

# Projekt Nowy **zawód** szansą na **pracę**



**Szkolenie z obsługi obrabiarek sterowanych numerycznie**

# **Materiały szkoleniowe**

**Kurs „Operator obrabiarek sterowanych numerycznie”**

***Autor: Jerzy Studziński***

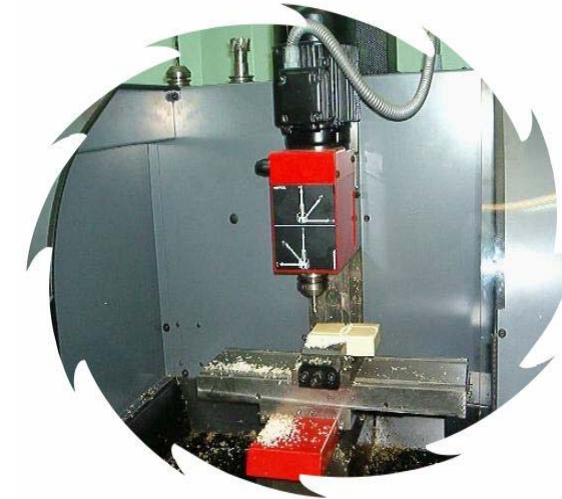
## Spis treści

1. Obsługa frezarki EMCO MILL 50 z układem sterowania SINUMERIK 810.	2
2. Programowanie frezarki i przykłady programów obróbkowych.	6
3. Zadania do wykonania.	13
4. Obsługa frezarko-grawerki CNC FGS-4240.	14
5. Przykłady programów obróbkowych.	18
6. Zadania do wykonania.	24
7. Skrócona instrukcja obsługi symulatora Heidenhain-a i TNC 530.	28
8. Informacja o egzaminie z nabytych umiejętności.	45

#### LITERATURA

1. Habrat W.: Operator obrabiarek sterowanych numerycznie. „KaBe” s. c., Krosno 2003,
2. Buksiński T. Szpecht A.: Rysunek techniczny. WSiP1976,
3. Poradnik GARANT. Obróbka skrawaniem,
4. SANDVIK Poradnik obróbki skrawaniem,
5. SANDVIK CoroKey Twój przewodnik ku produktywności
6. <http://www.wobit.com.pl> : Teoria napędów krokowych,
7. Deckel Maho: Presentation 01/2004,
8. Materiały reklamowe firm: HERMLE, WFL, ISCAR, WALTER, GRIPOS

#### OBSŁUGA FREZARKI EMCO MILL 50 Z UKŁADEM STEROWANIA SINUMERIK 810





1. Włączyć obrabiarkę przekręcając kluczyk w prawo,
2. Włączyć pulpit operatora maszyny przyciskiem umieszczonym na prawym boku pulpitu,
3. Włączyć komputer i monitor,

4. Wykonać najazd na **punkt referencyjny**

**REFPOINT:** ,

- ustawić pokrętko na pulpicie operatora maszyny,
- wcisnąć **klawisz 5** z klawiatury numerycznej komputera lub przez naciskanie kolejno wszystkich przycisków posuwów,

5. Posługując się przyciskami cofania  i rozszerzenia menu,  znajdującymi się na pulpicie operatora maszyny, wyszukać opcję **PART PROGRAM/EDIT**,

6. Napisać na monitorze nazwę nowego lub istniejącego programu nad którym będzie kontynuowana praca wpisując np.: **%4** i wybrać opcję **SELECT PROGRAM**.

7. Po napisaniu nowego programu lub poprawieniu istniejącego należy przeprowadzić symulację pracy maszyny;

a) symulację wybranych płaszczyznach opcją **SIMULATION/START**

- wymiary materiału obrabianego ustawić opcją **WORK PIECE**,
- wymiary okna obserwacyjnego opcją **AREA W-PIECE**,
- symulację można przeprowadzić w sposób ciągły lub krokowy

zależności od ustawienia przycisku  na pulpicie operatora: informacja o ustawionym trybie pracy wyświetlana jest w prawym górnym rogu monitora,


b) symulację przestrzenną opcją **3D - SIMULATION**,


W przypadku stwierdzenia błędu w przebiegu obróbki należy posługując się

przyciskami przewijania menu   wybrać opcję


**PART PROGRAM./EDIT**, dokonać poprawek w programie i ponownie przeprowadzić symulację obróbki.8. Przeprowadzić próbę pracy "**na sucho**" (bez- włączonych obrotów wrzeciona):

- upewnić się czy wykonywany będzie przez maszynę program posiadający właściwy **numer %**. Numer wykonywanego przez maszynę programu jest wyświetlany w lewej górnej części monitora, w opcji wyświetlania bieżących oraz zadanych ustawień. W tym samym czasie w innym kanale może odbywać się pisanie innego programu,

- ustawić na pulpicie operatora pracę automatyczną **AUTOMATIC** ,

- przycisnąć klawisz "**pracy na sucho**" ,

- ustawić **pracę krokową** ,

- wcisnąć klawisz startu programu 

### Wiercenie.

Wiercenie obejmuje sposoby wykonywania otworów cylindrycznych za pomocą narzędzi skrawających. Wraz z rozwojem nowoczesnych narzędzi do wiercenia wprowadzono podział na otwory głębokie (nawet 150 razy średnica) i płytkie. W przypadku otworów płytkich radykalnie uległy zmianie potrzeby obróbki wstępnej i następującej po niej. Wiercenie takie wykonuje się w jednej operacji, zwykle bez wykonywania nakiełków i otworów prowadzących. Jakość otworów jest często na tyle dobra (np. do 0.01 mm), że dalsza obróbka w celu dokładności wymiarów i struktury geometrycznej powierzchni jest często niepotrzebna. Istnieją również narzędzia, które umożliwiają wykonywanie otworów nie w pełnym materiale (tak jak frezy – np. niektóre wiertła na płytce), ale o tym mowa była przy frezowaniu.

(Filmy: *wiercenie\_1.MPG*, *wiercenie\_2.MPG*)

(Prezentacja *wiertla\_iscar.ppt*)

### Pytania:

Czy w przypadku frezowania znaczenie posiada geometria ostrza?

Porównaj wióra powstające podczas toczenia, frezowania i wiercenia. Skąd bierze się taka różnica?

Ćwiczenia w doborze parametrów skrawania (wg katalogów papierowych - SANDVIK, elektronicznego TITEX & PROTOTYP oraz suwaka GARANT).

Typowe problemy podczas frezowania i możliwe ich rozwiązania.

#### Nadmierne drgania

słabe mocowanie – ocenić kierunek sił skrawania i podeprzeć w zadawalający sposób (poprawić mocowanie), sprawdzić ostrość (zużycie narzędzia), zmniejszyć głębokość skrawania, wybrać narzędzie z bardziej dodatnią geometrią, wybrać gatunek drobnoziarnisty, płytkę niepokrywaną lub z cieńszym pokryciem, długi wysięg narzędzia – zminimalizować wysięg, zrównoważyć promieniowe i osiowe siły skrawania, frezowanie głowicami walcowo – czołowymi przy słabym wrzecionie – wybrać możliwie najmniejszą średnicę, wybrać płytkę z dodatnią geometrią, spróbować frezowania przeciwbieżnego, nierównomierny posuw stołu – spróbować frezowania przeciwbieżnego, dokręcić mechanizm posuwu obrabiarki.

#### Niezadawalająca chropowatość powierzchni

nadmierny posuw na obrót – ustawić frez osiowo lub ustawić płytki, sprawdzić bicie promieniowe wrzeciona/narzędzia, zmniejszyć posuw na obrót (max 70% szerokości pomocniczej krawędzi skrawającej), jeśli to możliwe zastosować płytkę dogładzającą (obróbka wykańczająca), zjawisko podwójnego skrawania – usunąć wióra powstałe we wcześniejszych operacjach, drgania – są częstą przyczyną uzyskiwania złej klasy uzyskiwanych powierzchni, tworzenie się narostu na ostrzach płytki – zwiększyć prędkość skrawania, aby podnieść temperaturę obróbki, zamknąć dopływ chłodziwa, zastosować płytki o ostrych krawędziach skrawających, z gładką powierzchnią natarcia, zastosować płytki o dodatniej geometrii, spróbować gatunek cermetowy z wyższymi parametrami skrawania, skrawanie tyłem głowicy – sprawdzić pochylenie głowicy, sprawdzić bicie poosiowe, zmniejszyć głębokość skrawania, zmniejszyć średnicę freza, sprawdzić równoległość krawędzi skrawającej zastosowanej płytki dogładzającej, wykruszenia przedmiotu obrabianego – zmniejszyć posuw na ostrze, wybrać narzędzie z gęstszą podziałką zębów, wybrać płytkę z ostrą krawędzią, unikać nadmiernego zużycia ostrzy.



#### Pęknięcia płytki podczas frezowania

zbyt duża grubość wióra na wyjściu freza – zastosować frezowanie współbieżne, zmniejszyć posuw na ostrze, wybrać mniejszą średnicę freza, wybrać mocniejszą geometrię płytki, blokowanie się wiórów pomiędzy odsadzeniem a krawędzią – zmienić metodę obróbki, zastosować sprężone powietrze, wybrać bardziej udarny gatunek narzędzia, zastosować frezarkę poziomą.


Wykorzystując frezarki można również: wiercić, gwintować, wytaczać, itp.

(Film *gwintowanie.MPG* )



Pracę w tym trybie należy prowadzić bardzo ostrożnie, będąc w ciągłej gotowości do

natychmiastowego wyłączenia posuwu przyciskiem  lub  w przypadku pojawienia się niebezpiecznego działania.

Po przerwaniu pracy \_można\_ ustawić przełącznik rodzaju pracy na pracę ręczną

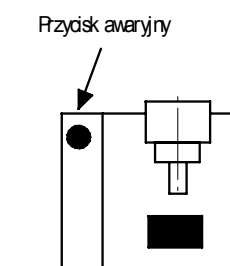
**JOG**  , przyciskając klawisze posuwów odsunąć w dowolne miejsce narzędzie.

Ponowne rozpoczęcie realizacji programu od początku odbywa się przez ustawienie

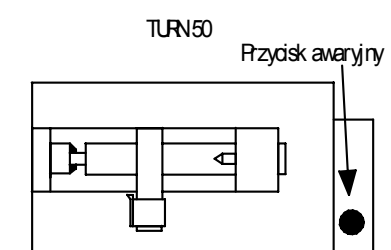
przełącznika rodzaju pracy na pracę automatyczną  **AUTOMATIC** i przyciśnięcie przycisku start programu  ,

#### Uwaga

W przypadku pojawienia się poważnego zagrożenia, kiedy natychmiast trzeba wyłączyć



MILL 50


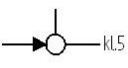








wszystkie napędy, należy posłużyć się przyciskiem awaryjnym,

Ponowne uruchomienie maszyny może nastąpić po:

- usunięciu ewentualnego zagrożenia,



- usunięciu komunikatu o awaryjnym wyłączeniu kl. ,
  - wykonaniu najazdu na punkt referencyjny przy ustaw. ,
9. Uruchomić sprawdzony program obróbki:
- ustawić na pracę automatyczną przełącznik ,
  - wybrać pracę ciągłą lub krokową przyciskiem ,
  - wcisnąć przycisk startu programu ,
  - obserwować przebieg pracy maszyny będąc w gotowości do wyłączenia w przypadku pojawienia się zagrożenia klawiszem stop programu ,
  - w trakcie pracy można zmieniać w miarę potrzeby prędkość obrotową przyciskami  oraz prędkość posuwową przyciskiem .

## PROGRAMOWANIE FREZARKI I PRZYKŁADY PROGRAMÓW OBRÓBCZYCH.

### 1. Wykaz Funkcji Przygotowawczych

G00 – ruch szybki,

## ZUŻYCIE NARZĘDZIA

	przyczyna	środek zaradczy
<b>Starcie na powierzchni przyłożenia oraz karby</b>  	a. Szybkie ścieranie powierzchni przyłożenia, powodujące uzyskanie złej chropowatości powierzchni obrabianej lub niedokładność wymiarową detalu. b/c. powstawanie karbu powodujące złą chropowatość powierzchni obrabianej oraz ryzyko złamania płytki.	a. Prędkość skrawania za wysoka lub niewystarczająca odporność na ścieranie. a. Zbyt mały posuw. b/c. Materiały utwardzające się podczas obróbki. b/c. Zgorzelina i skóra odlewnicza.
<b>Wykruszenia</b>  	Mikrowykruszenia ostrza powodujące gorszą chropowatość powierzchni i intensywne zużycie powierzchni przyłożenia.	Gatunek zbyt kruchy. Zbyt słaba geometria płytki. Powstawanie narostu.
<b>Pęknięcia cieplne</b>  	Małe pęknięcia prostopadłe do krawędzi skrawającej powodujące wykruszenia i gorszą chropowatość powierzchni.	Pęknięcia cieplne z powodu zmian temperatury wywołanych: - Obróbką przerywaną. - Nierównomiernością do- prowadzania chłodziwa.
<b>Powstawanie narostu (B.U.E.)</b>  	Powstawanie narostu pogarsza chropowatość powierzchni i powoduje wykruszenie krawędzi skrawającej, kiedy powstały narost odrywa się od niej.	Materiał przedmiotu obrabianego przywarł do płytki z powodu: Niskiej prędkości skrawania. Małego posuwu. Ujemnej geometrii.

Rys. 60 Zużycie ostrza narzędzia.[4]

6. geometria obrabianej części,
7. przewidywany sposób zagłębiania w materiał
8. dostępność narzędzia:
  - a, narzędziownia,
  - b, dostępność narzędzi handlowych (najlepiej od sprawdzonych dostawców),
  - c, zamówienie narzędzi specjalnych (przeważnie wymaga czasu).
9. dostępność oprawek (rodzaj chwytu narzędzia),
10. planowane chłodzenie,

Dobór parametrów.

Prędkość skrawania:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} [\text{m/min}], \text{ gdzie:}$$

D[mm] – średnica freza,

n[obr/min] – prędkość obrotowa freza (obroty wrzeciona),

$\pi$  –  $\pi$  (błąd kreatora nie pozwala mi wpisać właściwego symbolu do licznika ułamka ☺)

Posuw minutowy:

$$f = f_z \cdot z \cdot n [\text{mm/min}], \text{ gdzie:}$$

$f_z$  [mm/ząb] – posuw na ząb,

z – liczba zębów,

n [obr/min] – prędkość obrotowa freza (obroty wrzeciona),

Czas obróbki:

$$t_c = \frac{L}{f} [\text{min}], \text{ gdzie:}$$

L[mm] – długość przedmiotu obrabianego + średnica freza,

f[mm/min] – posuw na minutę

G01 – interpolacja liniowa,

G02 – interpolacja kołowa zgodna ze wskazówkami zegara,

G03 – interpolacja kołowa przeciwna do ruchu wskazówek zegara,

G04 – czas przebywania,

G33 – gwintowanie,

G40 – odwołanie kompensacji promienia wierzchołka ostrza,

G41 – kompensacja promienia wierzchołka ostrza z lewej strony,

G42 – kompensacja promienia wierzchołka ostrza z prawej strony,

G54 – przesuw punktu zerowego,

G58 – programowe przesunięcie punktu zerowego,

G60 – tryb zapewniający dokładność obróbki,

G62 – odwołanie trybu zapewniającego dokładność obróbki,

G90 – programowanie wartości bezwzględnych,

G91 – programowanie przyrostowe,.

G92 – ograniczenie prędkości obrotowej (podawane po G96),

G94 – posuw na. minutę,

G95 – posuw na obrót

G96 – stała prędkość skrawania

G97 – stała prędkość obrotowa,

G147 - miękkie najeżdżanie konturu po prostej,

G148 - miękkie opuszczanie konturu po prostej.

## 2. Wykaz Funkcji Pomocniczych

M00 – programowane zatrzymanie bezwarunkowe

M01 – programowane zatrzymanie warunkowe,

M02 – koniec programu głównego,



M03 – wrzeciono włączyć prawobieżnie,  
M04 – wrzeciono włączyć lewobieżnie,  
M05 – wrzeciono wyłączyć,  
M08 – czynnik chłodzący włączyć,  
M09 – czynnik chodzący wyłączyć,  
M17 – koniec podprogramu,  
M30 – koniec programu głównego,  
M71 – włączyć wydmuchiwanie,  
M72 – wyłączyć wydmuchiwanie.

rośnie od wartości 0 przy wejściu ostrza w materiał do wartości równej zadanemu posuwowi  $f_z$ . Jest to zjawisko niekorzystne z kilku powodów:  
na początku ostrze narzędzia zamiast skrawać nagnięta materiał utwardzając go, tworzy się wysoka temperatura spowodowana tarcie narzędzia o materiał obrabiany, narzędzie ma tendencje do „odrywania” materiału obrabianego od stołu obrabiarki, co wiąże się z koniecznością stosowania bardzo pewnego mocowania.

Wyżej wymienione wady powodują szybsze zużywanie się ostrza narzędzia, a tym samym obniżają efektywność obróbki. Ten rodzaj frezowania zalecany jest do obróbki dokładnej (na PZL w ten sposób frezujemy stale na gotowo – uzyskuje się lepszą klasę powierzchni niż w przypadku stosowania frezowania współbieżnego). Frezowanie przeciwbieżne zaleca się stosować na obrabiarkach pozbawionych możliwości dokładnej kasacji luzów wzdłużnych stołu frezarki.

**Frezowanie współbieżne** charakteryzuje się tym, że przedmiot obrabiany wykonuje ruch posuwowy w kierunku zgodnym z kierunkiem obrotowym freza. Grubość warstwy skrawanej maleje od zadanej wartości  $f_z$  do 0, w związku z czym nie występują problemy typowe dla obróbki przeciwbieżnej. Dlatego frezowanie współbieżne zalecane jest do większości operacji frezarskich, przy czym może być stosowane tylko na obrabiarkach, na których istnieje możliwość prawidłowej kasacji luzów wzdłużnych stołu.

Podział frezów mających zastosowanie w PZL Mielec.

Ze względu na budowę narzędzia:

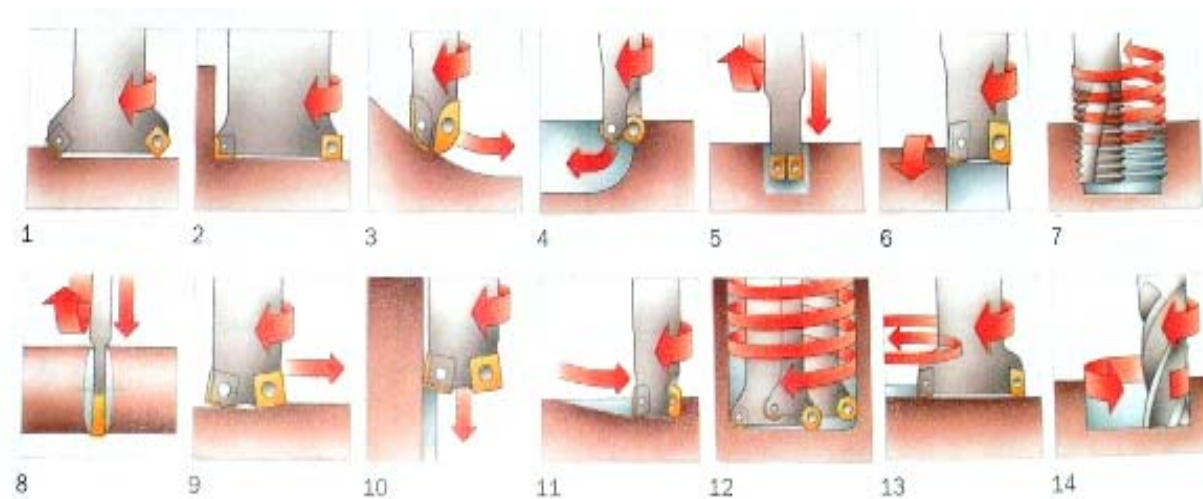
1. narzędzia lite (np. HSS, węgiel spiekany),
2. narzędzia składane (głowice).

Ze względu na sposób zaopatrywania się w narzędzia:

1. handlowe (bogate oferty w katalogach różnych firm),
2. specjalne (wykonywane na specjalne zamówienie na wydziale narzędziowym lub przez producentów narzędzi)

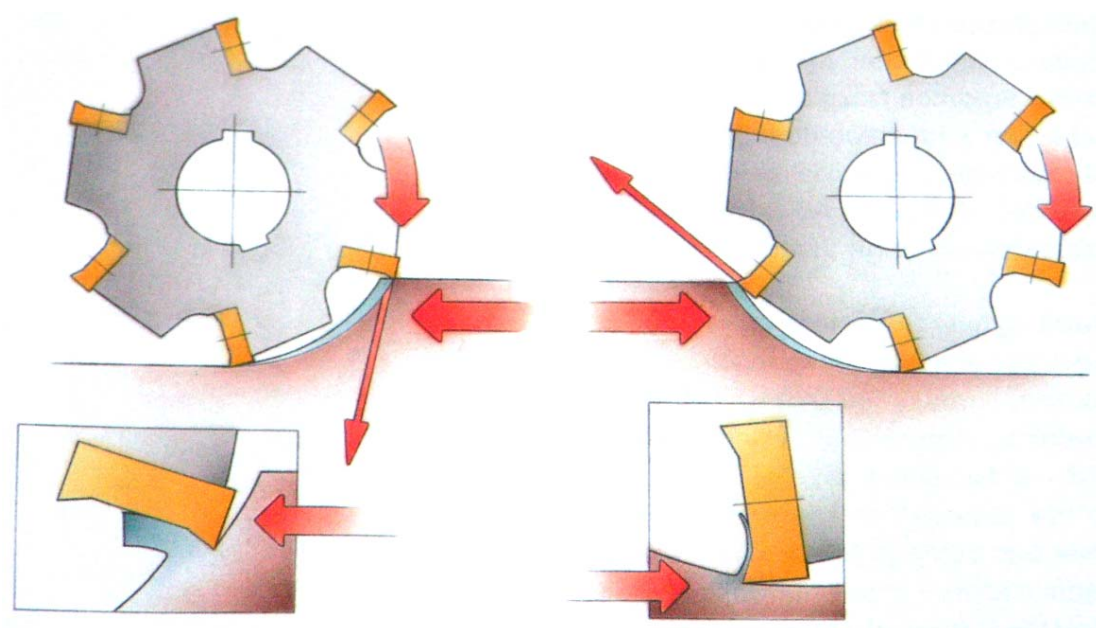
Dobór narzędzi.

1. materiał obrabiany,
2. gabaryty materiału,
3. warunki obróbki,
4. planowana frezarka (zależy głównie od 1, 2, 3 ale również od mocy przerobowych),
5. rodzaj obróbki (zgrubna/wykańczająca),



Rys. 58 Rodzaje frezowania.[4]

Frezowanie współbieżne i przeciwbieżne.



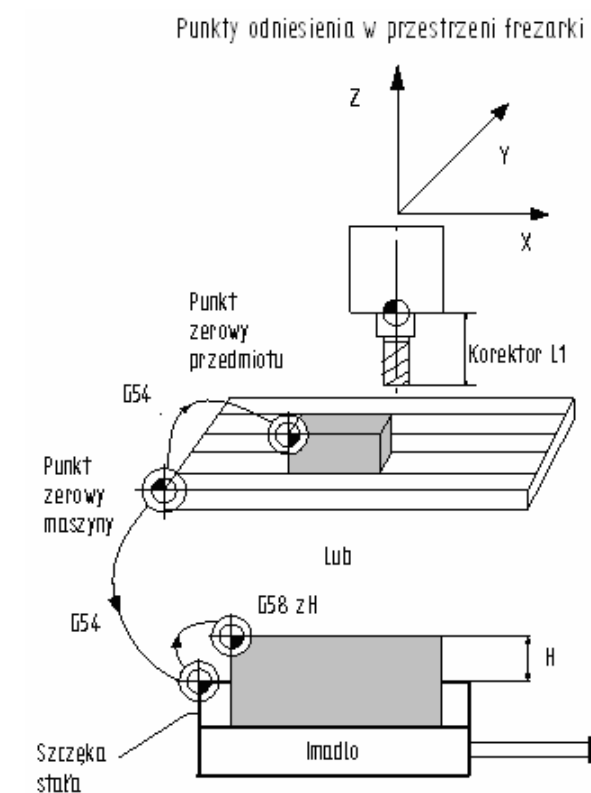
Frezowanie współbieżne

Frezowanie przeciwbieżne

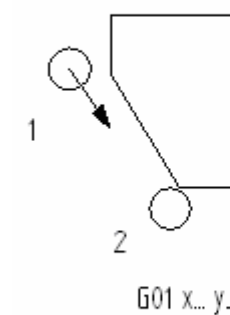
Rys. 59 Frezowanie współbieżne i przeciwbieżne.[4]

**Frezowanie przeciwbieżne** charakteryzuje się tym, że przedmiot obrabiany wykonuje ruch posuwowy w kierunku przeciwnym do kierunku obrotów freza. Grubość warstwy skrawanej

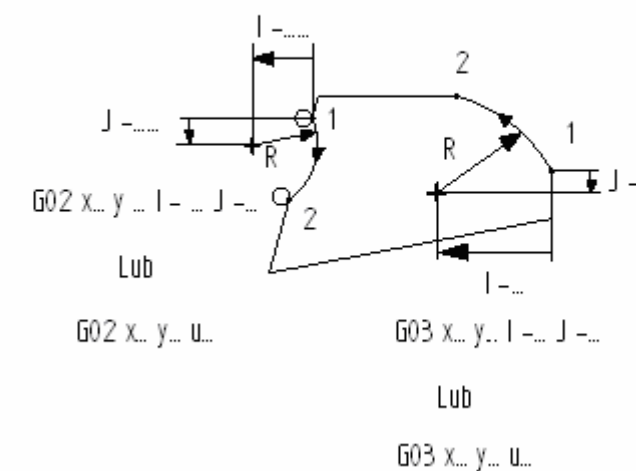
### 3. Punkty Odniesienia



Interpolacja liniowa



Interpolacja kotowa



## Uwagi do pisania programu frezowania

(syst. SINUMERIK 810 M)

1. Starać się podzielić program obróbki na program główny i podprogramy:

np.: program %1, podprogram L1, L2, itd.

