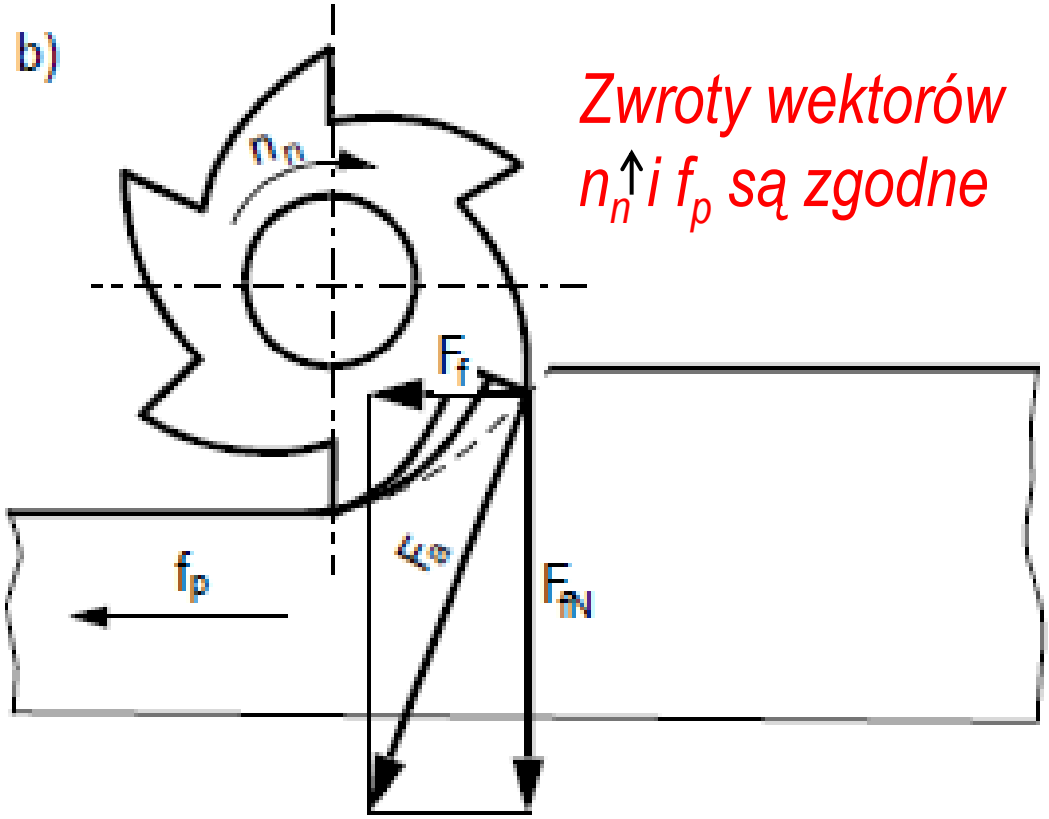
Zacznijmy od podstaw technologii …

Frezowanie współbieżne,
(zawsze pierwszy wybór !)

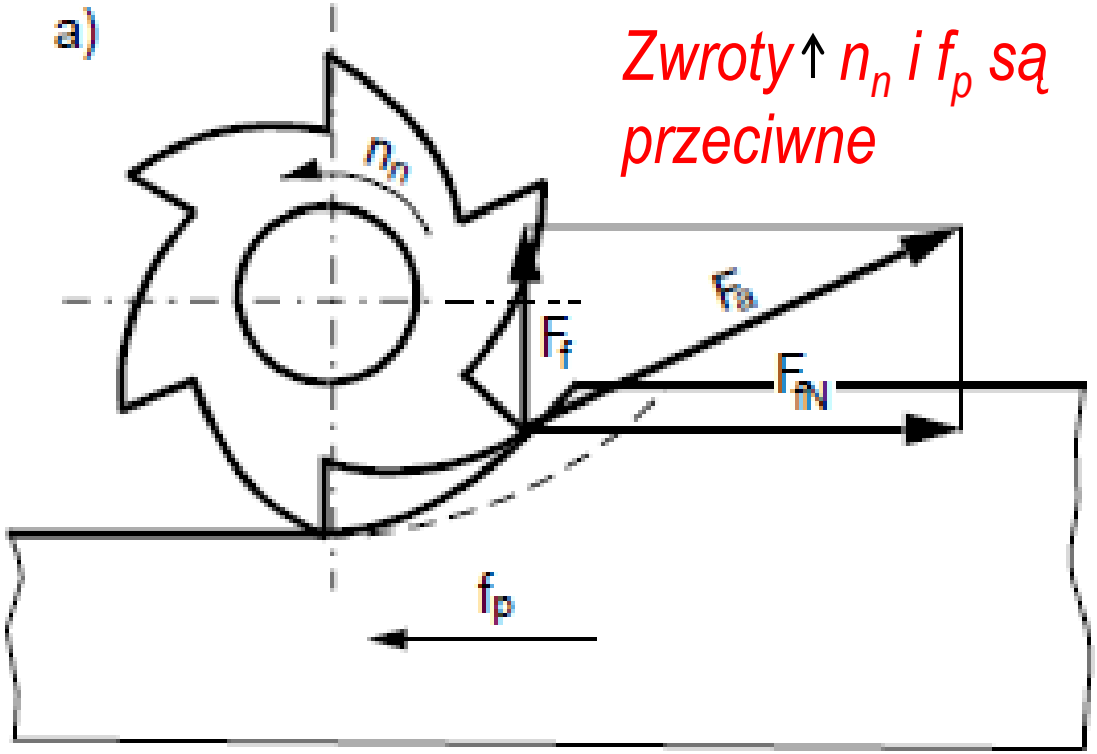


Zwroty wektorów
n_n↑ i f_p są zgodne

Cechy:

1. Przekrój wióra zmienia się od maks. do min.
2. Dobra chropowatość powierzchni obrobionej.
3. Siła F_{fN} „dociska” przedmiot do stołu obrabiarki.

Frezowanie przeciwbieżne - wybór drugi



Zwroty↑ n_n i f_p są przeciwne

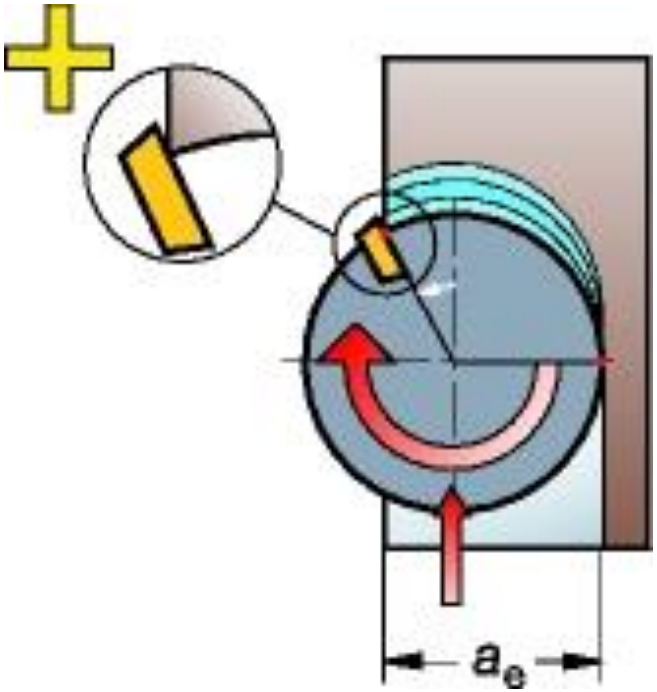
<u>Cechy:</u>

1. Przekrój wióra zmienia się od <u>min. do maks</u>.
2. <u>Gorsza chropowatość obrobionej powierzchni</u>, bowiem ostrze początkowo rozpoczyna pracę od tarcia o pow. obrobioną.
3. Składowa siły F_f „wyrywa" przedmiot z mocowania.

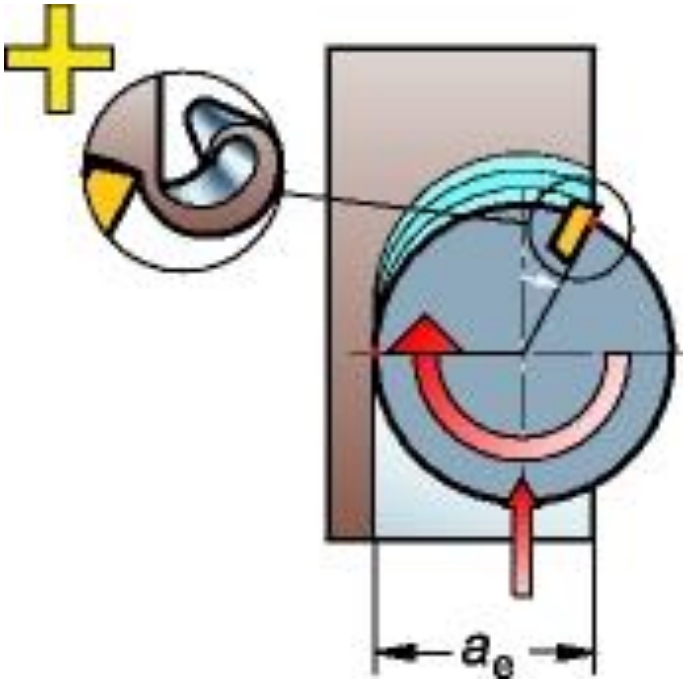
Tworzenie wiórów a położenie frezu, cz. I

<u>Przyp. I</u> **a_e > 50%D_c, (wej. +, wyj. +; (+/+))**

Wejście ostrza w materiał (**+**)



Wyjście ostrza z materiału (**+**)

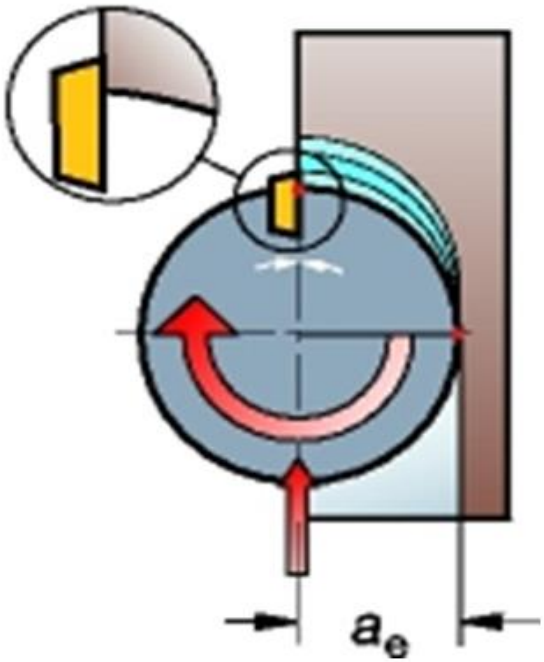


Oś frezu znajduje się w obrębie szerokości przedmiotu, a_e 75%. <u>Zalecane</u>. Korzystne warunki frezowania, dobre wykorzystanie średnicy freza. Uderzenie przy wejściu jest odbierane z dala od krawędzi skrawającej - kr. chroniona. War. wej/wyj. korzystne.

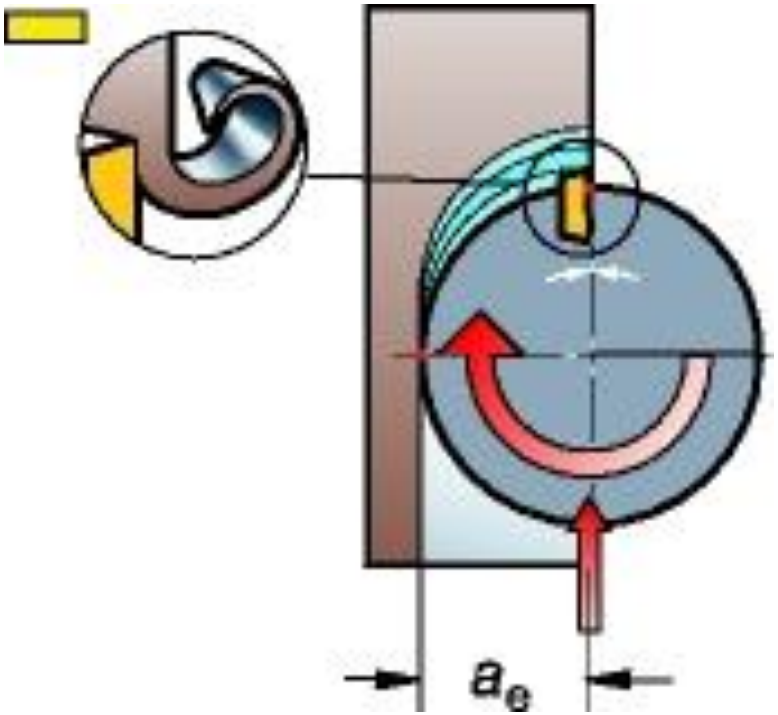
Tworzenie wiórów a położenie frezu, cz II

<u>Przyp. II</u> **a_e = 50%D_c (wej. -, wyj. -; (-/-))**

Wejście ostrza w materiał (-)



Wyjście ostrza z materiału (-)

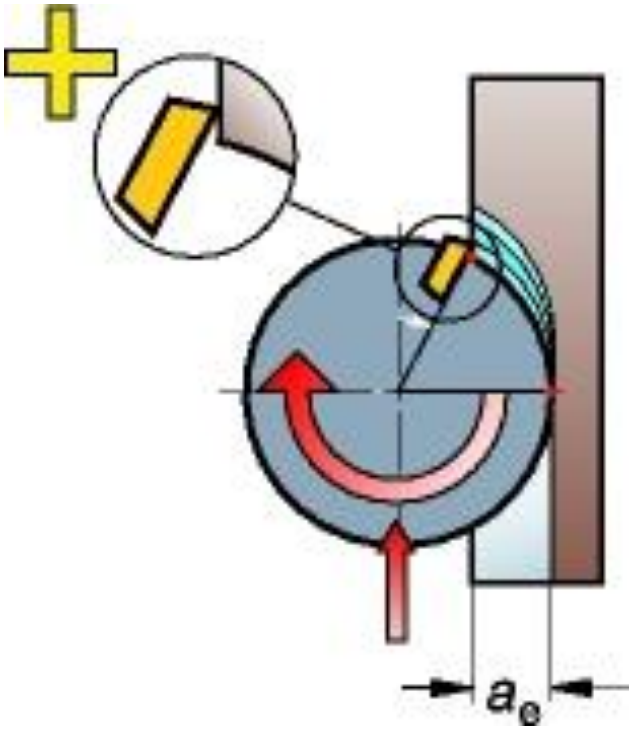


Oś frezu znajduje się w linii krawędzi przedmiotu. Szerokość a_e= 50% D_c. <u>Niezalecane</u>. Bardzo wysokie udarowe obciążenia krawędzi skrawającej przy wejściu w materiał.

