

Zautomatyzowane systemy produkcyjne

Układy współrzędnych i opis punktów

Parametry skrawania

Podstawy programowania

Wybrane kody NC



Materiały

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

<http://staff.uz.zgora.pl/gpajak>

Układy współrzędnych

Układy współrzędnych i punkty charakterystyczne

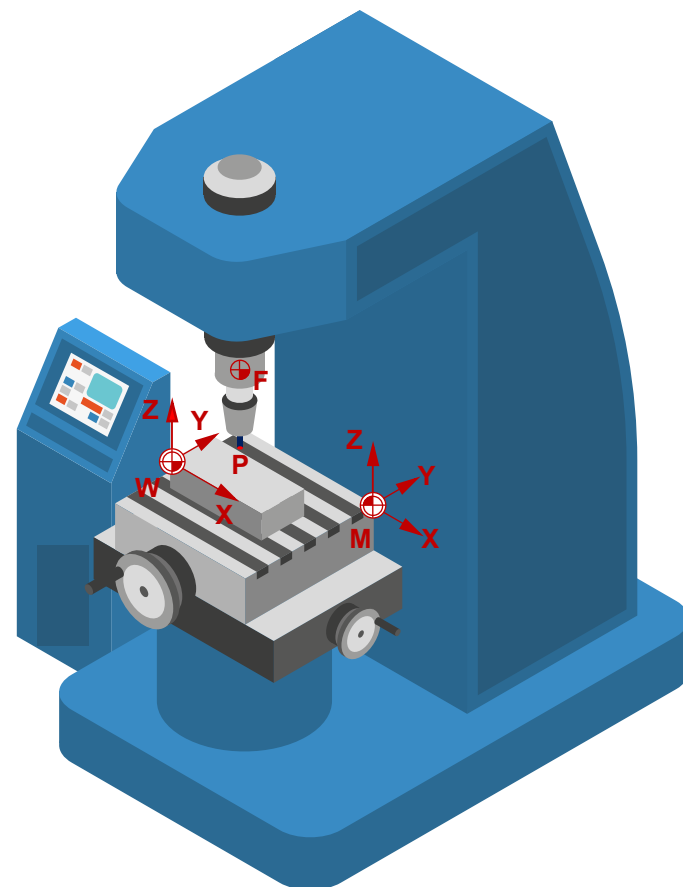
Układy współrzędnych

MKS (niem. *Maschinen Koordinaten Systeme*) – układ maszynowy.

WKS (niem. *Werkstück Koordinaten Systeme*) – układ przedmiotu.

Punkty charakterystyczne obrabiarki

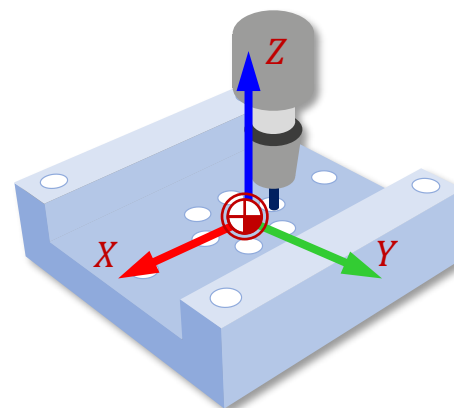
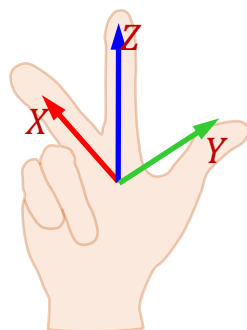
- M** punkt zerowy maszyny,
ustalany przez producenta, wyznacza położenie podstawowego układu **MKS**.
- W** punkt zerowy obrabianego przedmiotu
ustalany przez programistę, wyznacza położenie układu **WKS**, w którym opisywany jest program.
- F** punkt kodowy zespołu narzędziowego
współrzędne podawane w układzie **MKS**.
- P** punkt kodowy narzędzia
ustalany przez programistę, określa położenie końcówki narzędzia.



Układ obrabianego przedmiotu

Cechy

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



*zgodnie z

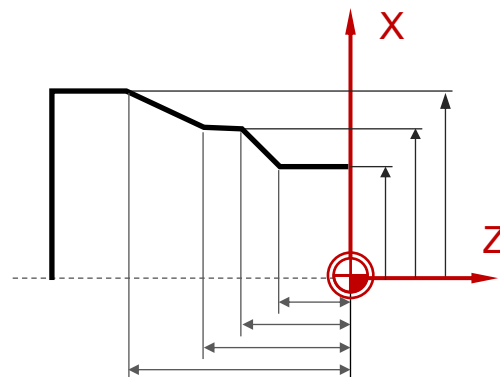
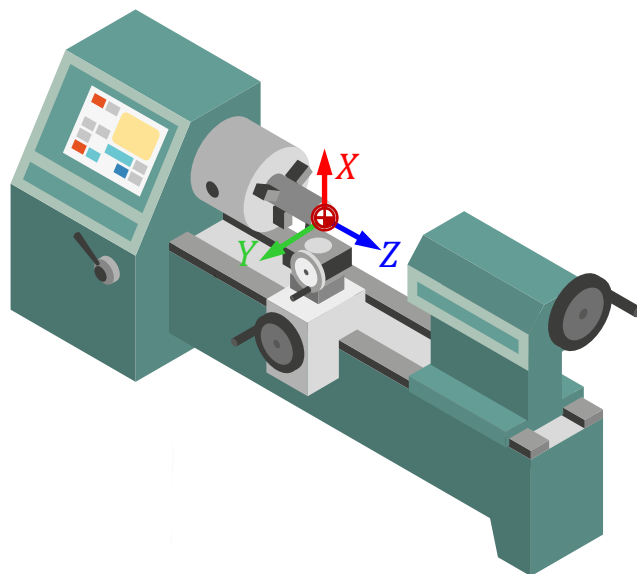
DIN 66217 *Axis and motion nomenclature for numerically controlled machines*

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

Układ obrabianego przedmiotu – tokarka

Cechy

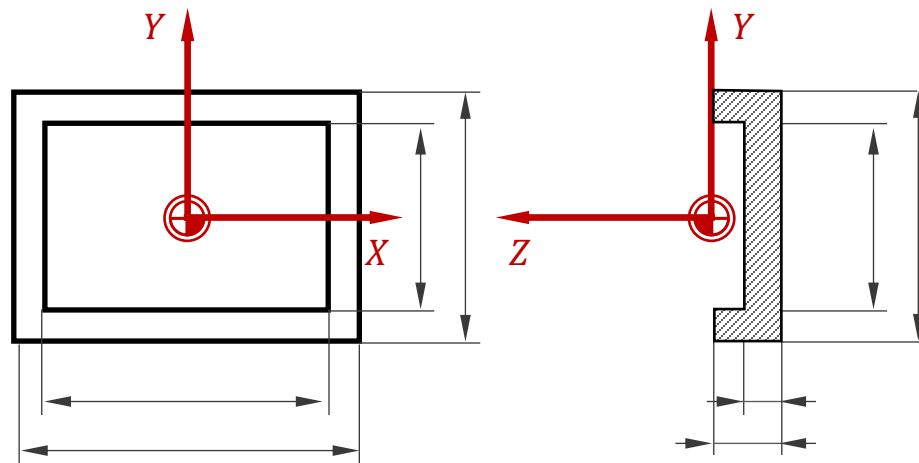
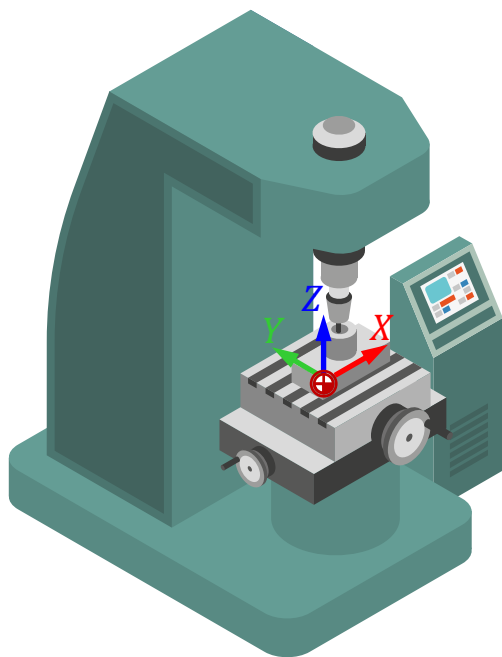
- kierunek osi Z przyjmuje się jako zgodny z osią wrzeciona przedmiotowego,
- kierunek osi X przyjmuje się jako prostopadły do osi Z w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny mocowania przedmiotu,
- oś Y uzupełnia układ osi do prawoskrętnego.



