

Zautomatyzowane systemy produkcyjne

Układy współrzędnych i opis punktów

Parametry skrawania

Podstawy programowania



Materiały

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

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

Układy współrzędnych

Układy współrzędnych i punkty charakterystyczne

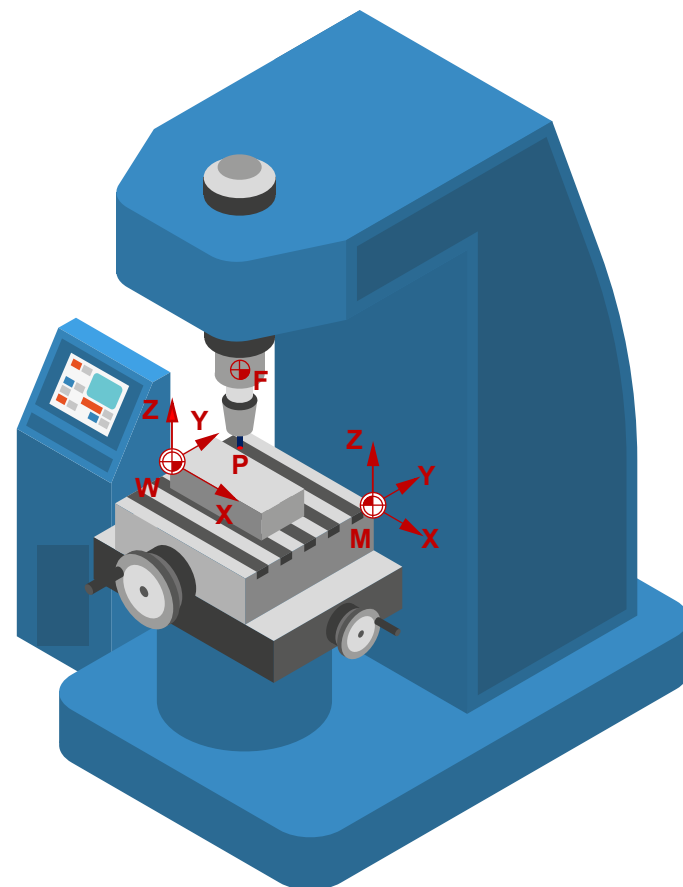
Układy współrzędnych

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

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

Punkty charakterystyczne obrabiarki

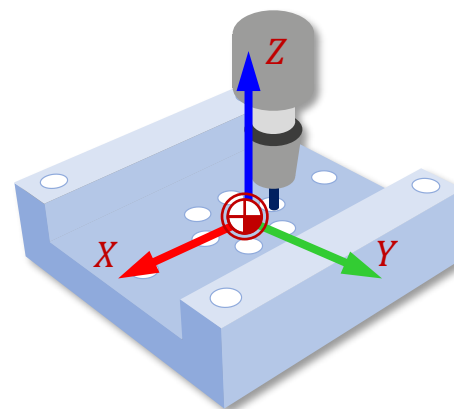
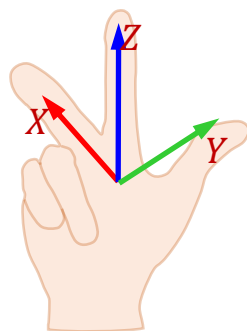
- M** punkt zerowy maszyny,
ustalany przez producenta, wyznacza położenie podstawowego układu **MKS**.
- W** punkt zerowy obrabianego przedmiotu
ustalany przez programistę, wyznacza położenie układu **WKS**, w którym opisywany jest program.
- F** punkt kodowy zespołu narzędziowego
współrzędne podawane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