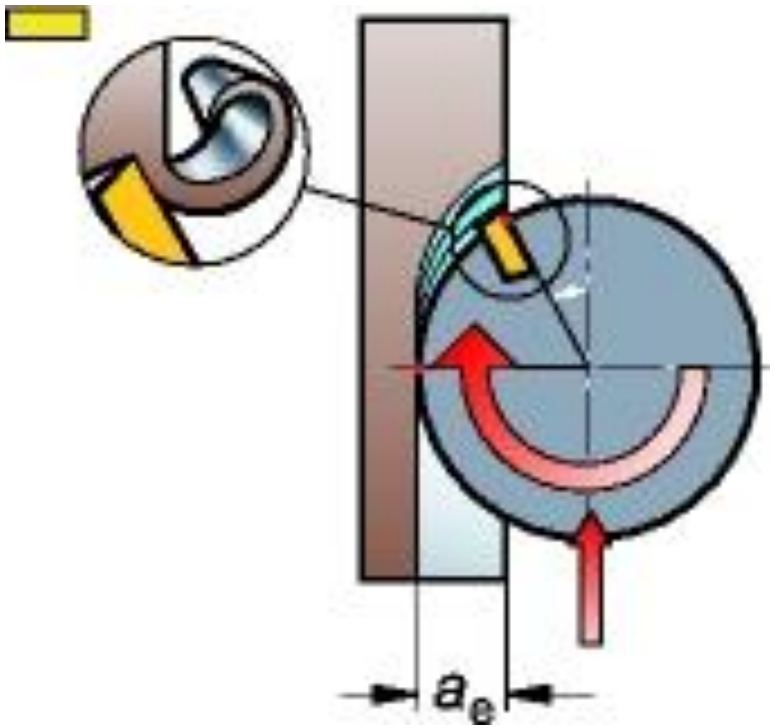
Tworzenie wiórów a położenie frezu cz. III

<u>Przyp. III</u> **a_e < 50%D_c (wej. +, wyj. -; (+/-))**

Wejście ostrza w materiał (+)



Wyjście ostrza z materiału (-)



Oś frezu poza przedmiotem, a_e<45% D_c. Uderzenie na wejściu w materiał narasta stopniowo i jest odbierana przez zewnętrzny wierzchołek płytki. Dodatni kąt przyłożenia.

Przykład 1

Kontur zewnętrzny

Wstęp do programowania obróbki CNC. Podstawowe pojęcia, funkcje i określenia

Program NC, sterujący obróbką CNC

Program sterujący w obrabiarkach CNC jest to plan zamierzonej pracy obrabiarki, mający na celu wykonanie przedmiotu o zadanych **kształtach**, **wymiarach** i **chropowatości powierzchni**. Składa się z informacji (instrukcji) (zapisanych w postaci alfanumerycznej):

* **geometrycznych** - dotyczących kształtów i wymiarów, obejmujących opis toru ruchu narzędzia w przedmiotowym układzie współrzędnych;

* **technologicznych** - dotyczących warunków obróbki: narzędzia, głębokości-, prędkości skrawania, -posuwu, parametrów i funkcji pomocniczych np. wł. / wył. chłodziwo, itp.

Struktura programu NC

Każdy program NC składa się z 3 części: (1) początku programu, (2) sekwencji bloków (wierszy), zawierających informacje dotyczące obróbki oraz (3) polecenia końca programu M30. Przykład struktury programu:

% NAZWA PROGRAMU (OZNACZENIA I OPISY DODATKOWE, OFFSETY itp...)	Początek programu (napisy ujęte w nawiasy) ułatwiają identyfikację, informują	(1)
N10 G0 T01 01 N20 G97 S1252 M13 N30 G0 X75. Z-200. ...	Sekwencje bloków programu	(2)
Nn... M30	Polecenie końca programu	(3)

Słowo programu sterującego

W *bloku* rozróżnia się *numer bloku* programu N oraz *słowo* programu. Na *słowo programu* składa się *adres słowa (litera)* oraz *liczba* o określonym znaczeniu. np. G 00
G- litera, oznaczająca adres;
00 - liczba oznaczająca ruch szybki;
np. F0,2 - gdzie F-adres, litera, oznacza posuw,
0,2 prędkość posuwu [0,2mm/obr] itp.

Uwaga! Znaczenie słów programu może być różne w różnych układach sterowania,
np.: Fanuc, Heidenhain, Sinumerik, Mazatrol itd.

Interpolowany ruch narzędzia

Interpolacja

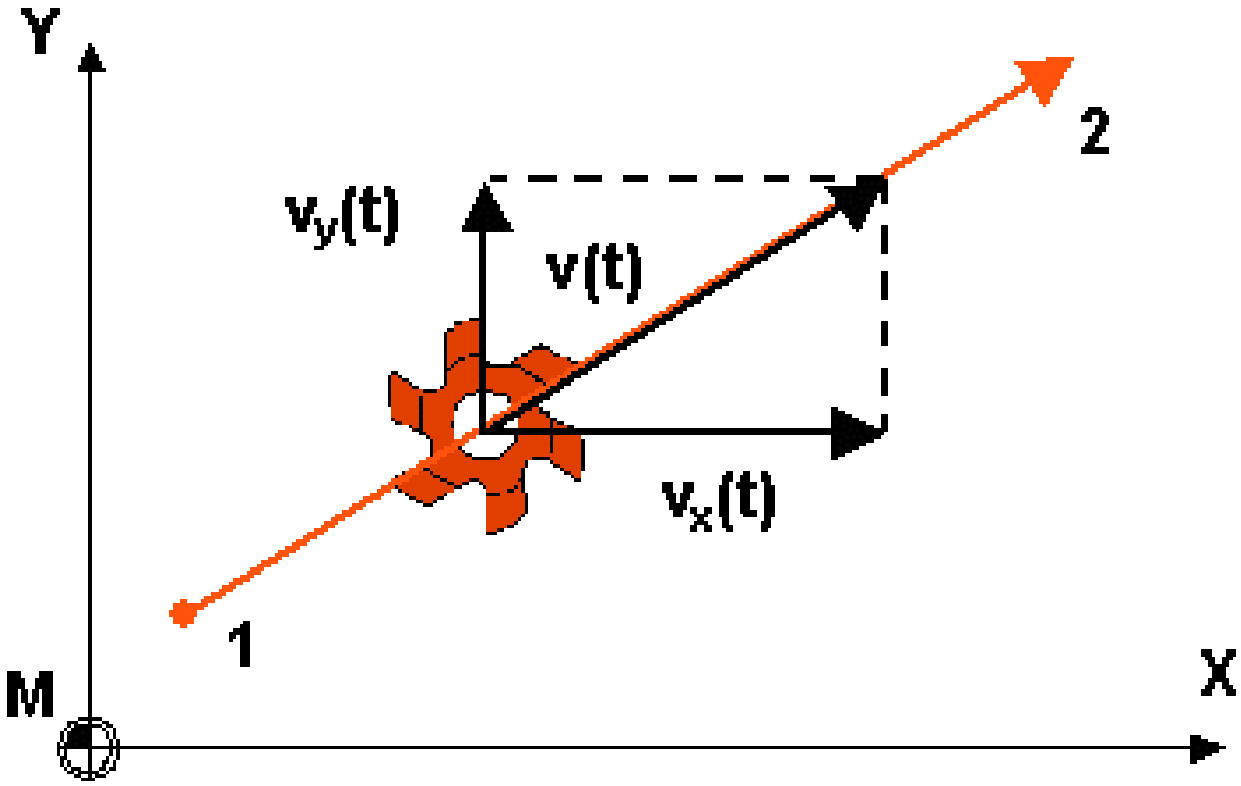
Na podstawie zadanego toru ruchu układ sterowania oblicza lokalną wartość prędkości, rozumianą jako wektor wypadkowy. A więc U.S. dokonuje wyznaczenia wektorów składowych w poszczególnych osiach, biorących udział w tworzeniu wektora wypadkowego prędkości ($v_x(t)$, $v_y(t)$, $v_z(t)$ itd.). Generowane są tu sygnały sterujące napędami w poszczególnych osiach, od siebie niezależnych. Proces ten jest powtarzany z dużą częstotliwością. Uzyskuje się w ten sposób tor ruchu w przybliżeniu równym zadanemu.

Programowanie ruchu narzędzia interpolowanego / indeksowanego

Ruch interpolowany należy rozumieć, jako sposób powiązania programowych, niezależnych (**wykonywanych równocześnie**) ruchów w osiach maszynowych, tak aby uzyskać zamierzony, wypadkowy tor i prędkość przemieszczania punktu kodowego narzędzia w przestrzeni roboczej maszyny, tzn. zadanie wektorów składowych prędkości chwilowych w wymaganych osiach maszynowych ($v_x(t)$, $v_y(t)$, $v_z(t)$), *np. w przestrzeni: 3D, 4D, 5D, … nD.*

Ruch indeksowany – ruch tylko w jednej osi z interpolacją punktową. (np.: 3+2D).

Interpolacja - rodzaje



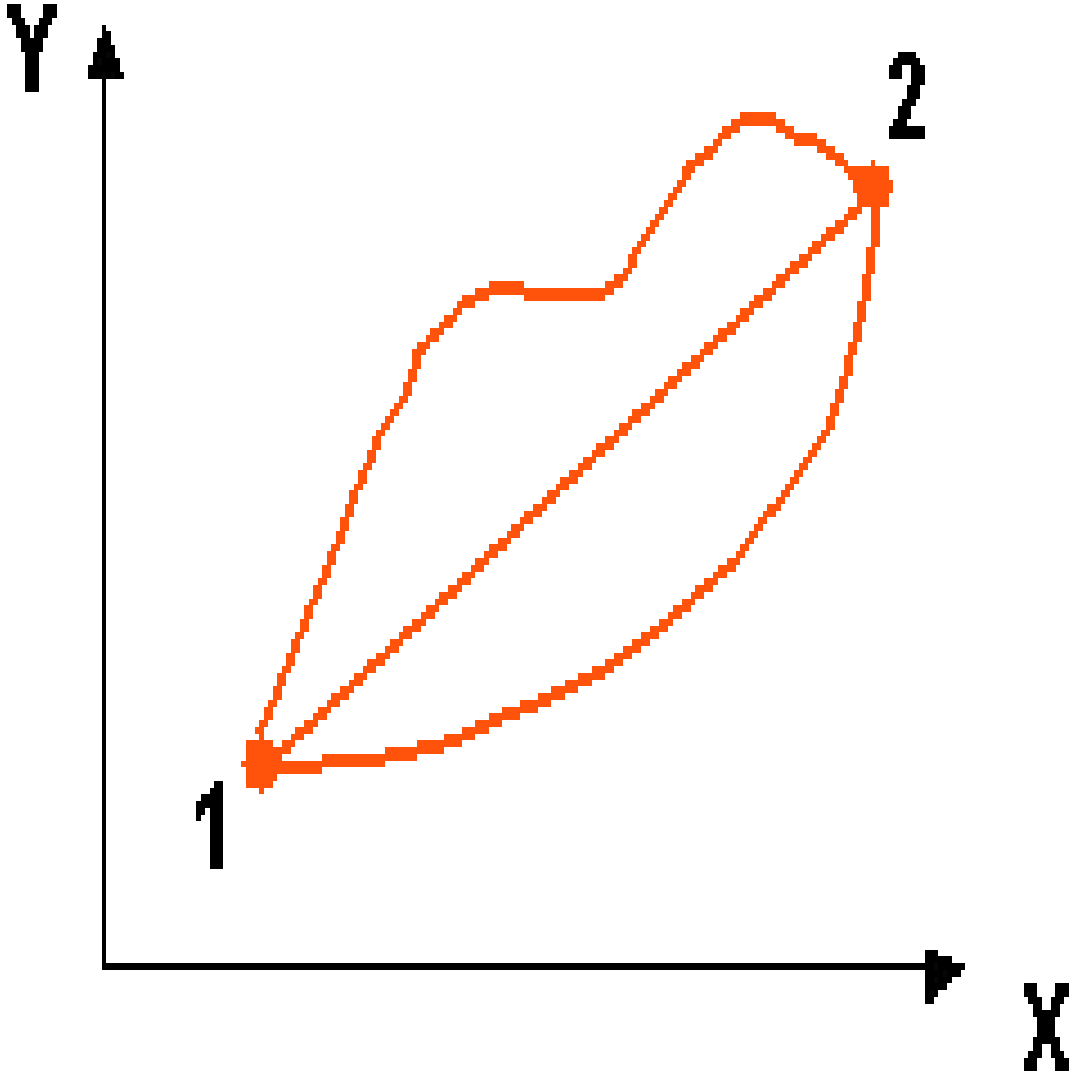
Rozróżnia się 3 zasadnicze rodzaje interpolacji:

1. Punktową

2. Liniową

3. Kołową

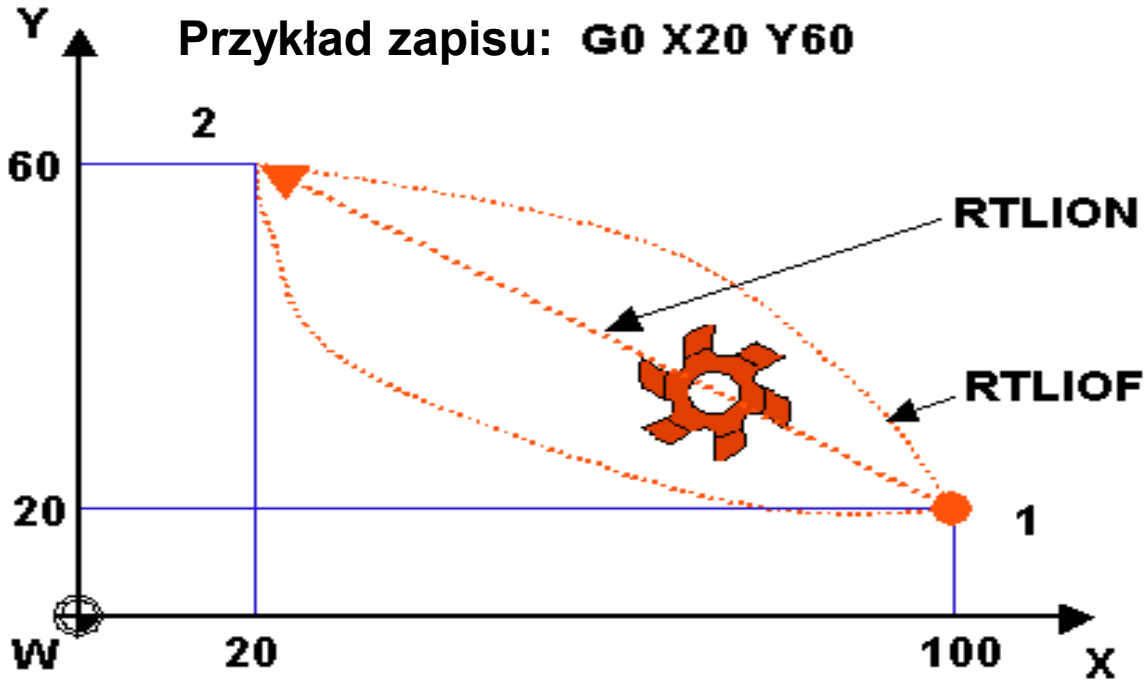
Tor narzędzia w ruchu interpolowanym



Ruch narzędzia definiują takie parametry:

- Punkt początkowy ruchu (1);
- Punkt końcowy ruchu (2);
- Prędkość ruchu;
- Tor ruchu.