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 w płaszczyźnie równoległej do stołu frezarki,
- oś Y uzupełnia układ osi do prawoskrętnego.



Opis punktów obrabanego przedmiotu

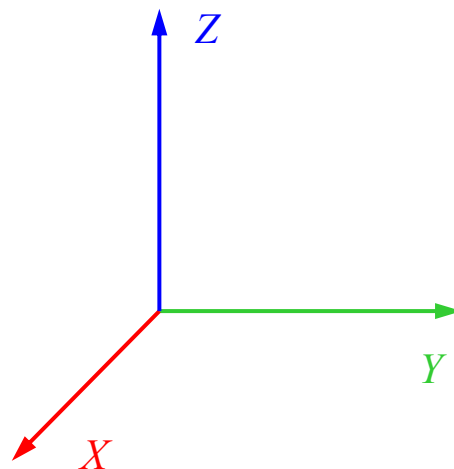
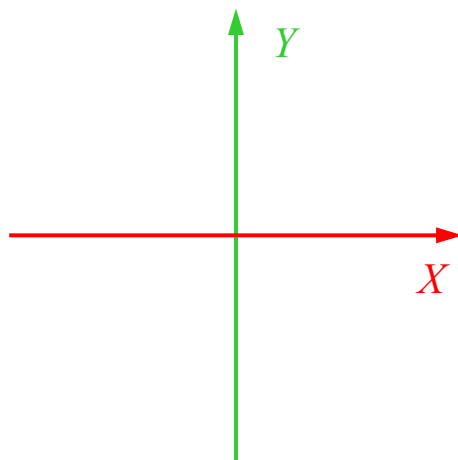
Układ współrzędnych kartezjańskich

Układ współrzędnych kartezjańskich, prostokątny układ współrzędnych

prostoliniowy układ współrzędnych, którego osie są parami prostopadłe;
w przestrzeni n -wymiarowej jest zdefiniowany przez:

- początek układu współrzędnych (punkt O), którego wszystkie współrzędne są zerowe,
- n parami prostopadłych osi układu współrzędnych (OX , OY , OZ , ...).

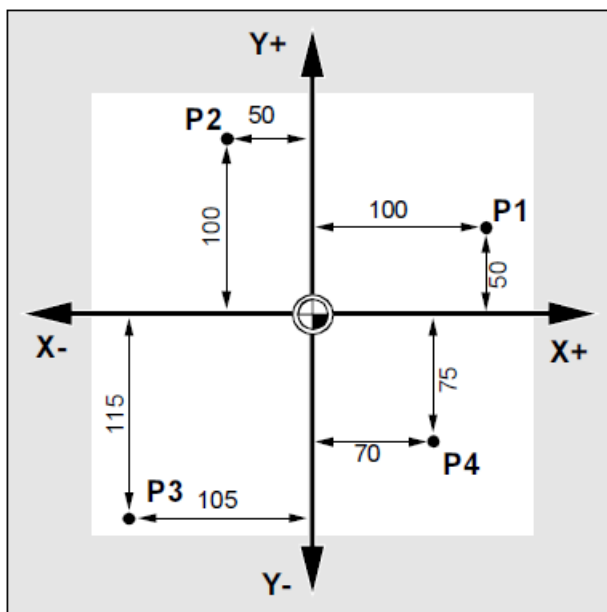
W celu wyznaczenia k -tej współrzędnej punktu P należy utworzyć rzut prostokątny punktu P na k -tą oś.



Program NC – współrzędne kartezjańskie

Opis punktu

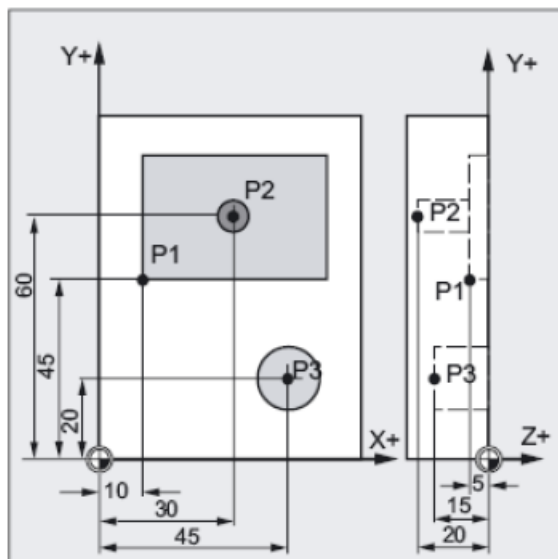
- dla obrabiarki n -osiowej należy określić n współrzędnych,
- k –ta współrzędna kartezjańska punktu ($X, Y, Z, \dots$) odpowiada wartości odczytanej z k –tej osi po wykonaniu rzutu prostokątnego punktu na tę oś.



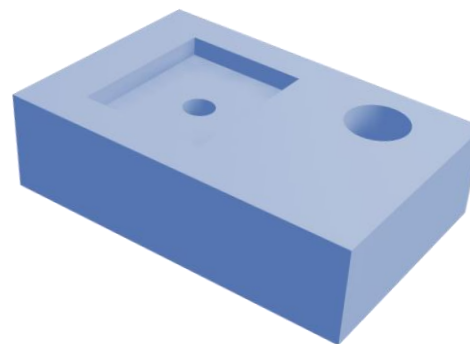
Pozycja	Współrzędne
P1	X100 Y50
P2	X-50 Y100
P3	X-105 Y-115
P4	X70 Y-75

Współrzędne kartezjańskie – obróbka frezarska

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

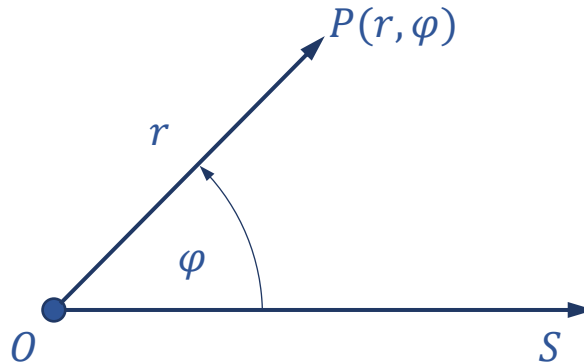


Współrzędne biegunowe

Układ współrzędnych biegunowych (polarnych)

układ współrzędnych na płaszczyźnie wyznaczony przez punkt O (biegun) oraz półprostą OS o początku w punkcie O (oś biegunowa). Dowolny punkt P jest opisany przez dwie współrzędne:

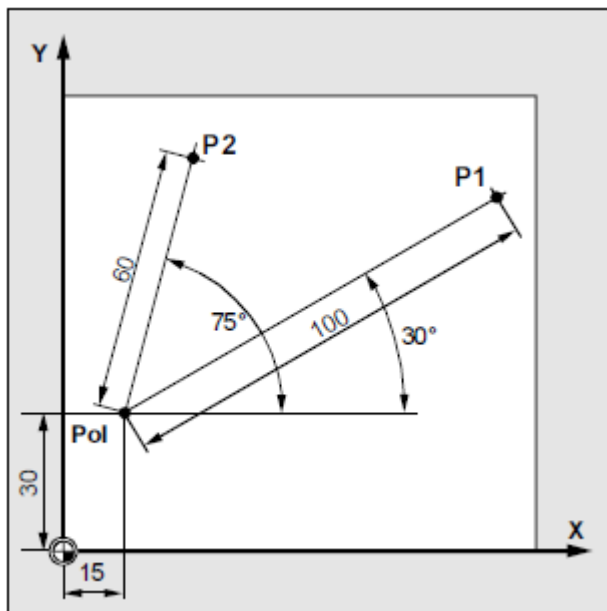
- promień biegunowy (wodzący) – odległość punktu P od bieguna O ,
- kąt biegunowy (amplituda) – wartość kąta pomiędzy półprostą OS i wektorem $\overrightarrow{OP}$.