2. Program rozpoczynać:

G54

G58 Z5

T1D1 M03 S600 F30 ( F30 - w mm/min).

3. W podprogramie podać:

G54

G58...

T..D..S..F..M..

dalej zaprogramować cykle wybierania lub wiercenia

.....

.....

M17

4. W celu zaprogramowania cykli roboczych należy użyć opcji

GUIDING<sup>F4</sup>/F11/WORK CYCLE<sup>F4</sup>/wybrać F3-F6.

5. Przy programowaniu opcją PATTERN podać parametry dla głębokości

DEPTH<sup>F7</sup>

np.:

F1=2

T= -6

Z wykorzystaniem tokarek można wykonywać również inne operacje, np. wiercenie, gwintowanie

(Film *toczenie gwintów.MPG* )

### Narzędzia do frezowania.

Frezowanie jest najbardziej uniwersalną metodą obróbki skrawaniem, w której główny ruch wykonuje narzędzie (ruch obrotowy), natomiast ruchy posuwowe najczęściej przedmiot obrabiany (szczególnie w osiach 0X i 0Y).

(Film *frezowanie\_1.MPG*)

Podstawowe typy operacji frezowania, jakie obserwujemy na przedmiotach obrabianych, z punktu widzenia toru narzędzia (co również determinuje jego wybór) obejmują:

1. frezowanie czołowe (film *frezowanie\_2.MPG*),
2. frezowanie walcowo – czołowe,
3. frezowanie profilowe (filmy: *frezowanie\_3.MPG*, *frezowanie\_4.MPG*)
4. frezowanie wgłębień,
5. frezowanie rowków,
6. frezowanie toczne,
7. frezowanie gwintów,
8. frezowanie wąskich kanałków i przecinanie,
9. frezowanie z wysokimi posuwami (film *frezowanie\_5.MPG* ),
10. frezowanie wgłębień,
11. frezowanie ze skośnym zagłębianiem,
12. interpolacja śrubowa,
13. interpolacja kołowa,
14. frezowanie trochoidalne,
15. frezowanie zgrubne zagłębiające
16. frezowanie ze stałym kontem opasania narzędzia (ang. true mill)
17. (film *frezowanie\_6.WMV* ),

Zalecana kolejność postępowania przy wyborze narzędzia tokarskiego. Przykład doboru noża (wg CoroKey Twój przewodnik ku produktywności)

1. oprawka
2. płytki wymienna:
  - kształt
  - rozmiar
  - promień naroża
  - geometria
  - gatunek
3. Parametry skrawania

Obliczanie parametrów toczenia.

Prędkość skrawania:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ [m/min]}$$

D[mm] – średnica przedmiotu obrabianego,

n[obr/min] – obroty wrzeciona,

Pi – π (błąd kreatora nie pozwala mi wpisać właściwego symbolu do licznika ułamka ☺)

Posuw na obrót (zależny):

$$f_{obr} = \frac{f}{n} \text{ [mm/obr]}$$

f[mm/min] – posuw na minutę (niezależny),

n[obr/min] – obroty wrzeciona,

Czas obróbki:

$$t_c = \frac{L}{f_{obr} \cdot n} \text{ [min]}$$

L[mm] – długość skrawania,

f<sub>obr</sub>[mm/obr] – posuw na obrót (zależny),

n[obr/min] – obroty wrzeciona

Ff=30 (mm/min)

Ft=5 (mm/min)

i wpisać do programu opcją STORE <sup>F5</sup>.

6. Podprogram można symulować bez uruchamiania programu głównego  
(dlatego trzeba powtórzyć w podprogramie G54, G58, T..D.....).

**Symulacja obróbki**

1. Do symulacji pracy narzędzi należy ustawić wielkość okna obserwacyjnego opcją AREA<sup>F3</sup> oraz wielkość przedmiotu w opcji WORKPIECE<sup>F4</sup>.
2. Do symulacji 3D należy wybrać narzędzie z **katalogu narzędzi** i przypisać go do nr narzędzia użytego w programie, którego pracę chcemy symulować np.: T01 16

T02 14

.....

**Wydruk programu z podprogramem**

%MPF1  
(FREZOWANIE z wybieraniem kieszeni-progr. glowny )  
N10 G54  
N20 G58 Z5.1  
N30 T10 D10 M03 S1000 F150  
N40 G00 X-25 Y-10  
N50 G00 Z-0.1  
N60 G01 X75  
N70 G00 Y-40  
N80 G01 X-25  
N90 G00 Y-25  
N100 G00 Z5  
N110 G00 X75

N120 G01 Z-1

N130 L1 (wywołanie podprogr.)

N140 g00 z150

N150 M30

%SPF1

( Podpr. L1 - można go oddzielnie symulowac )

G54

G58 Z5

T1 D1 M03 S600 F30

G00 Z5

(wybieranie kształtu 1 -'nerka')

R2=1 R3=-5 R10=16 R12=9 R13=90 R15=30 R16=20

R22=25 R23=-25 R24=12 R25=45 R27=2 L904 P1

G00 Z90

(wybieranie kształtu 2 -'prostokat')

R1=2 R2=-2 R3=-9 R6=2 R13=25 R12=40 R15=20 R16=5

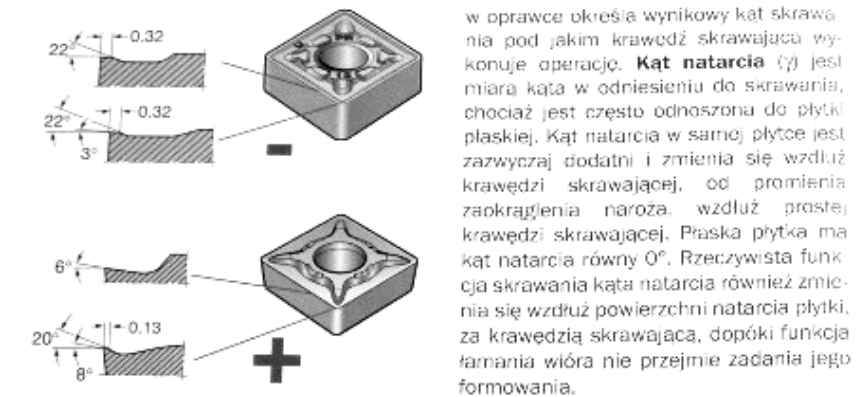
R22=24 R23=-65 R24=8 L903 P1

G00 Z10

M17

Typowe obszary robocze płytek do obróbki zgrubnej i płytek wykańczających.

Duże znaczenie dla możliwości obróbki ma geometria płytki (narzędzia) – kąt natarcia



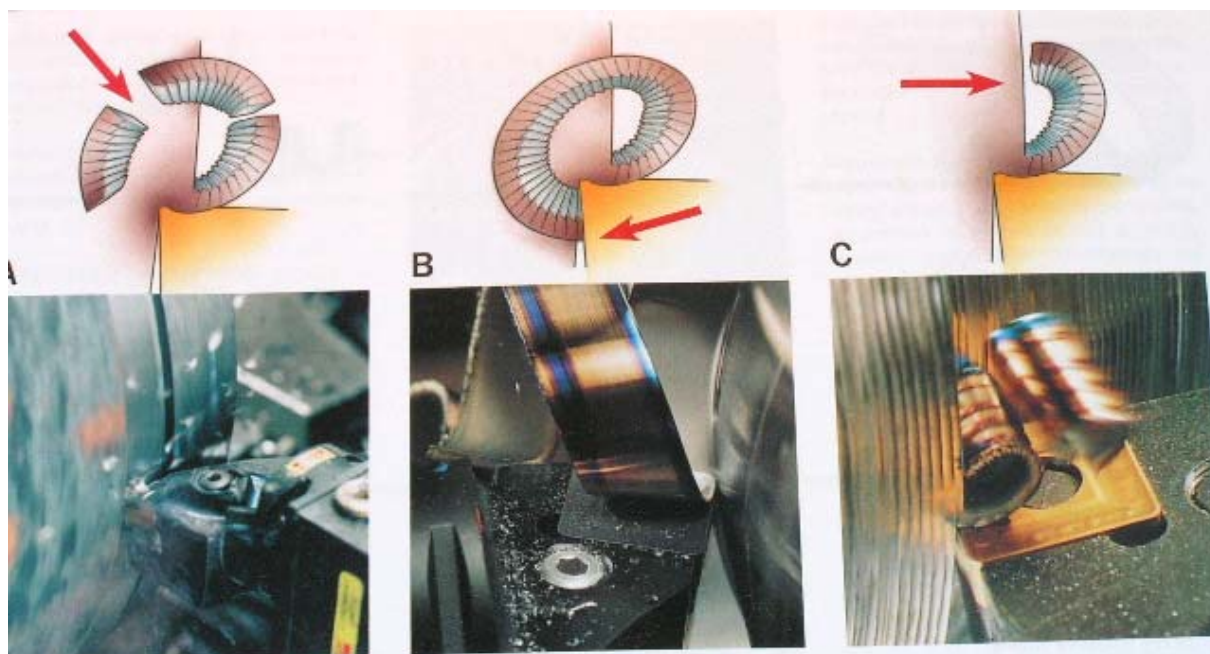
Rys. 57 Układy ujemne i dodatnie płytek.[4]

Zwiększenie kąta natarcia w kierunku dodatnim (+) poprawia ostrość krawędzi skrawającej lecz powoduje obniżenie jej wytrzymałości. Stosuje się dla materiałów miękkich i łatwo obrabialnych oraz gdy przedmiot obrabiany lub obrabiarka mają małą sztywność.

Zwiększenie kąta natarcia w kierunku ujemnym (-) powoduje zwiększenie oporu skrawania. Stosuje się dla materiałów twardych oraz w przypadku, gdy wymagana jest podwyższona wytrzymałość krawędzi skrawającej, np. skórowanie surowych powierzchni.

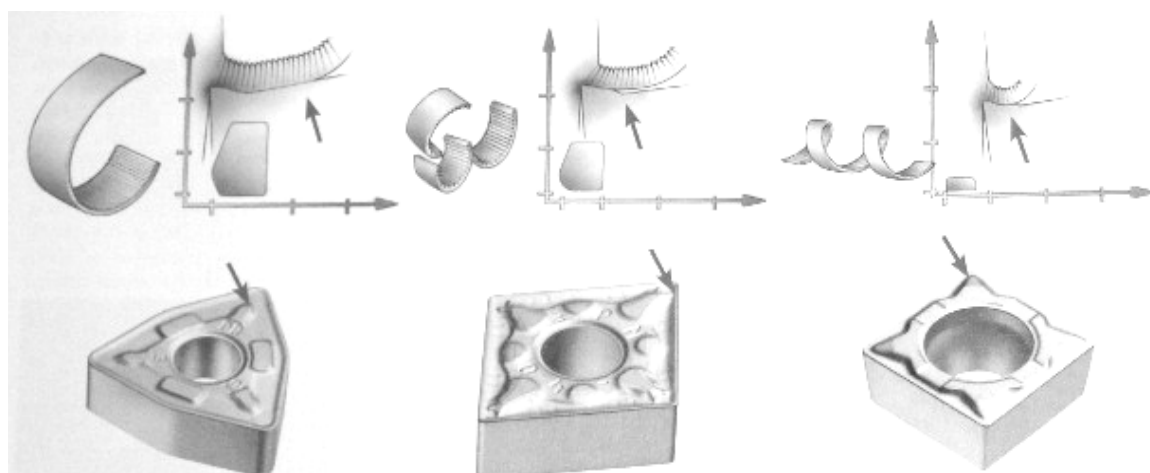
Dobór narzędzi tokarskich

1. Konstrukcja i ograniczenia detalu: duży lub mały, wymagający kształt, długi lub krótki, o zmiennej średnicy, skłonny do drgań, o wąskich tolerancjach i dokładnym wykończeniu powierzchni, itp.
2. Potrzebne operacje: obróbka wewnętrzna i/lub zewnętrzna, obróbka zgrubana, półwykańczająca, operacje wykańczające i uzupełniające, potrzebne zestawienia narzędziowe, operacje dodatkowe z narzędziami obrotowymi, itp.
3. Stabilność i warunki obróbki: wysięg narzędzia, wielkość narzędzia, obróbka przerywana, mocowanie narzędzia, kształt i uwarunkowania przedmiotu obrabianego, skłonności do drgań, uwarunkowania obrabiarki, moc, napęd, itp.
4. Dostępność i wybór obrabiarki: liczba położeń narzędzia, moc, zdolność do wykonywania operacji dodatkowych (np. narzędzia napędzane), wielkość partii detali, doprowadzenie chłodziwa, system mocowania, itp.
5. Materiał przedmiotu obrabianego: gatunek materiału, twardość, stan, wytrzymałość, obrabialność, pręt, skóra odlewnicza, zgorzelina kuźnicza, elementy wstępnie obrobione, zmienność, obróbka na sucho lub na mokro, itp.
6. Wykaz narzędzi i zapasy magazynowe: możliwość administrowania narzędziami, wybór i wdrożenia strategii, standaryzacja, itp.
7. Ekonomiczne aspekty obróbki: optymalizacja obróbki, czas toczenia, trwałość narzędzia, najnowsze osiągnięcia, rodzaj komórek produkcyjnych, racjonalizacja czasu przestojów, itp.

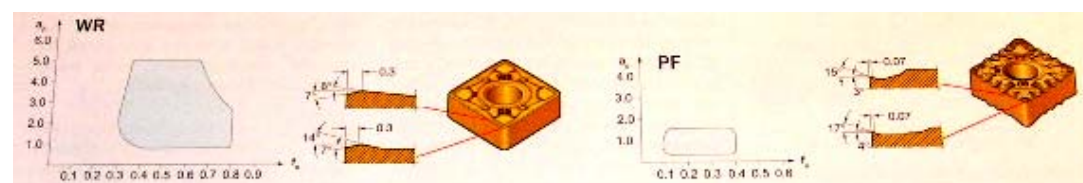


Rys. 54 [4]

Dlatego producenci narzędzi projektują łamacze wiórów jako część geometrii płytki dla różnych kombinacji posuw/głębokość skrawania.



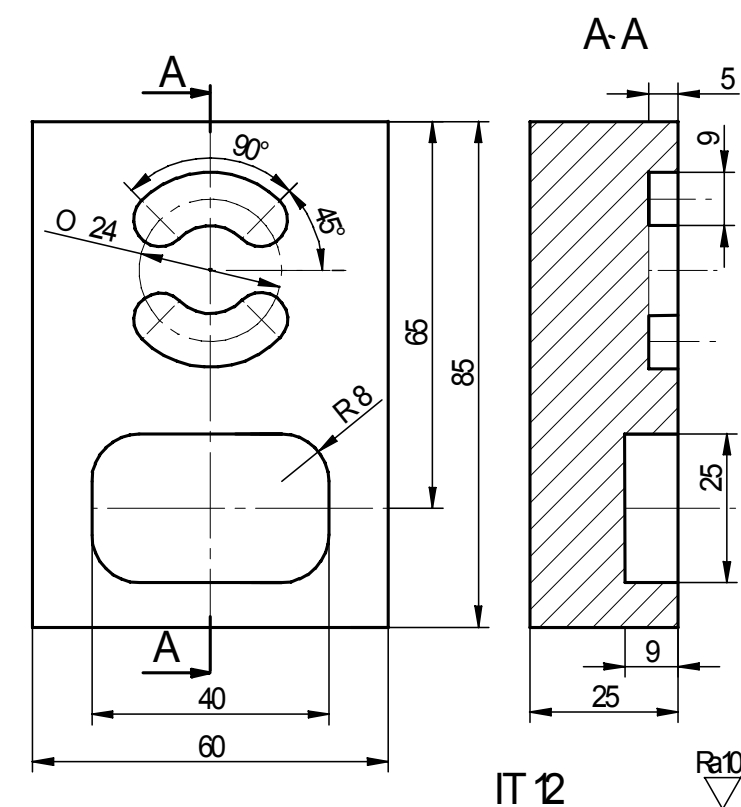
Rys. 55 Łamacze wióra.[5]



Rys. 56 Zalecane zakresy obróbki dla płytek ujemnych i dodatnich.[4]

## PRZYKŁADY PROGRAMÓW NA FREZARKE EMCO 50

Przykład 1.



%MPF1

(program główny frezowania z wybieraniem)

N10 G54

N20 G58 Z5.1

( frez. powierzchni )

N30 T10 D10 M03 S1000 F150

N40 G00 X0 Y0

N50 G01 Z-0.1

N60 G01 Y-100

N70 G01 X60

N80 G01 Y0

N90 G01 X30



NI00 G01 Y-100

N110 G00 Z80

N120 M00

( wybieranie dwóch kieszeni w podprogramie)

N130 L1

N140 M30

%SPF1

(podpr. do programu %1)

N10 G58 Z5

N20 T1 D1 M03 S600 F30

N30 G00 Z2

(wybieranie kieszeni „nerki”)

N40 R2=1 R3=-5 R10=16 R12=9 R13=90 R15=30 R16=20

R22=30 R23=-25 R24=12 R25=45 R27=2 L904 P1

N50 G0 Z90

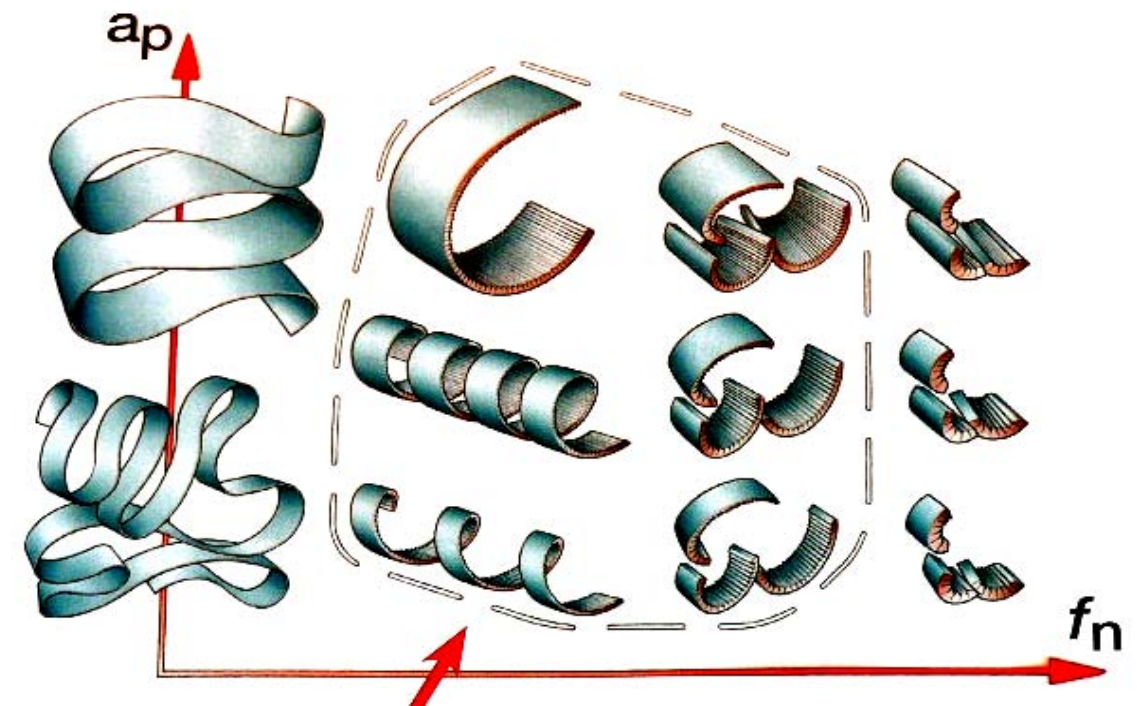
(wybieranie kieszeni „prostok.”)

N60 R1=2 R2=-2 R3=-9 R6=2 R13=25 R12=40 R15=20 R16=5 R22=30 R23=-65 R24=8

L903 P1

G00 Z10

M17



Na przekrój poprzeczny formowanego wióra więc również na sposób jego łamania, kąt przystawienia  $K_r$  oraz promień naroża. Wraz ze zmniejszeniem kąta przystawienia zwiększeniu ulega grubość wióra i rośnie jego szerokość.

Kształt wióra jest oczywiście związany z rodzajem obrabianego materiału: wióra o dużych długościach powstają łatwiej przy obróbce materiałów plastycznych, a okruchy przy materiałach kruchych.

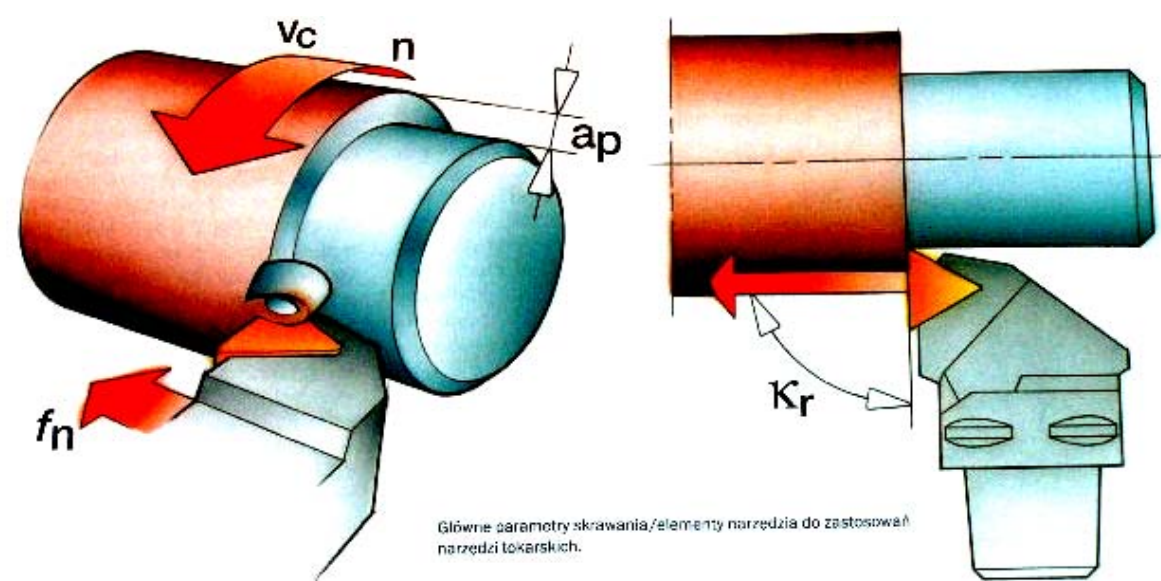
Istnieją 3 podstawowe metody łamania wióra (rysunek 54):

A, łamanie samoczynne (np. podczas toczenia żeliwa),

B, łamanie narzędziem,

C, łamanie o detal.





Kr – kąt przystawienia.

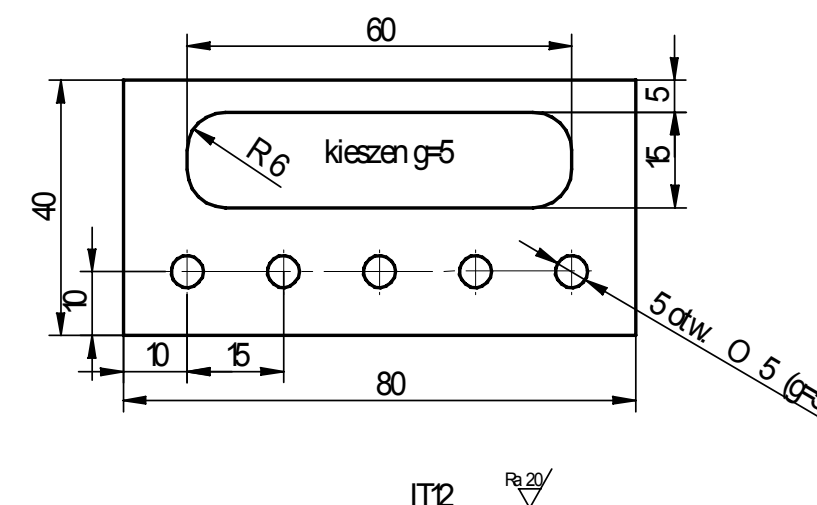
Rys. 52 Podstawowe parametry procesu toczenia[4]

### Formowanie wióra.

Proces toczenia ma na celu nie tylko usunięcie nadmiaru materiału z dużą wydajnością, ale również zapewnienie jakości i niezawodności. Najprostszą metodą określenia poprawności doboru narzędzi i parametrów jest obserwacja wióra. Szczególne znaczenie ma to dla tokarek sterowanych numerycznie, gdzie duże ilości długich wiórów mogłyby powodować przerwy w procesie technologicznym.

Zalecany kształt wióra oraz jego zmienność w zależności od posuwu i głębokości skrawania przedstawia Rys. 53 (wg [4])

Przykład 2.