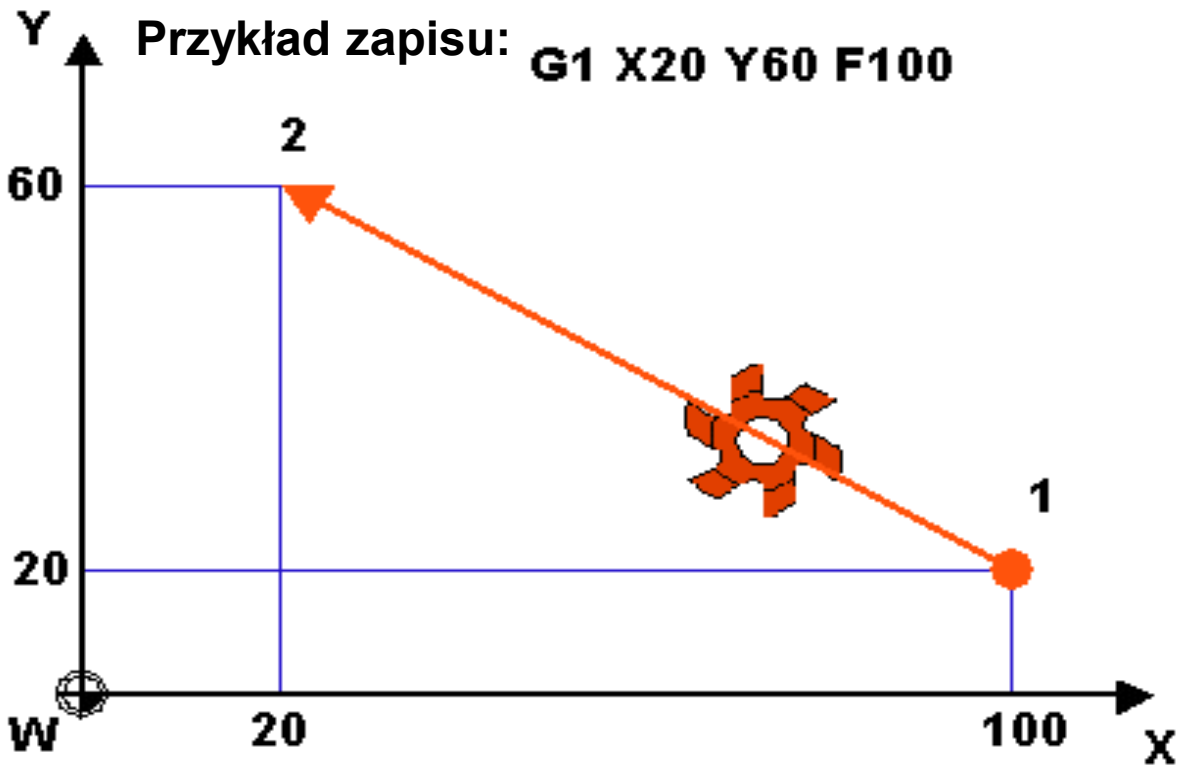
Interpolacja punktowa G0



<u>Interpolacja punktowa G0</u> *(zwana też ruchem szybkim lub ustawczym). Polega na przemieszczaniu narzędzia do zaprogramowanego punktu końcowego z maksymalnymi prędkościami osiągnymi w osiach sterowanych numerycznie, np.: <u>G0 X20. Y60.</u>*

***RTLIOF**, ang. Rapid Tool Linear Interpolation Off, **RTLION**, ang. Rapid Tool Linear Interpolation On*

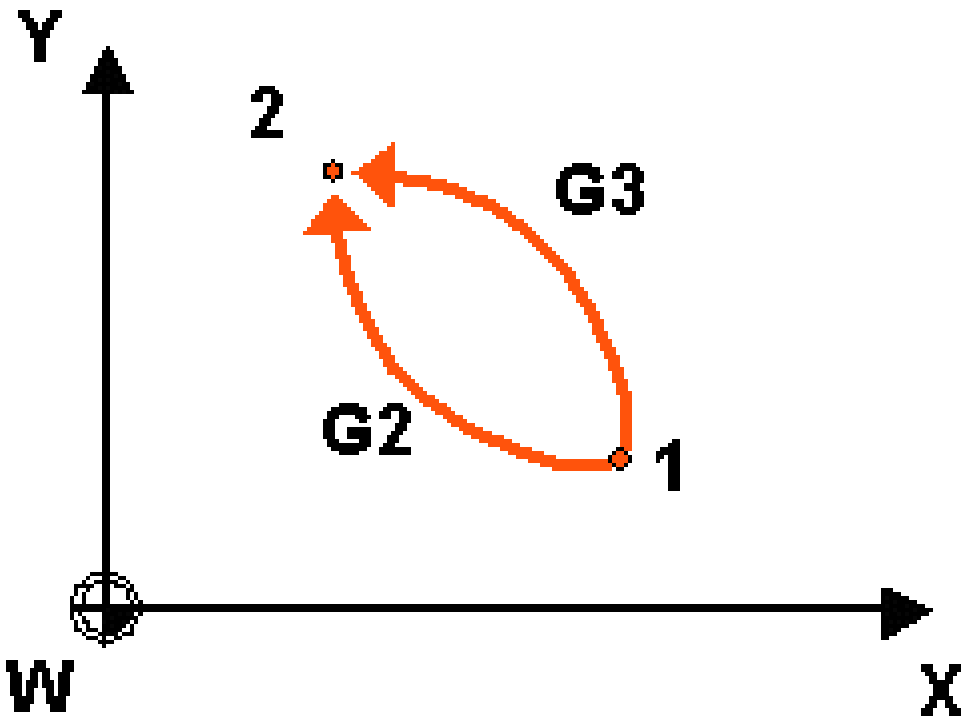
Interpolacja liniowa G1



Interpolacja liniowa G1 *– tor ruchu narzędzia przebiega po linii prostej pomiędzy punktem początkowym 1 i końcowym 2. Wymaga zaprogramowania posuwu (adres F). Ruch roboczy związany jest również z większą dokładnością realizacji toru pozycjonowania w punkcie końcowym.*

Np. G1 X20. Y60. F100.

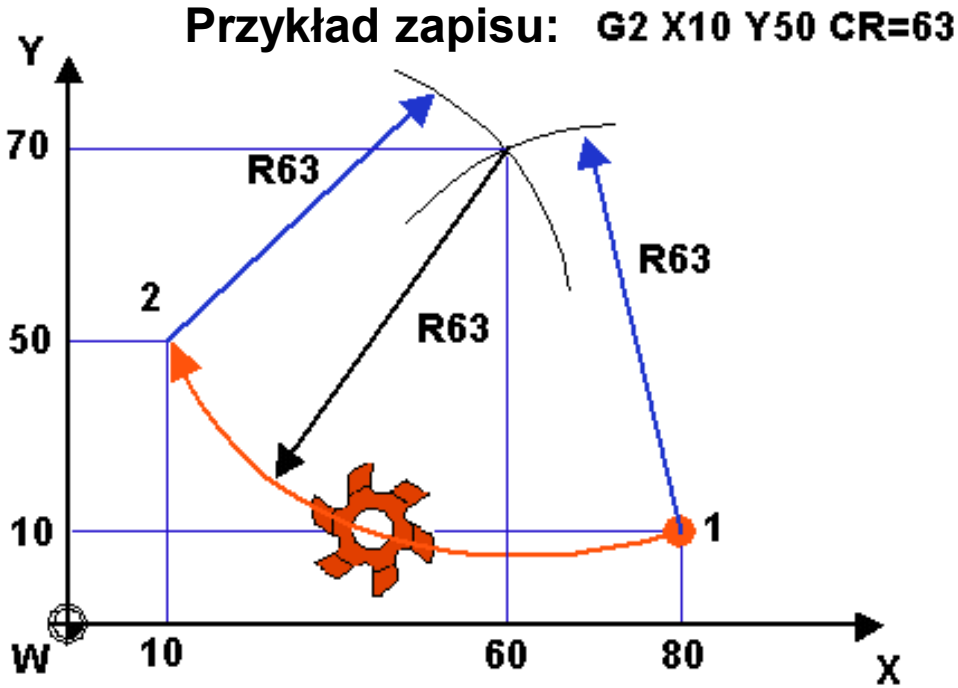
Interpolacja kołowa G2, G3



G2 – interpolacja kołowa *w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara CW;*

G3 – interpolacja kołowa *w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara CCW.*

Interpolacja kołowa G2, G3 z programowaniem promienia okręgu CR



*Bezpośrednie programowanie promienia okręgu (**CR,** ang. Circle Radius) – pod adresem CR podana jest wartość promienia okręgu. Układ sterowania na jego podstawie wylicza położenie punktu środka okręgu.*

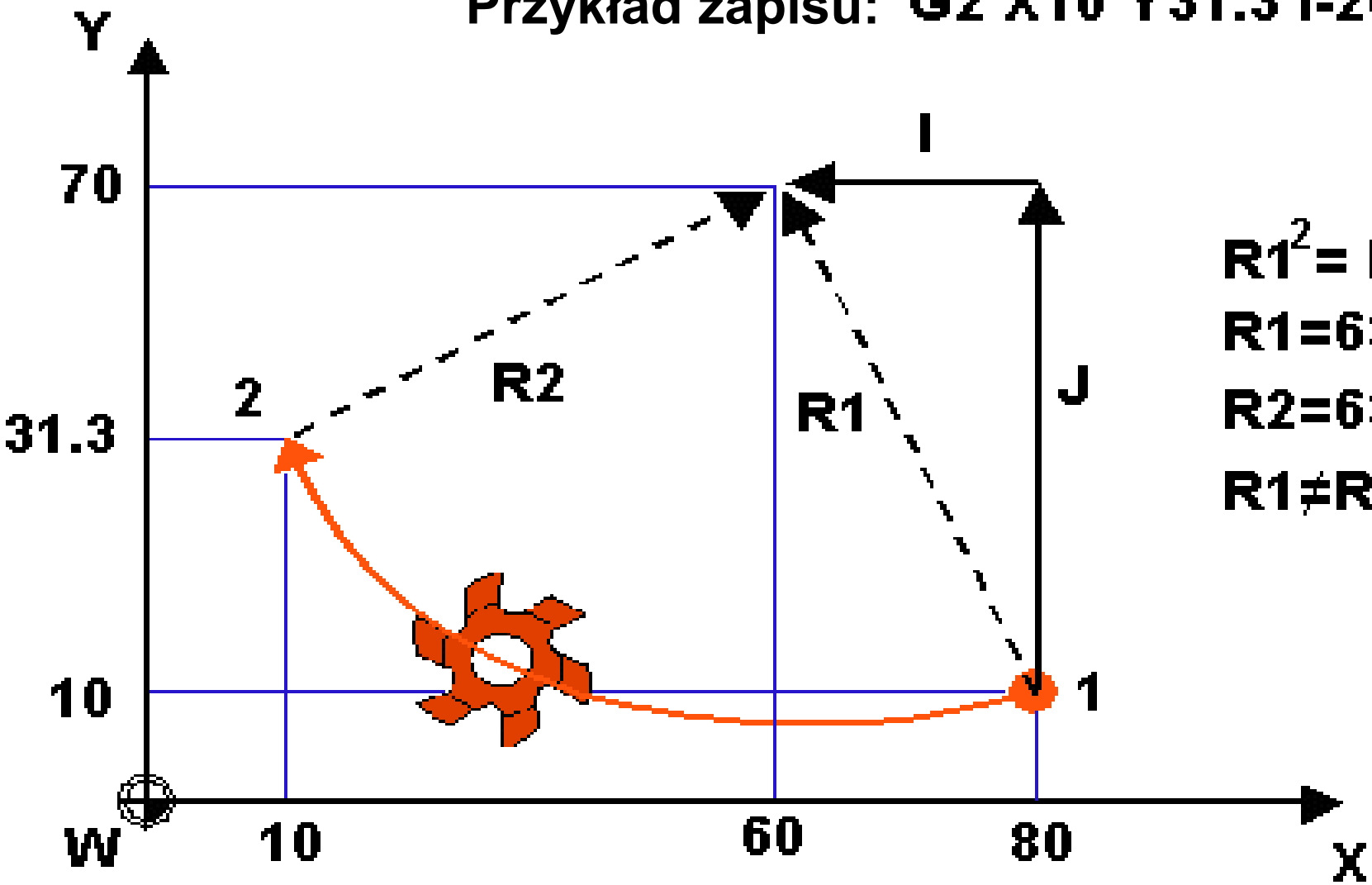
Np. <u>G2 X10. Y50. CR63.</u>

Interpolacja kołowa G2, G3 z wektorami składowymi I, J, K

*Przyrostowe programowanie środka okręgu z wykorzystaniem niemodalnych parametrów interpolacji **I**, **J**, **K** – za ich pomocą programowany jest punkt środka okręgu; wartości I, J, K traktowane są, jako wektory składowe (w odpowiednich osiach – I w osi X, J w osi Y i K w osi Z) wektora od **punktu początkowego ruchu** po łuku do **punktu środka okręgu** – programowanie przyrostowe, niezależne od funkcji G90/G91. W tej metodzie promień okręgu jest wyznaczany przez układ sterowania z twierdzenia Pitagorasa.*

Interpolacja kołowa G2/G3 z parametrami interpolacji I,J,K (przyrostowo)

Przykład zapisu: G2 X10 Y31.3 I-20 J60



$R1^2 = I^2 + J^2$

R1=63.2456

R2=63.2273

R1≠R2 !!!

Funkcje przygotowawcze np. dla frezowania CNC (Grupa - ruch narzędzia)

Funkcje przygotowawcze:

- *G00 - interpolacja punktowa, ruch szybki*
  np.: G00 Xx. Yy. Zz.
- *G01 - interpolacja liniowa, ruch z posuwem*
  np.: G01 Xx. Yy. Zz. F_f.

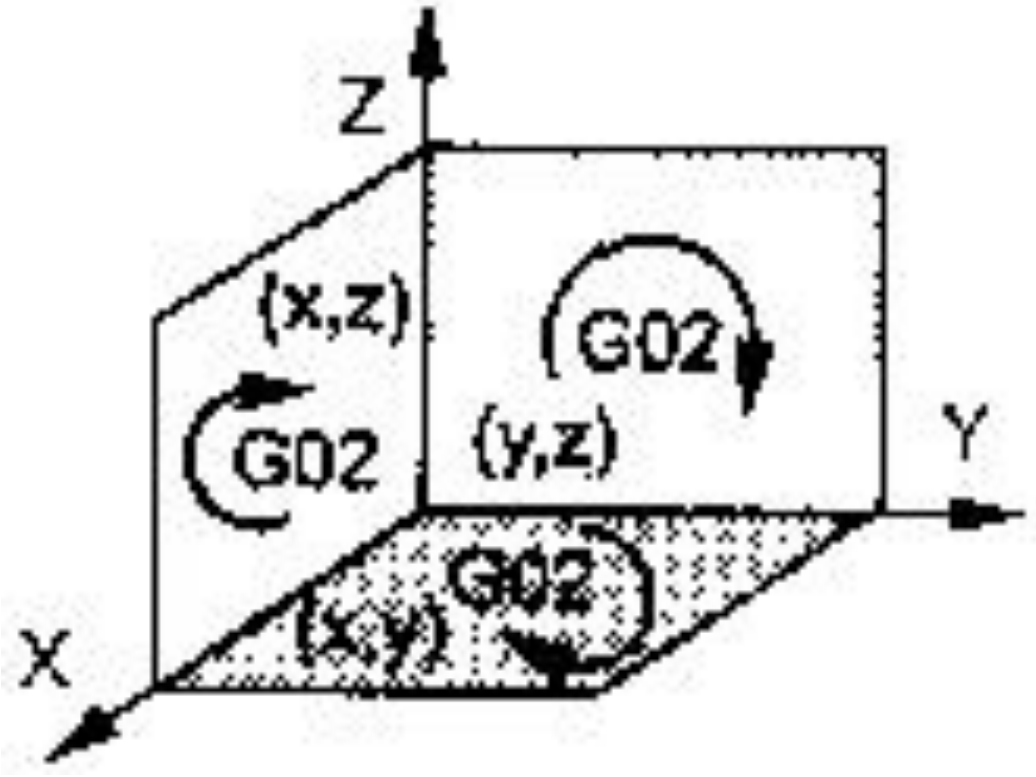
Funkcje przygotowawcze dla frezowania CNC (Grupa - ruch narzędzia)

G02 - interpolacja kołowa „w prawo” CW (clockwise)

np.
G02 Xx. Yy. Zz. Ii. Jj.

G02 Xx. Yy. Zz. Ii. Kk.