Program NC – współrzędne biegunowe

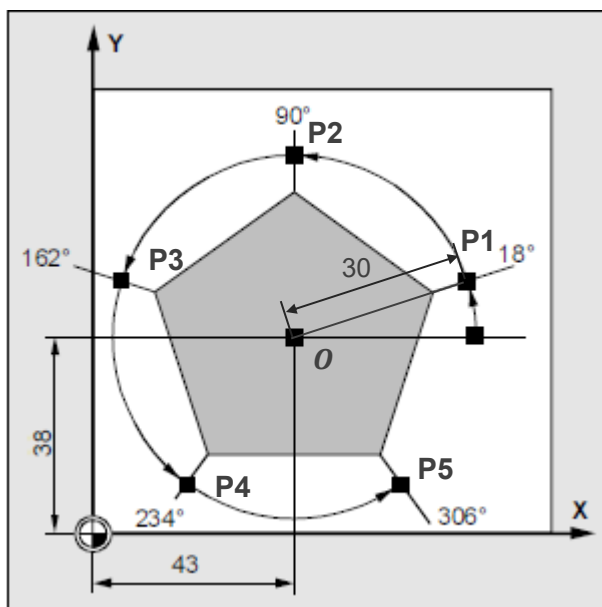
Opis punktu

- należy określić położenie bieguna układu
- położenie punktu na płaszczyźnie jest opisane przez **promień biegunowy (RP)** i **kąt biegunowy (AP)**.



Pozycja	Współrzędne
Pol	X15 Y30
P1	RP=100 AP=30
P2	RP=60 AP=75

Współrzędne biegunowe – obróbka wiertarska



Pozycja	Współrzędne
O	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

Wymiarowanie absolutne i przyrostowe

Wymiarowane absolutne (bezwzględne)

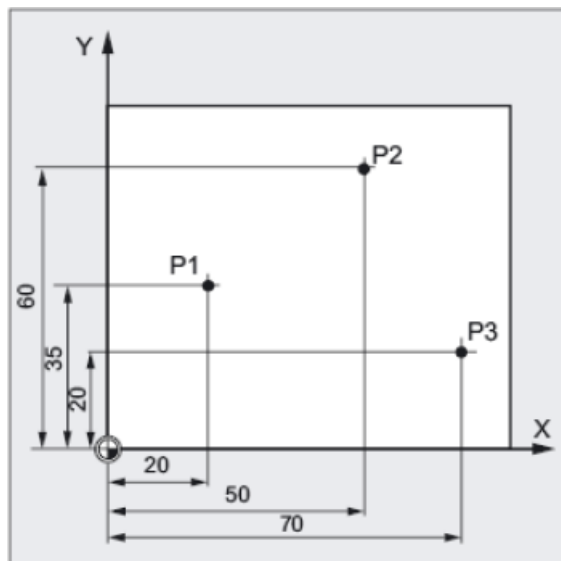
- wymiary wynikają z aktualnie wybranego układu obrabianego przedmiotu,
- wymiar absolutny opisuje pozycję, do której poruszy się narzędzie.

Wymiarowane przyrostowe (łańcuchowe, inkrementalne)

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

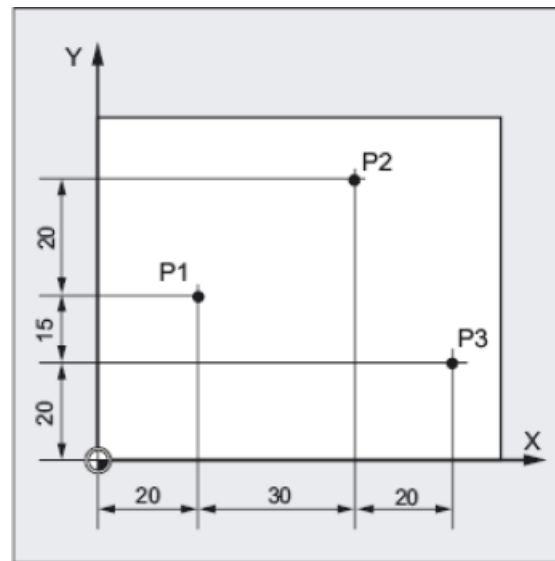
Współrzędne kartezjańskie

Wymiarowanie absolutne



Pozycja	Współrzędne
P1	X20 Y35
P2	X50 Y60
P3	X70 Y20

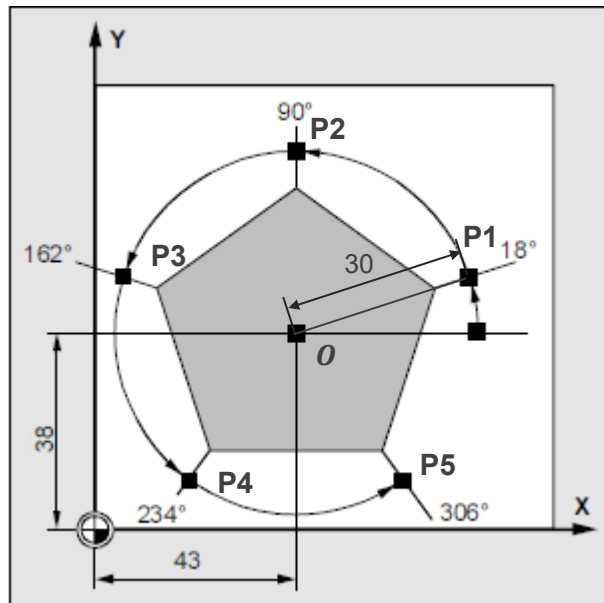
Wymiarowanie przyrostowe



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

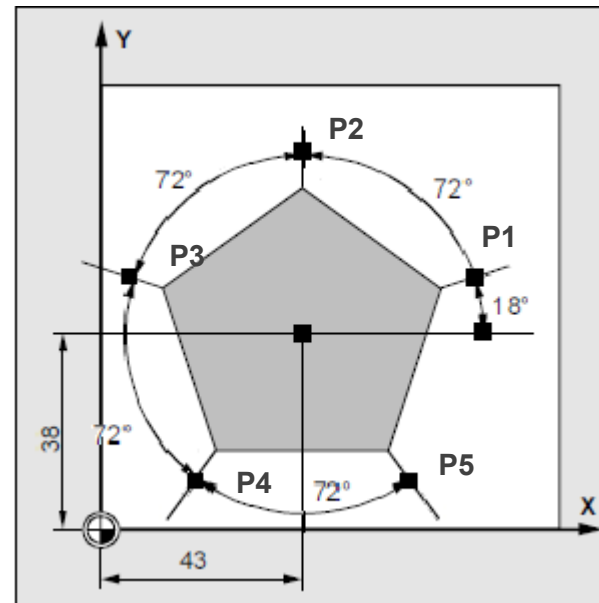
Współrzędne biegunowe

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



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

Parametry skrawania (frezowanie)

Prędkość skrawania i obrotowa

Prędkość skrawania vc [m/min]

prędkość z jaką narzędzie skrawające przesuwa się względem obrabianego przedmiotu

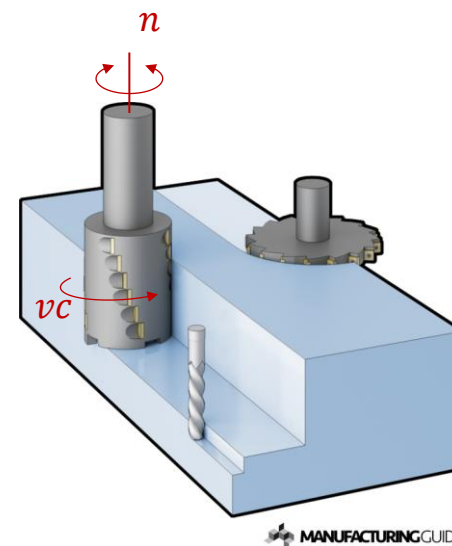
$$vc = \frac{\pi d n}{1000}$$

d – średnica narzędzia [mm]

Prędkość obrotowa freza n [obr/min]

prędkość z jaką wrzeciono obraca frez w ciągu minuty

$$n = \frac{vc 1000}{\pi d}$$



Posuw

Posuw f [mm/obr]

odległość o jaką przemieszcza się stół obrabiarki podczas jednego pełnego obrotu frezu

$$f = f_z \cdot z$$

z – ilość ostrzy (zębów)

Posuw na ostrze (posuw na ząb) f_z [mm/ząb]