%MPF2

N10 G54

( wiertło d=5 )

N20 T2 D2 F200 S1250 M3

N30 G0 X0 Y0 Z2

( cykl wierc. 5-ciu otw. )

N40 R2=2 R3=-5 RI0=3

RI8=10 RI9=15 R22=0 R23=10 R25=0 R27=5 R28=81

L906 P1

N50 G0 X0 Y0 Z20

N60 M0

( wymiana narzędzia na frez d=10 )

N70 T1 D1 F250 S1500 M3

N80 G0 Z5

( frezow. kieszeni )

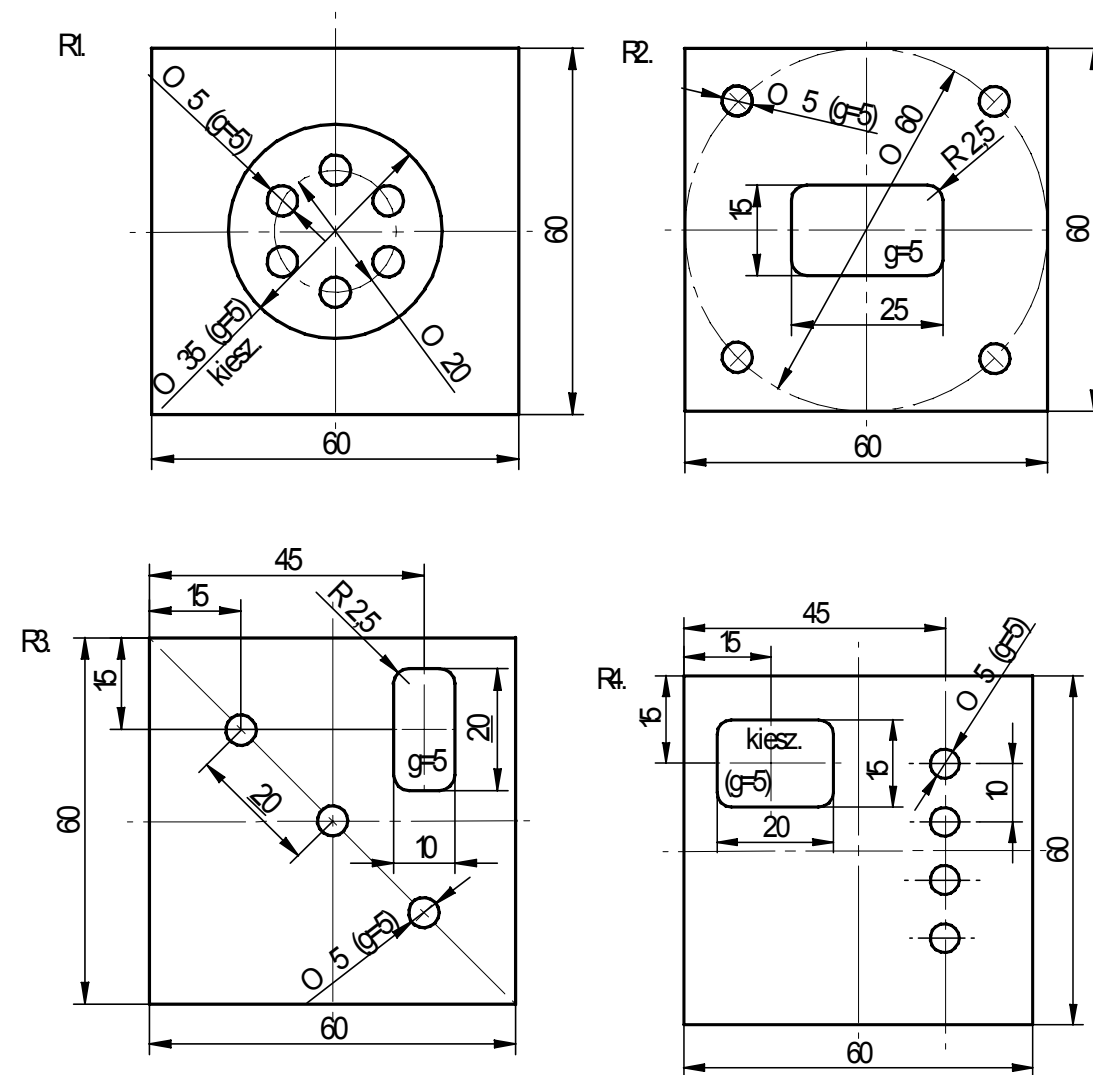
N90 R1=3 R2=2 R3=-5 R6=2 R12=60 R13=15 R15=200 R16=100

R22=40 R23=20 R24=6 L903 P1

N100 G0 X0 Y0 Z20

N110 M30

## ZADANIA DO WYKONANIA

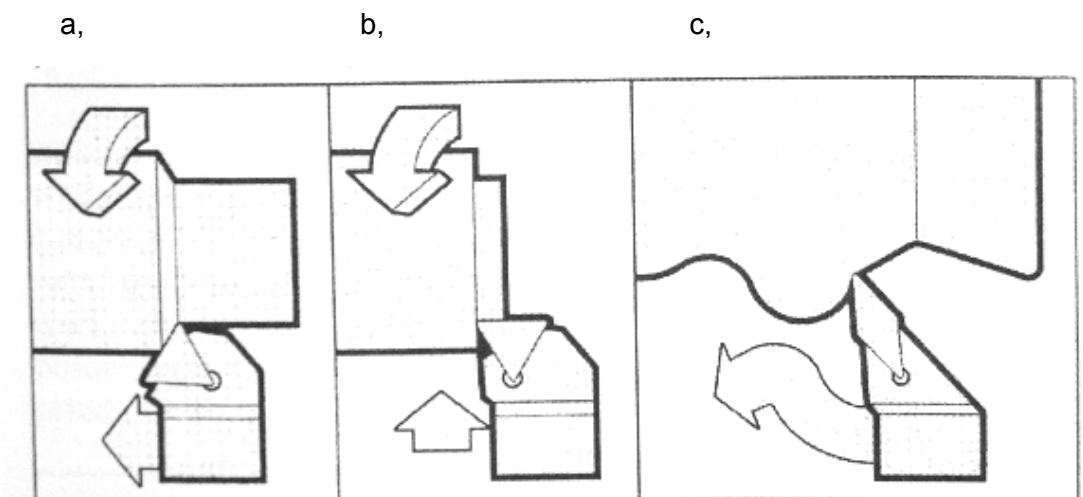


Rys. 50 Rodzaje toczenia.[4]

Ze względu na położenie powierzchni obrabianych wyróżnić można:  
 toczenie powierzchni zewnętrznych (obtaczanie),  
 toczenie powierzchni wewnętrznych (wytaczanie).

Ze względu na kierunek ruchu posuwowego (patrz rysunek 51) wyróżnić można:

- a, toczenie wzdłużne – kierunek ruchu posuwowego jest równoległy do osi obrotowej przedmiotu obrabianego,
- b, toczenie poprzeczne (w tym również przecinanie i toczenie rowków) – kierunek ruchu posuwowego jest prostopadły do osi obrotowej przedmiotu obrabianego),
- c, toczenie profilowe.



Rys. 51 [4]

Określając przebieg procesu toczenia bierze się pod uwagę 3 podstawowe parametry:

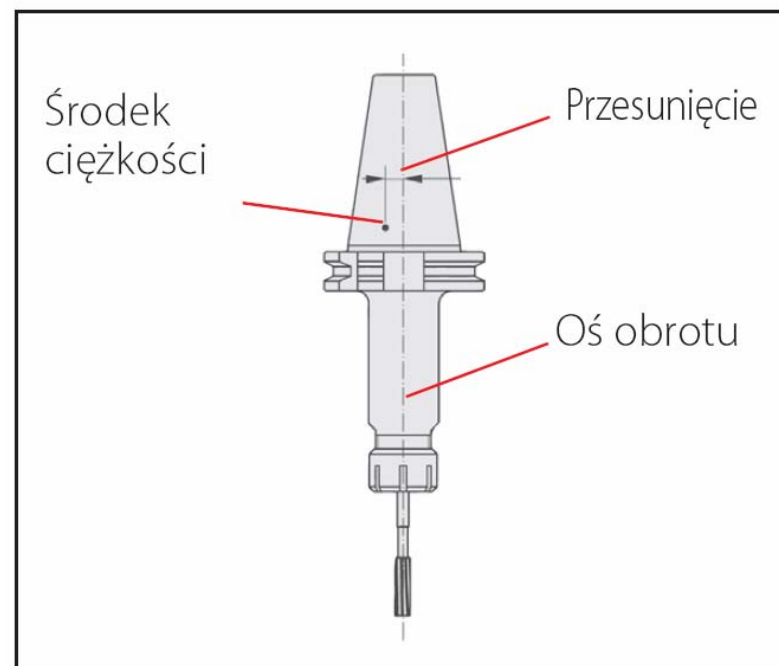
$n$  – prędkość obrotową wrzeciona, z której łatwo można obliczyć prędkość skrawania  $V_c$ ,

$f_n$  – posuw,

$a_p$  – głębokość skrawania.

możliwość zastosowania wyważania (szczególnie istotne przy wysokich obrotach)

Na czym polega niewyważenie przedstawia poniższy rysunek.

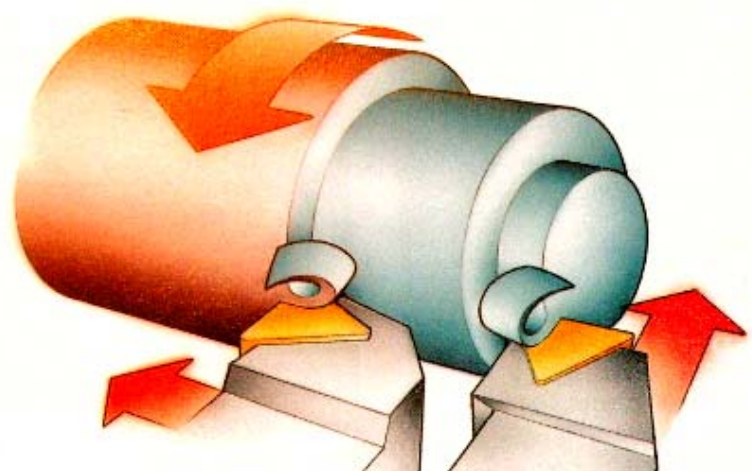


Rys. 49 Przesunięcie środka ciężkości układu z osi oprawki i narzędzia

#### Narzędzia tokarskie.

Toczenie jest metodą obróbki skrawaniem pozwalającą na wykonywanie kształtów cylindrycznych. Toczenie wykonuje się za pomocą narzędzia jednoostrzowego. W większości przypadków narzędzie wykonuje tylko ruch posuwowy, zaś ruch „główny” wykonuje przedmiot obrabiany (obrót wokół własnej osi).

(Filmy: *toczenie\_1.MPG* i *toczenie\_2.MPG* )

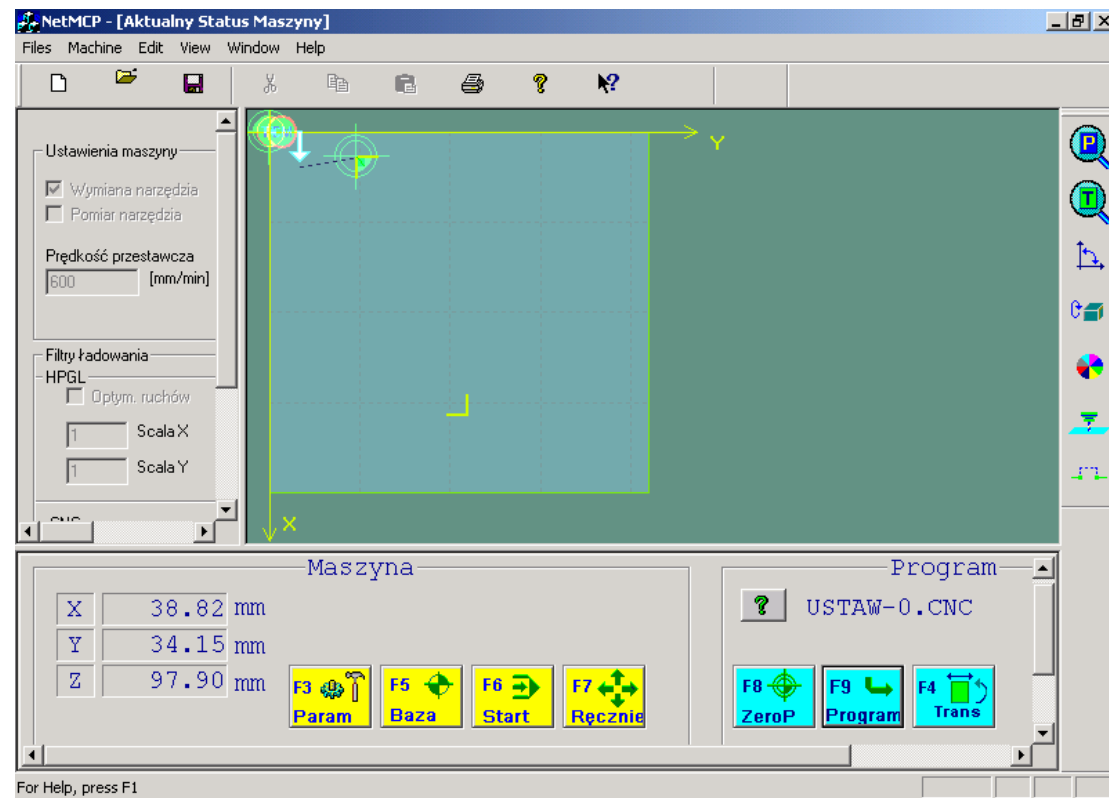


## OBSŁUGA FREZARKO-GRAWERKI

### CNC FGS-4240



1. Włączyć komputer sterujący obrabiarką oraz obrabiarkę.
2. Uruchomić program sterujący maszyną o klikając w ikonę **Skrót do NETMCP.EXE**.
3. Zamocować materiał obrabiany na stole obrabiarki.
4. Zamocować w uchwycie wrzeciona pierwsze narzędzie skrawające (następne narzędzia będą mocowane w trakcie obróbki, po zatrzymaniu się maszyny przed rozpoczęciem następnego zabiegu wymagającego wymiany narzędzia).
5. Przeprowadzić bazowanie obrabiarki (najazd na punkt referencyjny) przyciskając klawisz **F5** lub opcją z menu głównego **F5-Bazuj**.



6. Przeprowadzić ręczne ustawienie punku zerowego (P0(X,Y,Z)) np. na lewym górnym rogu materiału obrabianego korzystając z opcji

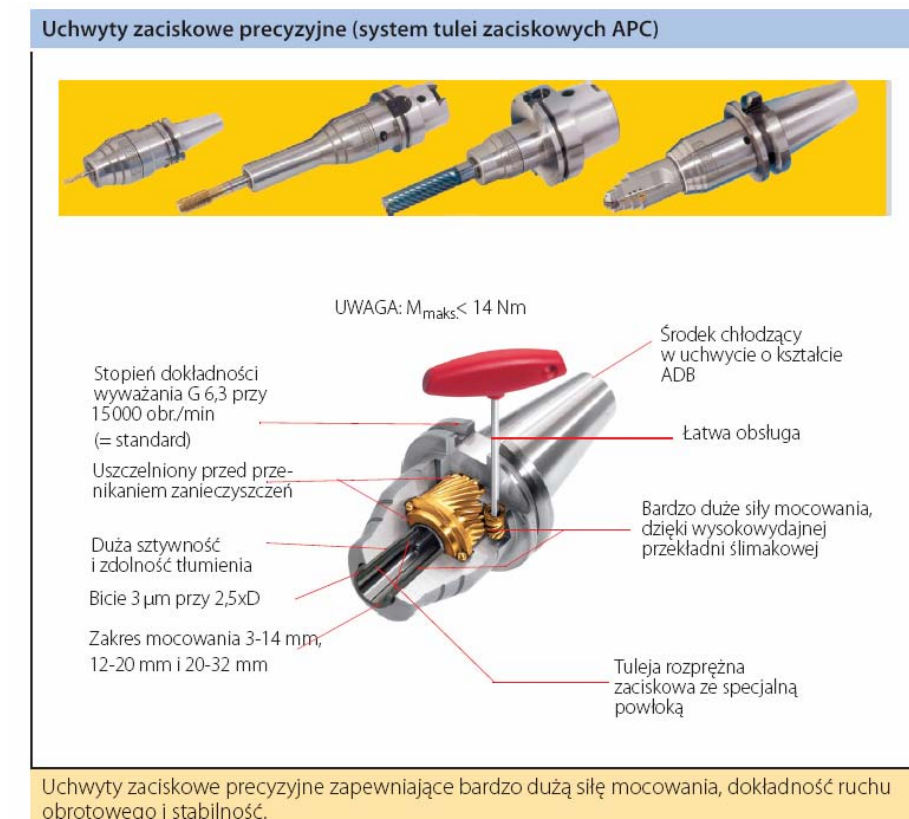
#### F7-Ręcznie:

- zetknąć „na papierek” narzędzie skrawające z boki materiału obrabianego w osi **X** i odczytać w oknie współrzędnych aktualne położenie narzędzia w osi **X** i zapisać go. Podobne działanie wykonać w osi **Y** a potem w osi **Z**,
- zapisane wartości współrzędnych **X** i **Y** powiększone o połowę średnicy zamocowanego narzędzia, należy wpisać do odpowiednich pól w opcji

**F8-Zero** w kolumnach **P0**, **P1**, **Offset programu**, (te same wartości),

- postępując jak poprzednio można określić współrzędne **X,Y**, dla punku **P2** (odczytane wartości dla drugiego rogu przedmiotu teraz należy pomniejszyć o

Rys. 46 Systemy mocowania narzędzi.[3]



Rys. 47 Systemy mocowania narzędzi.[3]



Rys. 48 Systemy mocowania narzędzi.[3]

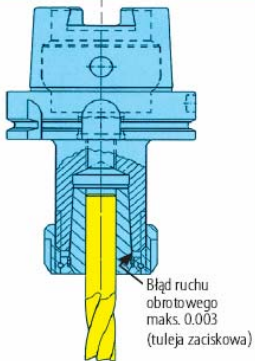
Oprócz powyżej opisanych cech uchwytów frezarskich zwrócić należy uwagę również na: średnicę uchwytu (oprawki termokurczliwe posiadają najmniejszą średnicę), długość części chwytowej i możliwość jej regulacji, możliwość zastosowania chłodzenia wewnętrznego, tłumienie drgań,



**Mocowanie narzędzia.**

Oprócz typu uchwytu (tego, co chwytą obrabiarka) istnieje szereg metod mocowania narzędzia w oprawce. Poniżej przedstawiono schematycznie najczęściej stosowane.

**Uchwyt zaciskowy do tulei zaciskowych (tuleje zaciskowe OZ) według DIN 6388 - A**



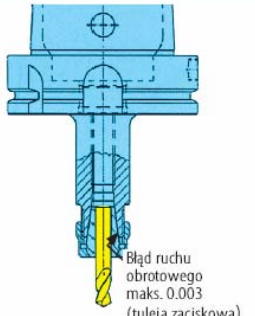
**Cecha:**

- dokładność ruchu obrotowego: **0,025 mm** (cały układ).

**Zastosowanie:**

- mocowanie narzędzi z chwytem walcowym w tulejach zaciskowych według DIN 6388,
- uchwyt uniwersalny do frezowania (obróbka zgrubna i wykańczająca) oraz wiercenia.

**Uchwyt zaciskowy do tulei zaciskowych (tuleje zaciskowe ER) według DIN 6499 - A**



**Cecha:**

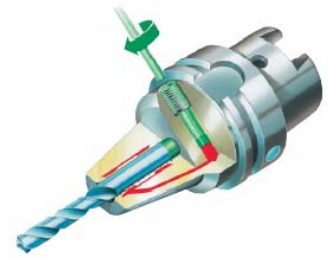
- dokładność ruchu obrotowego: **0,015 mm** (cały układ) = standard,
- dokładność ruchu obrotowego: **0,003 mm** możliwa do osiągnięcia = zoptymalizowany uchwyt precyzyjny.

**Zastosowanie:**

- mocowanie narzędzi z chwytem cylindrycznym w tulejach zaciskowych według DIN 6499,
- uchwyt uniwersalny do frezowania (obróbka zgrubna i wykańczająca) oraz wiercenia.

Rys. 45 Systemy mocowania narzędzi.[3]

**Uchwyt zaciskowy hydrauliczny (HD)**



**Cecha:**

- dokładność ruchu obrotowego: **0,003 mm** (przy 2,5xD),
- maksymalna prędkość obrotowa: **40000 obr./min**,
- dokładne mocowanie współosiowe,
- przenoszenie dużych momentów obrotowych,
- bezobsługowy (układ zamknięty),
- wyeliminowanie zużycia na średnicy mocowania,
- większa trwałość narzędzi (nawet 4-krotnie),
- regulowane siły mocowania,
- możliwość mocowania chwytów narzędziowych z przekrojem nieciągłym.

**Zastosowanie:**

- bardzo dokładne mocowanie narzędzi z chwytem walcowym oraz chwytów walcowych z bocznymi powierzchniami zabierakowymi,
- uniwersalny uchwyt do frezowania (obróbka zgrubna i wykańczająca) oraz wiercenia,
- częściowo do obróbki HSC, ponieważ posiada właściwości tłumiące.

połowę średnicy frezu), zmierzyć współrzędną **Z** mierzonego rogu obrabianego materiału. Pomierzone wartości współrzędnych wpisać w kolumnie **P2**,

- jeśli chcemy przeprowadzić obróbkę w określonej części materiału obrabianego to należy

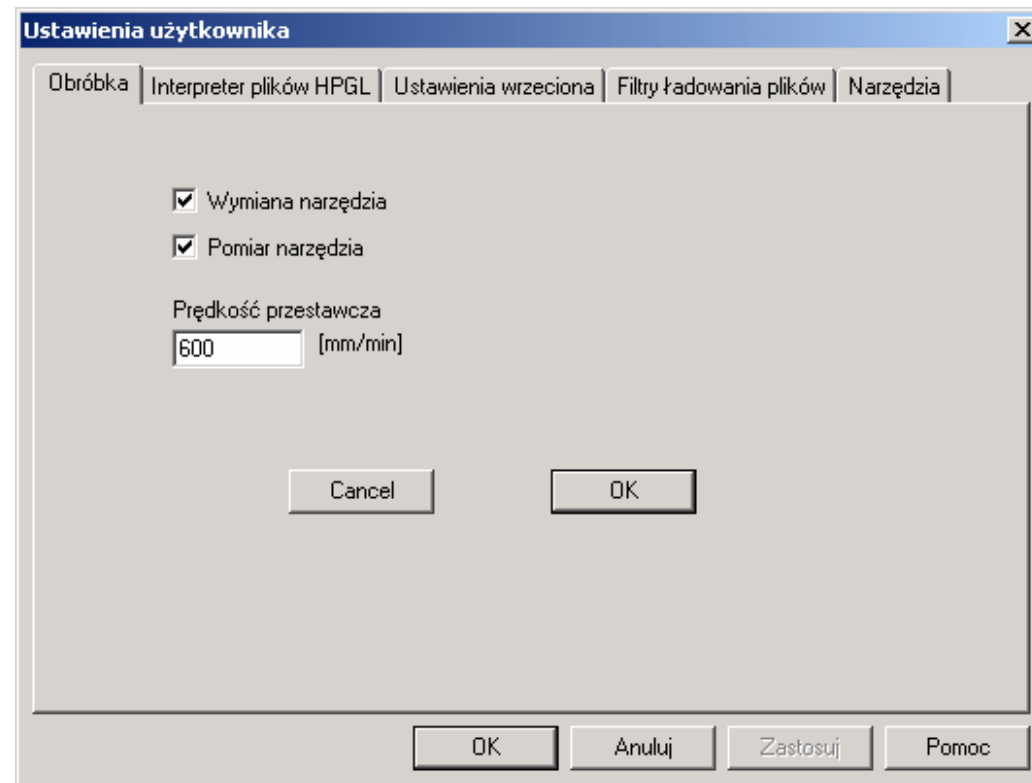
**Offset**

	Offset programu	Znaczniki			Zakres maszyny	
		P0	P1	P2	Min.	Max.
X [mm]	28.82	28.82	28.82	313.82	0.00	400.00
Y [mm]	96.71	96.71	96.71	219.71	0.00	420.00
Z [mm]	36.16	36.16	36.16	74.10	0.00	100.00

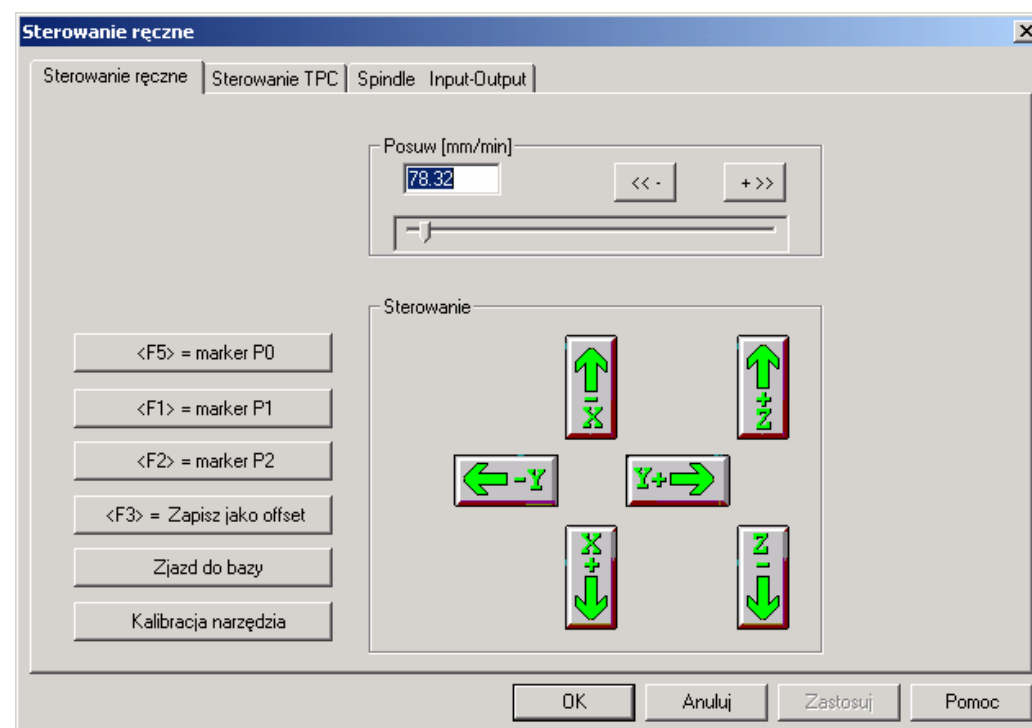
Cancel OK

wielkość tego przesunięcia w osiach **X,Y,Z** wpisać w kolumnie **Offset**.