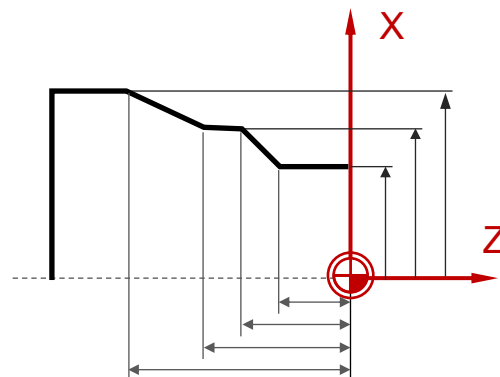
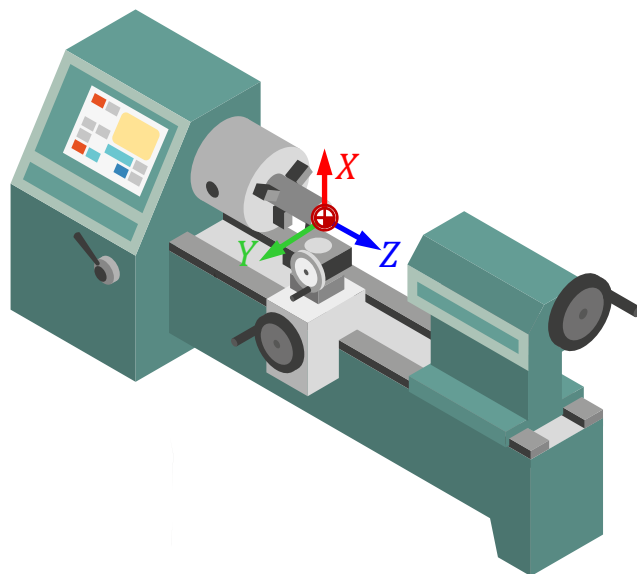
DIN 66217 *Axis and motion nomenclature for numerically controlled machines*

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

Układ obrabianego przedmiotu – tokarka

Cechy

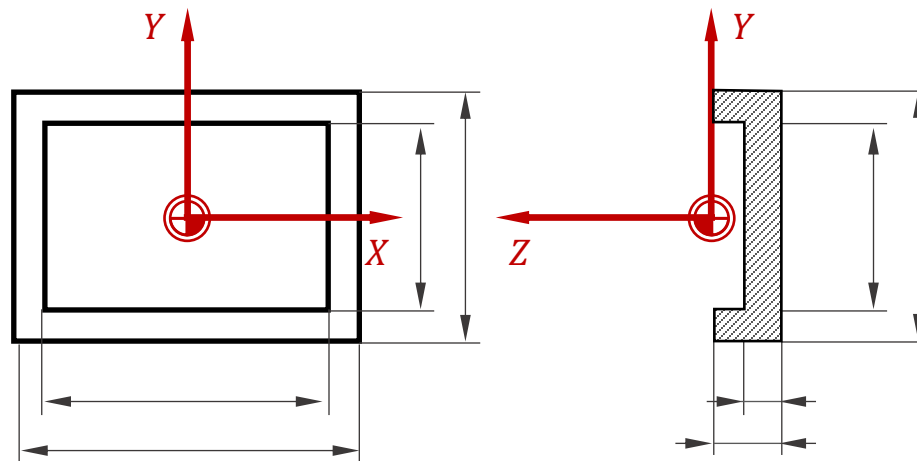
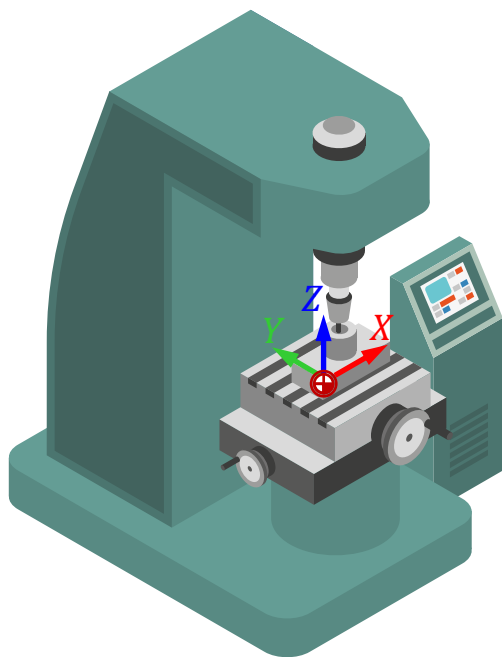
- kierunek osi Z przyjmuje się jako zgodny z osią wrzeciona przedmiotowego,
- kierunek osi X przyjmuje się jako prostopadły do osi Z w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny mocowania przedmiotu,
- oś Y uzupełnia układ osi do prawoskrętnego.