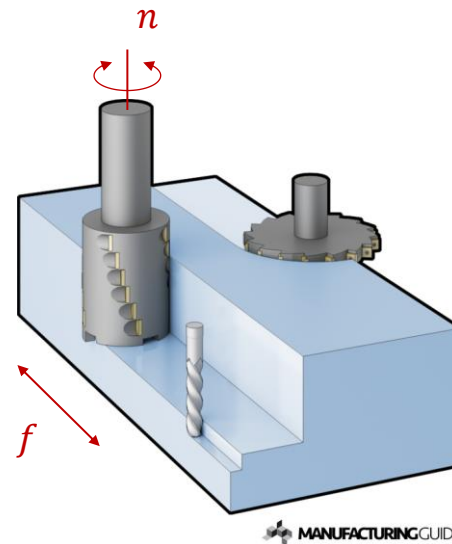
posuw dla jednego ostrza narzędzia (grubość wióra jaką ząb frezu usuwa z materiału)

$$f_z = \frac{f}{z}$$

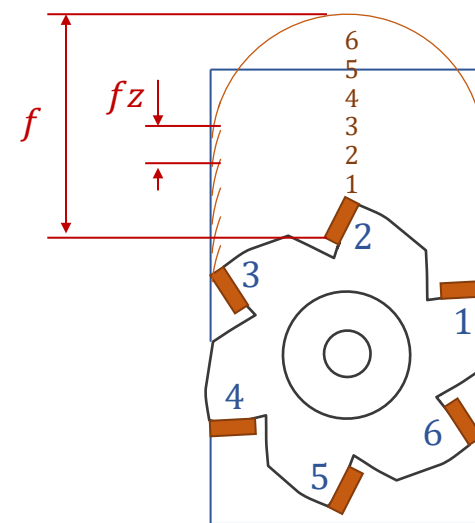
Prędkość posuwu vf [mm/min]

prędkość narzędzia względem obrabianego przedmiotu

$$vf = f \cdot n$$



MANUFACTURINGGUIDE



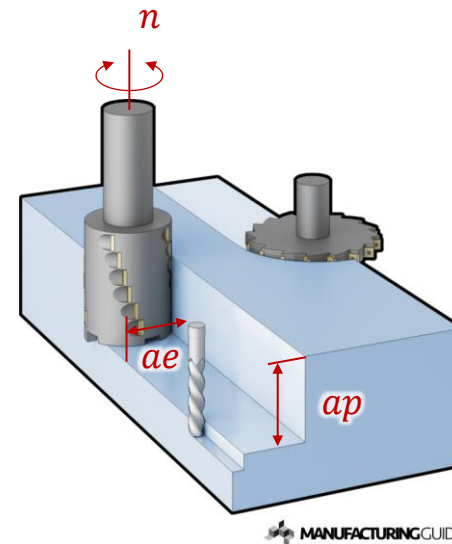
Głębokość i szerokość skrawania

Głębokość skrawania a_p [mm]

- odległość, na jaką frez wchodzi w materiał obrabianego przedmiotu,
- długość krawędzi skrawającej freza w miejscu kontaktu z obrabianym przedmiotem.

Szerokość skrawania a_e [mm]

- wymiar określany prostopadle do głębokości skrawania,
- przy frezowaniu czołowym – szerokość obszaru pokrytego powierzchnią czołową freza,
- przy frezowaniu obwodowym – promieniowe zagłębienie freza.



Przykład – parametry frezowania

Obróbka przedmiotu ze stali maszynowej
frez palcowy, 4-ostrzowy, stal HSS

$d = 20 \text{ [mm]}$

- $vc = 25 \text{ [m/min]}$ (odczytane z tabeli)

- $$n = \frac{vc \cdot 1000}{\pi d}$$

$$= \frac{25 \cdot 1000}{3,1415 \cdot 20}$$

$$\approx 398 \text{ [obr/min]}$$

Prędkości skrawania (vc) w obróbce frezarskiej [m/min]		
materiał przedmiotu obrabianego	materiał narzędzia	
	stal szybko tnąca HSS	węgliką spiekanego
stal stopowa	12–20	45–75
aluminium	150–300	300–600
brąz	20–35	60–120
żeliwo	15–25	40–60
stal do obróbki skrawaniem	30–45	120–180
stal maszynowa	21–30	45–75
stal nierdzewna	10–25	30–90
stal narzędziowa	18–20	40–60

Przykład – parametry frezowania cd.

Zalecany posuw na ząb (f_z) dla narzędzia ze stali HSS [mm]						
materiał	frezy do płaszczyzn	frezy śrubowe	frezy do rowków	frezy palcowe	frezy kształtowe	piły tarczowe
stal stopowa	0,15	0,12	0,1	0,07	0,05	0,05
aluminium	0,55	0,45	0,33	0,28	0,18	0,13
brąz	0,35	0,28	0,2	0,18	0,1	0,08
żeliwo	0,33	0,25	0,18	0,18	0,1	0,08
stal do obróbki skrawaniem	0,3	0,25	0,17	0,15	0,1	0,07
stal maszynowa	0,3	0,25	0,18	0,15	0,1	0,08
stal nierdzewna	0,15	0,13	0,1	0,08	0,05	0,05
stal narzędziowa	0,25	0,2	0,15	0,13	0,08	0,08

Zalecany posuw na ząb (f_z) dla narzędzia z węglika spiekanego [mm]						
materiał	frezy do płaszczyzn	frezy śrubowe	frezy do rowków	frezy palcowe	frezy kształtowe	piły tarczowe
aluminium	0,5	0,4	0,3	0,25	0,15	0,13
brąz	0,3	0,25	0,18	0,15	0,1	0,08
żeliwo	0,4	0,33	0,25	0,2	0,13	0,1
stal maszynowa	0,4	0,33	0,23	0,2	0,13	0,1
stal nierdzewna	0,25	0,2	0,15	0,13	0,08	0,08
stal narzędziowa	0,35	0,28	0,2	0,18	0,1	0,1

Obróbka przedmiotu ze stali maszynowej frez palcowy, 4-ostrowy, stal HSS, $d = 20$ [mm]

- $f_z = 0,15$ [mm] (odczytane z tabeli)
- $f = f_z \cdot z = 0,15 \cdot 4 = 0,6$ [mm]
- $vf = f \cdot n = 0,6 \cdot 398 \approx 238$ [mm/min]

Przykład – parametry wiercenia

Prędkości skrawania (v_c) w obróbce wiertarskiej [m/min]	
materiał przedmiotu obrabianego	materiał narzędzia stal szybko tnąca HSS
stal odlewana	12
stal narzędziowa	18
żeliwo	24
stal maszynowa	30
brąz, aluminium	60

Zalecany posuw (f) wiertła [mm]	
średnica otworu [mm]	obróbka uniwersalna*
– 3	0,02 – 0,05
3 – 6	0,05 – 0,1
6 – 13	0,1 – 0,18
13 – 25	0,18 – 0,38
25 – 38	0,38 – 0,63

* metale twarde (stale stopowe, maszynowe) – posuwy mniejsze, metale miękkie (aluminium, brąz, żeliwo) – posuwy większe

Obróbka przedmiotu z żeliwa wiertłem ze stali HSS o średnicy $d = 6$ [mm].

- $v_c = 24 \left[\frac{m}{min} \right]$ (odczytane z tabeli)
 - $f = 0,1$ [mm] (odczytane z tabeli)
 - $n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot d}$
 - $vf = f \cdot n = 0,1 \cdot 1273 \approx 127$ [mm/min]
- $$= \frac{24 \cdot 1000}{3,1415 \cdot 6}$$
- $$\approx 1273 \text{ [obr/min]}$$

Podstawy programowania NC

Struktura programu

Program NC

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

Nazwa programu

- litery: *A ... Z, a ... z*,
- cyfry: *0 ... 9*,
- podkreślnik: *_* (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

Struktura programu

Blok NC

- opisuje pojedynczy krok obróbczy,
- może zawierać: instrukcje zapisanie zgodnie z DIN 66025, elementy języka wysokiego poziomu NC.

Blok NC wg DIN 66025

- zbudowany ze słów NC (instrukcji),
- słowo NC = znak adresowy + ciąg cyfr.

adres ciąg cyfr	adres ciąg cyfr	adres ciąg cyfr	adres ciąg cyfr	adres ciąg cyfr
G0	Z2	S600	M3	M8

Elementy języka wysokiego poziomu

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

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

- **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 "="

AP=30

S2=300
 - w przeciwnym przypadku symbol "=" może być pomijany

G1 X100
- komentarze zwiększające czytelność programu umieszczane mogą być na końcu bloku po symbolu ";"

; obróbka zgrubna
- bloki mogą być ukrywane (blok ukryty nie jest wykonywany), w celu ukrycia bloku wykorzystywany jest symbol "/" umieszczany na początku bloku

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

Wybrane kody NC

Klasyfikacja kodów NC

Instrukcje pomocnicze (M-functions), sterują fizycznymi elementami obrabiarki:

- sterowanie przebiegiem programu i wrzecionem,
- chłodziwo,
- zmiana narzędzia,
- dodatkowe funkcje użytkownika.

