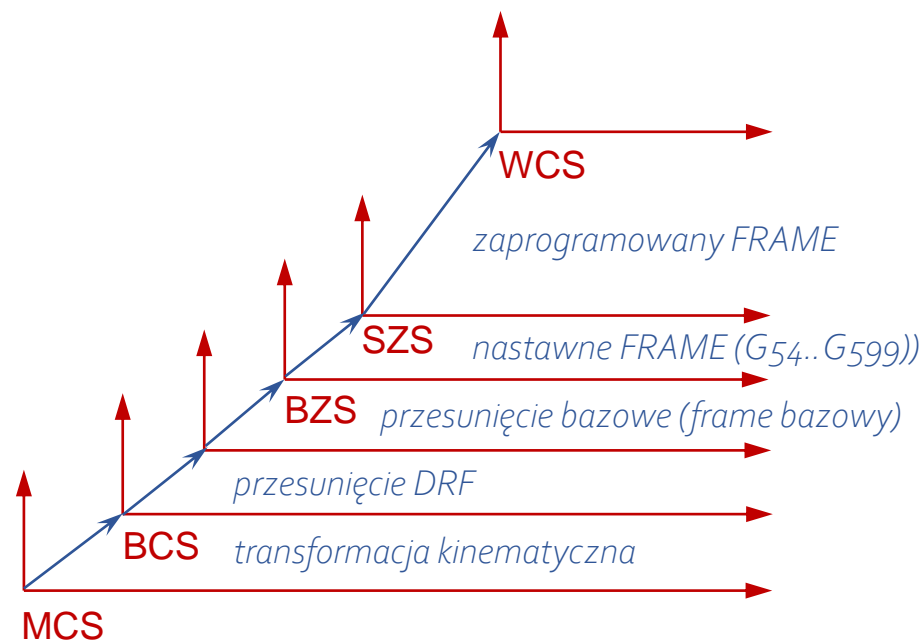
- płaszczyzna, w której narzędzie wykonuje pracę
- układ MCU uwzględnia płaszczyznę roboczą planując ruchy osi obrabiarki, ustawienie płaszczyzny roboczej (XY, ZX, YZ) pozwala na:
 - właściwe uwzględnienie wartości korekcji narzędzi
 - interpretację toru ruchu narzędzia dla torów kołowych
 - interpretację współrzędnych biegunowych