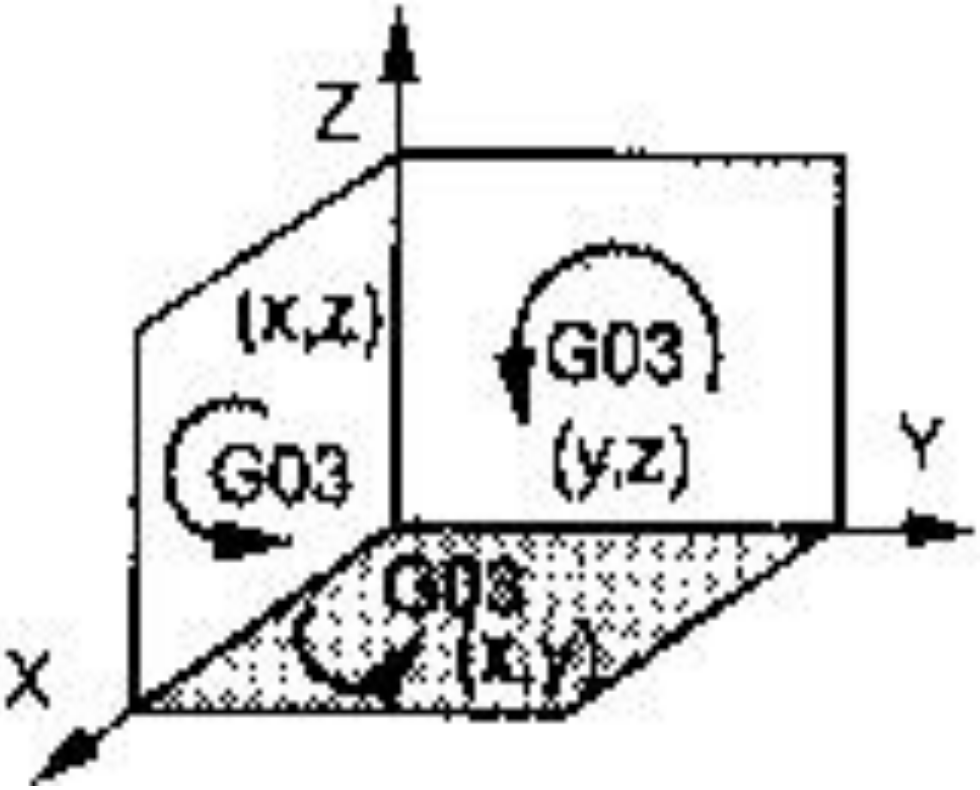
G02 Xx. Yy. Zz. Jj. Kk.



Funkcje przygotowawcze dla frezowania CNC (Grupa - ruch narzędzia)

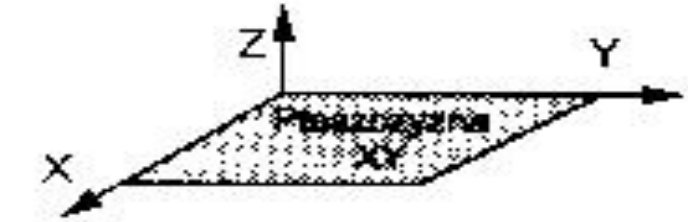
G03 - interpolacja kołowa „w lewo” np.
G03. - CCW (counter clockwise) np.

G03 Xx. Yy. Zz. Ii. Jj.
G03 Xx. Yy. Zz. Ii. Kk.
G03 Xx. Yy. Zz. Jj. Kk.

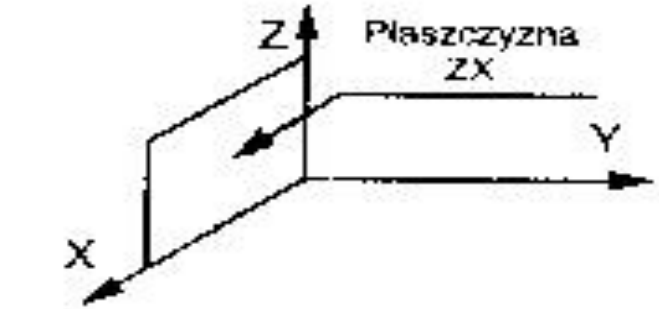


Funkcje przygotowawcze, frezowanie (Grupa – ustawienie płaszczyzny programowania)

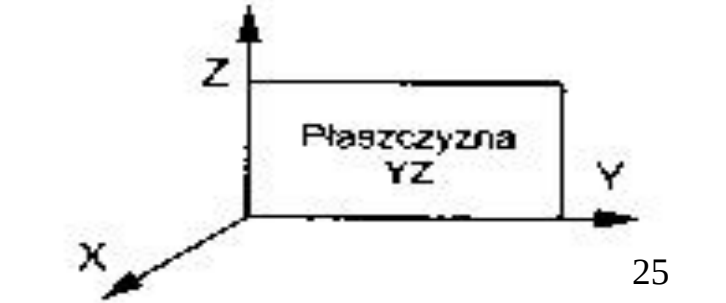
G17 – Ustawienie pł. XY



G18 – Ustawienie pł. ZX

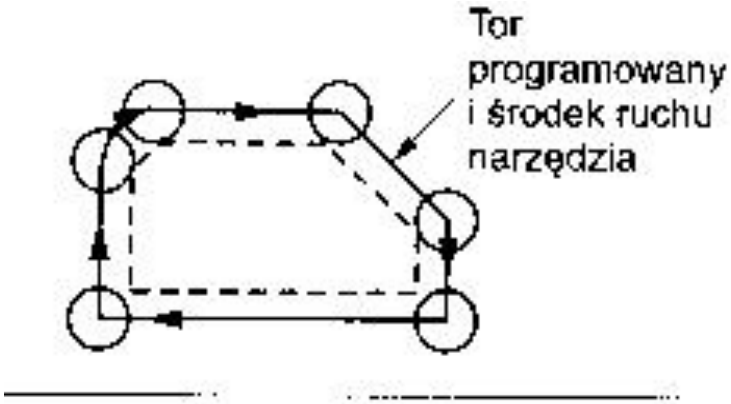


G19 – Ustawienie pł. YZ

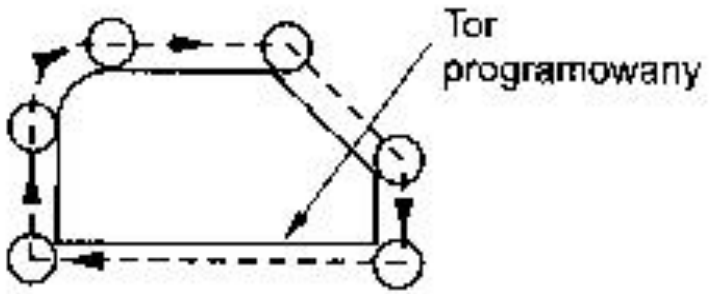


Funkcje przygotowawcze frezowanie CNC (kompensacja promienia narzędzia)

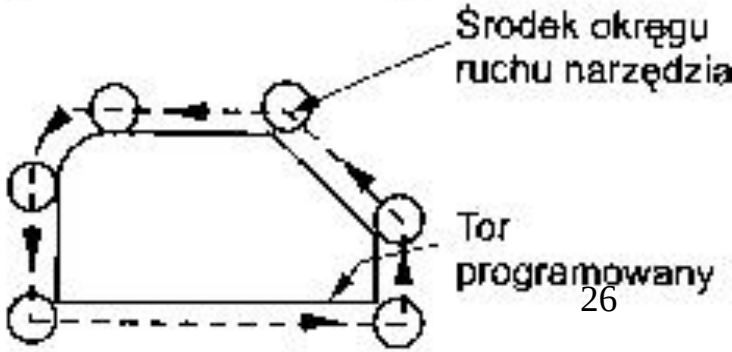
G40 – bez kompensacji lub odwołanie kompensacji promienia frezu



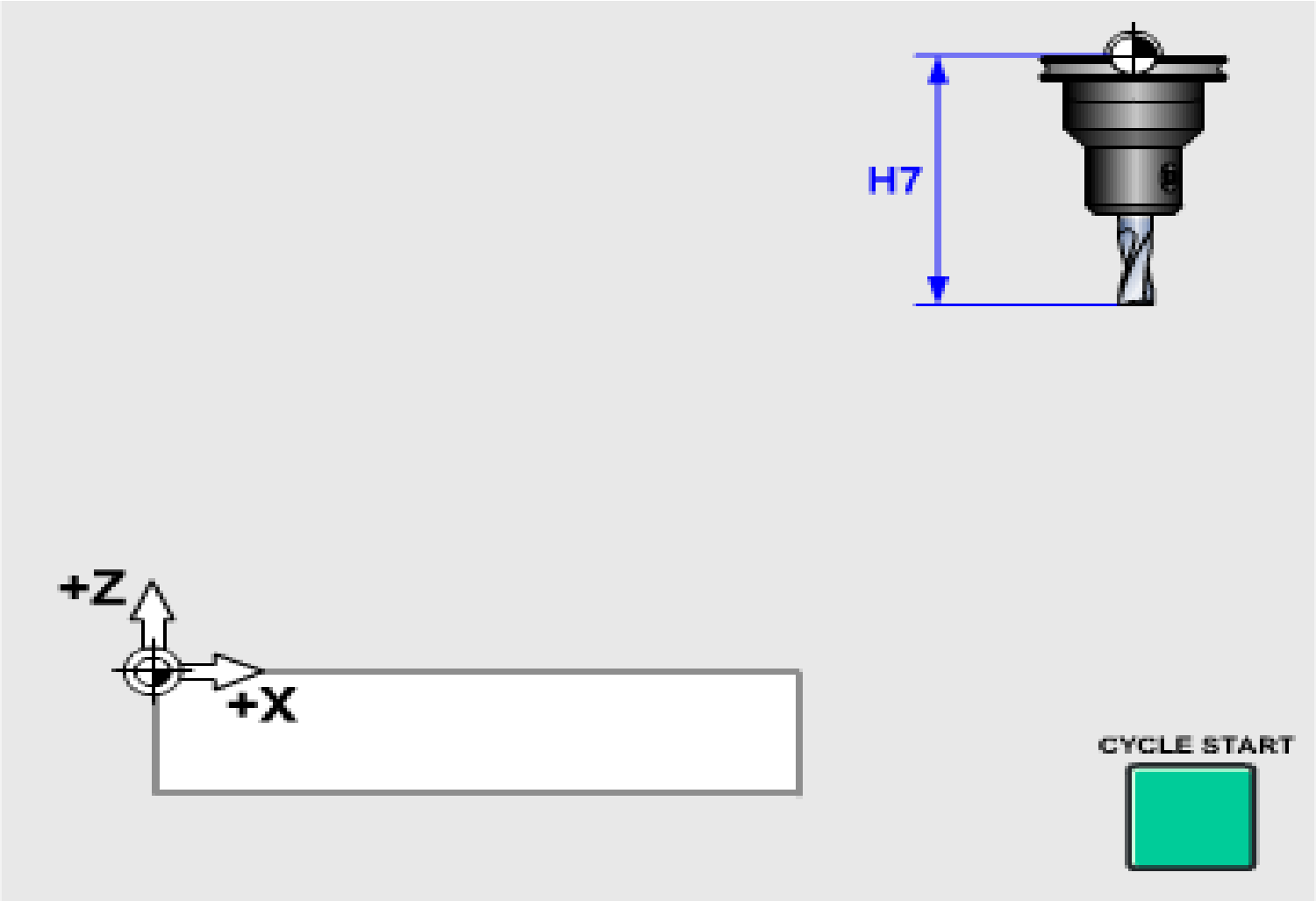
G41 – Kompensacja promienia frezu w lewo od obrabianego konturu



G42 – Kompensacja promienia frezu w prawo od obrabianego konturu



Kompensacja długości narzędzia G43, G49




```
T7 M6
G43 H7
G0 X50.
Z2.
```

Pamięć

H6	
H7	114.7
H8	

Dana wartość występuje wtedy pod adresem H w pamięci (do T7 należy H7 ...).
Za pomocą G49 jest odwoływana korekcja długości narzędzia.

Programowanie w układzie współrzędnych przedmiotu

Przed rozpoczęciem programowania w układzie współrzędnych przedmiotu, należy zasygnalizować to układowi sterowania.

Tzn. należy wybrać rejestr przesunięć punktu zerowego, transformującego układ maszynowy M w układ przedmiotu W. Nazywa się to nastawnym przesunięciem punktu zerowego.

Standardowo np. system sterowania Fanuc zawiera 6 takich rejestrów. Wybór aktualnego układu współrzędnych jest realizowany za pomocą modalnych funkcji przygotowawczych:

***G54** – przywołanie 1. rejestru przesunięć punktu zerowego;*

... ...

***G59** – przywołanie 6. rejestru przesunięć punktu zerowego.*

***G53** – odwołanie danego przesunięcia punktu zerowego. Działa tylko blokowo.*

(CAD/CAM Keller ćwiczenia)

Wprowadzenie do cykli standardowych

- *Cykl 1. G12 (CW clockwise), G13 (CCW) - Zagłębienie kołowe*
  Przykład 1. G12 G91 Z-8. K20. Q9. F300. D4 L2
  gdzie: Z – zagłębienie każdego rozfrezowania
  K – promień zagłębienia,
  Q – boczne rozfrezowanie [mm]
  D - nr rejestru pamięci korekcji,
  L – liczba zagłębień n.
- *Cykl 2. G72 I 16, J30. L 4. Rozkład otworów na osi podziałowej*
  gdzie:
  I – odstęp między osiami otworów,
  J – kąt osi z godz. 3.00 w stopniach, CCW,
  L – liczba otworów.

Wprowadzenie do cykli standardowych 2

- Cykl 3. G 70 - Rozkład otworów na okręgu podziałowym
  Przykład 2. G70 I16. J0. L 6.
  gdzie:
  I – promień okręgu podziałowego,
  J – kąt osi pierwszego otworu z godz. 3.00, w stopniach, CCW,
  L – liczba otworów.

… (Slajd 29)

Wykaz słów adresowych i ich znaczenie w CNC

Np.:

http://en.wikipedia.org/wiki/G-code

CAD/CAM Keller Frezowanie Trening

i inne …

Funkcje przygotowawcze dla toczenia CNC (Grupa - ruch narzędzia)

- Funkcje przygotowawcze dla toczenia:
- G00 - interpolacja punktowa, ruch szybki
  np.: G00 Xx Zz,
- G01 - interpolacja liniowa, ruch z posuwem
  np. G01 Xx Zz Ff ,
- G02 - interpolacja kołowa „w prawo” np. G02 Xx Zz Ii Kk lub z prom. G02 Xx Zz Rr,
- G03 - interpolacja kołowa „w lewo” np. G03 Xx Zz Ii Kk lub z prom. G03 Xx Zz Rr.

Toczenie CNC
Grupa – Kontrola prędkości wrzeciona

- G50 – maksymalna prędkość wrzeciona
  np.: G50 Ss w obr/min (RPM),
- G96 – stała prędkość skrawania np.: G96 Ss (w m/min) (*CSS – constant surface speed*),
- G97 – ustalenie aktualnej prędkości obrotowej np.: G97 Ss (RPM).

Toczenie CNC cd.
Grupa – Punkty charakterystyczne

- G92 – ustalenie pozycji początku układu współrzędnych, ustawienie przesunięcia współrzędnej globalnej, np.: G92 Xx Zz

Funkcje przygotowawcze dla toczenia CNC (Grupa – jednostki)

- G90 – programowanie we współrzędnych absolutnych,
- G91 - programowanie we współrzędnych przyrostowych,
- G20/G70 – programowanie współrzędnych w calach,
- G21/G71 – programowanie współrzędnych w milimetrach.

Funkcje pomocnicze dla toczenia CNC (Grupa – sterowanie wrzecionem)

M03 – start obrotów wrzeciona CW (clockwise)

M04 – start obrotów wrzeciona CCW (counter- clockwise)

M05 – zatrzymanie obrotów wrzeciona

Funkcje pomocnicze dla toczenia CNC (Grupa – programowany stop)

- M00 - Bezwarunkowe zatrzymanie programu, (zatrzymuje napędy osi oraz wrzeciona). Kontynuacja programu – wciśnięcie „Cykle start”.
- M01 - Warunkowe zatrzymanie programu. Musi być włączona funkcja opcjonalnego zatrzymania.