Instrukcje technologiczne, ustalają parametry procesu

- prędkość obrotowa i posuw,
- wybór numeru narzędzia.

Instrukcje przygotowawcze (G-codes)

- tryby pracy,
- interpolacje,
- układy współrzędnych.

Adresy i zmienne (X, Y, Z, I, J, K, R, Q itd.)

Sterowanie przebiegiem programu i chłodziwem

Sterowanie przebiegiem programu

- M0** zatrzymanie programowe (bezwarunkowe) wykorzystywane do zatrzymania programu np. w celu zmiany zamocowania przedmiotu.
- M1** zatrzymanie warunkowe wykonywane gdy na pulpicie sterującym zostanie ustawiony przełącznik stopu warunkowego, wykorzystywane np. w celu wykonania pomiarów wybranego przedmiotu z serii.
- M2, M30** koniec programu głównego (**M30** dodatkowo przewija program na początek), program jest analizowany do linii z instrukcją **M2** lub **M30**, podprogramy mogą być definiowane w tym samym pliku, za instrukcją końca.

Chłodziwo

- M7** chłodziwo mgła/powietrze, aktywuje mgłę chłodzącą lub doprowadzenie powietrza (zależne od maszyny).
- M8** chłodziwo, włącza główny strumień chłodziwa (najczęściej używana funkcja chłodzenia).
- M9** wyłączenie chłodziwa (działa na **M7** i **M8**)

Wrzeciono, zmiana narzędzia

Wrzeciono

- M3** wrzeciono CW, uruchamia wrzeciono w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara (CW), używane dla większości operacji na frezarce.
- M4** wrzeciono CCW, uruchamia wrzeciono przeciwnie do kierunku obrotu standardowego (przeciwnie do ruchu wskazówek zegara – CCW), stosowane w narzędziach o specjalnej geometrii, przy wrzecionach odwróconych oraz niektórych operacjach gwintowania.
- M5** STOP wrzeciona, natychmiast zatrzymuje wrzeciono (niezależnie od kierunku).
- M19** orientacja wrzeciona do określonej pozycji (np. w cwlu wymiany narzędzia, pomiaru długości itp.), w Sinumerik można podać wartość kąta (S<kąt>).

Zmiana narzędzia

- M6** zmiana narzędzia, fizycznie wykonuje operację wymiany narzędzia (aktywuje sekwencję magazyn → ramię → wrzeciono), uwaga: numer narzędzia jest określany instrukcją T

Zaciski i akcesoria, funkcje użytkownika

Zaciski i akcesoria

Zakres zależy od producenta, Sinumerik pozwala na wykorzystanie kodów w przedziale M50–M199.

M10 zacisk ON, zaciska stół obrotowy, imadło, palety itp.

M11 zacisk OFF.

M13 wrzeciono CW + chłodziwo ON, skrót: M3 + M8.

M14 wrzeciono CCW + chłodziwo ON, skrót: M4 + M8.

Funkcje użytkownika

Funkcje niestandardowe definiowane przez producenta maszyny/integratora, zazwyczaj związane z dodatkowym osprzętem (np. drzwi automatyczne, głowice pomiarowe, pompy, itp.), typowy zakres M100-M199.

M100/M101 wysuw/chowanie sondy pomiarowej

M110/M111 otwarcie/zamknięcie drzwi

M150 włączenie agregatu odciągu mgły

M160 start podajnika wiórów

Wymiana narzędzia

Składnia

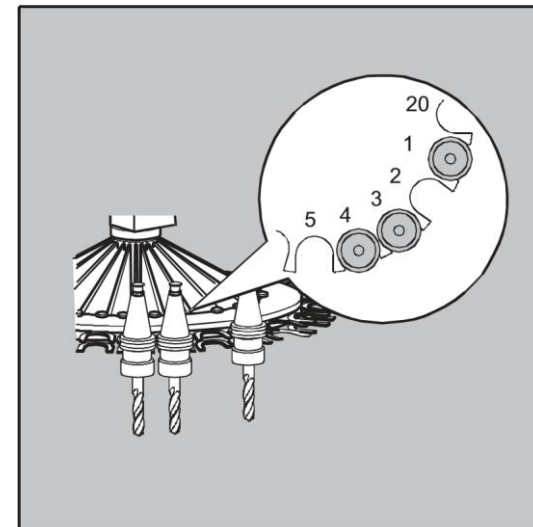
T = <miejsce>

T = <nazwa>

T0

Znaczenie

T	wybór narzędzia
<miejsce>	numer miejsca w magazynie
<nazwa>	nazwa narzędzia (uwzględnia wielkość liter)
T0	cofnięcie wyboru narzędzia



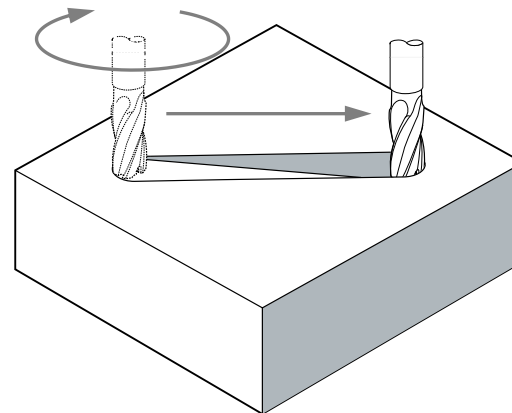
*Uwaga: fizyczna wymiana narzędzia jest aktywowana instrukcją **M6** (s.33).*

Posuw, obroty wrzeciona

Składnia

F<wartość>

S<wartość>



Znaczenie

F	wartość posuwu w ustawionych jednostkach
S	prędkość obrotowa wrzeciona w <i>obr/min</i>
<wartość>	Liczba określająca wartość posuwu lub obrotów wrzeciona

Podstawowe instrukcje przygotowawcze

Instrukcje przygotowawcze są podzielone na grupy instrukcji o zbliżonym działaniu:

- 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 tej samej grupy automatycznie dezaktywuje poprzednią,
- jeśli nie wskazano aktywnej funkcji z danej grupy aktywowana jest instrukcja zdefiniowana jako domyślna w tej grupie.

Płaszczyzny, jednostki, wymiarowanie

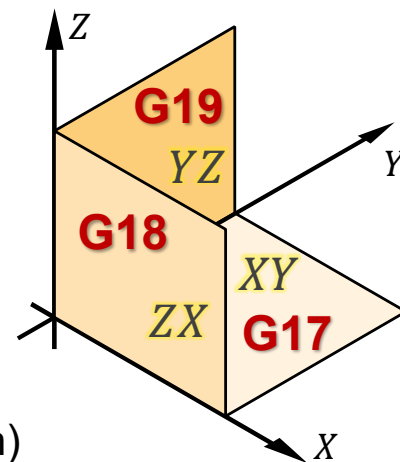
Płaszczyzny interpolacji

G17, G18, G19 – kolejno: XY, ZX, YZ

Jednostki wymiarów geometrycznych

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

G70 – ustalenie jednostek na *dodatkowe* wykorzystujące dodatkowy mnożnik (np. *25,4* tzn. wymiarowanie w calach)



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*

Dane wymiarowe – system miar

Składnia

G70

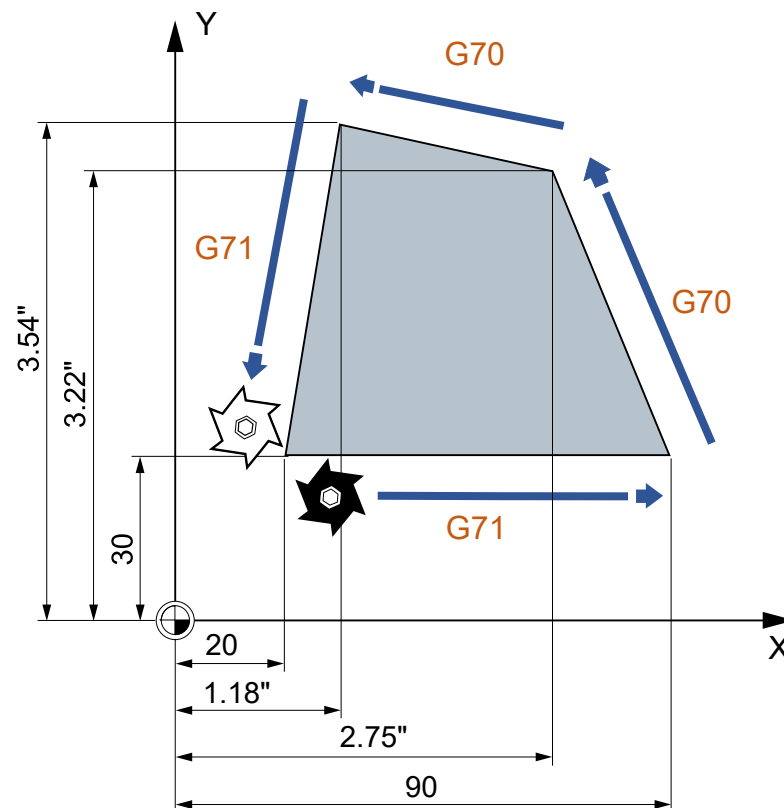
G71

Znaczenie

G70	dane geometrycznych podawane w calach
G71	dane geometrycznych podawane w milimetrach