Układy współrzędnych w SINUMERIK

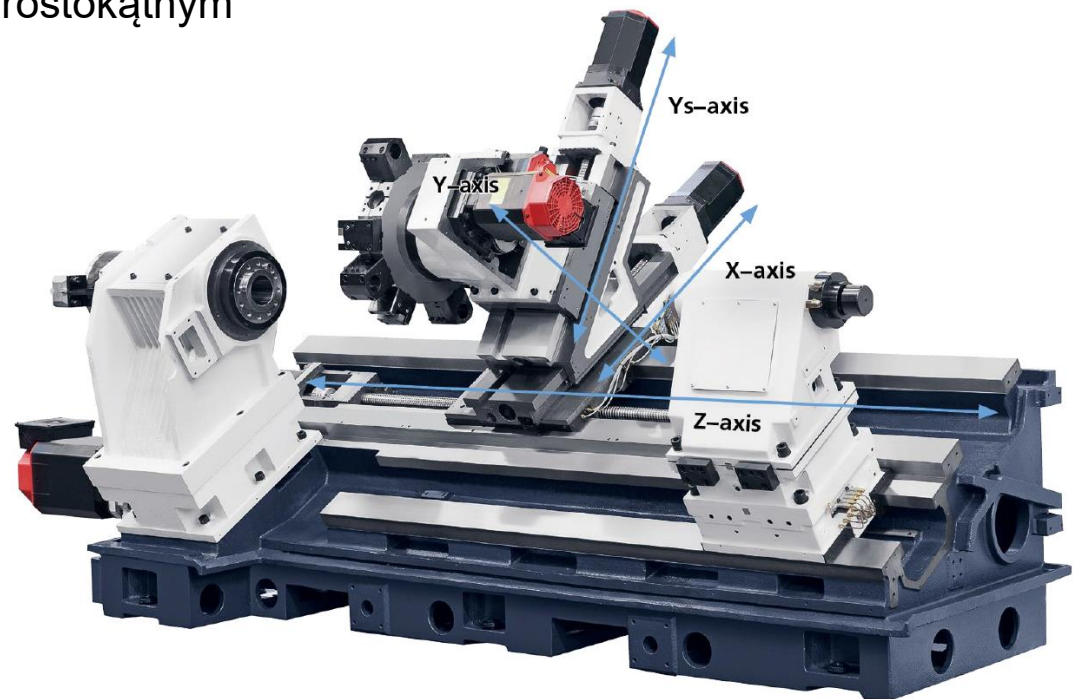
Układy współrzędnych i transformacje

Układ	Pełna nazwa
MCS	układ współrzędnych maszyny, <i>ang. Machine Coordinate System</i>
BCS	bazowy układ współrzędnych, <i>ang. Basic Coordinate System</i>
BZS	układ bazowego punktu zerowego, <i>ang. Basic Zero System</i>
SZS	nastawny układ punktu zerowego, <i>ang. Settable Zero Coordinate System</i>
WCS	układ współrzędnych obrabianego przedmiotu, <i>ang. Workpiece Coordinate System</i>



MCS – układ współrzędnych maszyny

- tworzony ze wszystkich fizycznie istniejących osi maszyny
- w układzie odbywa się sterowanie (fizyczne osie mają niezależne napędy)
- współrzędne z innych układów przeliczane są do układu maszyny
- układzie definiowane są stałe punkty maszyny (np. punkty zmiany narzędzia)
- układ nie musi być układem prostokątnym



BCS – bazowy układ współrzędnych

- składa się z trzech prostopadle usytuowanych osi (osie geometryczne), może mieć także inne osi (osie dodatkowe) bez zależności geometrycznej
- stanowi bazę dla programowania
- związany z układem maszynowym przez transformacje kinematyczne przekształcające jeden układ w drugi
- w przypadku braku transformacji kinematycznych $MCS = BCS$
- definiowany przez producenta układu sterowania
- transformacje kinematyczne (opisujące powiązanie układów MCS i BCS za pomocą danych maszynowych) definiowane są przez producenta obrabiarki