Funkcje pomocnicze dla toczenia CNC (Grupa – wymiana narzędzia)

- M06 - wymiana narzędzia z głowicy rewolwerowej np.: T„*n*” M06

Funkcje pomocnicze dla toczenia CNC (Grupa – sterowanie chłodziwem)

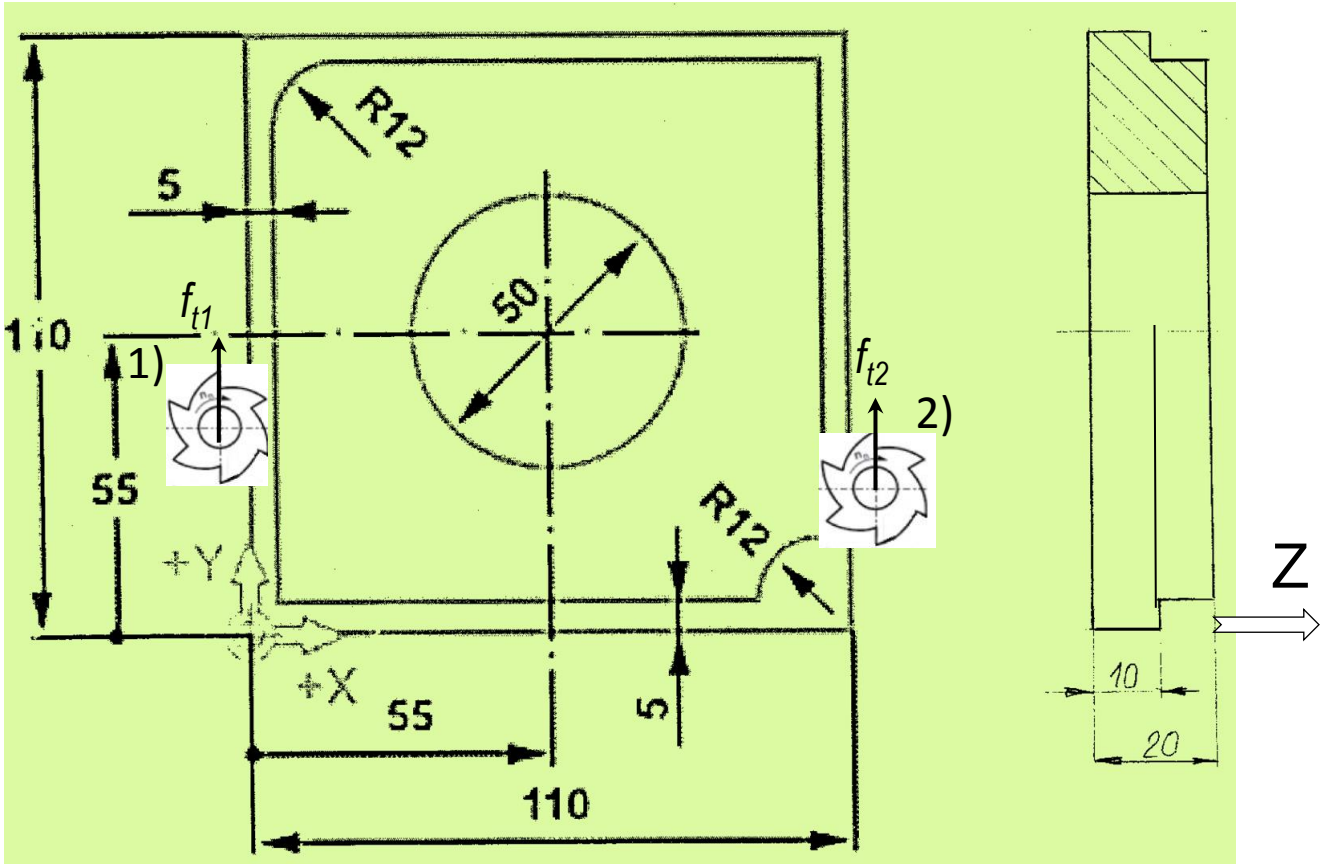
- M07 – załączenie pompy chłodziwa (średnie natężenie strumienia)
- M08 – załączenie pompy chłodziwa (wysokie natężenie strumienia)
- M09 – wyłączenie pompy chłodziwa

Funkcje pomocnicze dla toczenia CNC (Grupa – koniec programu)

- M02 – Koniec programu.
- M30 – Koniec programu. Zatrzymanie wrzeciona i dopływu chłodziwa, Kursor powraca do początku programu.

Anuluje przesunięcia długości narzędzia.

Zaprogramuj obróbkę CNC przedmiotu, jak na rys. (frezowanie współbieżne)



1. *Frezowanie współbieżne, f_{t1};*
2. *Frezowanie przeciwbieżne, f_{t2} ;*

Uwaga

Do frezowania współbieżnego konturu zewnętrznego, frezem prawotnącym, należy zastosować kierunek frezowania w prawo i korekcję w lewo od konturu.

Do frezowania przeciwbieżnego należy zastosować kierunek frezowania w lewo i korekcję promienia w prawo od konturu.

Dla konturu wewnętrznego - stosuje się tę zasadę odwrotnie.

Dobór technologicznych parametrów skrawania

Materiał obrabiany: stal 45; HB 180;

Narzędzie T10: monolityczny węglikowy frez trzpieniowy do frezowania rowków Φ 16, CoroMill® Plura,

Średnica skrawania (DC)16 mm;

Prędkość skrawania v_c = 170 m/min

Posuw na ostrze f_z = 0,2 mm

Prędkość obrotowa n: $$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 170}{3{,}14 \cdot 16} = 3382 \ \frac{obr}{\min}$$

Prędkość posuwowa f_t : $$f_t = f_z \cdot z \cdot n = 0{,}2 \cdot 4 \cdot 3382 = 2706 \ \frac{mm}{\min}$$

Program NC - sterowanie HAAS

O 00001 (*Numer programu*)

(Kontur zewn. obr. zgr.)

Narzędzie: T10, Φ16 parametry:

v_c =170 m/min => n = 3382 [1/min]

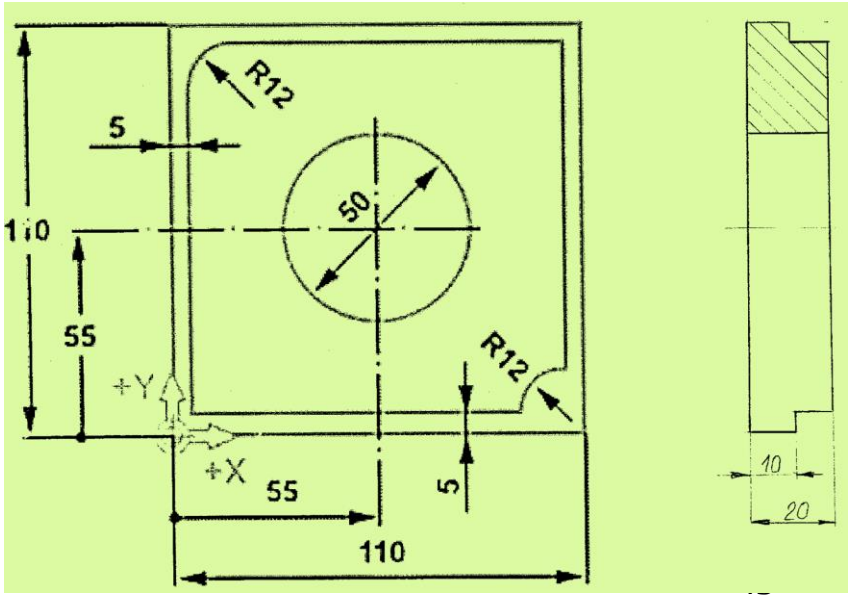
f_z = 0,2 mm => f_t = 2706 [mm/min]

a_e = 5 mm

D = 16 mm

z = 4

```
N1    G55
N2    T10 M6
N3    G43 H10
N4    S 3382 M3
N5    G0 G90 X-5. Y-15.
N6    G0 Z-10.
N7    G1 G41 X5. Y5. F 2706. M8
N8    G1 Y93.
```



Program NC - sterowanie HAAS

O 00001 (*Numer programu*)

(Kontur zewn. obróbka zgrubna)

N9 G2 X17. Y105. R12.

N10 G1 X105.

N11 G1 Y17.

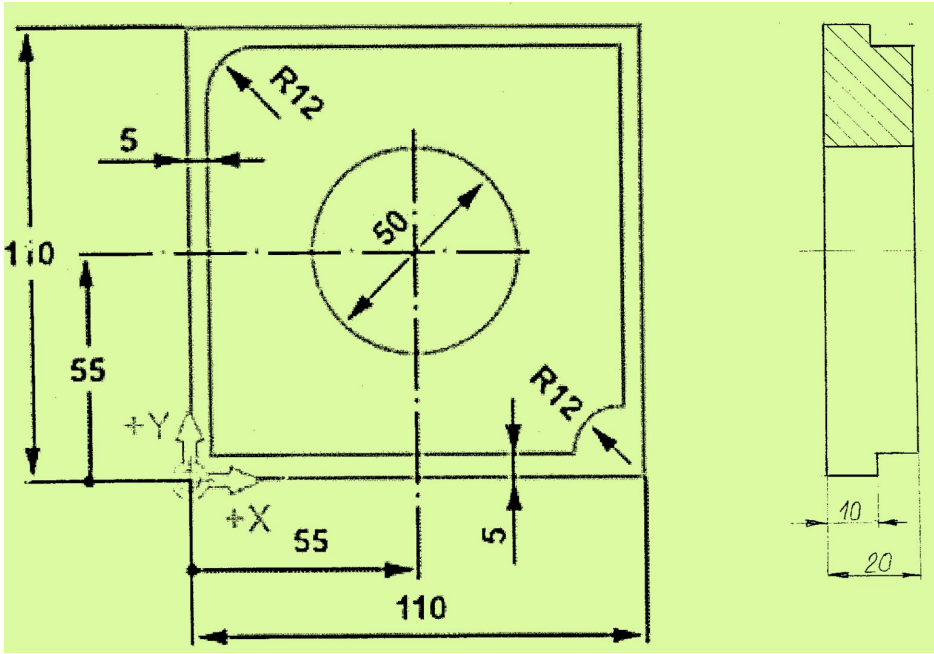
N12 G3 X93. Y5. R12.

N13 G1 X5.

N14 G1 G40 X-10. Y-5.

N15 G0 Z2. M9

N16 G0 X55. Y55.



Program NC - sterowanie HAAS

O 00001 (*Numer programu*)

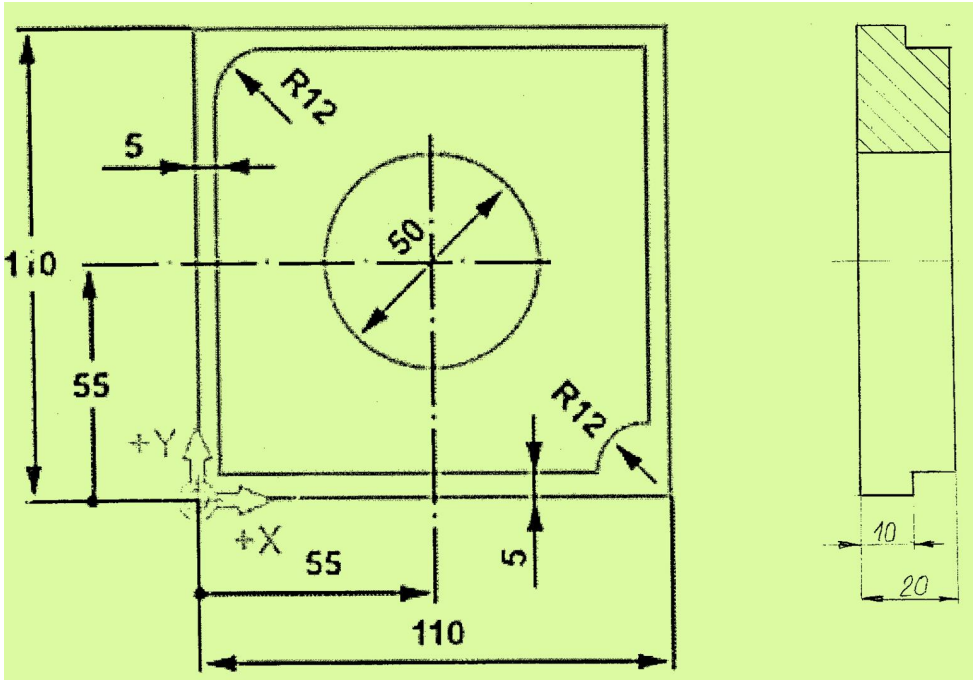
(Kontur zewn. obr. zgrubna)

N17 G13 G91 Z-11.5 I7. K25. Q5. F500. D10 L1

N18 G0 G90 Z2.

N19 G28 G01 Z0.

N20 M30



Obróbka przedmiotu na frezarce CNC

Zarys technologii i technik stosowanych w CNC

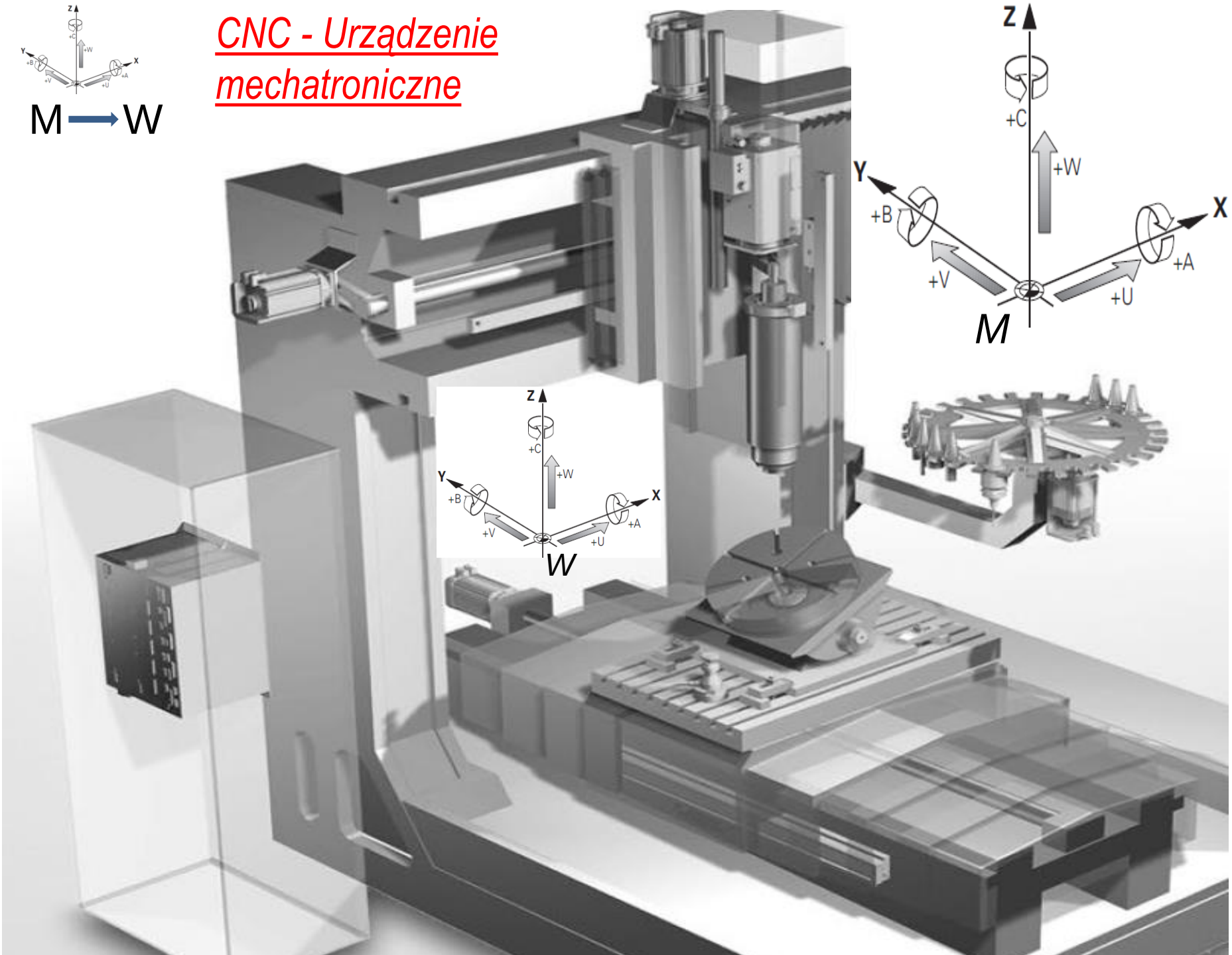
Założenia wstępne

Warunki wstępne do rozpoczęcia procesu obróbki CNC

- Surówkę przedmiotu obrabianego zamocowano na stole roboczym obrabiarki, zdefiniowano i skonfigurowano bazę przedmiotową. Dane geometryczne (offsety) przedmiotu zapisano w rejestrze pamięci;
- Skonfigurowano magazyn narzędzi. Dobrano komplet narzędzi, umieszczono je w gniazdach magazynu narzędziowego i pomierzono. Offsety narzędzi zapisano w odpowiednich rejestrach pamięci. Dobrano i wprowadzono parametry skrawania, stosownie do zarysów geometrycznych i rodzaju materiału przedmiotu obrabianego.