Własności

- polecenia działają modalnie



Dane wymiarowe – wymiarowanie absolutne

Składnia

G90

<oś>=AC (<wartość>)

Znaczenie

G90	uaktywnienie modalnego podawania wymiarów absolutnych
AC	uaktywnienie podawania wymiarów absolutnych działającego pojedynczymi blokami
<oś>	oś, w której ma zostać wykonany ruch
<wartość>	pozycja osi w wymiarze absolutnym

Dane wymiarowe – wymiarowanie przyrostowe

Składnia

G91

<oś>=IC (<wartość>)

Znaczenie

G91	uaktywnienie modalnego podawania wymiarów przyrostowych
IC	uaktywnienie podawania wymiarów przyrostowych działającego pojedynczymi blokami
<oś>	oś, w której ma zostać wykonany ruch
<wartość>	przesunięcie osi

Współrzędne biegunowe – punkt odniesienia

Składnia

G110/G111/G112 X... Y... Z...

G110/G111/G112 AP=... RP=...

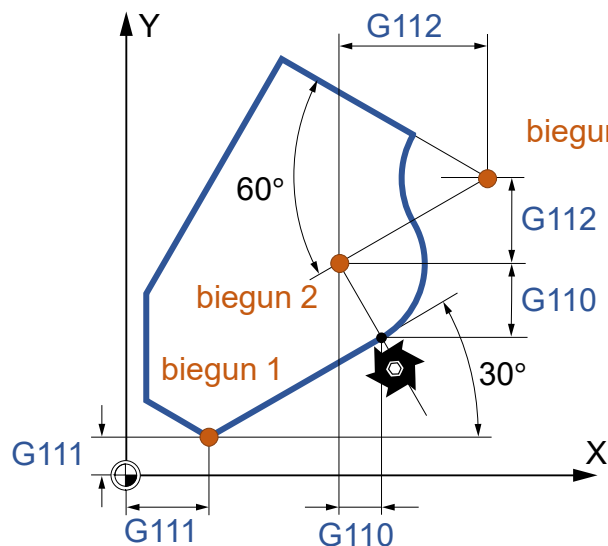
Znaczenie

G110 G111 G112	określenie położenia bieguna względem: • ostatnio zaprogramowanej pozycji • aktualnego punktu zerowego • aktualnego bieguna
X... Y... Z...	położenie bieguna we współrzędnych kartezjańskich
AP=... RP=...	położenie bieguna we współrzędnych biegunowych • AP=... kąt biegunowy, mierzony od poziomej osi płaszczyzny roboczej do promienia biegunowego, zakres $\pm 0...360^\circ$ • RP=... promień biegunowy, wartości podawane we współrzędnych absolutnych (mm, cale)

Współrzędne biegunowe – punkt odniesienia

Uwagi

- **G110 – G112** muszą być programowane w oddzielnym bloku NC
- obowiązują w aktywnej płaszczyźnie roboczej (**G17 – G19**)
- w przypadku braku definicji bieguna przyjmowany jest biegun w aktualnym punkcie zerowym
- zdefiniowany biegun jest zachowany aż do wprowadzenia nowego bieguna lub zmiany płaszczyzny roboczej



biegun 1

podany z **G111** (wzg. aktualnego punktu zerowego)

biegun 2

podany z **G110** (wzg. ostatnio zaprogramowanej pozycji)

biegun 3

podany z **G112** (wzg. aktualnego bieguna)

Współrzędne biegunowe – ruch

Składnia

G0/G1/G2/G3 AP=... RP=...

Znaczenie

G0/G1/G2/G3	polecenie wykonania ruchu (patrz kolejne slajdy)
AP=...	podanie kąta biegunowego, kąt może być podany: • AP=AC(...) absolutnie • AP=IC(...) przyrostowo (względem ostatnio podanego kąta) domyślnie kąt podawany jest absolutnie
RP=...	promień biegunowy, wartości podawane we współrzędnych absolutnych (mm, cale), obowiązuje aż do wprowadzenia nowej wartości

Ruch z posuwem szybkim

Składnia

G0 X... Y... Z...

G0 AP=... RP=...

Znaczenie

G0	modalne polecenie wykonania ruchu z prędkością posuwu szybkiego
X... Y... Z...	podanie punktu końcowego we współrzędnych kartezjańskich
AP=... RP=...	podanie punktu końcowego we współrzędnych biegunowych

Uwagi

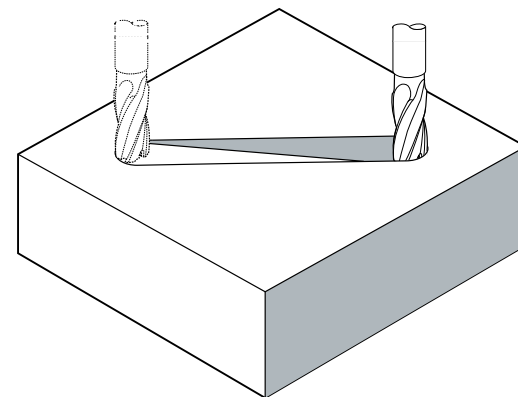
- w ruchu wszystkie osie osiągną swój punkt końcowy niezależnie
- interpolację linową można włączyć poleceniem **RTLION**
- interpolację linową można wyłączyć poleceniem **RTLIOF**
- polecenia **RTLION** i **RTLIOF** działają modalnie

Interpolacja prostoliniowa

Składnia

G1 X... Y... Z... F...

G1 AP=... RP=... F...



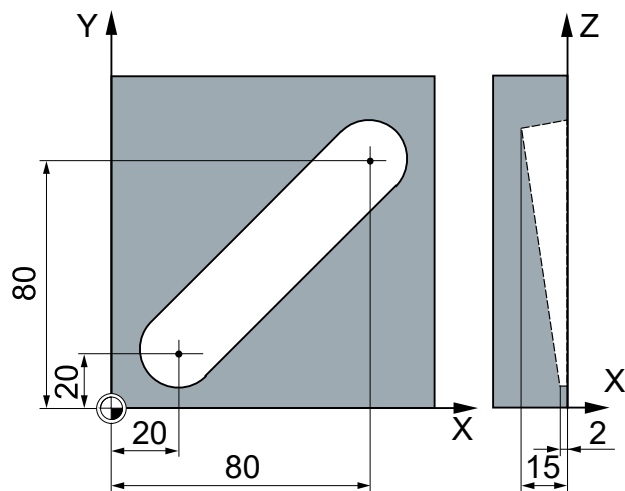
Znaczenie

G1	modalne polecenie wykonania ruchu prostoliniowego
X... Y... Z...	podanie punktu końcowego we współrzędnych kartezjańskich
AP=... RP=...	podanie punktu końcowego we współrzędnych biegunowych

Uwaga: w celu przeprowadzenia obróbki należy podać:

- kierunek obrotów wrzeciona **M3/M4** (s.33)
- prędkość obrotową wrzeciona **S** (s.36)
- Wartość posuwu **F** (s.36)

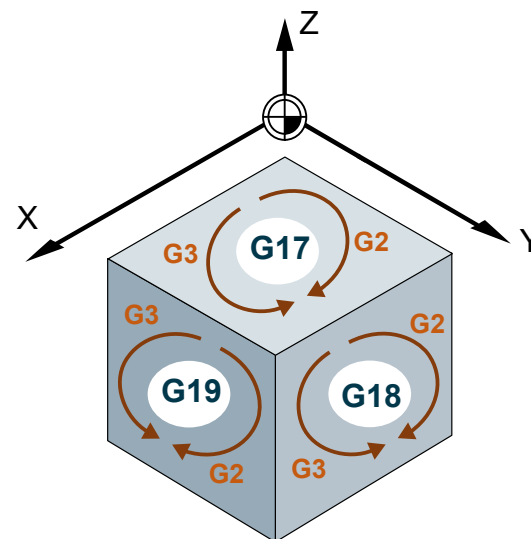
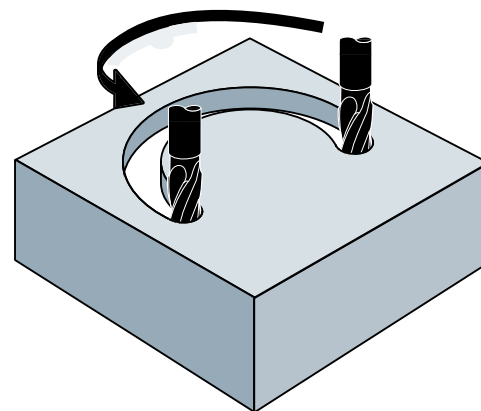
Przykład – frezowanie rowka (ruchy G0 i G1)