7. Opcji **Ustawienia użytkownika/Obróbka** włączyć **Wymiana narzędzia** oraz **Pomiar narzędzia** co spowoduje, że po każdej wymianie narzędzia odbędzie się najazd na czujnik pomiaru długości narzędzia i automatyczne zmierzenie jego korektora w osi **Z**.



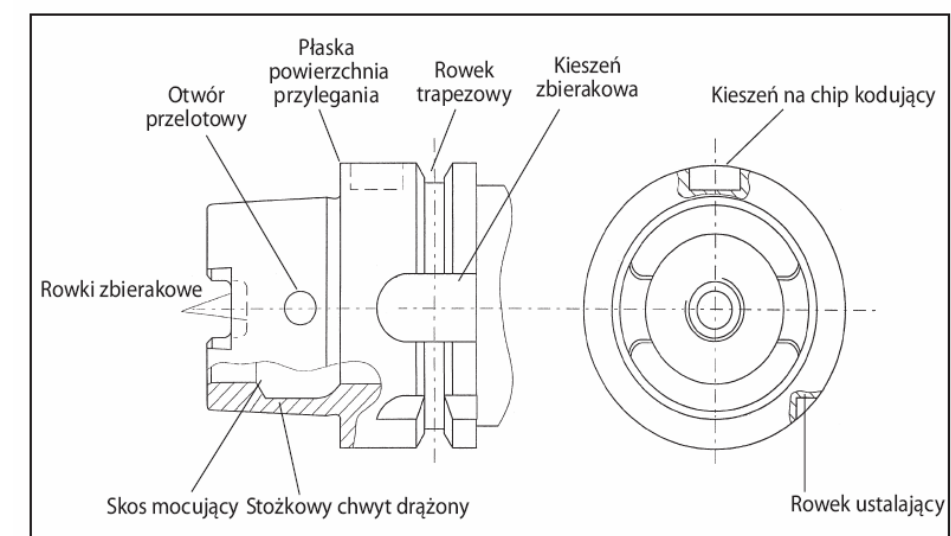
8. Wpisać wymiary średnicowe używanych w programie narzędzi, w opcji **Ustawienia użytkownika/Narzędzia**



przydatność do wysokich prędkości obrotowych,  
duża powtarzalność przy wymianie narzędzi,  
wyeliminowanie konieczności używania sworznia dociągającego,  
większa (niż w przypadku SK) szybkość wymiany narzędzia.

Istnieje szereg modyfikacji kształtu uchwyty HSK (zgodnie z normami, np. ISO 12164-1)

Wygląd i podstawowe elementy uchwyty HSK *według DIN69893, kształt A* przedstawia rysunek 44.

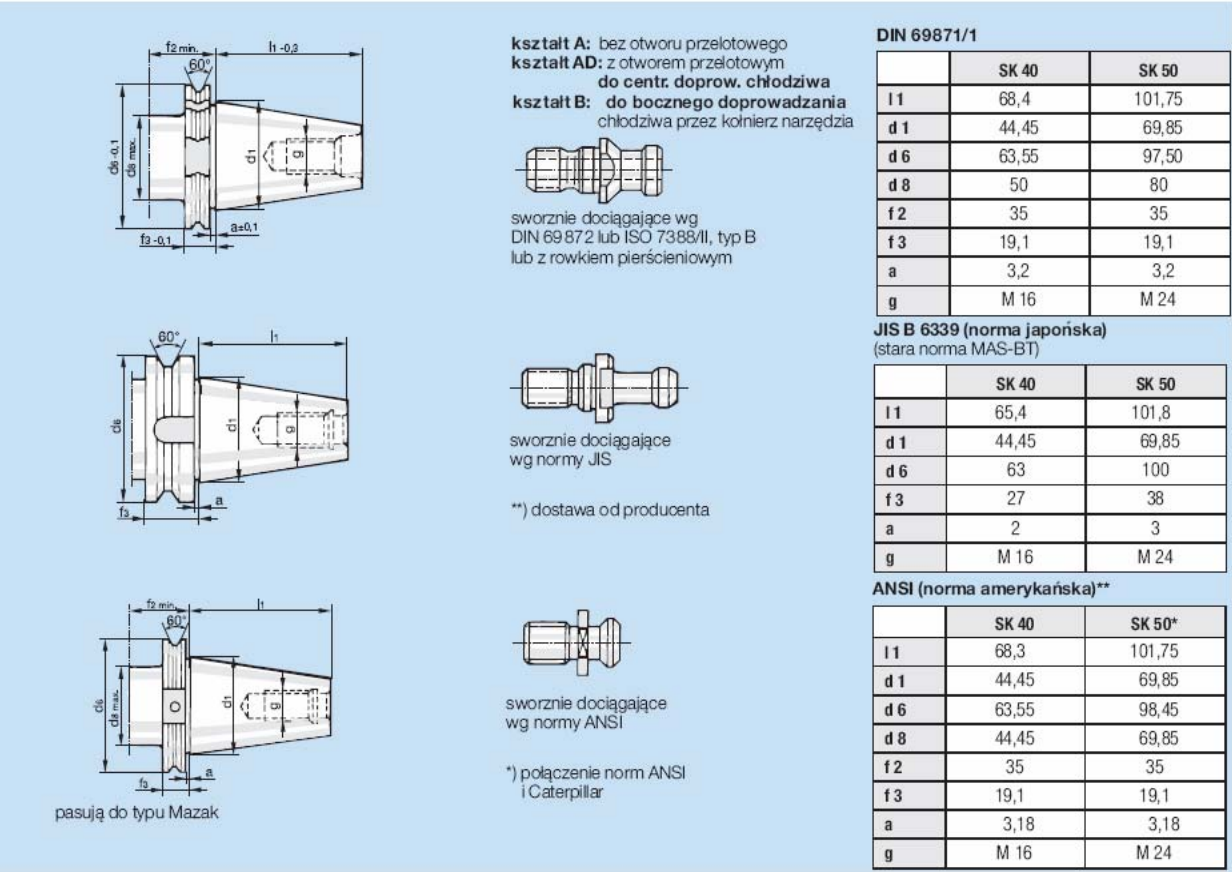


Rys. 44

Wadą jest powiększanie się stożka wrzeciona wskutek wysokiej prędkości obrotowej. Pod wpływem siły odśrodkowej przylegające powierzchnie ulegają zmniejszeniu i tym samym zmniejsza się możliwość przenoszenia momentu obrotowego przez siłę tarcia.

W najbardziej niekorzystnym przypadku może dojść do przesunięcia narzędzia.

Rodzaje uchwytów SK przedstawia poniższa tabela.



Rys. 43

Uchwyty SK są stosowane głównie w obrabiarkach do obróbki ciężkiej (SK 50), posiadających duże moce i stosunkowo niewielki prędkości obrotowe.

Uchwyty HSK

Chwyt ten znalazł szerokie zastosowanie w obróbce skrawaniem. W nowoczesnych centrach obróbkowych jest stosowany w maszynach wysokoobrotowych z uwagi na niżej wymienione zalety:

- dokładność (stałe ustawienie osiowe, dzięki czołowej powierzchni przylegania),
- szytywność (możliwość przejmowania dużych momentów zginających),

9. W opcji **Sterowanie ręczne** kliknąć przycisk **Kalibracja narzędzia** co spowoduje najazd zamocowanego narzędzia na czujnik w celu zmierzenia jego długości.
10. Wczytać program obróbki przedmiotu klikając ikonę **F9-Program**. Programy obróbcze **CNC** posiadają rozszerzenie **.cnc**, a pliki grawerskie **.plt**.
11. Przeprowadzić symulację obróbki. Jeśli trzeba, to można zmienić orientację przedmiotu obrabianego i powiększenie. Podczas symulacji obserwować ruchy narzędzia. Jeśli uznamy, że coś trzeba zmienić należy poprawkę wprowadzić w pliku obróbki korzystając z menu **Edycja**. Po dokonaniu zmian należy zapisać plik i ponownie wczytać go do systemu.
12. Zamknąć osłonę chroniącą obsługę przed wiórami i uruchomić obróbkę klikając myszką w przycisk **F6-Start**. Podczas pierwszego uruchomienia programu obserwować zachowanie się maszyny aby być gotowym na natychmiastowe przerwania obróbki, w przypadku pojawienia się niezamierzonego zachowania się, klawiszem **ESC**. Kontynuację obróbki od linii przerwania można wykonać klawiszem **ENTER**. Podczas pracy można zmieniać prędkość posuwową narzędzia klawiszami klawiatury numerycznej „+” lub „-”.
13. Jeśli w programie obróbki zastosowano kilka kolejnych narzędzi skrawających to po każdym zabiegu (zatrzymaniu się maszyny) należy dokonać ręcznej wymiany narzędzia.
14. Jeśli zajdzie potrzeba poprawienia istniejącego programu to należy go otworzyć w opcji **Files/Edit**, dokonać potrzebnych zmian i wykorzystując opcję **Save as** zapisać go w wybranym miejscu dysku lub na nośniku zewnętrznym. Aby zmiany zaskutkowały w programie obróbki należy poprawiony i zapisany program wczytać jeszcze raz do sterownika wykorzystując przycisk **F9-**





przewodnością elektryczną i ciepłą oraz małą gęstością. Do podstawowych wad tych materiałów należy duża kruchość.

### Materiały supertwarde

Do materiałów supertwardych należą diament polikrystaliczny (**PKB**) i regularny azotek boru (**CBN**).

Regularny azotek boru (**CBN**) jest stosowany jako polikrystaliczny materiał na narzędzia

skrawające w trzech różnych rodzajach wykonania:

- pełne płytki skrawające,
- powłoka nakładana przez spiekanie na podłożu ze stopów twardych,
- materiał skrawający, lutowany na podłożu stopu twardego.

Właściwości:

- wysoka twardość,
- wysoka twardość w temperaturach do 2000°C,
- wysoka odporność na zużycie abrazyjne,
- względnie kruchy, jednak bardziej ciągliwy i twardszy niż spieki ceramiczne,
- dobra stabilność chemiczna podczas skrawania.

Diament polikrystaliczny (**PKD**), stosowany do wyrobu narzędzi skrawających, jest materiałem najtwardszym. Niezwykła twardość zapewnia odporność na zużycie abrazyjne. Okresy trwałości przy obróbce za pomocą PKD są w porównaniu ze stopem twardym nawet 100-krotnie większe. Pomimo tych pozytywnych cech, zastosowanie PKD napotyka również na następujące ograniczenia:

- temperatura strefy skrawania nie wyższa niż 600°C,
- ze względu na powinowactwo nie nadają się do obróbki materiałów żelaznych,
- nie nadają się do obróbki materiałów ciągliwych, o wysokiej wytrzymałości.

Materiał ten jest przeznaczony do:

- materiałów nieżelaznych i niemetalicznych,
- obróbki wymagającej wysokiej dokładności i jakości powierzchni.

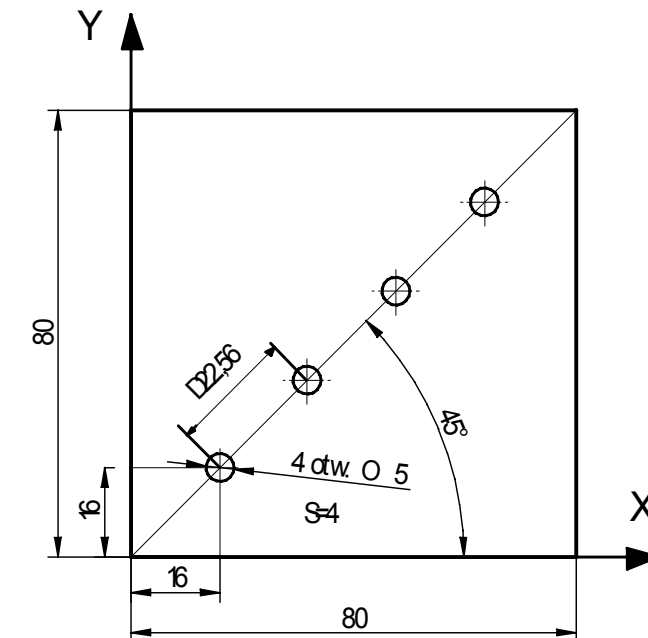
### Powłoki ochronne

Pokrywanie ostrzy twardymi i odpornymi na zużycie warstwami o grubości od kilku do kilkunastu  $\mu\text{m}$  w zasadniczy sposób przedłuża ich trwałość. Na pokrycia stosowane są trudnotopliwe związki węgla, azotu, boru z metalami przejściowymi, niektóre tlenki jak również materiały supertwarde.

Starannie dobrana do zadania obróbkowego, powłoka ostrza narzędzia pozwala na osiągnięcie niżej wymienionych korzyści:

- wydłużenie okresu trwałości,
- mniejsze siły skrawania,
- wyższe prędkości skrawania i posuwu,

### 1. Program z cyklem obróbki otworów leżących na prostej (G78).



%%%%%%%%

(Obróbka otworów leżących na prostej cyklem G78)

(Mater. – PA6T; 80 x 80, g=30)

(T1-wiertło d=5)

N10 G90

N20 T1 S2000 F150 M3

N30 G0 X16 Y16

N40 G0 Z6

N50 G81 Z-8 W4

N60 G78 X16 Y16 D25.56 S4 A45

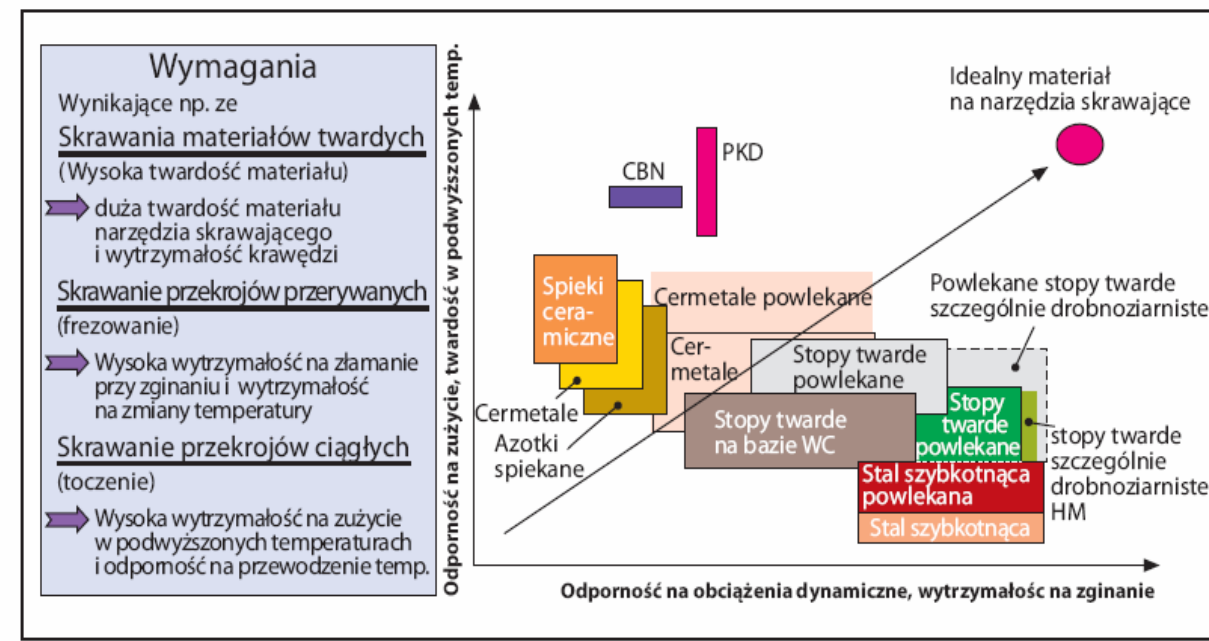
N70 G0 X-10 Y-10 Z40

N80 M5

N90 M30

%%%%%%%%





Rys. 41 Materiały na narzędzia skrawające.[3]

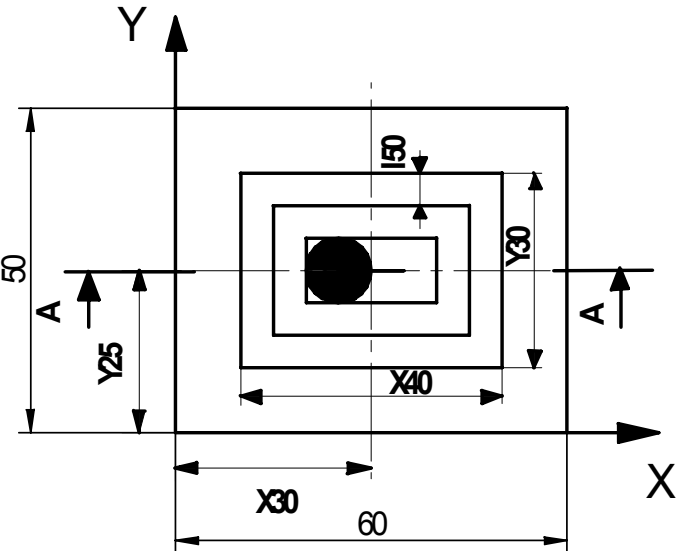
### Stal szybko tnąca HSS (z angielskiego high speed steel)

Stal szybko tnąca jest wysokostopową stalą narzędziową. Charakteryzuje się dużą ciągliwością i dobrą odpornością na ścieranie. Ponadto posiada wysoką odporność na obciążenia dynamiczne. Cechę tę realizuje się przez zastosowanie stali narzędziowej zawierającej węgla 0,75-1,3% oraz dodatków stopowych chromu 3,5-5,0%, wolframu 6-19%, wanadu 1,0-4,8%, molibdenu 3,0 do 10%, a w niektórych gatunkach także i kobaltu 4,5-10,0%, oraz odpowiednią obróbkę cieplną. W jej czasie dokonuje się wyżarzania, tak by dodatki stopowe utworzyły związki z węglem, tzw. węgliki, które w znacznym stopniu muszą się rozpuścić w ferrycie. Obecnie, ze względu na równomierność rozkładu węglików, wykorzystuje się stale szybko tnące wytwarzane metodą metalurgii proszków, które cechuje jednorodność składu chemicznego i struktury.

Domieszka stopowa kobaltu (HSS Co 8) znacząco poprawia właściwości stali szybko tnącej.

Polska Norma wymienia szereg stali szybko tnących, między innymi SW18, SW7M, SW12C, SKC, SK5V, SK5M, SK8M, SK10V.

### 3. Cykl obróbki kieszeni prostokątnej (G87)



.....

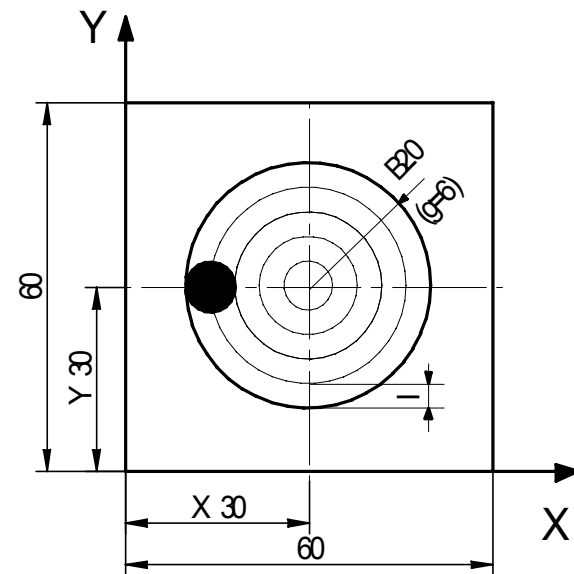
G0 Z7

G87 X40 Y30 Z-18 I50 K2 W4

G79 X30 Y25

.....

#### 4. Cykl obróbki kieszeni okrągłej (G88)



.....

G0 Z6

G88 Z-9 B20 I50 K2 W3

G79 X30 Y30

.....

Kąt przyłożenia musi być dostatecznie duży, tak aby zawsze do obrabianego przedmiotu

przylegało tylko ostrze, w celu uniknięcia tarcia.

Należy dbać o właściwe odprowadzanie wiórów, aby uniknąć spiętrzeń ciepła.

Środki chłodzące z reguły nie są konieczne, jednak stosuje się je przy wytwarzaniu dużej ilości ciepła i do odprowadzania wiórów (np. przy wierceniu i gwintowaniu). Można używać do tego zwykłych środków chłodzących. Przy obróbce tworzyw mających skłonność do pękania naprężeniowego, jak np. PC, należy używać do chłodzenia wody albo sprężonego powietrza.

Na narzędzia dobrze nadają się do skrawania występujące w handlu płytki ze stopów twardych oraz narzędzia ze stali HSS. Stosunkowo niewielka twardość nie stawia żadnych szczególnych wymagań jakości materiału narzędzi skrawających. Geometrię ostrzy, stosowaną do obróbki metali i drewna, można zastosować bez zmian przy skrawaniu tworzyw sztucznych. W tych warunkach prawie niezauważalne jest zużycie krawędzi skrawających i tym samym trwałość jest prawie nieograniczona.

#### Podział materiałów na narzędzia skrawające

Zazwyczaj materiałom na narzędzia skrawające (część czynna narzędzia) stawia się

poniższe wymagania:

- duża twardość i wytrzymałość na ściskanie,
- wysoka wytrzymałość na zginanie i odporność na obciążenia dynamiczne,
- duża odporność na zużycie,
- duża odporność na temperaturę.

Hierarchia wyżej wymienionych wymagań zależy od konkretnego zadania obróbkowego.

Materiały na narzędzia skrawające można podzielić w następujący sposób:

stopowymi są molibden i wolfram. Odporne na korozję stopy niklu zawierają chrom, molibden i miedź.

Zasadniczo stopy podstawowe zaliczają się do materiałów trudnoskrawalnych. W przypadku stopów utwardzalnych obróbka wykańczająca powinna odbywać się w stanie utwardzonym. Stopy odlewnicze, ze względu na gruboziarnistą strukturę i małą wytrzymałość międzyziarnową, są trudnoskrawalne. Wyrywane cząstki materiału i pęknięcia na granicach ziaren pogarszają często jakość powierzchni. Ze względu na powstające wysokie temperatury skrawania, obróbka stopów podstawowych niklu wymaga skrawania przy użyciu zoptymalizowanych narzędzi o ostrych ostrzach, najczęściej ze stopów twardych albo spieków ceramicznych. Ponieważ stopy te często silnie "mażą się" przy tworzeniu wiórów oraz wskutek możliwości uzyskania stosunkowo niskich prędkości skrawania mają skłonność do tworzenia narostów na ostrzach, więc narzędzia powinny posiadać względnie duży kąt natarcia  $\gamma$  (około 5° do 15°) oraz dostatecznie duży kąt przyłożenia  $\alpha$  (6° do 10°).

#### *Stopy kobaltu*

Stopy kobaltu ze względu na swoją dobrą odporność cieplną i żaroodporność są stosowane jako materiały konstrukcyjne do około 950°C. Ograniczone zasoby kobaltu skłaniają do stosowania stopów nie zawierających kobaltu albo zawierających kobalt w stopach, których podstawę stanowi nikiel, np. do budowy zespołów napędowych.

Porównywalne dane na temat skrawalności stopów podstawowych kobaltu występują tylko w ograniczonym zakresie. Ogólnie obowiązuje jednak zasada, że stopy te powinny być miarę możliwości skrawane w stanie utwardzonym dyspersyjnie albo w stanie ciągnionym na zimno, w przypadku stopów nieutwardzalnych.

Najczęściej stosuje się narzędzia skrawające ze stopów twardych.

#### **Tworzywa sztuczne**

W porównaniu z metalami tworzywa sztuczne są bardzo łatwo skrawalne. Jednak właściwości materiałowe tworzyw sztucznych powodują, że istnieje kilka cech szczególnych. Ze względu na złą przewodność cieplną i względnie niską temperaturę topnienia większości tworzyw sztucznych, trzeba zwracać uwagę na to, aby podczas obróbki wytwarzana i przenoszona na obrabiany przedmiot była możliwie mała ilość ciepła.

Dla zapobieżenia skutkom przegrzania tworzywa sztucznego (odbarwienie, nadtopienie powierzchni, deformacja), należy przede wszystkim przestrzegać poniższych kryteriów:

Ostrza narzędzi muszą znajdować się zawsze we właściwym stanie i muszą być ostre.

#### **Różne przykłady programów obróbczych**

%%%%%%%%  
(MATER. - PA6T; 50 x 50 g=10)  
(T1-FREZ; D=8)  
(T2-WIERTLO; D=6)  
N10 G90  
(WYBIERANIE: FREZ D=8)  
N20 T1 F20 M3  
N30 G0 X25 Y25  
N40 G0 Z1  
(CYKLE WYBIERANIA)  
N50 G87 X44 Y38 Z-3 I50 K1.5  
N50 G79 X34 Y25  
N60 G0 Z10  
(FREZOW. USKOKU)  
N70 G0 Y-5 X2  
N80 G0 Z-2  
N90 G1 Y56  
N95 G0 Z-4  
N96 G1 Y-5  
N100 G0 Z40  
N 105 M5  
( WIERCENIE D=6)  
N110 T2 F10 M3

N120 G0 X20 Y25

N130 G0 Z-2

N140 G1 Z-10

N150 G0 Z-2

N160 G0 X40

N170 G1 Z-10

N180 G0 Z30

N190 M5

N200 M30

%%%%%%%%

%%%%%%%%

(PŁYTKA1)

N10 G90

(T1-FREZ D=10)

( WYBIER. BOKÓW)

N20 T1 F150 M3

N30 G0 X-8 Y3 Z2

N40 G1 Z-5

N50 G1 X88

N60 G0 X88 Y97 Z-5

N70 G1 X-8

N80 G0 Z40

N90 M5

(T2-FREZ D=8)

(CYKL WYB. KIESZ. PROSTOK.)

N100 T2 F150 M3

N110 G0 Z5

N120 G87 X34 Y60 Z-7 I50 K4 W3

N130 G79 X63 Y50

N140 G0 Z5

(CYKL WYB. KIESZ. OKRĄGL.)