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 obrabianego przedmiotu

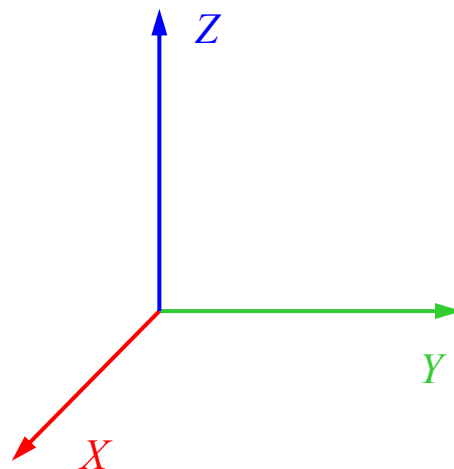
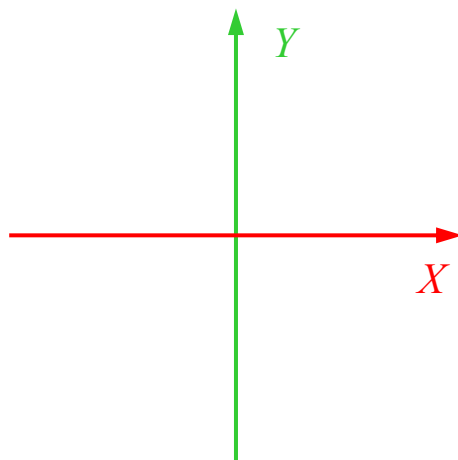
Układ współrzędnych kartezjańskich

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 , ...).

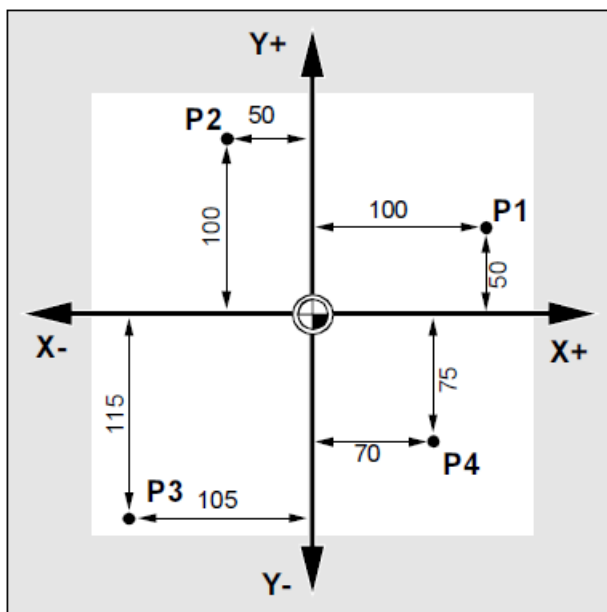
W celu wyznaczenia k -tej współrzędnej punktu P należy utworzyć rzut prostokątny punktu P na k -tą oś.



Program NC – współrzędne kartezjańskie

Opis punktu

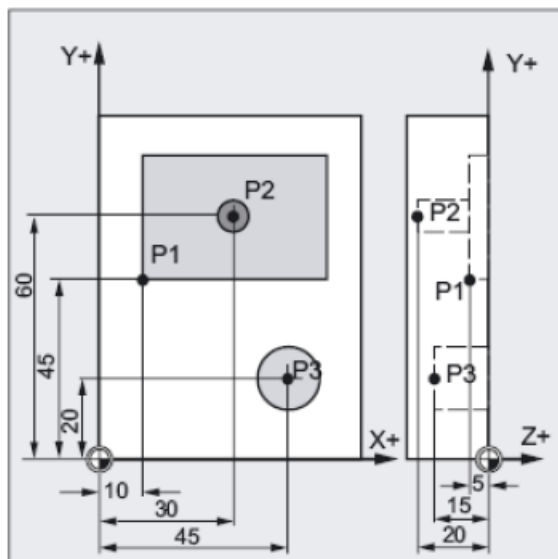
- dla obrabiarki n -osiowej należy określić n współrzędnych,
- k –ta współrzędna kartezjańska punktu ($X, Y, Z, \dots$) odpowiada wartości odczytanej z k –tej osi po wykonaniu rzutu prostokątnego punktu na tę oś.