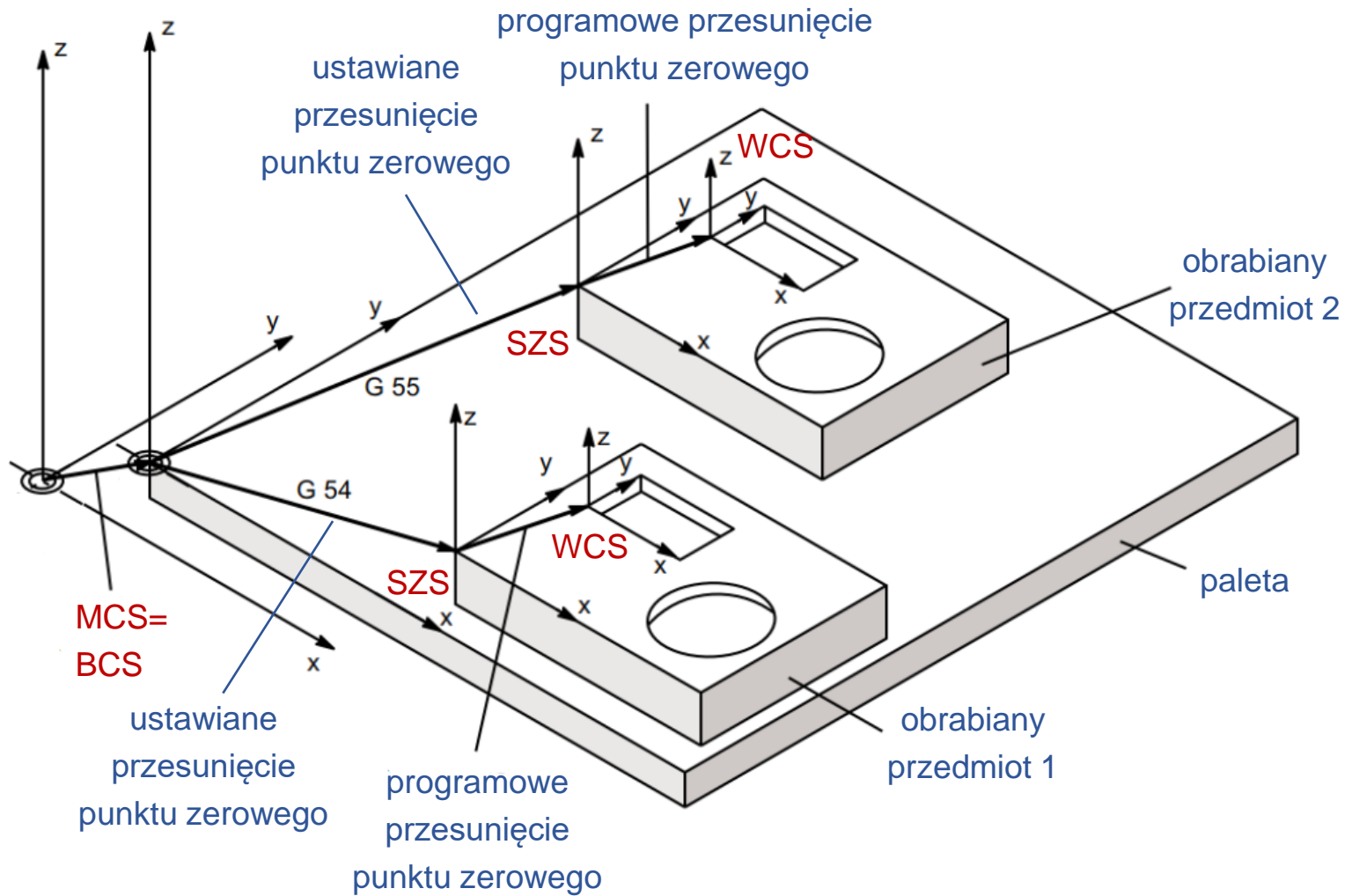
SZS – nastawny układ punktu zerowego

- otrzymywany z układu bazowego punktu zerowego BZS
- w programie NC układ jest aktywowany poleceniami G54 ... G599
- w przypadku braku programowych transformacji współrzędnych (*frames*) $WCS = SZS$

WCS – układ współrzędnych obrabianego przedmiotu

- wykorzystywany do programowania obróbki
- otrzymywany z nastawnego układu punktu zerowego SZS po zastosowaniu matematycznych transformacji (*frame*) :
 - translacji o wektor
 - obrotu wokół osi
 - symetrii osiowej (odbicia lustrzanego)
 - skalowania osi

Układy współrzędnych



Podstawy programowania

Kod NC – struktura programu

Program NC

program obróbki składający się z szeregu **bloków NC** (wytyczne dotyczące budowy programu opisuje norma DIN 66025)

Nazwa programu

- dozwolone znaki:

litery: *A ... Z, a ... z,*

cyfry: *0 ... 9,*

podkreślnik: *_* (jest zaliczany do liter)

Program NC					
Blok	Słowo	Słowo	Słowo	...	;Komentarz
Blok	N10	G0	X63	...	;blok 1
Blok	N20	G0	Z2	...	;blok 2
Blok	N30	G1	Z-10	...	; ...
Blok	N40
Blok	N50	M30		...	;koniec programu

Kod NC – struktura programu

Blok NC

- opisuje pojedynczy krok obróbczy
- może zawierać:
 - instrukcje zapisane zgodnie z DIN 66025
 - elementy języka wysokiego poziomu NC (rozszerzenia umożliwiające zapis skomplikowanych programów obróbczych)

Blok NC wg DIN 66025

- zbudowany ze słów NC
- słowo NC = znak adresowy + ciąg cyfr



Blok NC wg DIN 66025

Adres	Opis
N	nadaje linii programu etykietę, w większości przypadków nie jest obowiązkowa ale ułatwia wyszukiwanie błędów
G	grupa tzw. <i>instrukcji przygotowawczych</i> , które zajmują się interpretacją znaczenia innych instrukcji
X, Y, Z	instrukcje pozwalają na wprowadzenie współrzędnych punktu końcowego narzędzia, należy je odczytywać jako polecenia przesunięcia narzędzia z aktualnej pozycji do pozycji wskazanej w instrukcji, interpretacja pozycji zależy od ustawień zdefiniowanych <i>funkcjami przygotowawczymi</i>
F	definiuje wartość prędkości posuwu narzędzia
S	definiuje wartość prędkości obrotowej wrzeciona
T	powoduje ustawienie magazynu narzędziowego w pozycji pozwalającej na pobranie określonego narzędzia
D	definiuje numer korekcji narzędzia
M	grupa tzw. <i>instrukcji maszynowych</i> , instrukcje te wywołują dodatkowe czynności związane z obsługą obrabiarki, są odpowiedzialne np. za włączanie/wyłączanie wrzeciona, włączanie/wyłączanie chłodziwa, wymianę narzędzia, itp.
H	definiuje funkcję pomocniczą

W bloku instrukcje powinny być umieszczane w kolejności: N, G, X, Y, Z, F, S, T, D, M, H.