N150 G88 Z-7 B20 I50 K4 W3

N160 G79 X0 Y50

N170 G0 Z40

N180 M5

(T3-WIERTŁO D=5)

(CYKL WIERCENIA)

N190 T3 F200 M3

N200 G0 Z5

N210 G81 Z-15 W3

Powstające ciepło jest tylko w niewielkim zakresie odprowadzane przez wióry, które mają skłonność do przyklejania się do ostrza. Narzędzia podlegają okresowo zmiennym obciążeniom przez tworzenie się wiórów przerywanych i płytkowych. Wskutek tego, przy dłuższym czasie skrawania należy się liczyć z procesami zmęczenia ostrza narzędzia (wykruszenia, zużycie powierzchni przyłożenia). Nie można zrezygnować ze stosowania cieczy chłodząco - smarujących

Łatwość wchodzenia tytanu w reakcję, np. z tlenem, może powodować fuknięcia lub zapłon pyłu tytanowego

Najłatwiej obrabialny jest tytan czysty i stopy  $\alpha$ , a najtrudniej stopy  $\beta$ . Rozwój opracowań materiałów na narzędzia skrawające doprowadził w ostatnich latach do znacznej zmiany stosowanych prędkości skrawania. Trwałość narzędzi zależy w znaczącym stopniu od prędkości skrawania i występującego przy tym zużycia, zwłaszcza powierzchni przyłożenia.

Przy skrawaniu tytanu należy stosować:

Ostre ostrza o dostatecznie dużym kącie przyłożenia

Dodatni kąt natarcia narzędzi ze stali HSS, raczej ujemny kąt natarcia w przypadku frezów HM.

Optymalizację posuwu.

Minimalizację zagrożenia wibracjami; dbać o stabilne warunki i właściwe zamocowanie obrabianych przedmiotów.

Przed wszystkim frezowanie współbieżne.

Ciecz chłodząco - smarującą odpowiednią do metody obróbki.

Kontrolę temperatury obróbki przez ograniczanie zjawiska zużycia.

*Miedź i stopy miedzi*

Czysta miedź jest trudnoskrawalna ze względu na dużą ciągliwość i plastyczność.

Wytrzymałość miedzi można znacznie zwiększyć przez niewielką ilość dodatków stopowych.

Następuje to przez powstawanie roztworu stałego (srebro, arsen) albo utwardzanie dyspersyjne (chrom, cyrkon, kadm, żelazo albo fosfor). Zawartość powyżej 37% cynku w składzie stopów miedzi i cynku (mosiądz) powoduje spadek odporności stopu na obciążenia dynamiczne, przy jednoczesnym wzroście twardości. Jest to korzystne dla metod obróbki skrawaniem, ponieważ tworzą się krótsze wióry.

*Stopy niklu*

Stop **NiCr20** tworzy podstawę wielu stopów o dużej odporności cieplnej. Dodatek chromu powoduje podwyższenie temperatury topnienia i poprawia żaroodporność.

Stopy o dużej odporności cieplnej, utworzone na tej podstawie zawierają dodatek tytanu i aluminium.

Dzięki Ti oraz Al stopy te stają się utwardzalne. Tego rodzaju stopy mogą być stosowane w wysokich temperaturach tylko przez ograniczony czas, ze względu na starzenie się materiału. Odporność cieplną można zwiększyć przez dodatek kobaltu. Innymi dodatkami



materiał narzędzi skrawających dobrze nadają się stopy twarde. Wyboru należy jednak dokonać w zależności od parametrów skrawania i metody obróbki (przekrój pełny albo nieciągły).

Do obróbki nadeutektoidalnych stopów odlewniczych Al-Si (zawartość Si powyżej 12%) dobrze nadają się, pod względem kształtu wiórów i osiąganego jakości powierzchni, stopy twarde (HM) i wielokrystaliczne narzędzia diamentowe (PKD). Duże cząsteczki Si we względnie twardej strukturze podstawowej powodują jednak bardzo wyraźne zmniejszenie trwałości w porównaniu z podeutektoidalnymi stopami odlewniczymi.

Strefy brzegowe i rdzeniowe odlanych przedmiotów wykazują niekiedy bardzo zróżnicowaną skrawalność.

*Magnez i jego stopy* posiadają najmniejszą gęstość ze wszystkich metali, przy jednocześnie średnich właściwościach wytrzymałościowych. Magnez jest bardzo dobrze skrawalny. Duża łatwość wchodzenia w reakcje chemiczne wymaga jednak szczególnych środków zabezpieczających przed wywołaniem samozapłonu. Wysokie powinowactwo chemiczne do tlenu stwarza konieczność stosowania środków antykorozyjnych, mimo ochronnej warstwy tlenków.

Na skutek bardzo dużego skurczu przy krzepnięciu (około 4%), magnez ma skłonność do mikroporowatości. Wady te można w znacznym stopniu wyeliminować przez odlewanie z udziałem aluminium i cynku. Ponieważ mangan polepsza odporność na korozję, najważniejsze stopy magnezu posiadają te trzy dodatki.

#### *Tytan i stopy tytanu*

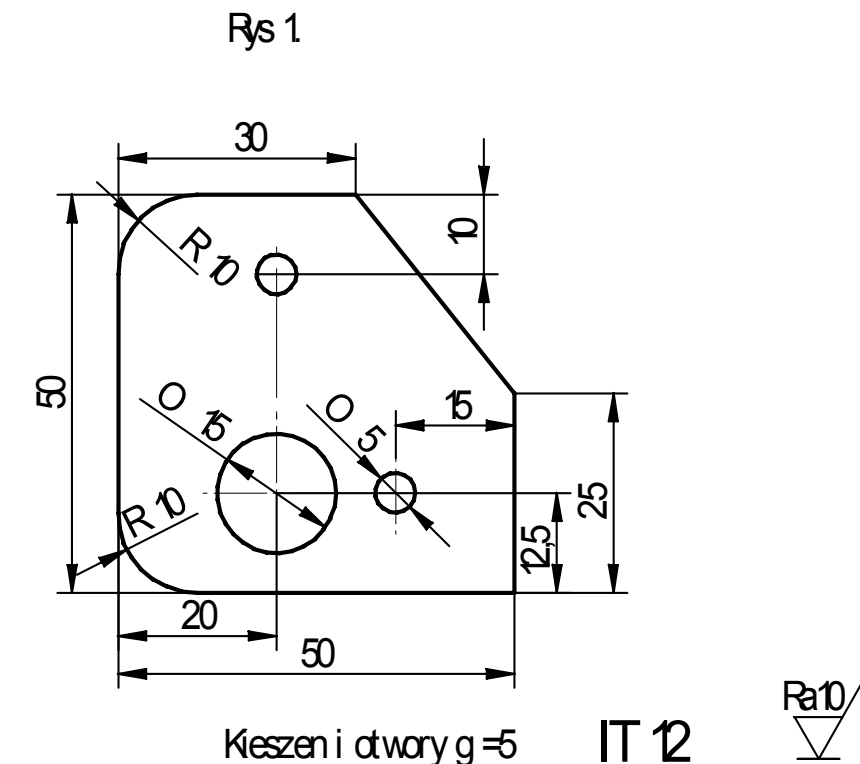
Tytan łączy wysoką wytrzymałość z niewielką gęstością i bardzo dużą odpornością na korozję. Mimo wysokiej ceny, tytan i jego stopy zawdzięczają połączeniu tych właściwości szerokie zastosowanie w specjalistycznych dziedzinach, takich jak np. statki kosmiczne i lotnictwo, silniki odrzutowe i silniki dużej mocy, technika medyczna.

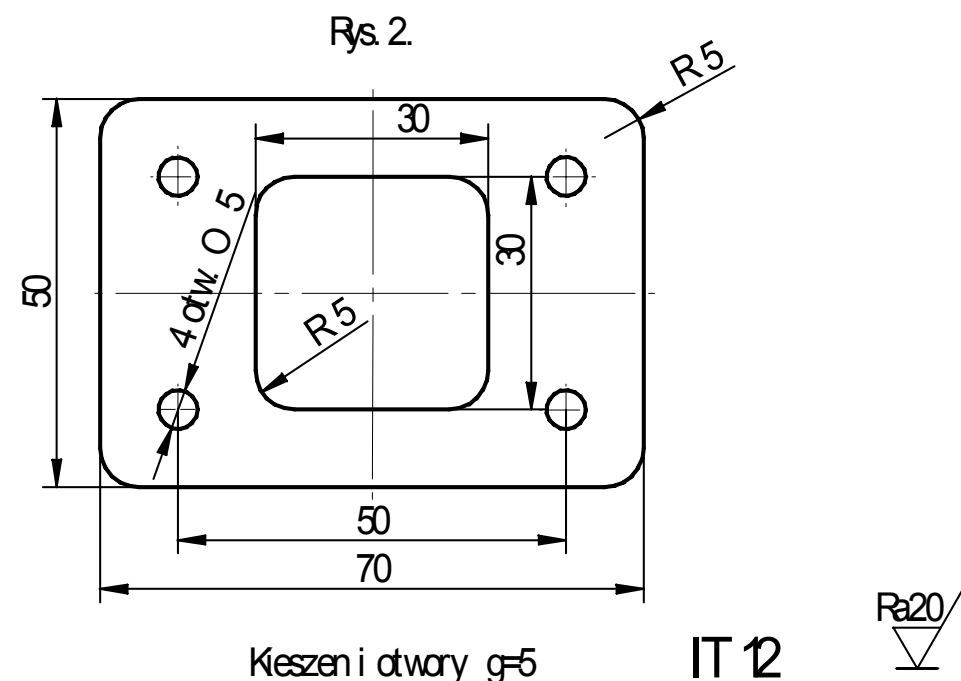
Dodatki stopowe to aluminium, cyna, cyrkon albo tlen (**stop  $\alpha$**  – umiarkowanie nadający się do obróbki plastycznej na zimno, przeznaczony do zastosowań w wyższych temperaturach, np. silniki odrzutowe) oraz wanad, chrom, molibden i żelazo (**stop  $\beta$**  – łatwiejszy do obróbki plastycznej na zimno, o dużej wytrzymałości, jednak o większej gęstości). Kompromis obu tych struktur uzyskuje się w **stopach dwufazowych ( $\alpha+\beta$ )** (przykład: TiAl6V4), charakteryzujących się szczególnie korzystnym stosunkiem wytrzymałości do gęstości. Stopy te osiągają w stanie utwardzonym najlepszą wytrzymałość.

W przeciwieństwie do innych metali lekkich, tytan zajmuje szczególną pozycję pod względem skrawalności, ponieważ ze względu na właściwości mechaniczne i fizyczne (np. niewielka przewodność cieplna, mały moduł sprężystości) zalicza się do materiałów trudnoskrawalnych.

N220 G78 X40 Y20 D15 S5 A90  
N230 G0 X0 Y0 Z40  
N240 M5  
N250 M30  
%%%%%%%%

### ZADANIA DO WYKONANIA.





miedzi. Dodatki stopowe w materiałach lanych wpływają na skrawalność, o ile działają jako składniki węglkotwórcze lub wpływają na wytrzymałość lub twardość.

Skrawalność żeliw zależy w znacznym stopniu od ilości i postaci znajdującego się w nich grafitu. Wtrącenia grafitu w żeliwie redukują z jednej strony tarcie pomiędzy narzędziem a obrabianym materiałem, a z drugiej strony przerywają podstawową strukturę metalu. Dzięki temu, w porównaniu ze stalą, posiadają lepszą skrawalność, charakteryzującą się krótkimi wiórami, mniejszymi siłami skrawania i większą trwałością narzędzi.

## Metale nieżelazne

### Stopy aluminium

Rozróżnia się stopy aluminium do przeróbki plastycznej i stopy odlewnicze. W przypadku stopów do przeróbki plastycznej pierwszorzędne znaczenie ma ich plastyczność, a w przypadku stopów odlewniczych - zdolność wypełniania formy. Innego podziału aluminium i jego stopów można dokonać na podstawie utwardzania przez tworzenie stopu. Rozróżnia się wtedy stopy aluminium utwardzalne (utwardzanie przez powstanie roztworu stałego) i nie utwardzalne lub stopy naturalnie twarde (utwardzenie przez wydzielenie wcześniej rozpuszczonych składników).

Aluminium jest ogólnie uważane za łatwo skrawalne. Występujące siły skrawania są o wiele mniejsze w porównaniu ze stalą o tej samej wytrzymałości (około 30% sił występujących przy skrawaniu stali). Ze względu na stosunkowo dużą objętość wiórów aluminium, kształt wiórów stanowi istotne kryterium. Zależy on od samego materiału, warunków skrawania i częściowo również od geometrii narzędzia. Trwałość przy skrawaniu aluminium jest niekiedy w dużym stopniu zmienna. Decydującą miarą zużycia jest zużycie powierzchni przyłożenia.

W przypadku stopów aluminium do przeróbki plastycznej zużycie narzędzia nie stanowi żadnego problemu. Można je dobrze obrabiać przy użyciu narzędzi z HSS i HM. Czyste aluminium i utwardzalne stopy do przeróbki plastycznej tworzą często w stanie miękkim wióry pozorne albo tworzą narosty na ostrzach, zwłaszcza przy małych prędkościach skrawania. Wskutek powstałych w wyniku tego zmian geometrii ostrzy i wzrostu temperatury wskutek tarcia, należy się często liczyć z uzyskaniem gorszej jakości powierzchni. Zjawiska tego można uniknąć przez zastosowanie większych prędkości skrawania, większego kąta natarcia (do 40°) oraz przez zastosowanie cieczy chłodząco - smarującej.

Stopy odlewnicze aluminiowe bez krzemu należy pod względem skrawalności zaklasyfikować tak, jak odpowiednie stopy do przeróbki plastycznej. Utwardzalne i podeutektoidalne stopy odlewnicze Al-Si (zawartość krzemu do 12%) wykazują, wraz ze wzrastającą zawartością Si, gorszą skrawalność. Twarde i kruche wtrącenia, jak sam Si albo Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, poprawiają wprawdzie łamliwość wiórów, jednak zwiększają zużycie narzędzi. Na

Stale wysokostopowe zapewniają osiągnięcie specjalnych właściwości. Żaroodporność albo specjalne właściwości fizyczne można osiągnąć tylko przez zastosowanie stali wysokostopowych.

#### Najczęściej stosowane pierwiastki stopowe.

Chrom i molibden poprawiają hartowność stali i tym samym wpływają, w przypadku stali do nawęglania i ulepszania cieplnego, na skrawalność przez zmianę struktury i wytrzymałości. W przypadku stali o wyższej zawartości węgla lub pierwiastków stopowych, pierwiastki te tworzą szczególnie twarde i złożone węgliki stopowe, które mogą pogarszać skrawalność. To samo dotyczy wolframu.

Nikiel również wpływa na wytrzymałość stali i powoduje zwiększenie odporności na obciążenia dynamiczne. Generalnie prowadzi to do pogorszenia skrawalności, szczególnie w przypadku austenitycznych stali niklowych (zwłaszcza o wysokiej zawartości Ni).

Krzem tworzy, np. w połączeniu z aluminium, twarde wtrącenia tlenków krzemu (krzemiany). Może to powodować zwiększone zużycie narzędzi.

Fosfor powoduje powstawanie krótkich wiórów. Przy zawartościach do 0,1%, fosfor wywiera korzystny wpływ na skrawalność. Przy zwiększonej zawartości P uzyskuje się lepszą jakość powierzchni, ale następuje zwiększone zużycie narzędzi.

Tytan i wanad mogą już przy małej zawartości spowodować znaczny wzrost wytrzymałości. Ze względu na znaczne zmniejszenie ziarna, należy oczekiwać pogorszenia warunków w zakresie sił skrawania i tworzenia się wiórów.

Siarka rozpuszcza się w żelazie tylko w niewielkim stopniu, jednak w zależności od składników stopu tworzy w stali stabilne siarczki. Siarczki manganu MnS (są pożądane, ponieważ mają korzystny wpływ na skrawalność (krótkie wióry, mniejsze tworzenie się narostów na ostrzach, lepsza jakość powierzchni obrabianych przedmiotów).

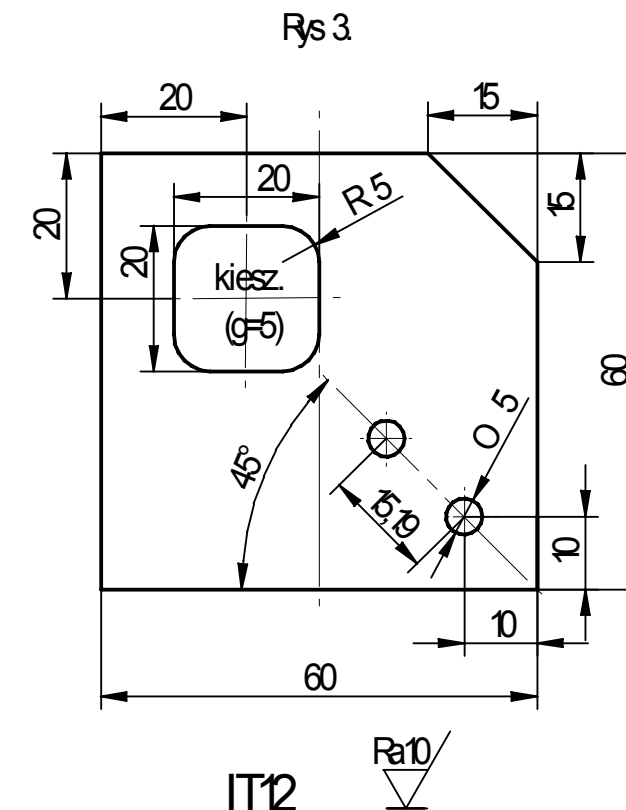
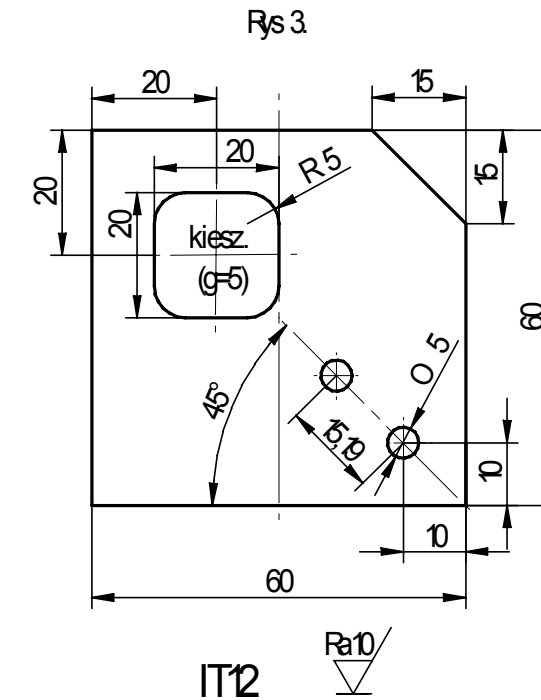
Mangan poprawia hartowność i zwiększa wytrzymałość stali. Ze względu na duże powinowactwo do siarki, mangan tworzy z siarką siarczki. Zawartość manganu do 1,5%, dzięki korzystnemu kształtowaniu się wiórów polepsza skrawalność stali o niskiej zawartości węgla. Przy wyższej zawartości węgla wpływa jednak niekorzystnie na skrawalność, ze względu na większe zużycie narzędzi.

Ołów posiada względnie niską temperaturę topnienia i występuje w żelazie w postaci wtrąceń submikroskopowych. Przy skrawaniu, pomiędzy narzędziem a materiałem obrabianego przedmiotu tworzy się ochronna warstwa ołowiu, co zmniejsza zużycie narzędzi i jednostkowe siły skrawania. Powstają krótkie wióry.

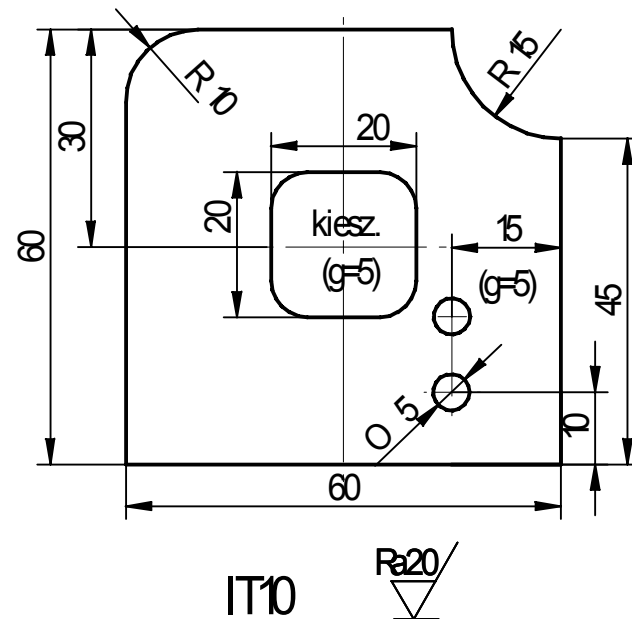
Duży wpływ na skrawalność stali może mieć obróbka cieplna. Przez odpowiednią obróbkę cieplną można w taki sposób wpływać na strukturę, aby oprócz zmiany właściwości mechanicznych, można było również dostosować skrawalność do istniejących wymagań.

#### Żeliwa

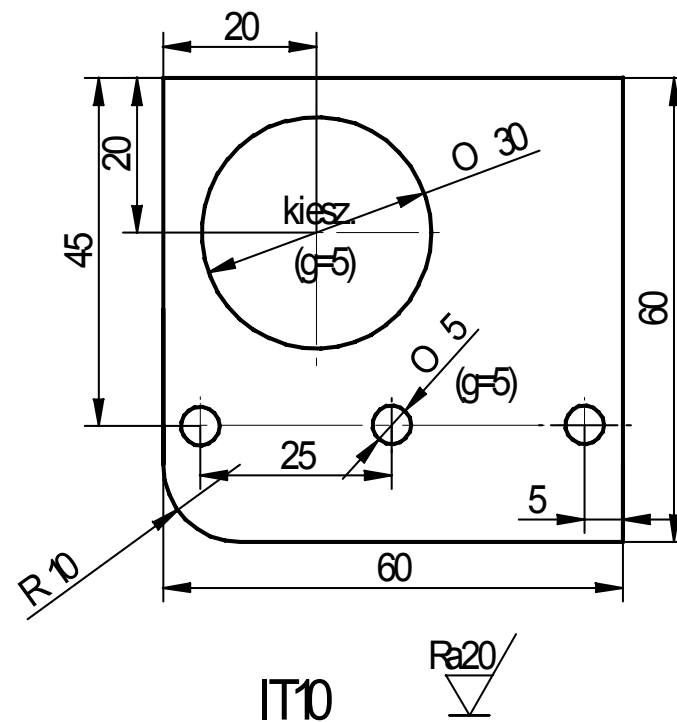
Żeliwami określane są stopy żelaza i węgla o zawartości C > 2% (najczęściej do 4%). Pierwiastkami stopowymi są najczęściej krzem, mangan, fosfor i siarka. Odporność na korozję i wytrzymałość cieplną można poprawić przez dodatek niklu, chromu, molibdenu i



Rys. 4.



Rys. 5.



## Podział materiałów obrabianych skrawaniem

Podstawowe grupy materiałowe to:

- stopy Fe,
- metale nieżelazne,
- tworzywa sztuczne

Dla potrzeb doboru narzędzi skrawających materiały dzieli na grupy (wg ISO):

- P (kolor niebieski) stale,
- M (kolor żółty) stale nierdzewne,
- K (kolor czerwony) żeliwa,
- N (kolor zielony) materiały nieżelazne,
- H (kolor szary) stale hartowane (bardzo twarde)

## Stopy żelaza

Stopy żelaza i węgla o zawartości węgla do 2% są określane jako stale; stopy zawierające powyżej 2% węgla są określane jako żeliwa.

Stal jest ciągliwa, zawsze nadaje się do obróbki plastycznej na gorąco, a przy małej zawartości węgla również do obróbki plastycznej na zimno. Dzięki obróbce cieplnej (hartowanie i ulepszanie cieplne) można znacznie zwiększyć wytrzymałość stali, jednak wtedy zmniejsza się istotnie podatność do obróbki plastycznej.

Żeliwo, z wyjątkiem kilku stopów odlewniczych i żeliwa z grafitem sferoidalnym, posiada umiarkowaną wytrzymałość na rozciąganie.

## Podział stali

Stale dzieli się na grupy, według ich pierwiastków stopowych, składników, struktury i właściwości mechanicznych.

W zależności od zawartości składników stopowych stale dzielą się na:

- stale niestopowe
- stale niskostopowe (zawartość każdego pierwiastka stopowego < 5%),
- stale wysokostopowe (zawartość jednego z pierwiastków stopowych przekracza 5%).

*Stale niestopowe* dzielą się zasadniczo w zależności od zawartości węgla na stale nieprzeznaczone do obróbki cieplnej (poniżej 0,25% C), na stale przeznaczone do obróbki cieplnej (0,25 – 0,8% C) oraz stale narzędziowe zawartość C 0,5 – 1,3 %)

*Stale niskostopowe* mają zasadniczo podobne właściwości jak stale niestopowe. Różnicą jest zwiększona hartowność, jak również większa żarowytrzymałość i odporność na odpuszczanie.

# CZĘŚĆ 3

## NOWOCZESNE MATERIAŁY I KONSTRUKCJE

### NARZĘDZI SKRAWAJĄCYCH

Tendencje rozwojowe w obróbce skrawaniem zmierzają w kierunku skracania czasów obróbki, z jednoczesnym zachowaniem bardzo wysokich wymagań, odnoszących się do dokładności wytwarzania i niezawodności. Aby sprostać wyzwaniom nowoczesnego procesu produkcyjnego należy skoordynować działanie układu wpływającego bezpośrednio na jakość pracy: obrabiarka – uchwyt – narzędzie.