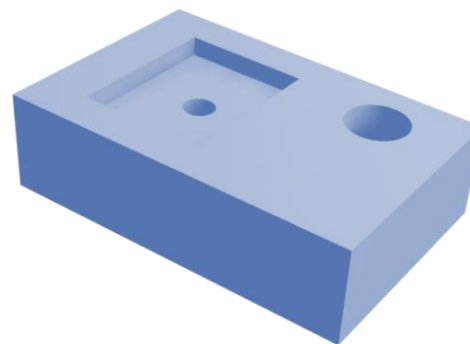
Pozycja	Współrzędne
P1	X100 Y50
P2	X-50 Y100
P3	X-105 Y-115
P4	X70 Y-75

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

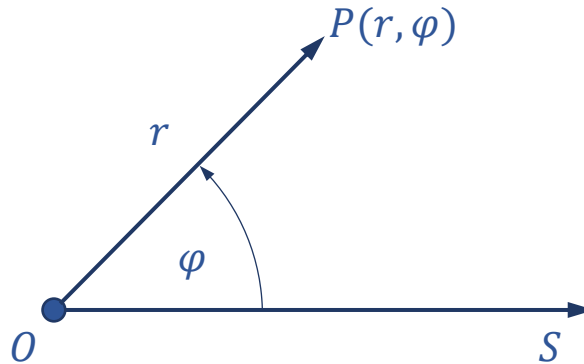


Współrzędne biegunowe

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:

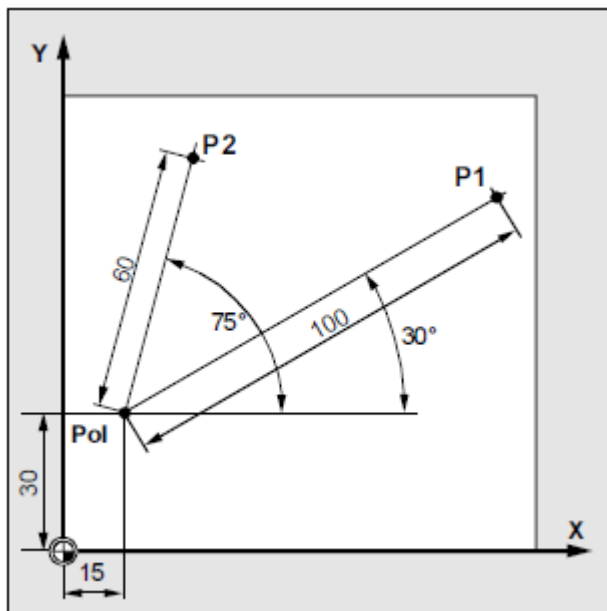
- promień biegunowy (wodzący) – odległość punktu P od bieguna O ,
- kąt biegunowy (amplituda) – wartość kąta pomiędzy półprostą OS i wektorem $\overrightarrow{OP}$.



Program NC – współrzędne biegunowe

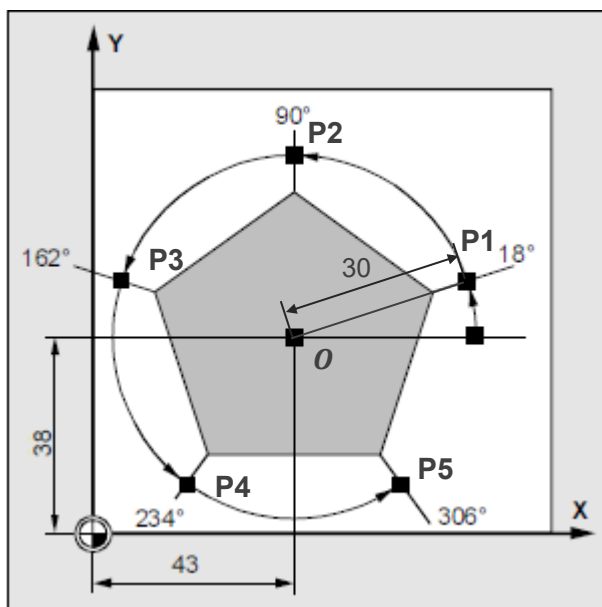
Opis punktu

- 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)

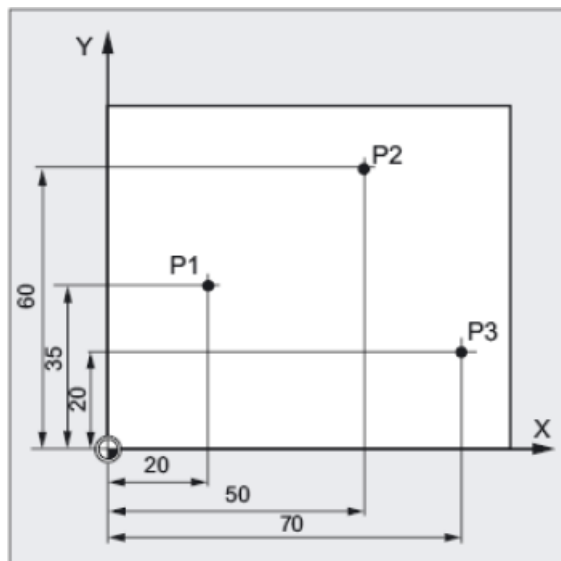
- wymiary wynikają z aktualnie wybranego układu obrabianego przedmiotu,
- wymiar absolutny opisuje pozycję, do której poruszy się narzędzie.