Zasady dotyczące bloków

Zasady

- początek bloku może być etykietowany za pomocą znaku adresowego N
- koniec bloku musi być zaznaczany znakiem końca linii LF
- sposób przyporządkowania wartości znakowi adresowemu zależy od postaci adresu i przyporządkowanej wartości:
 - dla adresów zbudowanych z więcej niż jednego znaku lub wartości składającej się z więcej niż jednej stałej konieczne jest użycie symbolu "="
 - w przeciwnym przypadku symbol "=" może być pomijany
- komentarze zwiększające czytelność programu umieszczane mogą być przed końcem bloku po symbolu ";"
- bloki mogą być ukrywane (blok ukryty nie jest wykonywany), w celu ukrycia bloku wykorzystywany jest symbol "/" umieszczany na początku bloku

AP=30

S2=300

G1 X100

; obróbka zgrubna

N10 G1 F100 X10 Y20
/N20 ...

Działanie poleceń

Polecenia działające modalnie

obowiązują z zaprogramowaną wartością (we wszystkich kolejnych blokach), aż:

- pod tym samym poleceniem zostanie zaprogramowana nowa wartość
- zostanie zaprogramowane polecenie znoszące działanie dotychczasowego polecenia

Polecenia działające pojedynczymi blokami

obowiązują tylko w bloku, w którym zostały zapisane

Kod NC – struktura programu

Elementy języka wysokiego poziomu

- polecenia języka wysokiego poziomu (zbudowane z wielu liter adresowych)
- nazwy:
 - zmiennych systemowych
 - zmiennych definiowanych przez użytkownika
 - podprogramów
 - słów kluczowych
 - makr
- operatory (porównania, logiczne)
- funkcje obliczeniowe
- struktury kontrolne

Kod NC – podstawowe instrukcje przygotowawcze

Instrukcje przygotowawcze zostały podzielone na *grupy* instrukcji o zbliżonym działaniu, w grupach tych znajdują się instrukcje opisujące:

- ruch (G0, G1, G2, G3),
- płaszczyzny interpolacji (G17, G18, G19),
- kompensację promienia narzędzia (G40, G41, G42),
- układy współrzędnych (G53, G54, ..., G59),
- jednostki wymiarów geometrycznych (G70, G71),
- jednostki posuwu (G94, G95),
- sposób wymiarowania (G90, G91).

Uwagi:

- tylko jedna instrukcja z grupy może być aktywna, co oznacza, że ustawienie innej instrukcji z grupy automatycznie dezaktywuje poprzednią,
- jeśli nie wskazano aktywnej funkcji z grupy aktywna jest zdefiniowana przez producenta domyślna funkcja z tej grupy.

Kod NC – wybrane instrukcje przygotowawcze

Jednostki wymiarów geometrycznych

G71 – ustalenie jednostek na *podstawowe*, tzn. *mm*

G70 – ustalenie jednostek na *dotatkowe* wykorzystujące dodatkowy mnożnik, mnożnik ten zwykle ma wartość *25,4* co pozwala na wymiarowanie w calach

Płaszczyzny interpolacji

G17, G18, G19 – kolejno: XY, ZX, YZ

Jednostki posuwu

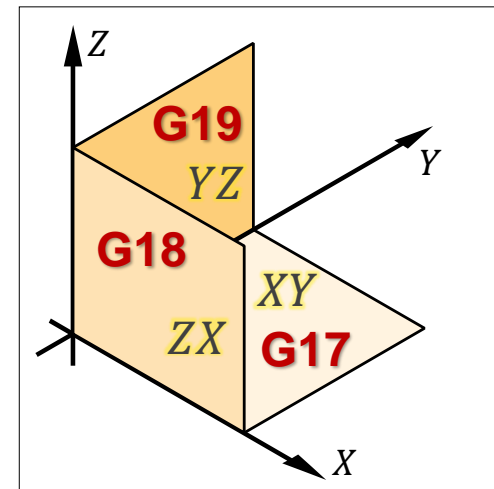
G94 – ustalenie jednostek dla posuwu (F) na *mm/min*