Podstawowe wymagania dla obrabiarki (o czym dokładniej była mowa w poprzednich częściach opracowania) to:

- wysoka sztywność,
- izolacja fundamentu zabezpieczająca przed przenoszeniem drgań,
- duża dokładność ruchu wrzeciona i pozostałych napędów,
- odpowiednie osadzenie wrzeciona obrabiarki
- inteligentne sterowanie

Podstawowe wymagania dla uchwytu narzędziowego (dokładniej w dalszej części niniejszego opracowania):

- odpowiednia siła i powtarzalność mocowania,
- wysoka dokładność ruchu obrotowego
- odpowiednia sztywność,

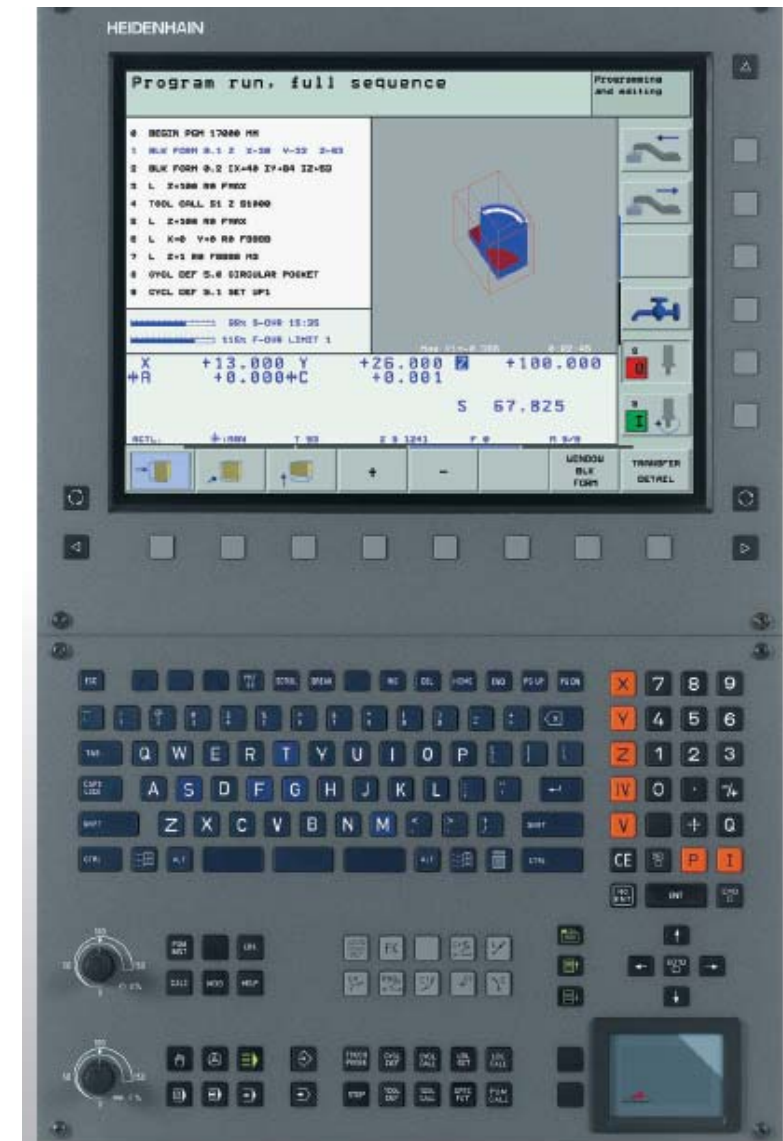
Podstawowe wymagania dla narzędzia to:

- wysoka dokładność ruchu obrotowego,
- wysoki stopień dokładności geometrycznej i wyważenie,
- wysoka trwałość (materiał narzędzia skrawającego, powłoka)

Dobór narzędzia skrawającego oraz jego parametrów zależy przede wszystkim od materiału, który chcemy obrabiać. Na przykład stopy Al obrabiać można z prędkościami  $V_c$  przekraczającymi 1000 m/min i drogą narzędzia w materiale liczoną w tysiącach metrów (między ostrzeniami). Natomiast dla stopów żaroodpornych prędkości skrawania często zredukować należy poniżej 100 mm/min, a żywotność narzędzia nie przekroczy kilkudziesięciu metrów.

## SKRÓCONA INSTRUKCJA OBSŁUGI SYMULATORA

### HEIDENHAIN iTNC 530



To program a TNC function, press CTRL+ALT+desired function

Wypisz parametry obrabiarki (21 elementów 😊), której operatorem (lub właścicielem) chciałbyś być.



M03 – włączenie wrzeciona zgodnie z kierunkiem ruchu zegara,

M05 – zatrzymanie wrzeciona,

M06 – zmiana narzędzia, zatrzymanie wrzeciona, przebiegu programu (wykorzystywane na obrabiarkach bez magazynu narzędzi),

M07 – włączenie chłodzenia przez wrzeciono (jeżeli jest),

M08 – włączenie chłodzenia,

M09 – wyłączenie chłodzenia,

M50, M51, M52 – Zakresy (tylko dla 5-axis) – ZAWSZE kasować na obrabiarkach 3-axis,

M109 – stała prędkość torowa przy ostrzu narzędzia (zwiększanie i redukowanie posuwu),

M110 – stała prędkość torowa przy ostrzu narzędzia (tylko redukowanie posuwu),

M111 – odwołanie M109 i M110,

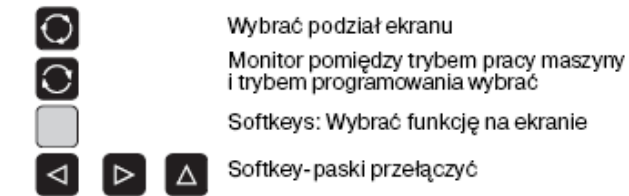
### Ćwiczenia

1. Czytanie programu.
2. Teoretyczne określanie maksymalnej korekcji promieniowej.
3. Cykle (na przykładzie programu RT4097\_2.H)

### Materiały uzupełniające:

1. Parametry charakteryzujące obrabiarki: moc napędów, zakresy obróbki w poszczególnych osiach, itp. oraz charakterystyka silników liniowych (na podstawie prezentacji DECKEL MAHO oraz katalogów innych firm)
2. *Sinumeric\_prezentacja.DOC*
3. Prezentacja FANUC MANUAL GUIDE (instrukcja operatora)
4. *Fanuc ściągą.DOC*
5. *Optymalizacja.DOC*
6. Program Obróbki T4097\_2.H

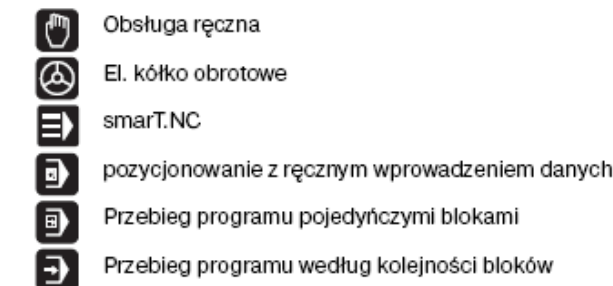
#### Elementy obsługi jednostki ekranu



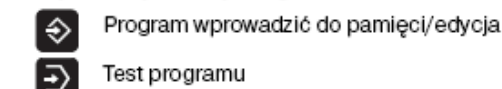
#### Klawiatura alfanumeryczna: wprowadzić litery i znaki



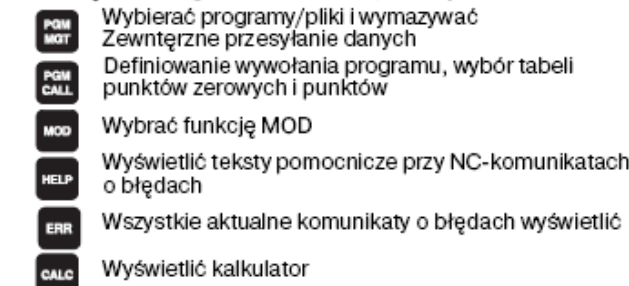
#### Wybrać rodzaje pracy maszyny



#### Wybrać tryb pracy programowania



#### Zarządzać programami/plikami, funkcje TNC



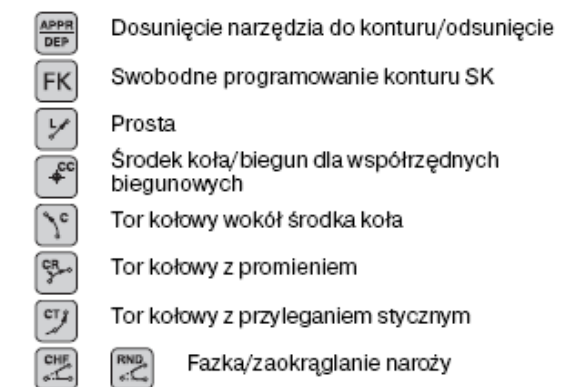
#### Przesunąć jasne pole i wiersze, cykle oraz funkcje parametrów wybierać bezpośrednio



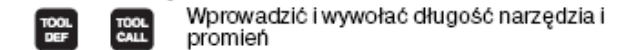
#### Gałki obrotowe Override dla posuwu/prędkości obrotowej wrzeciona



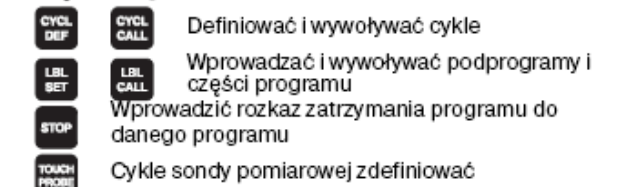
#### Programowanie ruchu kształtowego



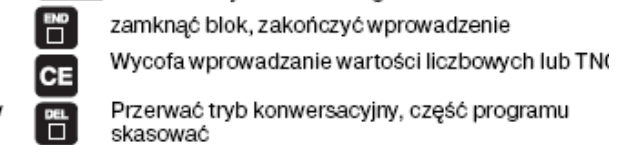
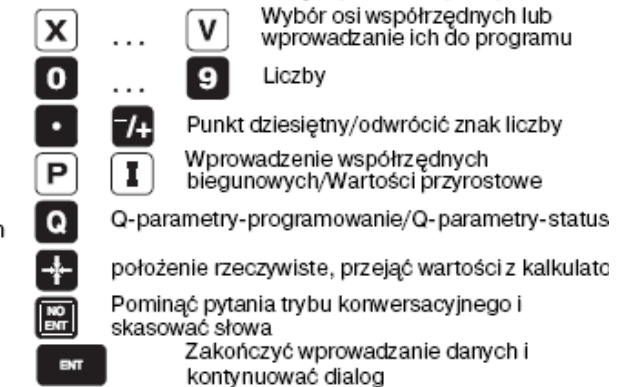
#### Dane o narzędziach



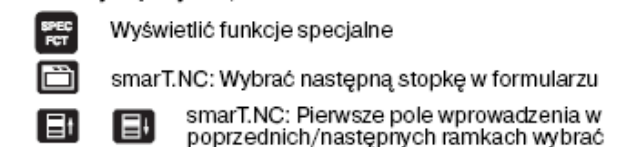
#### Cykle, podprogramy i powtórzenia części programu



#### Wprowadzić osi współrzędnych i liczby, edycja



#### Funkcje specjalne/smarT.NC



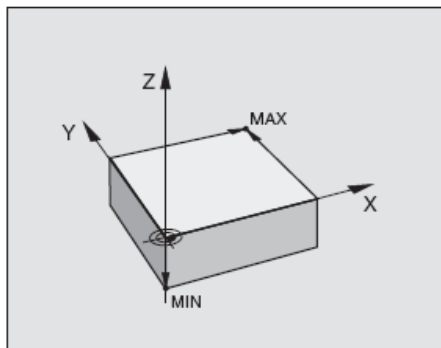


## Obsługa symulatora obróbki

1. Uruchomić symulator ze skrótu „**ITNC Programming Station**”,
2. Wcisnąć **ALT+CTRL+4** (edycja programu),
3. Wcisnąć **ALT+CTRL+P** (wyświetlanie listy programów),
4. Wybrać z listy program do edycji lub założyć nowy wpisując:

np.: **PROGR1.**    **i**        (rozszerzenie: i-program w **ISO**, h-Heidenhain ),

5. Wpisać w kolejnych liniach wymiary wyjściówki:



N100 G30 G17 X+0 Y+0 Z-40    płaszczyzna obróbki i min. punkt kostki obrabianej,

N110 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0        max. wymiar kostki i wymiarowanie  
bezwzględne,

N120 G99 T1 L+0 R+10 definiowanie narzędzia (można też zdefin. narzędzie w  
tablicy narzędzi-rejestrze),

N130 T1 G17 S3000 F250        wywołanie narzędzia,

N140 G01 G41 X+0 Y+25    dojazd z włączeniem kompensacji

.....                                    linie programu

.....

.....

N200 G00 G40 Z+250    odjazd narzędzia z odwołaniem kompensacji

; obróbka w cyklach (np.: wiercenia G200 lub frezowania kieszeni G212 – klawisz  
**ALT+CTRL+S**),

30 L X53.999 Y72.787

Do definiowania ruchów narzędzia najczęściej wykorzystuje się kartezjański układ współrzędnych (definiowanie przyrostowe stosowane jest niezmiernie rzadko) – patrz wcześniejsze materiały.

Przejazdy narzędzi po **liniach** prostych zapisuje się poprzez określenie wartości (XYZ) punktów początkowego i końcowego

Przejazdy narzędzi po **łukach** zapisuje się podając: początek łuku (XY, wartość Z dla całego łuku), CC – środek łuku (XY), koniec (XY) wraz z kierunkiem łuku (DR- oznacza zgodność kierunku z ruchem wskazówek zegara, DR+ oznacza ruch przeciwny do kierunku wskazówek zegara).

Przejazdy po linii śrubowej

16 L X-50 Y-20 Z5 F500

17 CC X-60 Y-20

18 CP IPA360 IZ-1 DR+

Najazd na punkt początkowy, CC środek łuku, CP linia śrubowa, IPA360 kąt obrotu 360°,  
IZ-1 zagłębienie Z-1 na obrót, DR+ ruch przeciwny do kierunku wskazówek zegara.

**8.** Pozycjonowanie ułatwiające np. zmianę mocowania.

222 L X+0 Y+0 FMAX M92

### Podstawowe funkcje dodatkowe:

M00 (zwykle wpisywane jako STOP M0) – zatrzymanie wrzeciona, chłodziwa, przebiegu programu,

M02, M30 – zatrzymanie wrzeciona, chłodziwa, przebiegu programu, skok powrotny do początku programu,

33 L Z-7.17 FQ1

34 L Y-73.993 RL FQ2

35 L X-170.323 FQ3

36 L Y-75.993

37 L Z+100 F MAX

*Funkcje M opisane są na końcu opracowania.*

Najpierw określa się posuwy dla poszczególnych parametrów, następnie w programie wstawia się już tylko parametr – zamiast wartości liczbowej.

Posiada to duże znaczenie w przypadku gdy praca narzędzia jest przerywana (najazd, przejazd w pełnym materiale, przejazd zbierający niewielką wartość materiał, wyjazd i tak wielokrotnie). Dobrze jest w takiej sytuacji stosować posuwy optymalnie dobrane (właściwe wartości, różne dla różnych naddatków). Najodpowiedniejsze wartości posuwów udaje się najczęściej ustalić na samej obrabiarce podczas obróbki pierwszej sztuki. Dla pojedynczych detali wykorzystuje się potencjometr w celu dostosowania, ale podczas obróbki seryjnej, zmianowej lub wykonywanej w różnych okresach czasu dobrze jest właściwy posuw określić na stałe w programie. I tutaj wyłania się wyższość posuwów sparametryzowanych: nie trzeba poprawiać tysięcy liniiek – wystarczy zmienić wartość parametru.

## 7. Definiowanie ruchów narzędzia.

20 L M3

21 L X67.387 Y20.061 R0 F MAX

22 L Z100 R0 F MAX M8

23 L Z15.5 F MAX

24 L Z5.5 F3000

25 L Y132.061 Z0.5

26 L Y76.061

27 L X67.875 Y78 RL

28 CC X84 Y142

29 C X53.02 Y83.722 DR-

N210 G200; wiercenie - opisać parametry cyklu Q

Q200 .....

.....

.....

N300 X+35 Y+25 M3 M99; Wywołanie cyklu wiercenia otworu nr 1.

N310 X+70 Y+60 M3 M99; Wywołanie cyklu wiercenia otworu nr2.

N320 G00 Z+100 M2

N325 T2 G17 S3000 F250; wywołanie narzędzia zdef. W tablicy narzędzi

N330 G212; obróbka kieszeni na gotowo – opisać parametry cyklu Q

Q200.....

.....

.....

N340 G00 Z+100

N350% PROGR1; zakończenie programu

Skasować jedno słowo w linii programu można klawiszem **NO ENT**

## 6. Przeprowadzić symulację obróbki wciskając jednocześnie

klawisze **ALT+CTRL+R**

## Przykładowe programy obróbki

### 1. Zaprogramować obróbkę trzech otworów

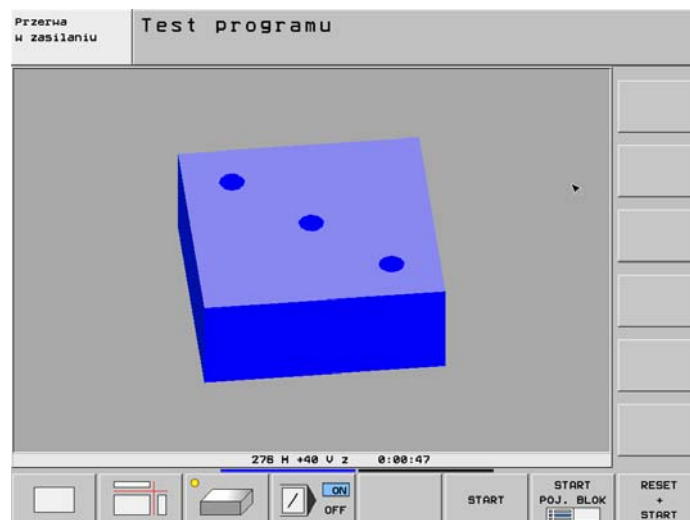
jak na rysunku.

**Dane:** -kostka 100x100x40,

-3 otwory d=10 wiercone w cyklu,

- głębokość 20,

- rozstawienie dowolne



### 5. Pobieranie/wymiana narzędzia.

18 ;Custom 0:32:5

19 TOOL CALL 1 Z S7000

Przeważnie przed zasadniczym pobraniem narzędzia następuje jego opis generowany przez postprocesor (w opisie programisty mogą być błędy – tutaj nie zdarzają się). 0 – oznacza programowanie na najniższy punkt narzędzia, 32 – średnicę, 5 – promień naroża.

TOOL CALL (*przywołanie narzędzia*) definiuje właściwą wymianę, 1 oznacza narzędzie znajdujące się w magazynie narzędzi na pozycji 1 i opisane w tablicy narzędzi pod tym samym numerem. Z oznacza, że oś pionowa to Z (inaczej byłoby na frezarkach poziomych 3-osiowych). W linii określającej wymianę narzędzia definiuje się również:

Obroty (np. S7000),

Korekcję długościową (np. DL -0.2). Znak „+” przy korekcji długościowej oznacza, że narzędzie będzie pracowało płycej, „-” oznacza pracę głębiej. Korekcja długościowa jest realizowana od momentu pobrania narzędzia. Odwołanie korekcji długościowej odbywa się poprzez ponowne przywołanie narzędzia.

Korekcja promieniowa (np. DR +0.05). Znak „+” przy korekcji promieniowej oznacza, że narzędzie przejdzie dalej od programowanego konturu, „-” oznacza przejście głębsze. Korekcję promieniową przywołuje się (uskutecznia) przez RL, wpisane na specjalnie zaprogramowanym odcinku. Odwołanie korekcji promieniowej wykonuje się przez R0 wpisane na specjalnie zaprogramowanym odcinku. Wprowadzenie innej wartości wykonuje się poprzez ponowne przywołanie narzędzia.

### 6. Definiowanie posuwów.

F MAX – posuw maksymalny maszyny (zdefiniowany na stałe w parametrach maszyny),

F300 posuw 300mm/min

Wpisywanie posuwów parametryczne

5 FN 0: Q1 = +300 ; ( POSUW WEJ)

6 FN 0: Q2 = +500 ; ( POSUW ROBOCZY)

7 FN 0: Q3 = +1000 ; ( P ROB.2)

...

31 L X+96.141 Y-75.993 F MAX M3

32 L Z+2 F MAX M8

3. Lista narzędzi:

```
5 ;---LIST OF TOOLS---  
  
6 TOOL DEF 1 L0 R0.0 ; Custom 0:32:5  
  
7 TOOL DEF 2 L0 R0.0 ; Custom 0:16:2  
  
8 TOOL DEF 3 L0 R0.0 ; Custom 0:20:5  
  
9 TOOL DEF 4 L0 R0.0 ; 20mm - 2 flute - HSS Endmill  
  
10 TOOL DEF 5 L0 R0.0 ; 12mm - 2 flute - HSS Ballmill  
  
11 TOOL DEF 6 L0 R0.0 ; 12mm - 2 flute - HSS Endmill  
  
16 ;-----
```

Jest to lista wszystkich narzędzi, których użycie jest wymagane do prawidłowego wykonania programu. Lista ta jest również opisem, a jej obecność w programie nie jest wymagana – jest tylko pomocą.

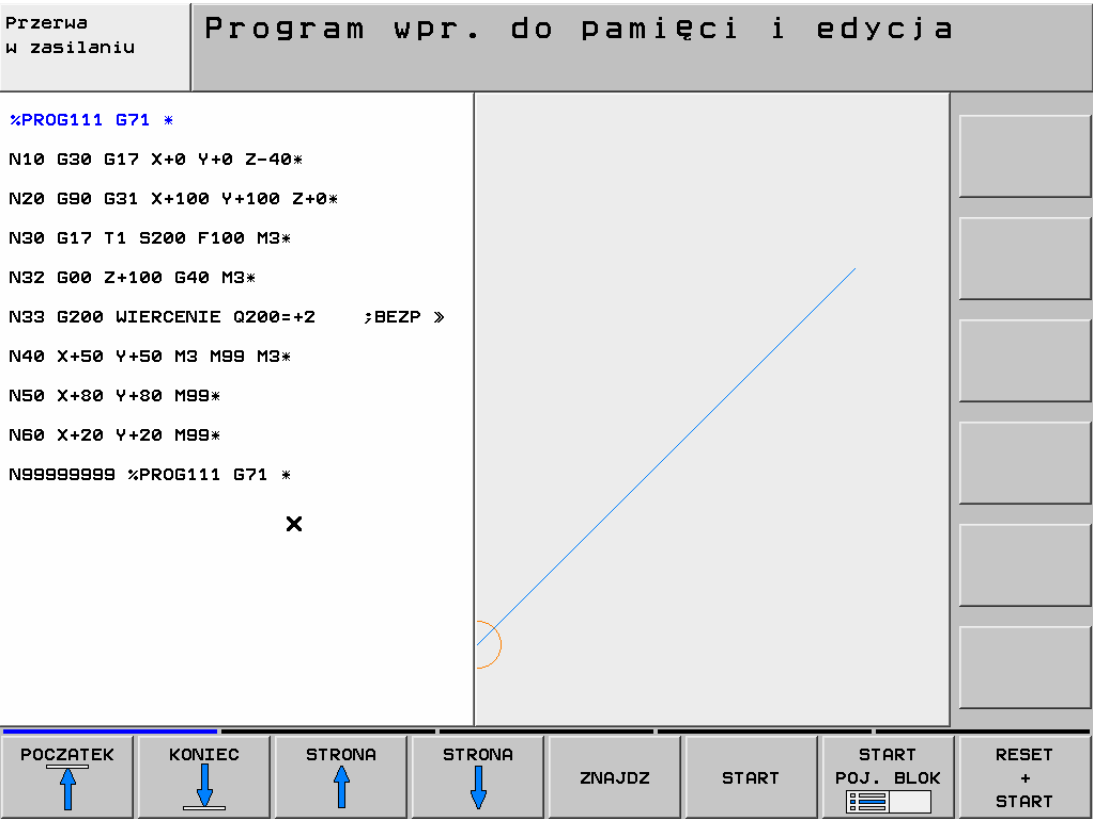
UWAGA! Lista narzędzi przedstawiona powyżej jest czytana przez systemy TNC430 i wyższe. W systemach starszych konieczne jest jej wykasowanie lub dopisanie średnika na początku każdego bloku.