Wymiarowane przyrostowe (łańcuchowe, inkrementalne)

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

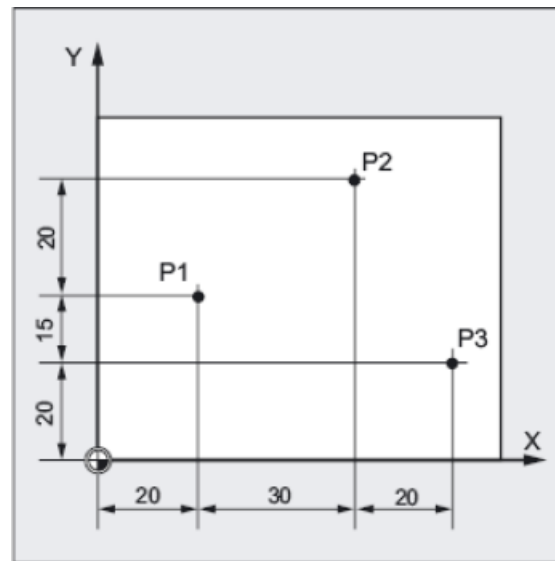
Współrzędne kartezjańskie

Wymiarowanie absolutne



Pozycja	Współrzędne
P1	X20 Y35
P2	X50 Y60
P3	X70 Y20

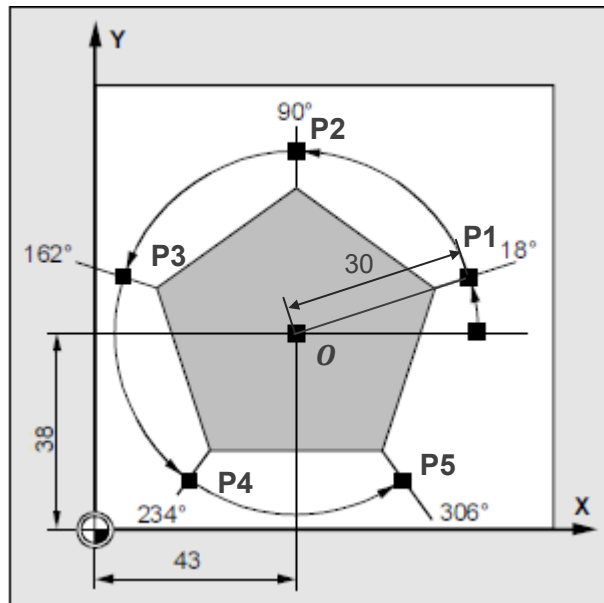
Wymiarowanie przyrostowe



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

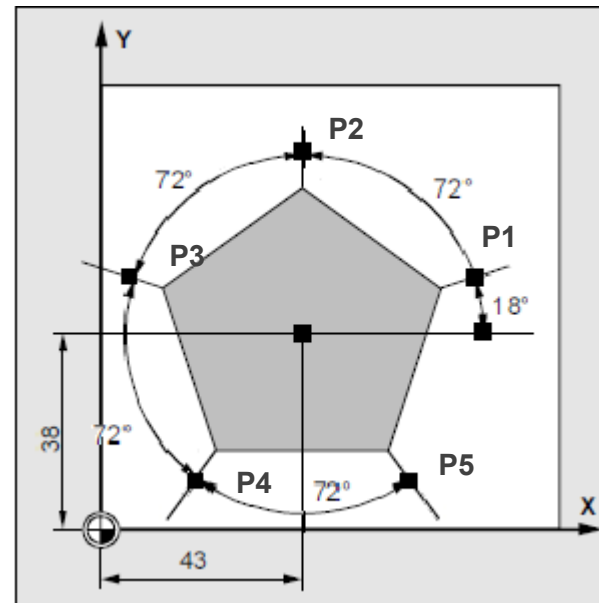
Współrzędne biegunowe

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

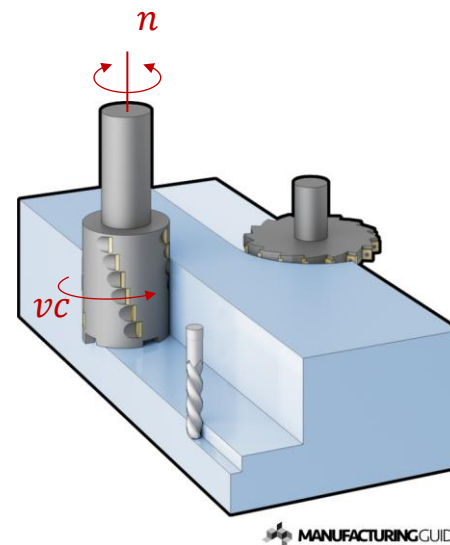
$$vc = \frac{\pi d n}{1000}$$

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]

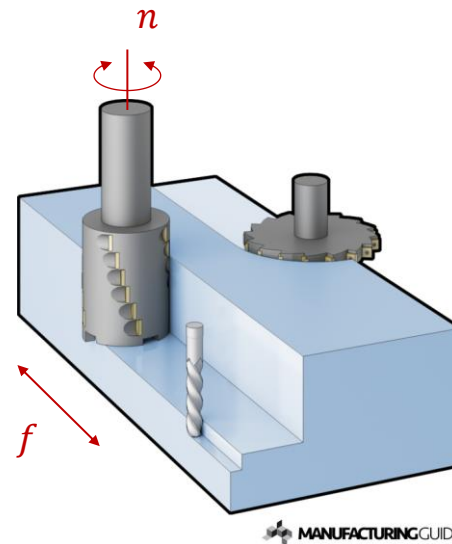
posuw dla jednego ostrza narzędzia (grubość wióra jaką ząb frezu usuwa z materiału)

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

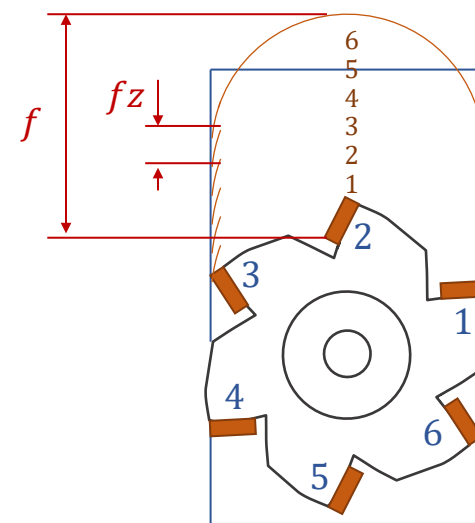
Prędkość posuwu vf [mm/min]