Kod programu	Komentarz
N10 G17 S400 M3	; wybór płaszczyzny roboczej ; obroty wrzeciona w prawo
N20 G0 X20 Y20 Z2	; ruch do pozycji startowej (G0)
N30 G1 Z-2 F400	; dosuw narzędzia (G1)
N40 X80 Y80 Z-15	; ruch po prostej położonej skośnie (G1)
N50 G0 Z100	; odsunięcie narzędzia (G0)
M30	; koniec programu

Interpolacja kołowa

- ❑ pozwala na uzyskanie ruchu narzędzia po łuku;
- ❑ jest przeprowadzana w aktywnej płaszczyźnie roboczej (**G17** – **G19**);
- ❑ może być wywoływana na kilka sposobów:
 - z punktem środkowym i punktem końcowym,
 - z promieniem i punktem końcowym,
 - z kątem rozwarcia i punktem końcowym/środkowym,
 - ze współrzędnymi biegunowymi,
 - z punktem pośrednim i punktem końcowym,
 - z przejściem stycznym.

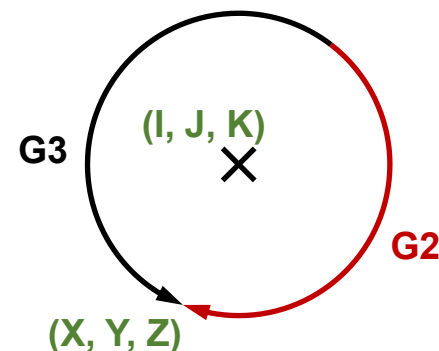


Interpolacja kołowa z punktami środkowym i końcowym

Składnia

G2/G3 X... Y... Z... I... J... K...

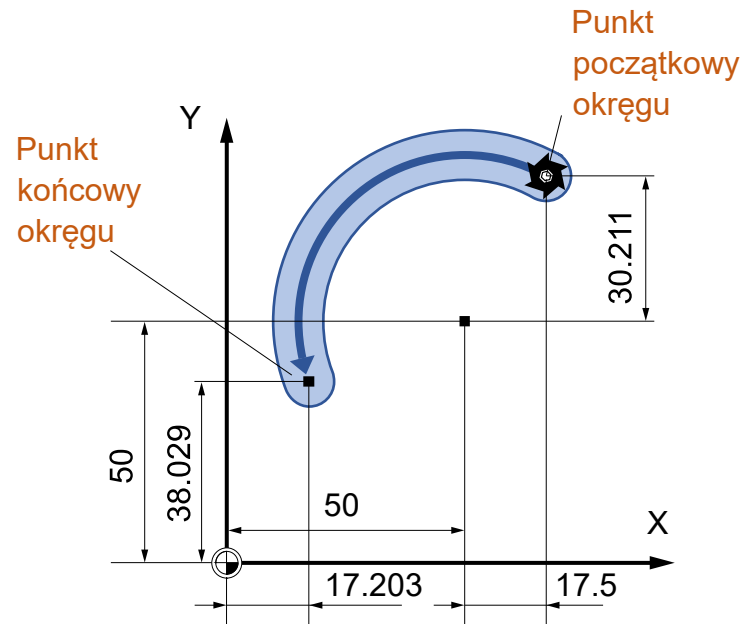
G2/G3 X... Y... Z... I=AC(...) J=AC(...) K=(AC...)



Znaczenie

G2/G3	modalne polecenie wykonania ruchu kołowego zgodnie (G2) lub przeciwnie (G3) do ruchu wskazówek zegara
X... Y... Z...	punkt końcowego okręgu we współrzędnych kartezjańskich lub biegunowych zależnie od ustawień: G90/G91 lub AC(...) / IC(...)
I... J... K...	punkt środkowy okręgu, podawany przyrostowo względem punktu początkowego okręgu, dla współrzędnych absolutnych względem punktu zerowego przedmiotu obrabianego należy wykorzystać zapis: I=AC(...) J=AC(...) K=AC(...)

Interpolacja kołowa z punktami środkowym i końcowym



; Punkt środkowy w wymiarze przyrostowym

N10 G0 X67.5 Y80.211

N20 G3 X17.203 Y38.029 I-17.5 J-30.211 F500

; Punkt środkowy w wymiarze absolutnym

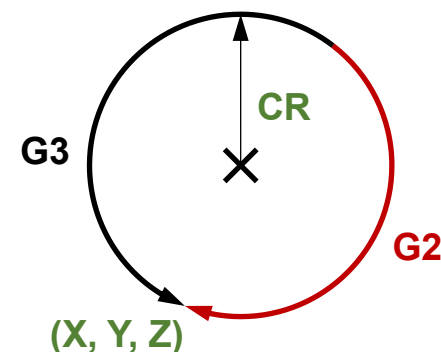
N10 G0 X67.5 Y80.211

N20 G3 X17.203 Y38.029 I=AC(50) J=AC(50)