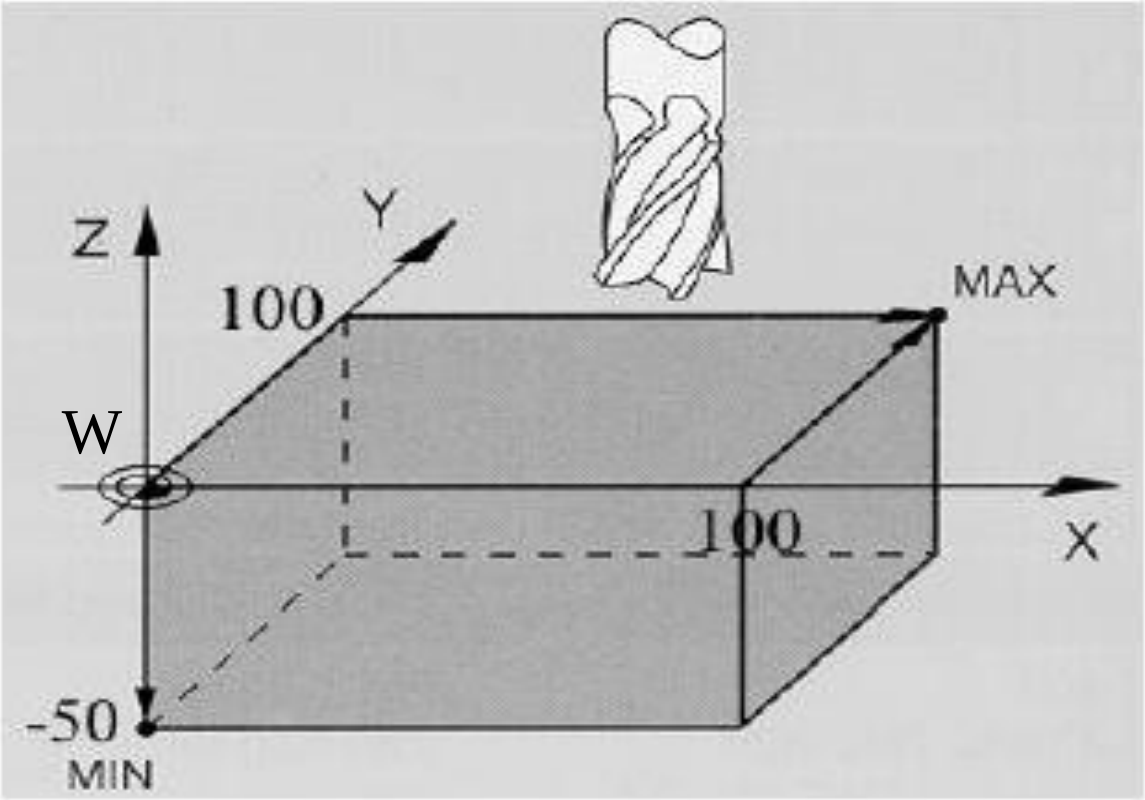
CNC - Urządzenie mechatroniczne

M → W



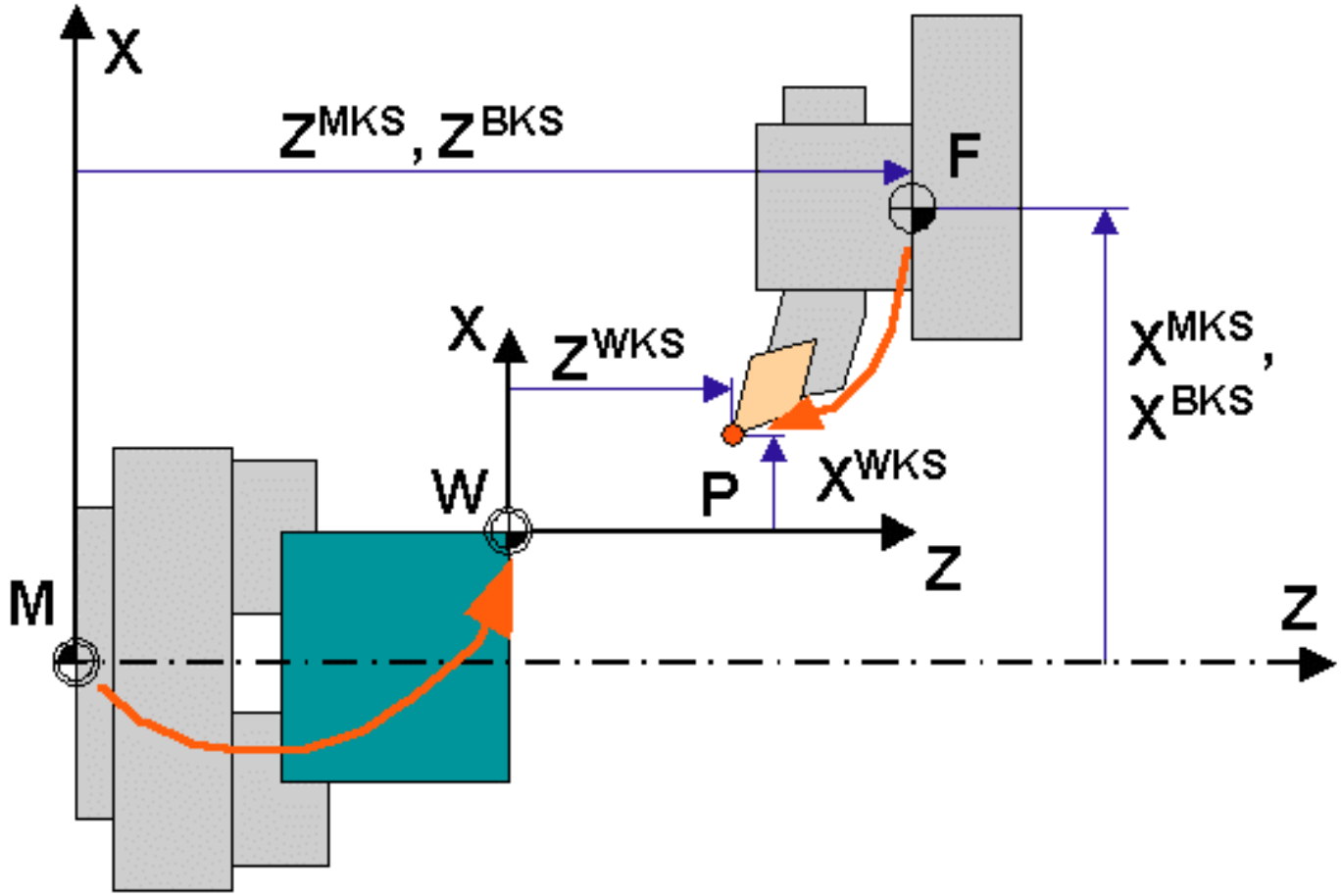
Definicja surówki

BLK FORM – wstawiając współrzędne 2 narożników surówki, określa się wymiary oraz punkt W, w przyjętym układzie współrzędnych.



1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z-50
2 BLK FORM 0.2 X+100 Y+100 Z+0

Przekształcenie układu MKS (BKS) w układ WKS, G54-G59



Warunki konieczne do wykonywania programu obróbki CNC

Założenia wstępne:

- surówka przedmiotu obrabianego zamocowana na stole w imadle i pomierzona (zdefiniowana),
- narzędzia w magazynie narzędziowym, dobrane, pomierzone i skonfigurowane (zdefiniowane).

Pomiary w procesach technologicznych CNC

Systemy pomiarowe stosowane w technice CNC

1. Głowica pomiarowa narzędzia
2. Głowica pomiarowa przedmiotu obrabianego
3. Pomiar położenia, prędkości i drogi - liniały / enkodery układu osi CNC, osie: X, Y, Z; A, B, C; U, V, W.

3D-sondy impulsowe

3D-sondy impulsowe np. f-my firmy Renishaw, HEIDENHAIN, pomagają w zredukowaniu czasów pomocniczych:
Na przykład przy:
• ustawieniu obrabianych przedmiotów
• wyznaczaniu punktów odniesienia
• pomiarze obrabianych przedmiotów
• digitalizowaniu 3D-form
Przy pomocy sond impulsowych dla półwyrobów TS 220 z kablem lub TS 640, z przesyłaniem danych przy pomocy podczerwieni zapewnia się:
• pomiar narzędzi
• nadzorowanie zużycia narzędzia
• uchwycenie przypadku złamania narzędzia

Sonda pomiarowa przedmiotu

Sonda pomiarowa narzędzia

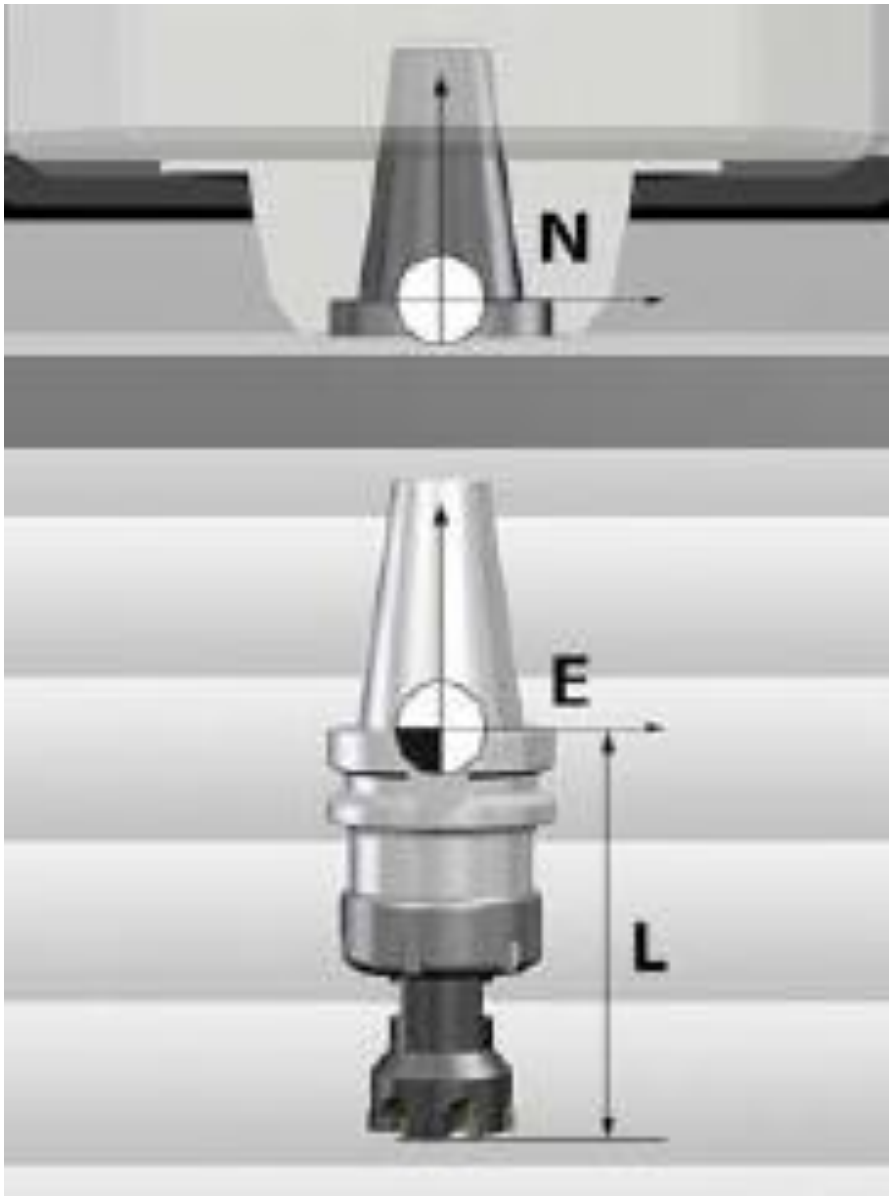
Pomiar narzędzi frezarskich

Pomiar promienia frezu

Pomiar długości frezu

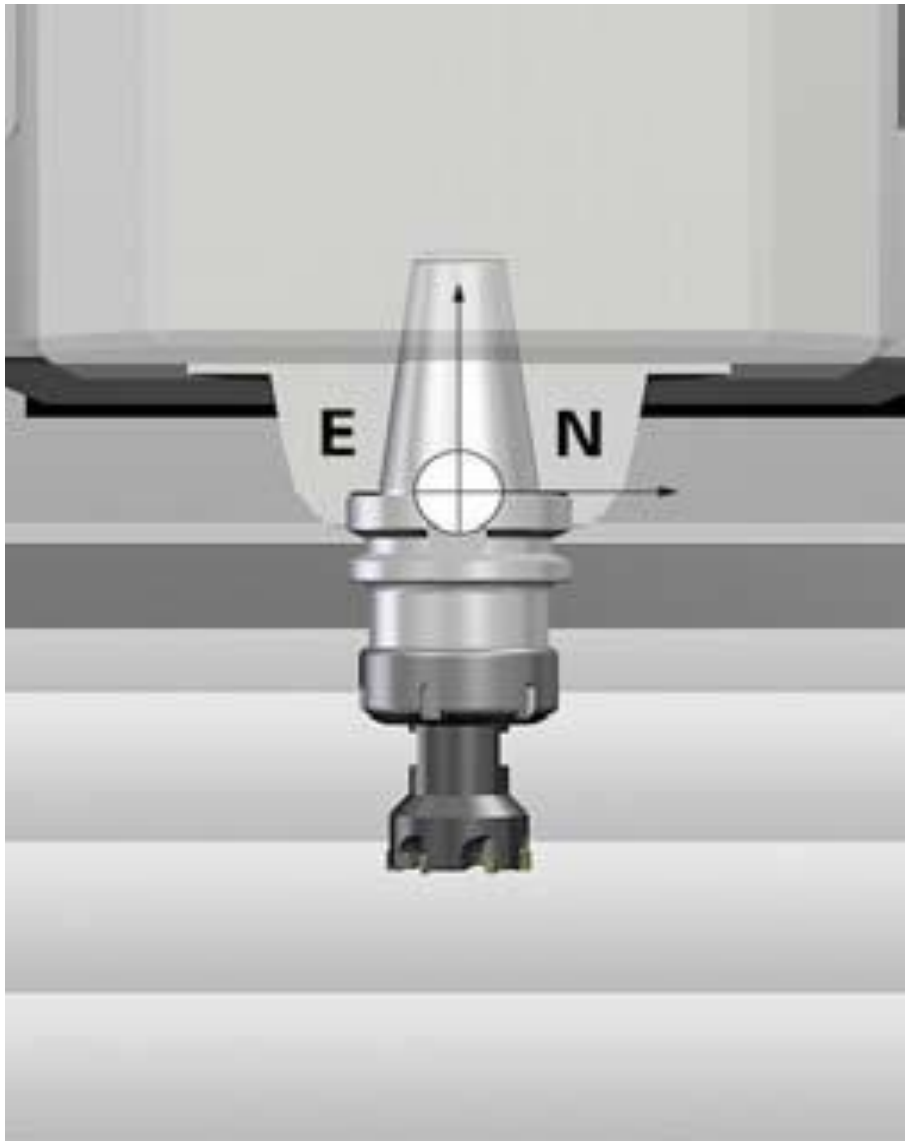
Punkty odniesienia i wymiary narzędzia

Punkt nastawienia narzędzia E i punkt ustalenia narzędzia N



Pomiar długości zespołu narzędziowego i średnicy narzędzia odbywa się na obrabiarce, z wykorzystaniem głowicy pomiaru narzędzi, lub w na-stawiaku poza obrabiarką.