4. Opis poszczególnych operacji.

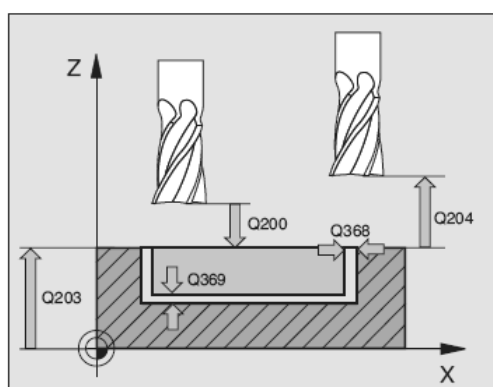
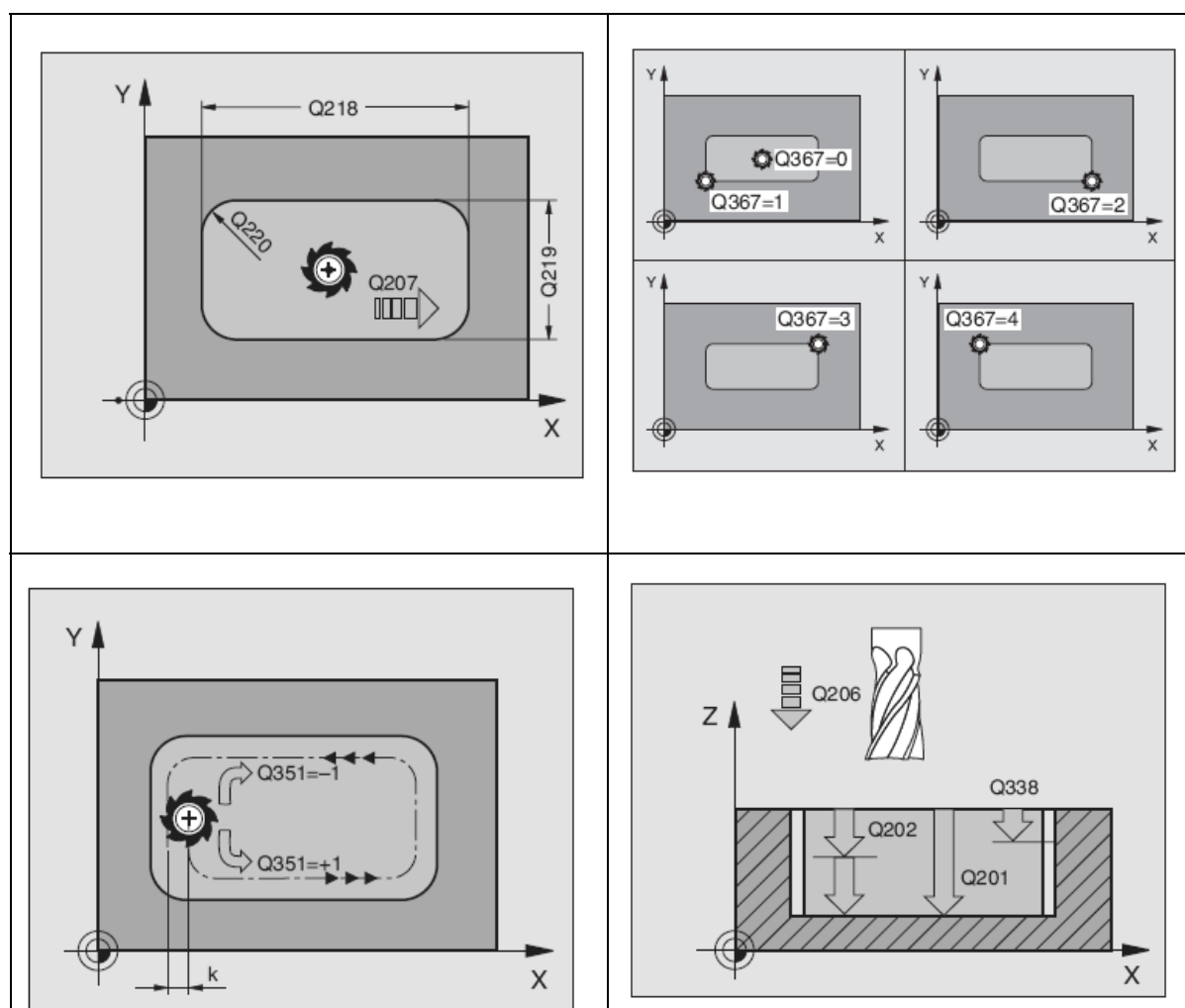
```
17 ;Planowanie do Z0 przel głowica fi32 R5
```

Przeważnie poszczególne operacje zaczynają się od opisów: co będzie wykonywane, czy z nadatkiem, jakim narzędziem, ewentualne uwagi itp.

Program obróbczy



## 2. Przykład obróbki kieszeni prostokątnej



### Kształt programu.

1. Programy dla obrabiarek sterowanych numerycznie zawierają zawsze ściśle zdefiniowany początek i koniec:

0 BEGIN PGM PROBA MM

...

11582 END PGM PROBA MM

Cyfry 0, ..., 11522 oznaczają numery bloków. Zapisywane są bez literki N (w porównaniu z NUCONEM, czy UNIMERICIEM). Dopisanie (lub usunięcie) na maszynie bloków wewnątrz programu spowoduje automatyczne przenumerywanie. Bloki są numerowane co 1. W przypadku definiowania cykli (np. wiertarskich) w opisie cyklu jest wiele linii znajdujących się pod jednym numerem, przy czym przeglądanie całego cyklu jest możliwe po wskazaniu właściwego bloku.

W przypadku zmiany nazwy programu wykonywanej na maszynie automatycznie ulega zmianie nazwa w pierwszym i ostatnim bloku (np. PROBA)

2. Określenie danych identyfikacyjnych, przy czym mogą one być przedstawione wg różnych szablonów:

1 ;opracował: T. Szatko

2 ;DECKEL MAHO DMU100T TNC430 M1 simultan V2005 B238

3 ;Polskie Zakłady Lotnicze

4 ;Date 31.03.2006 Time 8:30:41

Cała identyfikacja programu jest widziana przez system jako nieznaczące opisy, nie mające wpływu na pracę obrabiarki. Bloki opisowe w systemach HEIDENHAIN zawsze zaczynają się od ; (średnika).

W centrach obróbkowy ważną rolę spełnia szereg nie opisywanych wcześniej szczegółowo układów ułatwiających obróbkę oraz zapewniających bezpieczeństwo. Są to:

- osłony części roboczej oraz wszelkich elementów poruszających się,
- wyłączniki przeciążeniowe,
- systemy chłodzące (zarówno chłodziwo podawane w strefie obróbki, jak również chłodzenie napędów), (filmy: *chlodzenie\_1.MPG* , *chlodzenie\_2.AVI*)
- systemy smarowania,
- systemy oczyszczania i odprowadzania wiórów (filmy: *pistolet.MPG* , *wiora\_1.AVI*, *wiora\_2.AVI* ),
- testery i sondy pomiarowe (filmy: *pomiar\_1.MPG* , *pomiar\_2.MPG* ),
- systemy do pomiaru narzędzi (filmy: *pomiar\_3.AVI* , *pomiar\_4.AVI* ) ,
- systemy automatycznego mocowania i pozycjonowania materiału (filmy: *material\_1.MPG* , *material\_2.MPG* , *material\_3.MPG* , *material\_4.AVI* , *przechwyt\_1.MPG* , *przechwyt\_2.MPG* , *przechwyt\_3.MPG* , *przechwyt\_4.MPG* , *przechwyt\_5.MPG* , *przechwyt\_6.MPG* , ),
- zwiększenie zakresu pracy obrabiarki (wysuwana pinola) (filmy: *pinola\_1.AVI* , *pinola\_2.AVI* ) , itp.

SYSTEM HEIDENHEIN dla frezarek.

Niniejsze materiały mają na celu wyjaśnienie składowych programu generowanego przez postprocesory, pomijają natomiast programowanie bezpośrednio z maszyny (dialog tekstem otwartym). Pomimo takiego podziału istnieje wiele funkcji identycznych.

Programy przeznaczone do wykonywania na obrabiarkach z systemem HEIDENHAIN posiadają rozszerzenie \*.H

Teoretycznie wszystkie frezarki wyposażone w systemy Heidenhain realizować programy o których jest tu mowa, należy jednak pamiętać o pewnych zastrzeżeniach:

- obrabiaarki wyposażone są w systemy różne (TNC 426, TNC 430, TNC530), przy czym funkcje omawiane poniżej są realizowane wszędzie – systemy „wyższe” mogą realizować funkcje dodatkowe,
- różna kinematyka maszyn – szczególnie duże różnice mają miejsce ze względu na:

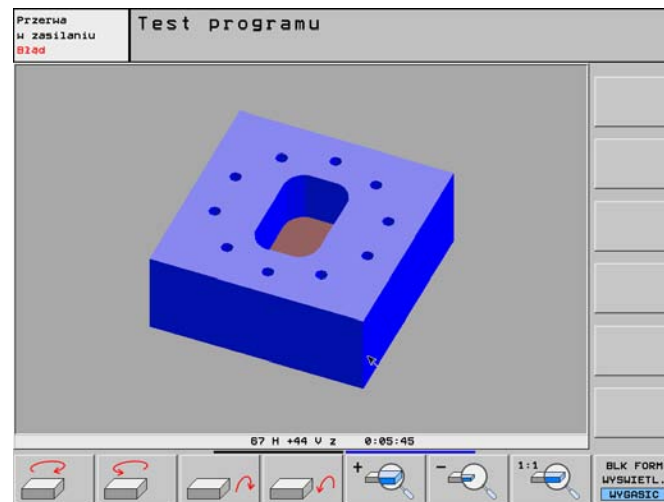
- a, przestrzeń roboczą,
- b, rozwiązanie wymiany narzędzia,
- c, maksymalne (i minimalne) prędkości obrotowe i wartości posuwów.

N10 G251 KIESZEŃ PROSTOKĄTNA	
Q215=0	;ZAKRES OBRÓBK
Q218=80	;1. DŁUGOŚĆ BOKU
Q219=60	;2. DŁUGOŚĆ BOKU
Q220=5	;PROMIEŃ NAROŻA
Q368=0.2	;NADDATEK Z BOKU
Q224=+0	;POŁOŻENIE PRZY OBROCI
Q367=0	;POŁOŻENIE KIESZENI
Q207=500	;POSUW FREZOWANIA
Q351=+1	;RODZAJ FREZOWANIA
Q201=-20	;GŁĘBOKOŚĆ
Q202=5	;GŁĘBOKOŚĆ DOSUWU
Q369=0.1	;NADDATEK NA DNIE
Q206=150	;POSUW WGŁĘBNY
Q338=5	;DOSUW OBRÓBK NA GOTOWO
Q200=2	;ODSTĘP BEZPIECZ.
Q203=+0	;WSPŁ. POWIERZCHNI
Q204=50	;2. ODSTĘP BEZPIECZ.
Q370=1	;NAKLADANIE SIE TOROW Kształtowych
Q366=1	;POGŁĘBIANIE
Q385=500	;POSUW OBRÓBKA WYKAŃCZAJĄCA
N20 G79:G01 X+50 Y+50 Z+0 F15000 M3	

3. Zaprogramować obróbkę otworów oraz kieszeni jak na rysunku.

Dane:

- kostka 100x100,
- średnica otworów 5 mm,
- głębokość otworów 25 mm,
- średnica okręgu wzoru otworów 75 mm
- wymiary kieszeni 50x30, głębokość 25 mm,
- pozostałe wymiary przyjąć dowolnie.



```

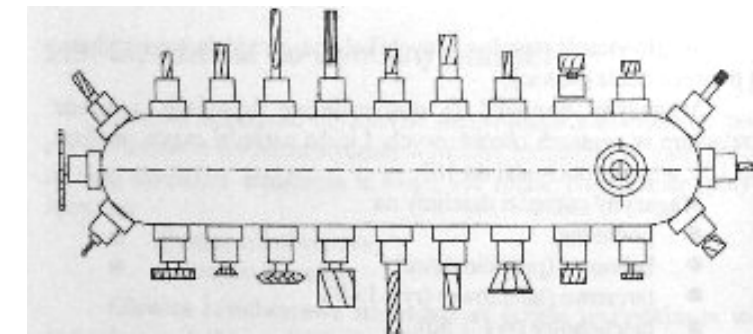
prog13 G71 *
I10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-40*
I20 G90 G31 X+100 Y+100 Z+0*
I30 T1 G17 S1500 F250 M3*
I40 G00 G40 Z+250*
I50 G200 WIERCENIE Q200=+2 ;BEZP
I60 G220 SZABLON KOLOWY Q216=+50
I70 G00 Z+200 M6*
I80 T3 G17 S3000 M3*
I90 G251 KIESZEN PROSTOKATNA Q215=+
I100 G00 Z+80*
I110 G79:G01 X+50 Y+50 Z+0*
I120 G00 Z+80*
I130 G40 Z+100 M2*
I99999999 %prog13 G71 *

```

4. Zaprogramować obróbkę otworów oraz kieszeni jak na rysunku.

#### Dane:

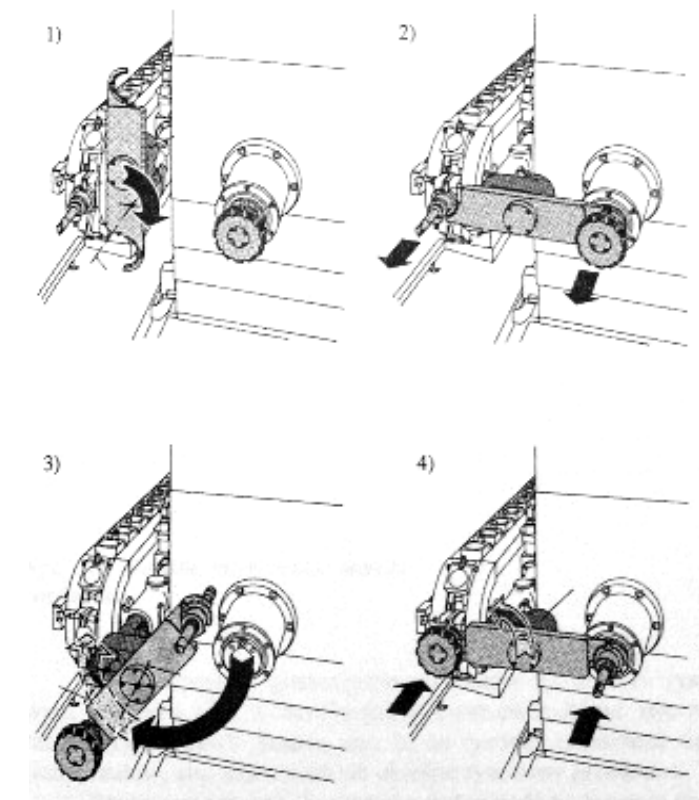
- kostka 100x100,
- średnica otworów 5 mm,



Rys. 39 Łańcuchowy magazyn narzędzi [1]

Wymiana narzędzi odbywa się etapowo. Dla łańcuchowego magazynu narzędzi, takiego jak pokazano powyżej etapy to:

1. pozycjonowanie narzędzia w magazynie, obrót chwytaka do pozycji mocującej
2. wyjęcie narzędzi z wrzeciona i magazynu.
3. obrót chwytaka w celu zamiany narzędzi.
4. mocowanie narzędzi we wrzecionie i magazynie, następnie powrót chwytaka do położenia początkowego



Rys. 40 [1],

Inne rozwiązania wymiany narzędzi przedstawiają filmy: *wymiana\_n\_1.AVI* , *wymiana\_n\_2.AVI* , *wymiana\_n\_3.MPG* , *wymiana\_n\_4.MPG* , *wymiana\_n\_5.MPG* , *wymiana\_n\_6.MPG* , *wymiana\_n\_7.AVI*



Zarówno korpus, jak i listwa szklana wykonane są z materiałów odpornych na działanie agresywnych chłodziw, dodatkowo zabezpieczone uszczelkami przed dostawaniem się wiórów i chłodziwa.

Głowicy odczytowej, w której znajdują się układy optoelektroniczne. Głowica porusza się wewnątrz korpusu, prowadzona na listwie szklanej. Względne przesunięcie pomiędzy głowicą odczytową a podziałką jest zamieniane na sygnały elektryczne przesyłane do czytnika położenia i tam zamieniane na wartość cyfrową.

Liniały pomiarowe są mocowane jak najbliżej prowadnic maszyny (najlepsza dokładność pomiarową). Luzy śruby pociągowej i luzy zwrotne maszyny nie mają wpływu na dokładność pomiaru.

Po restarcie systemu obrabiarki konieczne jest odnalezienie mierzonej pozycji maszyny. Odbywa się to poprzez najechanie na tzw. punkty referencyjne znajdujące się na liniach pomiarowych.

Do pomiaru kąta wykorzystuje się przetworniki kątowe i przetworniki kątoowo – impulsowe.

#### Jak układ pomiaru położenia i przemieszczenia działa w praktyce?

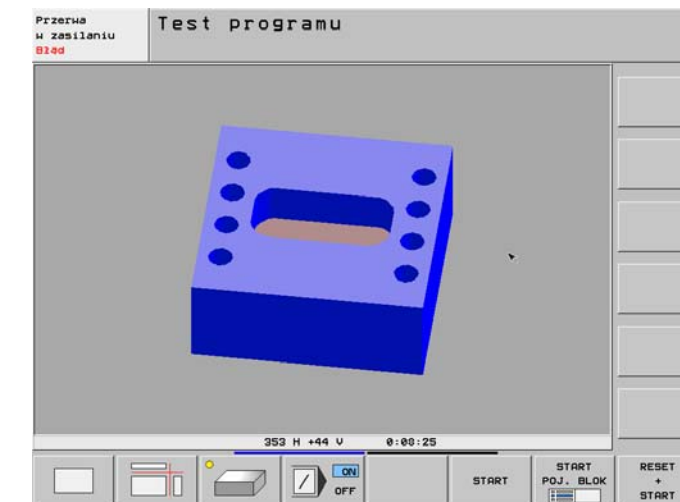
1. Zadana w programie wartość przesunięcia jest realizowana przez maszynę.
2. W sposób ciągły prowadzony jest pomiar położenia.
3. Wartość z programu jest porównywana z wartością zmierzona przez urządzenia pomiarowe.
4. Na podstawie porównania wartości zadanej z wartością rzeczywistą położenia układ sterujący generuje sygnał sterujący do poszczególnych osi korygując tym samym położenie, aż do uzyskania zerowej różnicy.

#### Urządzenia do wymiany narzędzi

Większość obrabiarek sterowanych numerycznie posiada urządzenia do automatycznej wymiany narzędzi. Najczęściej spotykane są:

- głowice rewolwerowe (głównie w tokarkach),
- magazyny narzędzi (głównie we frezarkach):
  - o podłużne,
  - o bębnowe (pierścieniowe),
  - o tarczowe,
  - o łańcuchowe,
  - o kasetowe.

- głębokość otworów 25 mm,
- 8 otworów w dwóch kolumnach rozstawionych o 80 mm,
- rozstaw otworów w kolumnach co 20 mm,
- wymiary kieszeni 60x30, głębokość 25 mm,



```

N10 G30 G17 X+0 Y+0 Z-40*
N20 G31 G90 X+100 Y+100 Z+0*
N40 T1 G17 S4000 F200 M3*
N40 G00 G90 G40 M13 Z+100*
N50 G00 Z+100 G40*
N60 G251 KIESZEN PROSTOKATNA Q215=+ »
N110 G79!G01 X+50 Y+50 Z+2 F100 M3*
N118 T3 G17 S2000 F200 M3*
N128 G01 G40 Z+10 F5000*
N138 %:PAT: "TAB2.PNT"*
N120 G200 WIERCENIE Q200=+2 ;BEZ »
N130 G90 G00 X+10 Y+10 Z+0 M3*
N140 G79 PAT F5000 M3*
N150 G00 G40 Z+200 M2*
N99999999 %prog G71 *

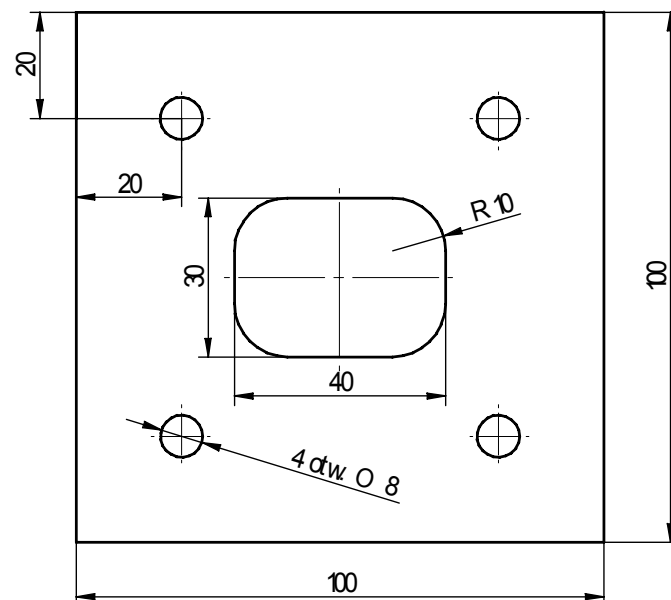
```

## Zadania do zaprogramowania

**1.** Zaprogramować obróbkę cyklami kieszeni prostokątnej oraz 4-rech otworów umieszczonych jak na rysunku.

### Dane:

- głębokość otworów i kieszeni wynosi 20 mm.



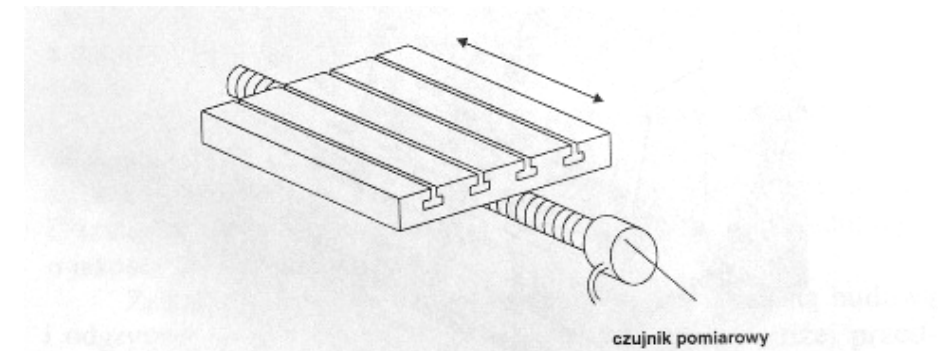
**2.** Zaprogramować obróbkę cyklami kieszeni okrągłej oraz wzoru 6-ciu otworów.

### Dane:

- kostka 90x90x40,

- kieszeń D=60, g=20 mm,

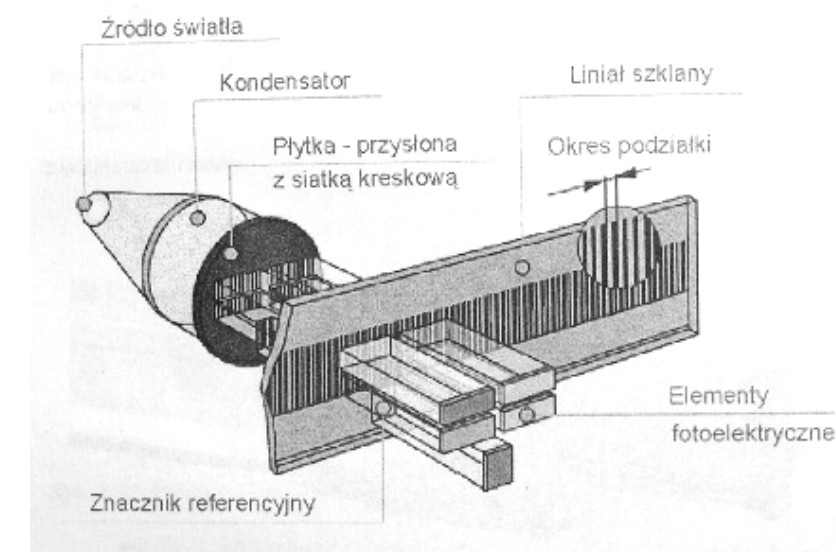
- wzór z sześciu otworów d=5 mm, R=38 mm, w obszarze 0-180°, g=20mm.



Rys. 37 [1],

Przy pomiarze bezpośrednim czujnik odczytuje pomiar ze skali umocowanej na saniach lub stole obrabiarki. Przy pomiarze pośrednim czujnik odczytuje kąt obrotu śruby pociągowej, a następnie przelicza go na przesunięcie liniowe.

Odczyt wielkości mierzonej może odbywać się w sposób absolutny lub przyrostowy (inkrementalny). Odczyt *absolutny* polega na określeniu położenia elementu sterowanego bezpośrednio ze skali. W przypadku wielkości *przyrostowych* aktualna pozycja zostaje ustalona przez zliczanie punktów impulsów pomiarowych, wychodząc z punktu bazowego.



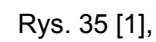
Rys. 38, Schemat liniału pomiarowego.[1]

Cyfrowy system odczytu położenia składa się z liniałów pomiarowych oraz czytnika położenia jako urządzenia wskazującego. Liniały pomiarowe mierzą przesunięcie na prowadnicach maszyny. Czytnik przekazuje przesunięcie jako wartość liczbowa.

Liniał pomiarowy składa się zasadniczo z dwóch podzespołów.

Korpusu – zbudowanego z sztywnej, pustej wewnątrz osłony aluminiowej i osadzonej w niej szklanej listwy. Na listwę szklaną wykonaną z materiału o zminimalizowanej rozszerzalności termicznej naniesiona jest bardzo dokładna podziałka pomiarowa.

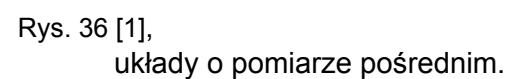
napęd posuwu pośredni



Istotny wpływ na dokładność obrabiarki posiadają napędy wrzecion. Głównym zadaniem tego napędu jest utrzymywanie zadanej prędkości obrotowej przy różnych obciążeniach, ponadto napędy te można wykorzystywać w sposób ściśle sterowany (np. w obróbce gwintów).

Pomiary położenia i przemieszczenia dotyczą elementu sterowanego obrabiarki. Wyróżnia się pomiary liniowe i kątowe. Sygnały z tych pomiarów wykorzystywane są jako sprzężenie zwrotne. Ze względu na sposób pomiaru wyróżnia się:

- układy o pomiarze bezpośrednim,



- kostka 100x100x40,
- kieszeń 60x30, g=20 mm,
- 8 otworów  $d=5$  mm,  $g=15$  mm, rozmieszczonych wg tabeli punktów,
- tabela punktów TAB13.PNT zawiera dane:

X	Y
20	20
50	20
80	20
20	80
50	80
80	80

## Przypomnienie najczęściej wykorzystywanych

### klawiszy klawiatury PC przy obsłudze symulatora.

ALT+CTRL+P	- lista programów,
ALT+CTRL+R	- test programu (symulacja obróbki na materiale),
ALT+CTRL+ S	- definiowanie cykli obróbczych,
ALT+CTRL+D	- wywołanie cykli obróbczych,
ALT+CTRL+B	- definiow. wywołania programu, wybór tabeli punktów,
ALT+CTRL+H	- pomoc (helper),
END	- kończenie edycji linii programu, edycji tabeli punktów,
ENT (ENTER prawy)	- zapisanie wprowadzonej nowej nazwy programu, tabeli punktów,
NO ENT (kl. prawy +)	- kasowanie słowa,
DEL (Delete)	- kasowanie linii programu,
CE (Del)	- wymazanie błędnej wartości,
F9, F10	- przewijanie paska dolnego,
F12	- zamykanie symulatora i zapisanie danych na dysk.