Interpolacja kołowa z promieniem i punktem końcowym

Składnia

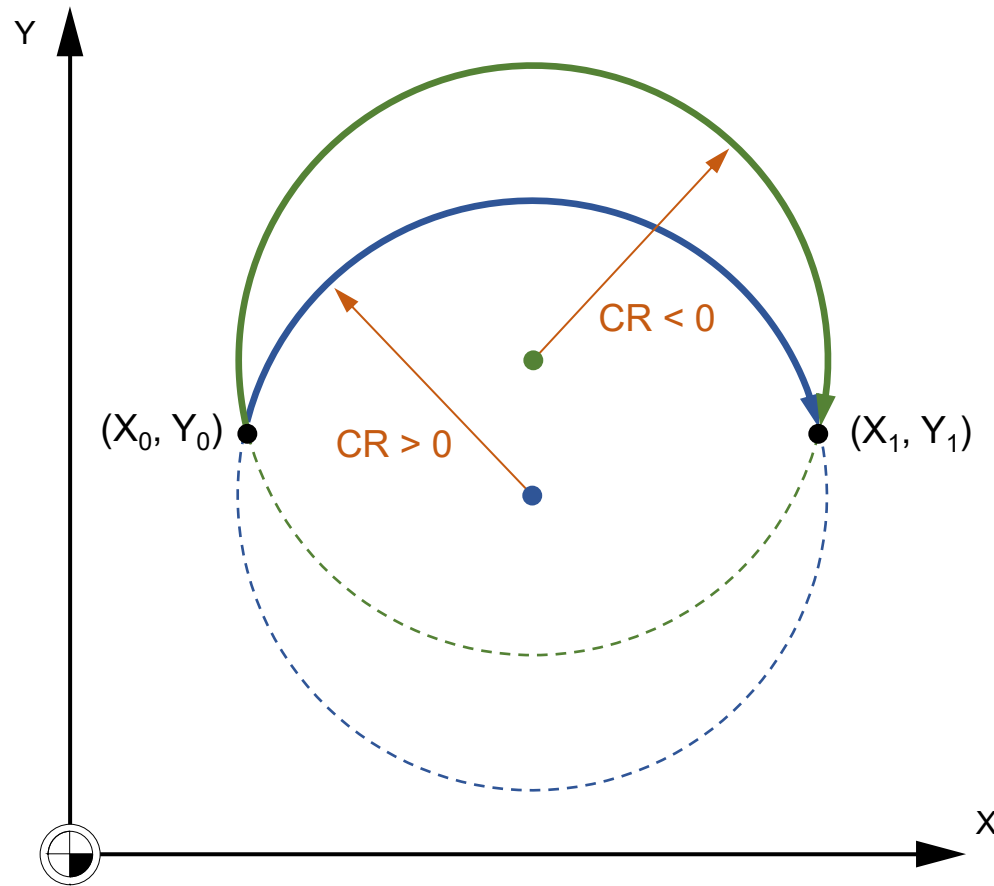
G2/G3 X... Y... Z... **CR=±...**



Znaczenie

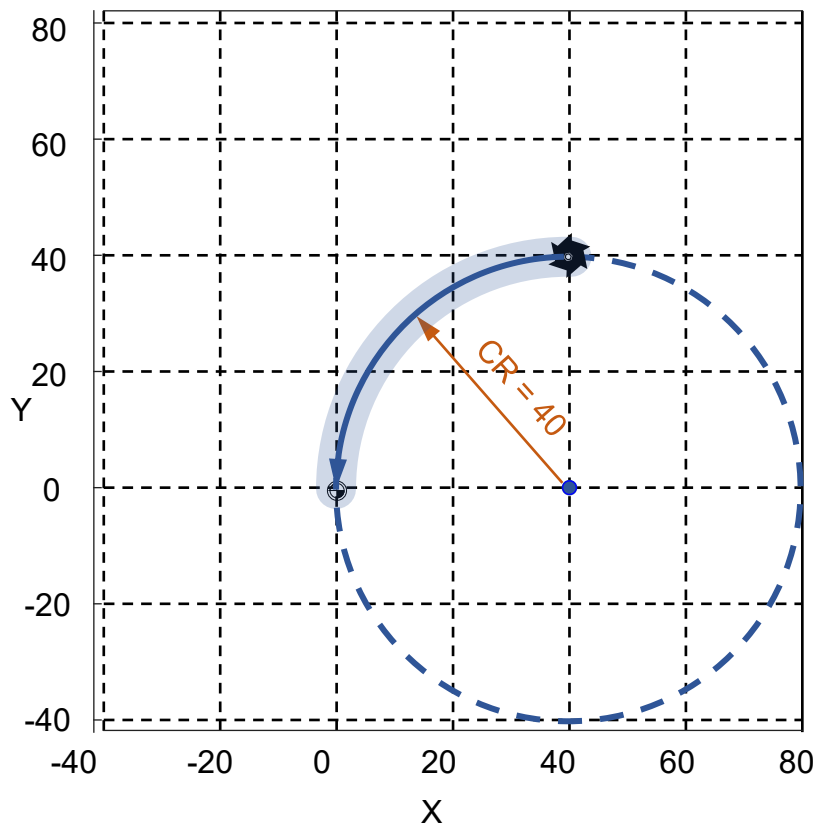
G2/G3	modalne polecenie wykonania ruchu kołowego zgodnie (G2) lub przeciwnie (G3) do ruchu wskazówek zegara
X... Y... Z...	podanie punktu końcowego we współrzędnych kartezyjskich lub biegunowych w zależności od ustawień: G90/G91 lub AC(...) / IC(...)
CR=±...	promień okręgu ze znakiem: • wartość dodatnia dla ruchu po kącie $\leq 180^\circ$ • wartość ujemna dla ruchu po kącie $> 180^\circ$

Interpolacja kołowa z promieniem i punktem końcowym



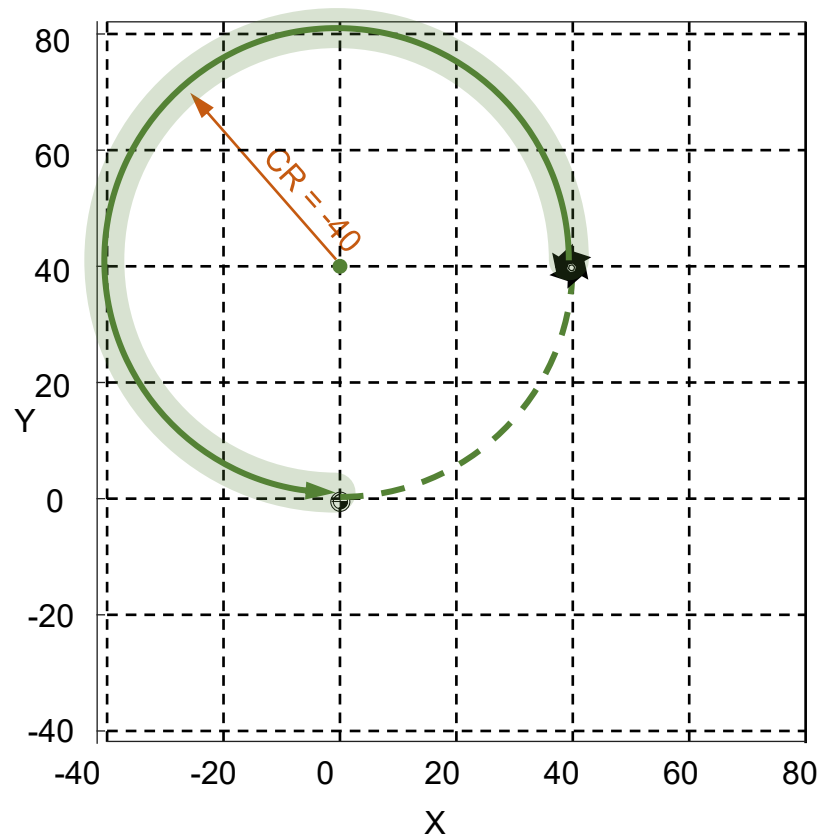
Od punktu (X_0, Y_0) do punktu (X_1, Y_1) można przeprowadzić dwa, różne łuki o tym samym promieniu: krótszy (kąt $< 180^\circ$) lub dłuższy (kąt $> 180^\circ$). Wybór łuku w instrukcji G2/G3 określa się podając dodatni lub ujemny promień (parametr CR).

Interpolacja kołowa z promieniem i punktem końcowym



N10 G0 X40 Y40

N20 G3 X0 Y0 CR=40



N10 G0 X40 Y40

N20 G3 X0 Y0 CR=-40

Zaokrąglenie naroża konturu

Składnia

G... X... Y... Z... RND=... FRC=...

Znaczenie

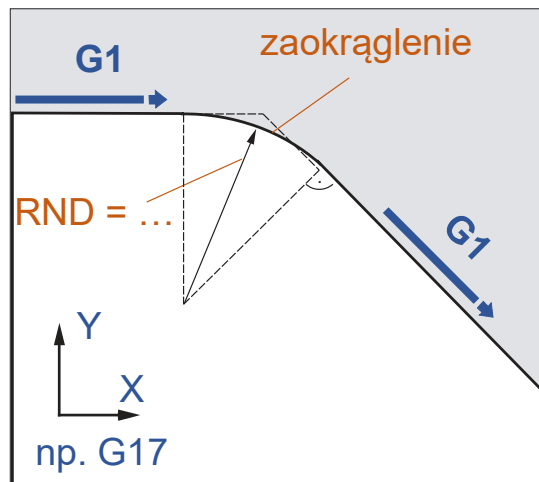
G1, G2, G3	ruch
X... Y... Z...	współrzędne celu
RND=...	promień zaokrąglenia naroża konturu
FRC=...	prędkość posuwu (jednostka ustalona w G94 lub G95), jeśli FRC nie jest podany przyjmowana jest prędkość ustalona w F

Uwagi

- domyślnie zaokrąglenie wykonywane jest na początku bloku (między blokiem poprzednim a bieżącym)
- jeśli zaokrąglenia są dla elementów konturu zbyt duże są automatycznie zmniejszane

Zaokrąglenie naroża konturu

Zaokrąglenie między dwoma prostymi

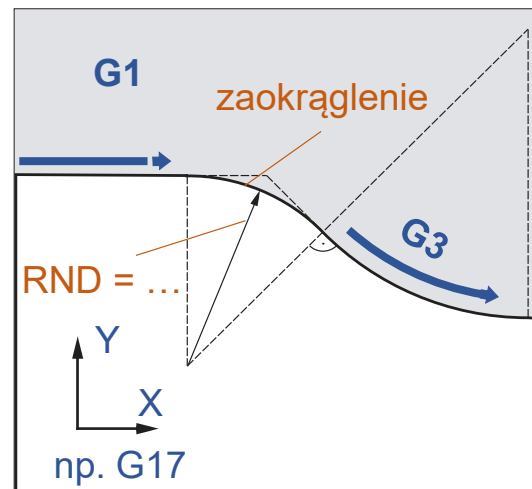


G71 G94

G1 X... RND=2 FRC=50

G1 X... Y...

Zaokrąglenie między prostą i okręgiem



G71 G94

G1 X... RND=2 FRC=50

G3 X... Y... I... J...

promień zaokrąglenia: 2 mm

posuw przy zaokrągłaniu: 50 mm/min