G95 – ustalenie jednostek dla posuwu (F) na *mm/obr*

Sposób wymiarowania

G90 – ustalenie wymiarowania we *współrzędnych absolutnych*

G91 – ustalenie wymiarowania we *współrzędnych przyrostowych*



Kod NC – wybrane instrukcje przygotowawcze

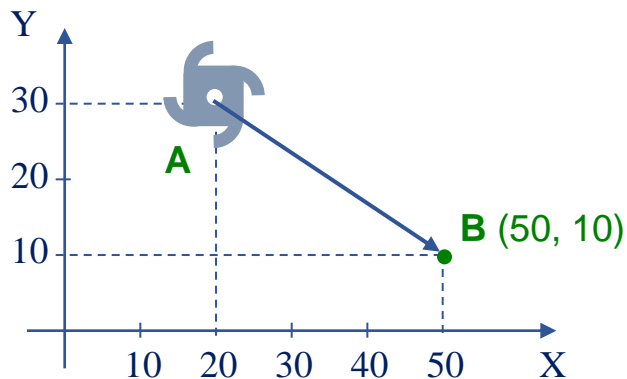
Ruch

G0 – ustawienie trybu przemieszczenie narzędzia *posuwem szybkim* (najczęściej po linii prostej)

G1 – ustawienie trybu przemieszczenie narzędzia *ruchem roboczym* po *linii prostej*

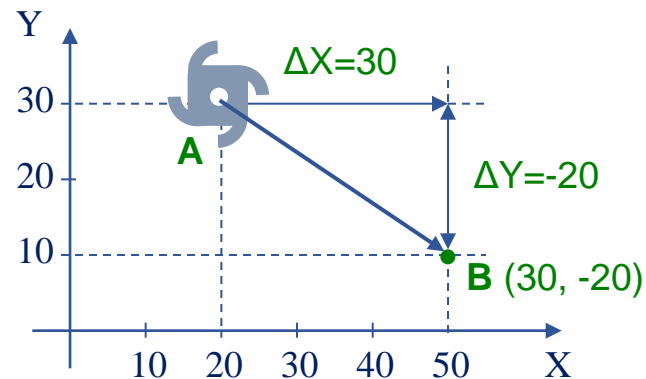
G2, G3 – ustawienie trybu przemieszczenie narzędzia *ruchem roboczym* po *łuku*

G90
G1 X50 Y10



Ruch z A do B posuwem roboczym po linii prostej we współrzędnych absolutnych

G91
G1 X30 Y-20



Ruch z A do B posuwem roboczym po linii prostej we współrzędnych przyrostowych wzg. A

Kod NC – wybrane instrukcje maszynowe

Instrukcja	Opis
M0, M1	zatrzymanie bezwarunkowe i zatrzymanie warunkowe zatrzymanie bezwarunkowe M0 wykorzystywane do zatrzymania programu np. w celu zmiany zamocowania przedmiotu zatrzymanie M1 zostanie wykonane tylko gdy na pulpicie sterującym obrabiarki zostanie ustawiony przełącznik stopu warunkowego, zatrzymanie wykorzystywane do zatrzymywania programu w przypadku pracy z serią przedmiotów, np. gdy dla wybranego przedmiotu z serii należy wykonać pomiary
M2, M30	koniec programu głównego we współczesnych układach funkcje mają identyczne działanie, program jest analizowany do linii z instrukcją M2 lub M30 , podprogramy mogą być definiowane w tym samym pliku co program główny za instrukcją końca
M3, M4, M5	sterowanie wrzecionem M3 i M4 – włączenie obrotów wrzeciona w prawo i w lewo, M5 – wyłączenie obrotów
M6	zmiana narzędzia
M7, M8, M9	sterowanie chłodziwem M7 i M8 włączenie chłodziwa (możliwe 2 rodzaje lub 2 źródła stąd dwie funkcje), M9 – wyłączenie chłodziwa