Punkt nastawienia narzędzia E i punkt ustalenia narzędzia N



<u>*Podstawowe założenie*</u>

Punkt nastawienia narzędzia E i punkt ustalenia narzędzia N, po zamocowaniu zespołu narzędziowego w tulei wrzeciona muszą się ze sobą pokryć.

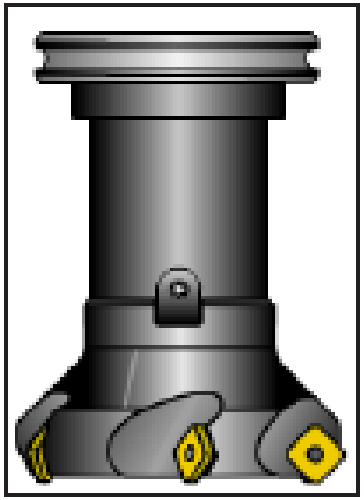
Korekcja długości i promienia narzędzia

Korekcja narzędzia (długości i promienia).

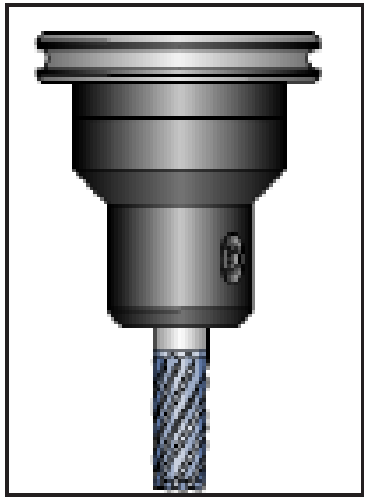
Kody G40, G42, G42, G43

(Trening CNC Keller, frezowanie, toczenie, Heidenhein)

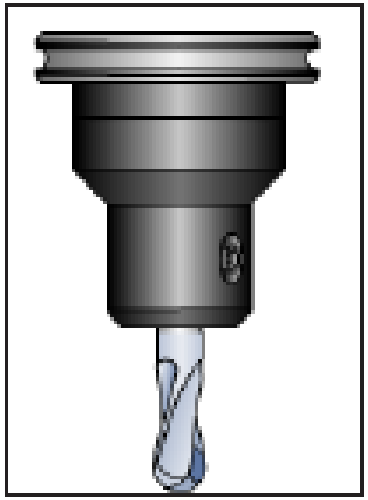
Typowe narzędzia frezarskie



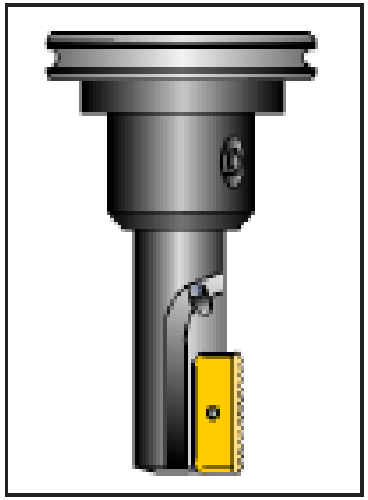
Frez do płaszczyzn



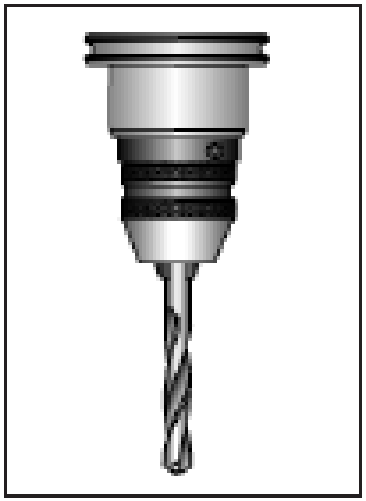
Frez trzpieniowy



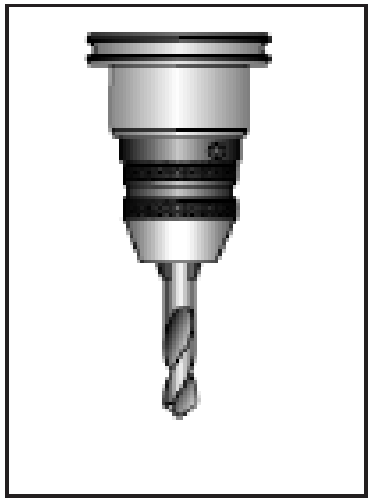
Frez kulisty



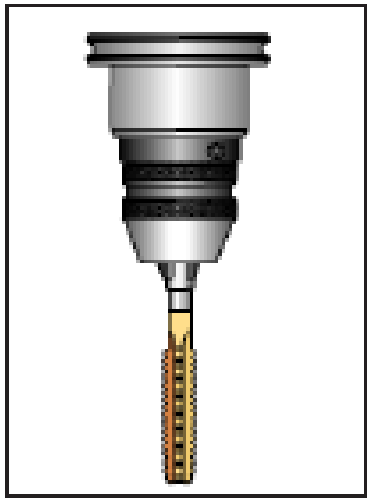
Frez do gwintów



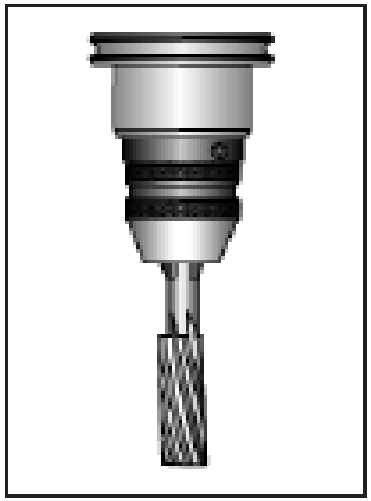
Wiertło spiralne



Nawiertak NC

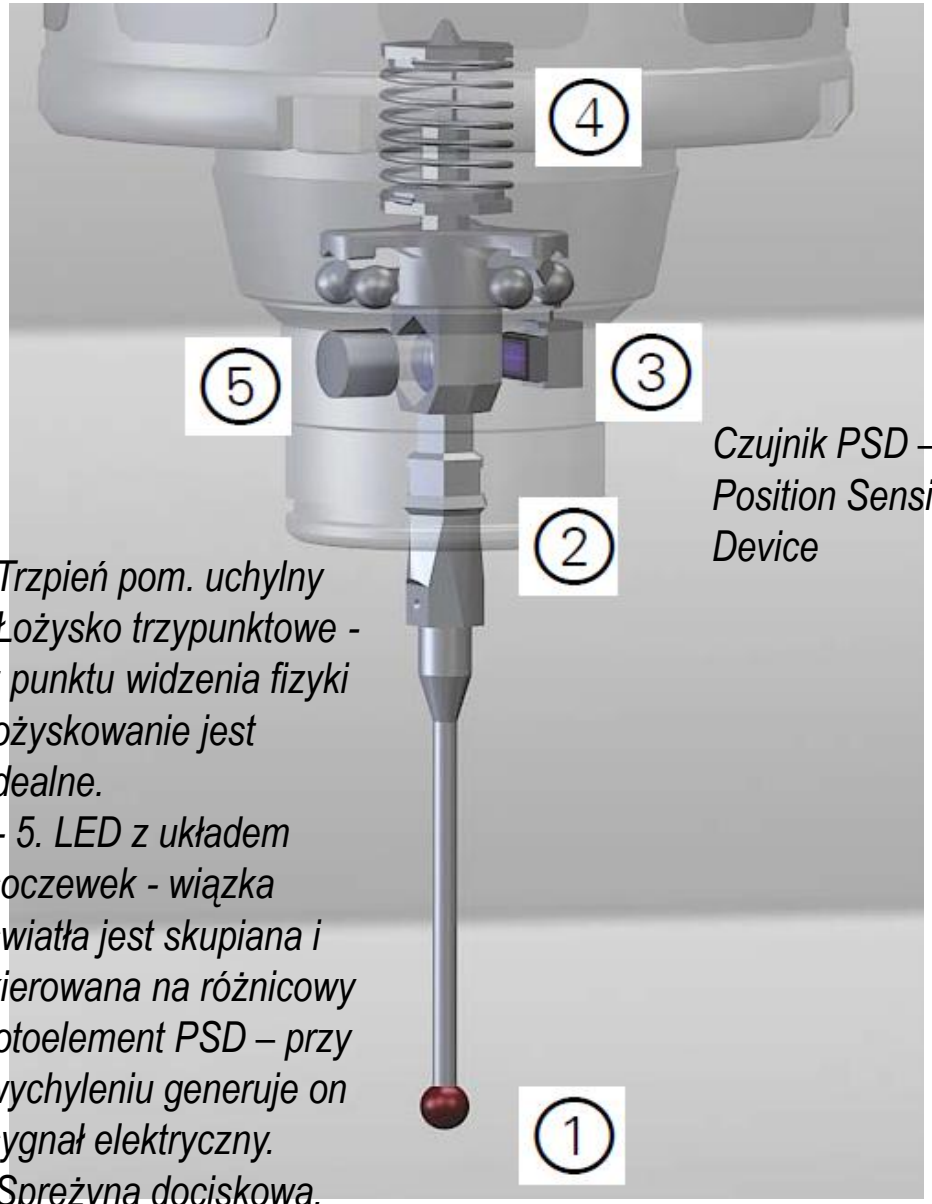


Gwintownik



Rozwiertak

Głowica (sonda) pomiarowa 3D



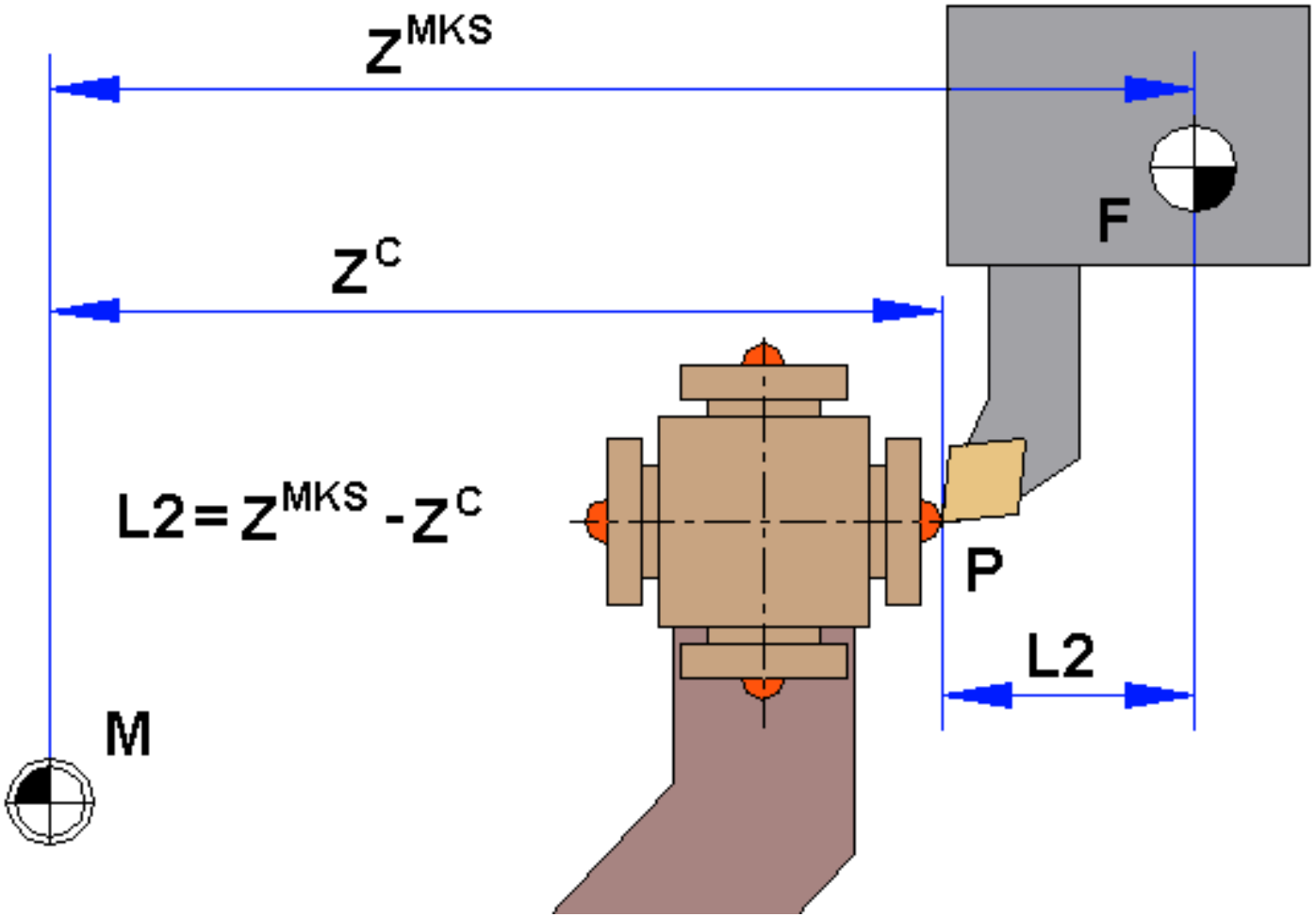
Czujnik PSD – Position Sensing Device

1.Trzpień pom. uchylny
2.Łożysko trzypunktowe - z punktu widzenia fizyki łożyskowanie jest idealne.
3.- 5. LED z układem soczewek - wiązka światła jest skupiana i kierowana na różnicowy fotoelement PSD – przy wychyleniu generuje on sygnał elektryczny.
4.Sprężyna dociskowa.