prędkość narzędzia względem obrabianego przedmiotu

$$vf = f \cdot n$$



MANUFACTURINGGUIDE



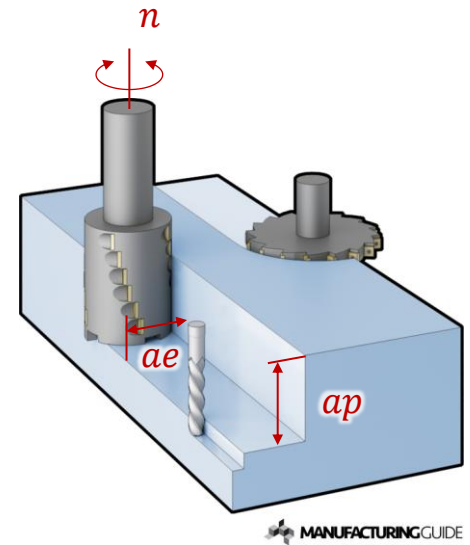
Głębokość i szerokość skrawania

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.



MANUFACTURINGGUIDE

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 węgla spiekane go [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-ostrzowy, 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]
- $v_f = f \cdot n = 0,6 \cdot 398 \approx 238$ [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]
- $$= \frac{24 \cdot 1000}{3,1415 \cdot 6}$$
- $$\approx 1273$$

≈ 1273 [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 "="
 - w przeciwnym przypadku symbol "=" może być pomijany
- komentarze zwiększające czytelność programu umieszczane mogą być na końcu 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