Zadania sond pom. 3D

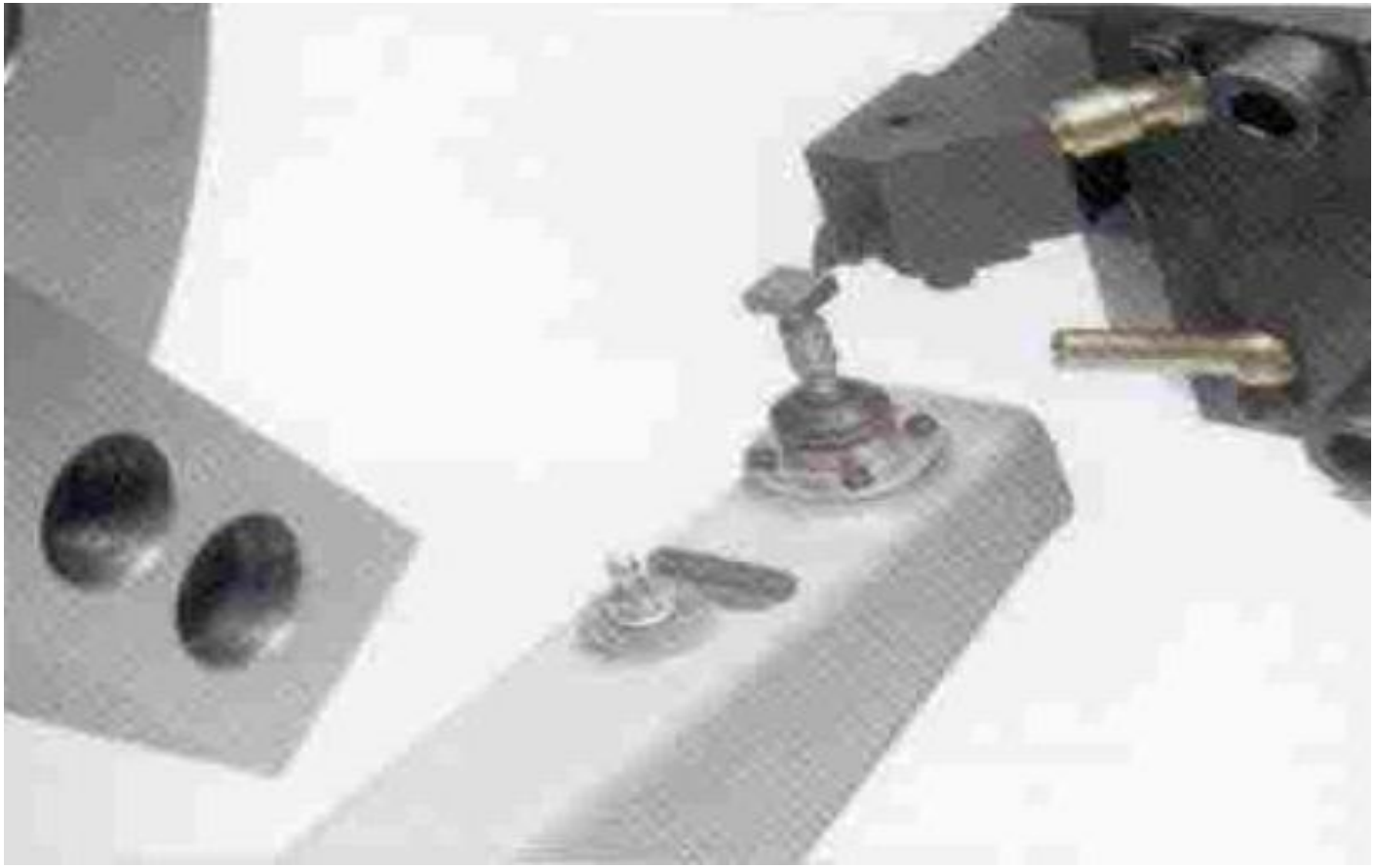
1. Pomiar surówki tj. wyznaczenie punktu zerowego układu wsp. przedmiotu W i pomiar przedmiotu obrobione-go po obróbce,
2. Określenie położenia ukośnego p.o.,
3. Pomiar i korekcja wymiarów narzędzia.

Zasada pomiaru narzędzi tokarskich na obrabiarce CNC



Ustalanie offsetu narzędzia głowicą pomiarową.

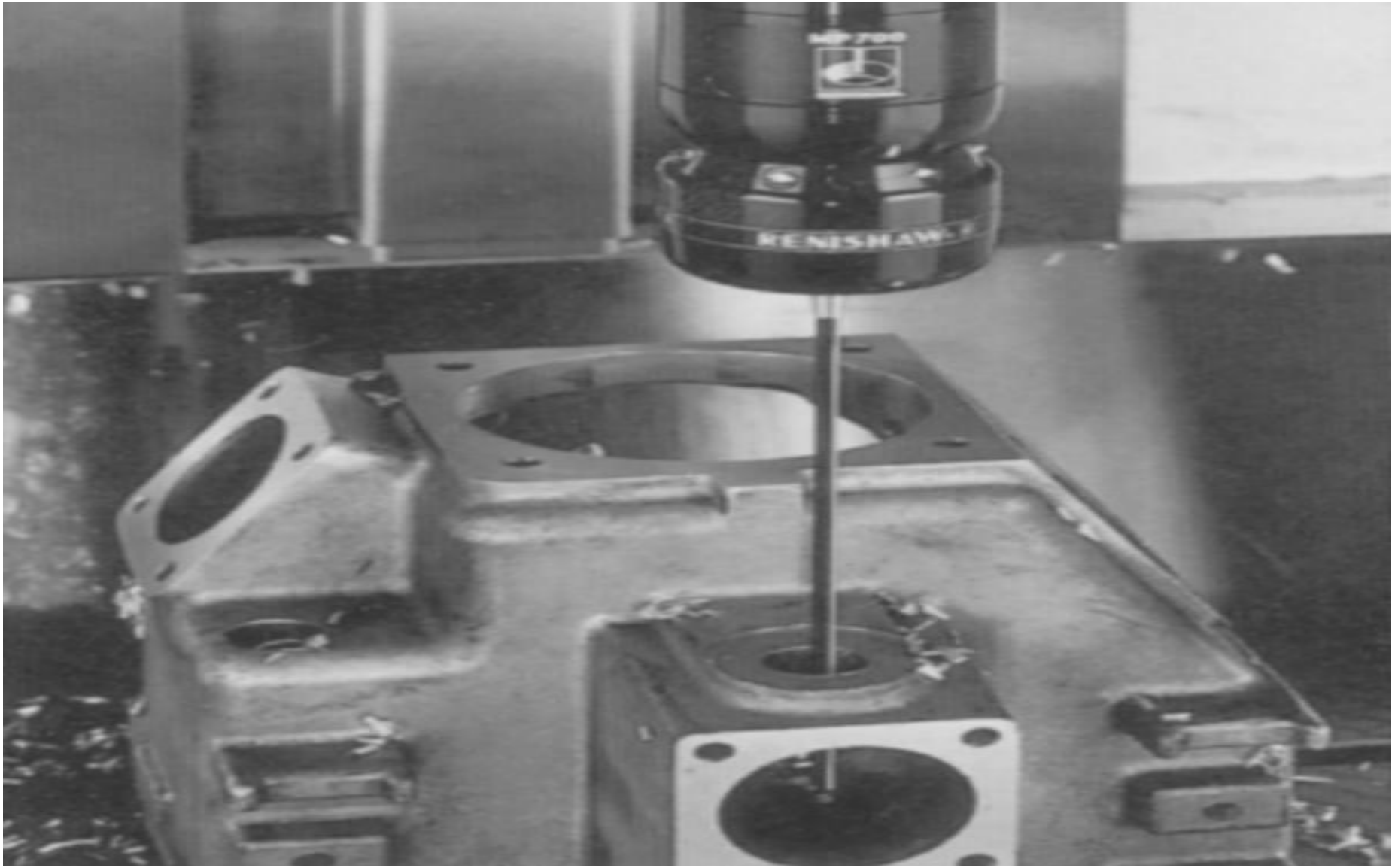
Głowica pomiarowa narzędzia Tokarka SL 1 Haas



Ustalanie offsetu narzędzia głowicą pomiarową, widok.

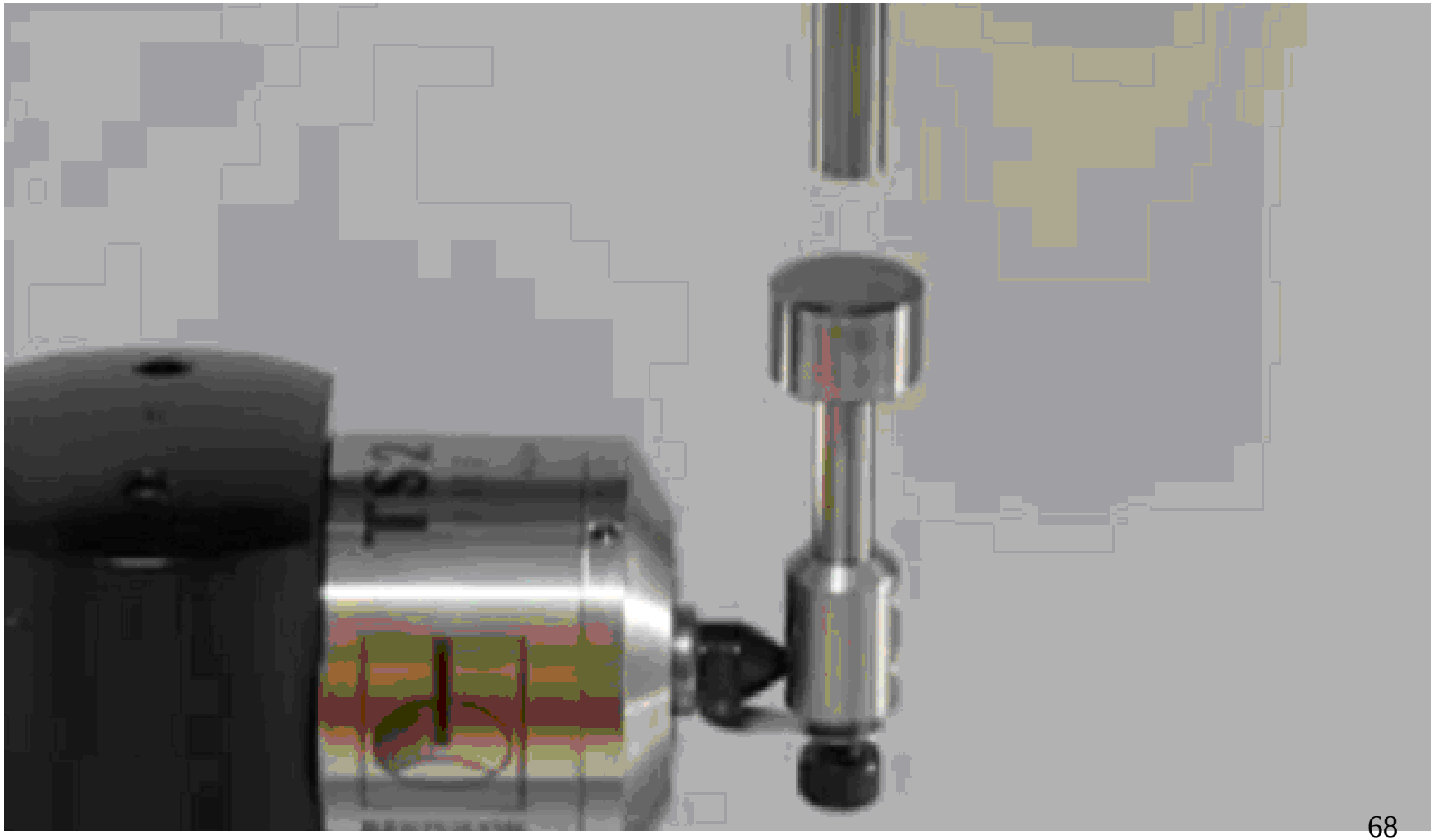
Głowica pomiarowa przedmiotu - tokarka

Pomiar przedmiotu obrabianego za pomocą głowicy pomiarowej stykowej



Głowice pomiarowe narzędziowa i przedmiotowa f-my Renishaw i Marpose

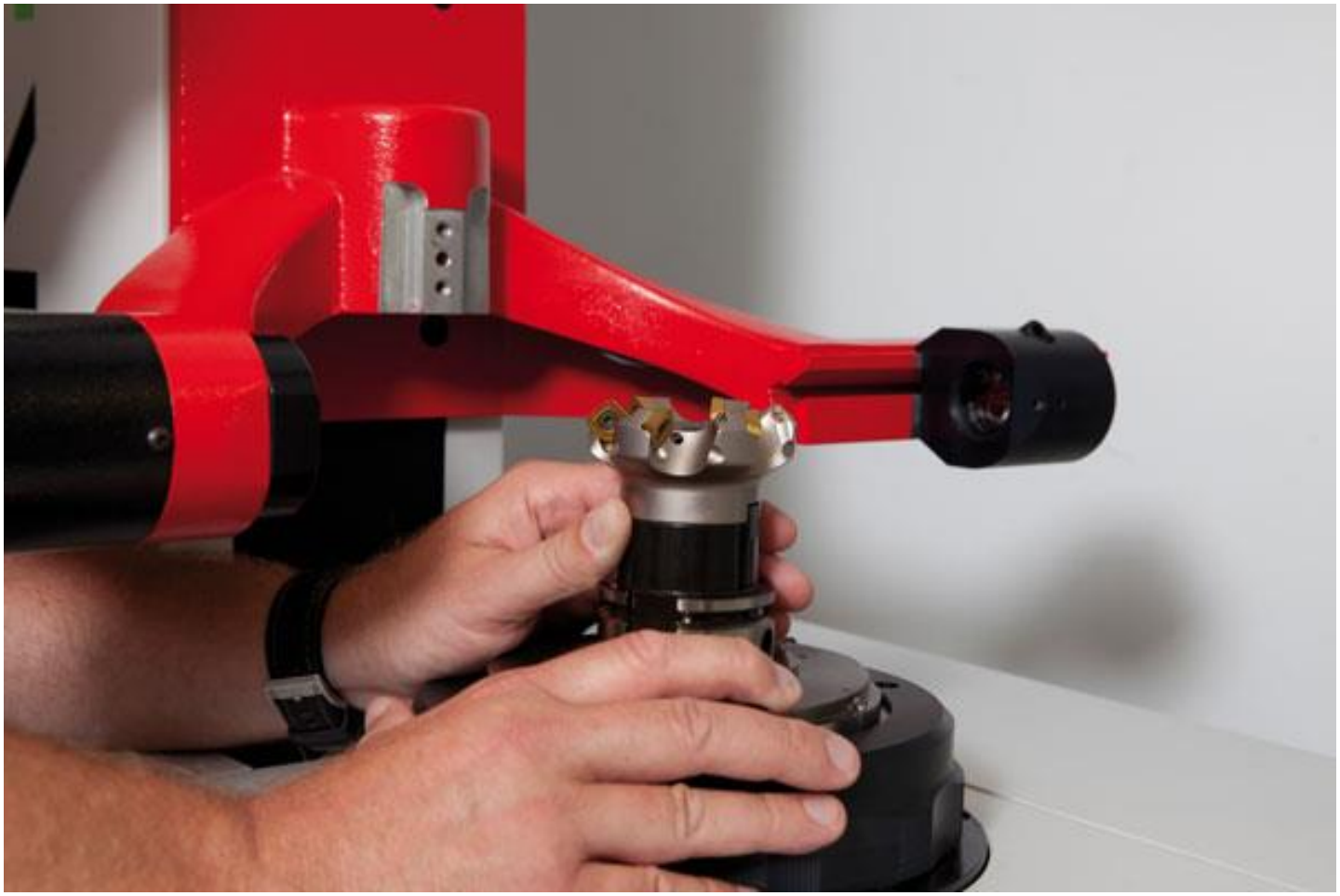
Sonda pomiarowa - pomiar frezu trzpieniowego



Preselektor (nastawiak) narzędziowy, widok stanowiska

Preselektor (nastawiak) narzędzia

Zespół świetlacza i kamera CCD ustawiaka



Wkładki identyfikacyjne narzędzi skrawających (f. Sandvik Coromant)

Korekcja długości i promienia narzędzia

Korekcja narzędzia (długości i promienia).

Kody G40, G42, G42, G43

(Trening CNC Keller, frezowanie, toczenie, Heidenhein)