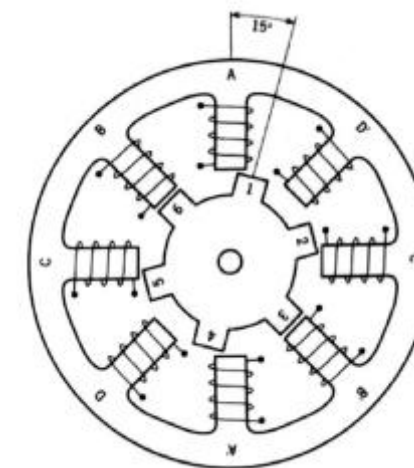
Wady:

rezonanse mechaniczne pojawiające się przy niewłaściwym sterowaniu.  
trudności przy pracy z bardzo dużymi prędkościami.

Obecnie istnieje duża liczba różnorodnych typów silników krokowych i jest możliwe pojawienie się nowych.

#### Silnik o zmiennej reluktancji

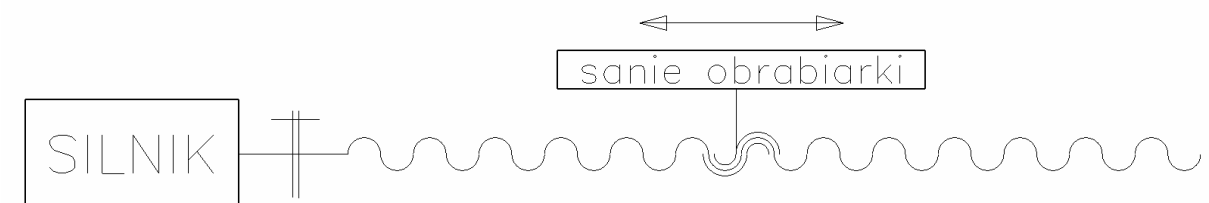
Ten typ silnika był przez długi czas bardzo popularny. Jest on chyba najprostszy ze strukturalnego punktu widzenia.

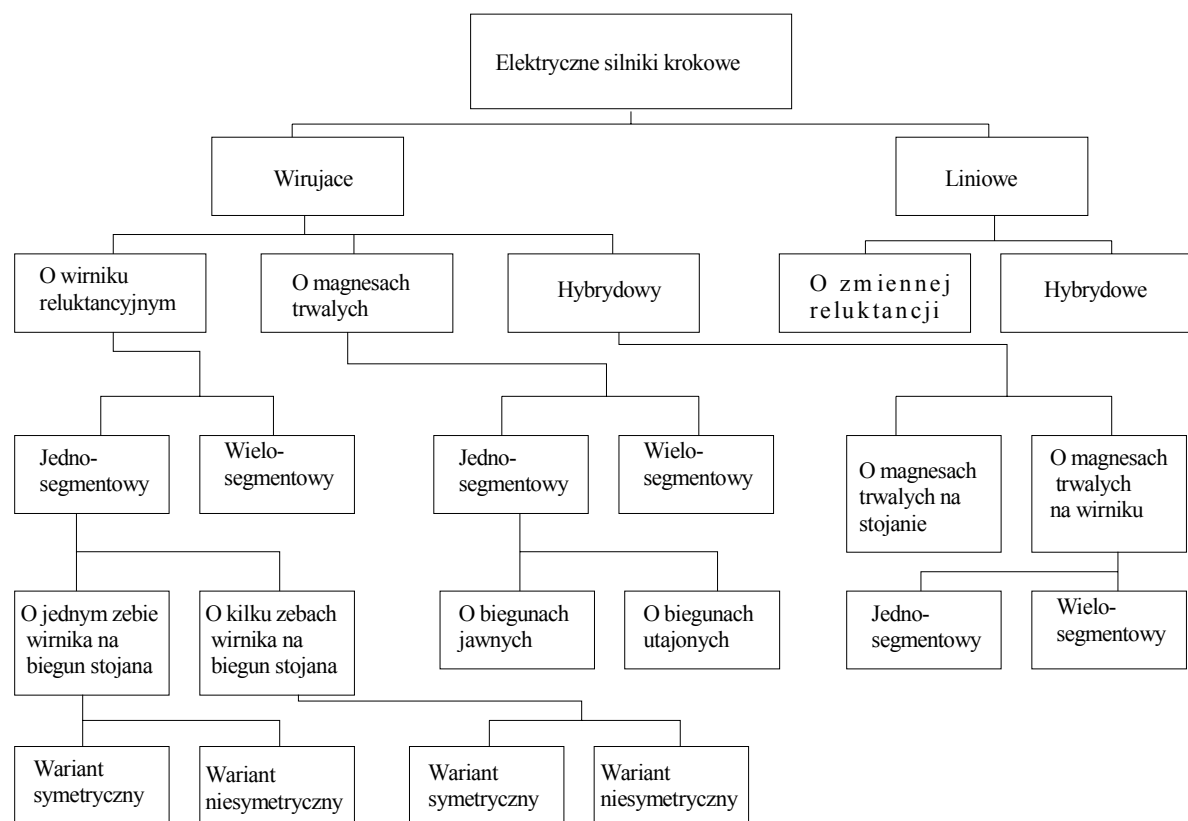


Rys. 33 Schemat silnika krokowego o zmiennej reluktancji.[6]

Silnik taki składa się z rotora o wielu zębami wykonanego z miękkiej stali i uzwojonego stojana. Kiedy uzwojenia stojana są zasilane prądem stałym, bieguny namagnesowują się. Ruch pojawia się na skutek przyciągania zębów rotora przez zasilane bieguny stojana.

#### Schematy układów napędów posuwów: napęd posuwu bezpośredni





**Rys. 32 Podział silników krokowych.[6]**

## ZALETY I WADY SILNIKÓW KROKOWYCH

Zalety:

kąt obrotu silnika jest proporcjonalny do ilości impulsów wejściowych.  
silnik pracuje z pełnym momentem w stanie spoczynku (o ile uzwojenia są zasilane).  
precyzyjne pozycjonowanie i powtarzalność ruchu - dobre silniki krokowe mają dokładność ok. 3 - 5% kroku i błąd ten nie kumuluje się z kroku na krok.  
możliwość bardzo szybkiego rozbiegu, hamowania i zmiany kierunku.  
niezawodne - ze względu na brak szczotek. żywotność silnika zależy zatem tylko od żywotności łożysk.  
zależność obrotów silnika od dyskretnych impulsów umożliwia sterowanie w pętli otwartej, przez co silnik krokowy jest łatwiejszy i tańszy w sterowaniu.  
możliwość osiągnięcia bardzo niskich prędkości synchronicznych obrotów z obciążeniem umocowanym bezpośrednio na osi.  
szeroki zakres prędkości obrotowych uzyskiwany dzięki temu, że prędkość jest proporcjonalna do częstotliwości impulsów wejściowych.

Jedną z najbardziej znaczących zalet silnika krokowego jest możliwość dokładnego sterowania w pętli otwartej. Praca w pętli otwartej oznacza, że nie potrzeba sprzężenia zwrotnego - informacji o położeniu. Takie sterowanie eliminuje potrzebę stosowania kosztownych urządzeń sprzężenia zwrotnego, takich jak enkodery optoelektroniczne. Pozycje znajduje się zliczając impulsy wejściowe.

## Przegląd funkcji DIN/ISO

### iTNC 530

M-funkcje	
M00	Przebieg programu STOP/wrzeciono STOP/ chłodziwo OFF
M01	Wybieralny Przebieg programu STOP
M02	Przebieg programu STOP/wrzeciono STOP/ chłodziwo OFF w koniecznym przypadku wymazanie wyświetlacza stanu (zależne od parametru maszynowego)/skok powrotny do bloku 1
M03	Wrzeciono ON zgodnie z ruchem wskazówek zegara
M04	Wrzeciono ON w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara
M05	Wrzeciono STOP
M06	Zmiana narzędzia/przebieg programu STOP/(zależne od parametrów maszynowych)/wrzeciono STOP
M08	Chłodziwo ON
M09	Chłodziwo OFF
M13	Wrzeciono ON zgodnie z ruchem wskazówek zegara /chłodziwo ON
M14	Wrzeciono ON w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara /chłodziwo ON
M30	Ta sama funkcja jak M02
M89	Wolna funkcja dodatkowa lub Wywołanie cyklu, działanie modalne (zależy od parametrów maszyny)
M90	Tylko w trybie z opóźnieniem: stała prędkość torowa na narożach
M99	Wywoływanie cyklu blokami
M91	W wierszu pozycjonowania: Współrzędne odnoszą się do punktu zerowego maszyny
M92	W wierszu pozycjonowania: Współrzędne odnoszą się do zdefiniowanej przez producenta maszyn pozycji np. do pozycji zmiany narzędzia
M94	Wskazanie osi obrotowej zredukować do wartości poniżej 360°
M97	Obróbka niewielkich stopni konturu
M98	Otwarte kontury obrabiać kompletnie na gotowo
M101	Automatyczna zmiana narzędzia z narzędziem siostrzanym, jeśli maksymalny okres trwałości upłynął
M102	M101 wycofać
M103	Zredukować posuw przy zagłębianiu w materiał do współczynnika F (wartość procentowa)
M104	Aktywować ponownie ostatnio wyznaczony punkt odniesienia
M105	Przeprowadzić obróbkę z drugim kv-współczynnikiem
M106	Przeprowadzić obróbkę z pierwszym kv-współczynnikiem
M107	Komunikat o błędach przy narzędziach siostrzanych z nadatkiem anulować
M108	M107 wycofać

M-funkcje	
M109	Stać prędkość torowa ostrza narzędzia (zwiększenie posuwu i jego redukcja)
M110	Stać prędkość torowa ostrza narzędzia (tylko redukcja posuwu)
M111	M109/M110 wycofać
M114	Autom. korekcja geometrii maszyny przy pracy z osiami pochylenia (wahań)
M115	M114 wycofać
M116	Posuw przy osiach kątowych w mm/min n
M117	M116 wycofać
M118	Pozycjonowanie kółka obrotowego podczas nałożenia przebiegu programun
M120	Obliczenie wstępne konturu ze skorygowanym promieniem (LOOK AHEAD)
M124	Nie uwzględniać punktów przy odpracowaniu nie skorygowanych wierszy prostych
M126	Przenieść osie obrotu po zoptymalizowanym torze ruchu
M127	M126 wycofać
M128	Zachować pozycję ostrza narzędzia przy pozycjonowaniu osi wahań (TCPPM)
M129	M128 wycofać
M130	W wierszu pozycjonowania: punkty odnoszą się do nienachylonego układu współrzędnych
M134	Zatrzymanie dokładnościowe na nie przylegających do siebie stycznie przejściach konturu przy pozycjonowaniu z osiami obrotu
M135	M134 wycofać
M136	Posuw F w milimetrach na obrót wrzeciona
M137	M136 wycofać
M138	Wybór osi wahań
M142	Usunąć modalne informacje o programie
M143	Usunąć obrót podstawowy
M144	Uwzględnienie kinematyki maszyny na pozycjach RZECZ/ZAD przy końcu wiersza
M145	M144 wycofać
M150	Wygaszanie komunikatów wyłącznika końcowego
M200	Cięcie laserowe: Wydawać bezpośrednio zaprogramowane napięcie
M201	Cięcie laserowe: Cięcie laserowe: wydawać napięcie jako funkcję odcinka
M202	Cięcie laserowe: Wydawać napięcie jako funkcję prędkości
M203	Cięcie laserowe: Cięcie laserowe: wydawać napięcie jako funkcję czasu (rampa)
M204	Cięcie laserowe: Cięcie laserowe: wydawać napięcie jako funkcję czasu (impuls)

G-funkcje	
<b>Przemieszczenia narzędzia</b>	
G00	Interpolacja prostej, kartezjańska, na biegu szybkim
G01	Interpolacja prostej, kartezjańska
G02	Interpolacja koła, kartezjańska, zgodnie z ruchem wskazówek zegara
G03	Interpolacja koła, kartezjańska, bez danych o kierunku obrotu
G05	Interpolacja koła, kartezjańska, tangencjalna
G06	Przejście konturu
G07*	Wiersz pozycjonowania równoległy do osi
G10	Interpolacja prostej, biegunowo, na biegu szybkim
G11	Interpolacja prostej, biegunowo, w kierunku ruchu wskazówek zegara
G12	Interpolacja prostej, biegunowo, w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara
G13	Interpolacja prostej, biegunowo, bez informacji o kierunku obrotu
G15	Interpolacja koła, biegunowo, tangencjalna
G16	Przejście konturu
<b>Najechać lub opuścić fazkę/zaokrąglenie/kontur</b>	
G24*	Fazki o długości R
G25*	Zaokrąglenie naroży z promieniem R
G26*	Płynny (tangencjalny) najazd konturu z promieniem R
G27*	Płynny (tangencjalny) odjazd od konturu z promieniem R
<b>Definicja narzędzia</b>	
G99*	Z numerem narzędzia T, długością L, promieniem R
<b>Korekcja promienia narzędzia</b>	
G40	Bez korekcji promienia narzędzia
G41	Korekcja toru narzędzia, na lewo od konturu
G42	Korekcja toru narzędzia, na prawo od konturu
G43	równoległa do osi korekcja dla G07, przedłużenie
G44	równoległa do osi korekcja dla G07, skrócenie
<b>Definicja półwyrobu dla grafiki</b>	
G30	(G17/G18/G19) minimalny punkt
G31	(G90/G91) maksymalny punkt
<b>Cykle dla wytwarzania odwiertów i gwintów</b>	
G240	Centrowanie
G200	Wiercenie
G201	Rozwiercanie dokładne otworu
G202	Wytaczanie
G203	Wiercenie uniwersalne
G204	Pogłębianie wsteczne
G205	Wiercenie głębokich otworów uniwersalne
G206	Gwintowanie z uchwytem wyrównawczym
G207	Gwintowanie otworów bez uchwyty wyrównawczego
G208	Frezowanie odwiertów
G209	Gwintowanie z łamaniem wióra

G-funkcje	
<b>Cykle dla wytwarzania odwiertów i gwintów</b>	
G262	Frezowanie gwintów
G263	Frezowanie gwintów wpuszczanych
G264	Frezowanie gwintów wierceniem
G265	Helix-frezowanie gwintów wierconych
G267	Frezowanie gwintu zewnętrznego
<b>Cykle dla frezowania kieszeni,czopów i rowków wpustowych</b>	
G210	Frezowanie rowków wahadłowym zagłębianiem
G211	Okrągły rowek wahadłowym zagłębianiem
G212	Obróbka na gotowo kieszeni prostokątnej
G213	Obróbka wykańczająca czopu prostokątnego
G214	Obróbka na gotowo kieszeni okrągłej
G215	Obróbka czopu okrągłego na gotowo
G251	Kieszeń prostokątna
G252	Kieszeń okrągła
G253	Rowek wpustowy
G254	Okrągły rowek
<b>Cykle dla wytwarzania wzorów (szablonów) punktowych</b>	
G220	Wzory punktowe na okręgu
G221	Wzory punktowe na liniach
<b>SL-cykle grupa 2</b>	
G37	Kontur, definicja numerów podprogramu konturu częściowego
G120	Określić dane konturu (ważne dla G121 do G124)
G121	wiercenie wstępne
G122	Usuwanie materiału równoległe do osi (obróbka zgrubna)
G123	Obróbka na gotowo dna
G124	Obróbka na gotowo boków
G125	Linia konturu (obróbka otwartych konturów)
G127	Ośłona cylindra
G128	Ośłona cylindra frezowanie rowków wpustowych
<b>Przeliczenia współrzędnych</b>	
G53	Przesunięcie punktu zerowego z tabeli punktów zerowych
G54	Przesunięcie punktu zerowego w programie
G28	Odbicie symetryczne konturu
G73	Obrót układu współrzędnych
G72	Współczynnik wymiarowy, kontur zmniejszyć/powiększyć
G80	Nachylić płaszczyznę obróbki
G247	Wyznaczyć punkt odniesienia
<b>Cykle dla frezowania metodą wierszowania</b>	
G60	3D-dane odpracować
G230	Frezowanie metodą wierszowania równych powierzchni
G231	Frezowanie wierszowaniem dowolnie nachylonych powierzchni
*) Wierszami działająca funkcja	

Rys. 31 [1],

Najwięcej obrabiarek wyposażonych jest w silniki prądu stałego DC i AC wraz z odpowiednim układem elektronicznym. Najnowocześniejsze obrabiarki wyposaża się w silniki liniowe i krokowe.

Silniki krokowe

**Silnik krokowy** jest urządzeniem elektromechanicznym, które przekształca impulsy elektryczne w dyskretne ruchy mechaniczne. Oś silnika krokowego obraca się o niewielkie przyrosty kąta pod wpływem impulsów elektrycznych, podawanych w odpowiedniej kolejności. Obroty silnika są związane bezpośrednio z podawanymi impulsami na kilka sposobów. Kierunek obrotów osi jest ściśle związany z sekwencją podawanych impulsów, prędkość obrotów zależy od częstotliwości tych impulsów, a kąt obrotu - od ich ilości.

Częste zastosowanie silników krokowych można zaobserwować w automatyce przemysłowej.

RODZAJE SILNIKÓW KROKOWYCH I ICH WŁAŚCIWOŚCI

Rodzaj zastosowanego silnika jego budowa oraz wynikające z tego różne możliwe sposoby sterowania sprawiają , że konstruuując sterownik należy wziąć pod uwagę właściwości poszczególnych rodzajów silników ponieważ cechy silnika ściśle rzutują na sposoby rozwiązania sterowania a w konsekwencji na właściwości całego układu napędowego.

wytrzymałościowych, charakteryzują się zdolnością do tłumienia drgań oraz niewielką skłonnością do zmian wymiarów liniowych pod wpływem temperatury.

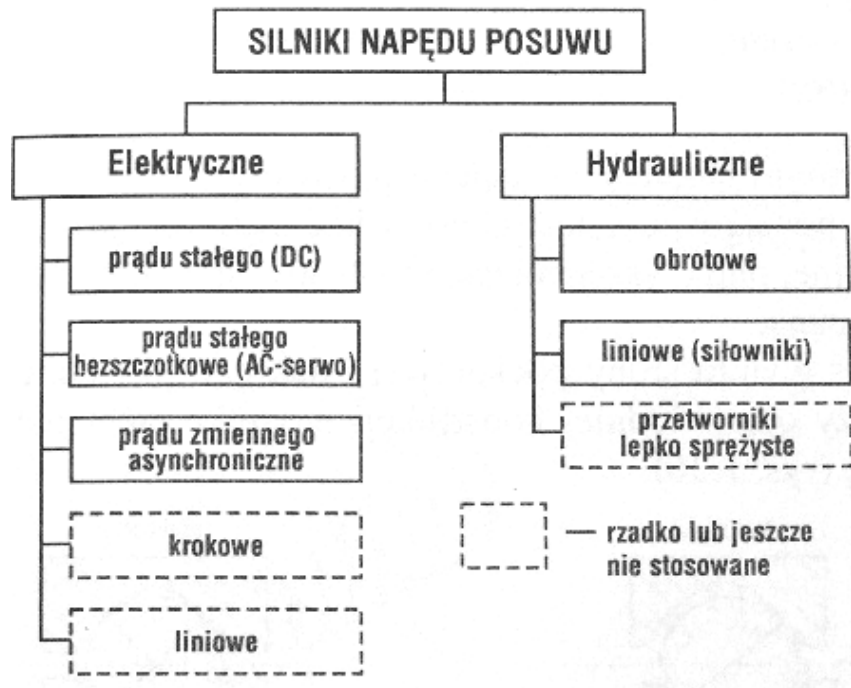
- Materiały korpusów:
- jednolite odlewy żeliwne, granit syntetyczny, korpusy zespolone:
    - dolna część spawana, górna żeliwna,
    - dolna część z betonu silikonowego, górna żeliwna,
    - żeliwna konstrukcja skrzynkowa wypełniona masą betonową.

Prowadnice są elementem wpływającym wydatnie na jakość obrabiarki. W obrabiarkach CNC stosuje się prowadnice: ślizgowe z nakładkami przeciwciernymi, toczne, hydrostatyczne, w układzie mieszanym.

Zespoły napędowe

Wśród zespołów napędowych obrabiarek CNC wyróżnia się napędy posuwów i napęd wrzeciona. Układ napędu posuwu składa się z: silnika napędu posuwu, przekładni (w przypadku pośredniego napędu posuwu), śruby pociągowej, nakrętki przymocowanej do stołu roboczego obrabiarki.

Silniki napędu posuwu dzielą się na:



G-funkcje	
Cykle sondy pomiarowej dla uchwycenia ukośnego położenia	
G400	Obrót podstawy przez dwa punkty
G401	Obrót podstawy przez dwa odwierty
G402	Obrót podstawy przez dwa czopy
G403	Kompensowanie obrotu podstawy przez oś obrotu
G404	Wyznaczenie obrotu podstawy (tła)
G405	Kompensowanie ukośnego położenia przez oś C
Cykle sondy pomiarowej dla wyznaczania punktu odniesienia (bazy)	
G410	Baza prostokąt wewnątrz
G411	Baza prostokąt zewnątrz
G412	Baza okrąg wewnątrz
G413	Baza okrąg zewnątrz
G414	Baza naroże zewnątrz
G415	Baza naroże wewnątrz
G416	Baza okrąg odwiertów-środek
G417	Baza w osi sondy pomiarowej
G418	Baza na środku 4 odwiertów
Cykle sondy pomiarowej dla pomiaru obrabianego przedmiotu	
G55	Pomiar dowolnych współrzędnych
G420	Pomiar dowolnych kątów
G421	Pomiar odwiertu
G422	Pomiar czopu okrągłego
G423	Pomiar kieszeni prostokątnej
G424	Pomiar czopu prostokątnego
G425	Pomiar rowka
G426	Pomiar szerokości mostka
G427	Pomiar dowolnych współrzędnych
G430	Pomiar okrąg odwiertów-środek
G431	Pomiar dowolnej płaszczyzny
Cykle sondy pomiarowej dla pomiaru narzędzia	
G480	Kalibrowanie TT
G481	Pomiar długości narzędzia
G482	Pomiar promienia narzędzia
G483	Pomiar długości i promienia narzędzia
Cykle specjalne	
G04*	Przerwa czasowa z F sekund
G36	Orientacja wrzeciona
G39*	wywołanie programu
G62	Odchylenia tolerancji dla szybkiego frezowania
G440	konturu Pomiar przesunięcia osi
Ustalić płaszczyznę obróbki	
G17	Płaszczyzna X/Y, oś narzędzia Z
G18	Płaszczyzna Z/X, oś narzędzia Y
G19	Płaszczyzna Y/Z, oś narzędzia X
G20	Oś narzędzia IV
Dane o wymiarach	
G90	Dane wymiarowe absolutne
G91	Dane wymiarowe przyrostowe

G-funkcje	
Jednostka miary	
G70	Jednostka miary cale (określić na początku programu)
G71	Jednostka miary milimetry (określić na początku programu)
Inne G-funkcje	
G29	Ostatnia wartość zadana położenia jako biegun (punkt środkowy okręgu)
G38	Przebieg programu-STOP
G51*	Wybór wstępny narzędzia (przy centralnej pamięci narzędzi)
G79*	Wywołanie cyklu
G98*	Numer Label wyznaczyć
*) Wierszami działająca funkcja	
Adresy	
%	Początek programu
%	wywołanie programu
#	
#	Numer punktu zerowego z cyklem G53
A	Ruch obrotowy wokół osi X
B	Ruch obrotowy wokół osi Y
C	Ruch obrotowy wokół osi Z
D	Q-parametry-definicje
DL	Korekcja zużycia długości z T
DR	Korekcja zużycia promień z T
E	Tolerancja z M112 i M124
F	Posuw
F	Przerwa czasowa z G04
F	Współczynnik wymiarowy z G72
F	Współczynnik F-redukowanie z M103
G	G-funkcje
H	współrzędne biegunowe-kąt
H	Kąt obrotu z G73
H	Kąt graniczny z M112
I	X-współrzędna punktu środkowego koła/bieguna
J	Y-współrzędna punktu środkowego koła/bieguna
K	Z-współrzędna punktu środkowego koła/bieguna
L	Wyznaczanie numer Label przy pomocy G98
L	Skok do nr Label
L	Długość narzędzia z G99
M	M-funkcje
N	Numer bloku
P	Parametry cyklu w cyklach obróbki
P	Wartość lub Q-parametr w definicji Q-parametrów
Q	Q-parametr



Adresy	
R	Współrzędne biegunowe-promień
R	Promień okręgu z G02/G03/G05
R	Promień zaokrąglenia z G25/G26/G27
R	Promień narzędzia z G99
S	Prędkość obrotowa wrzeciona
S	Orientacja wrzeciona z G36
T	Definicja narzędzia z G99
T	Wywołanie narzędzia
T	następne narzędzie z G51
U	Oś równoległa do osi X
V	Oś równoległa do osi Y
W	Oś równoległa do osi Z
X	X-oś
Y	Y-oś
Z	Z-oś
*	Koniec wiersza

#### Cykle konturu

Struktura programu przy obróbce z kilkoma narzędziami	
Lista podprogramów konturu	G37 P01 ...
Dane konturu definiować	G120 Q1 ...
Wiertło definiować/wywołać Cykl konturu: Wiercenie wstępne Wywołanie cyklu	G121 Q10 ...
Frez do obróbki zgrubnej definiować/ wywołać Cykl konturu: Rozwiercanie Wywołanie cyklu	G122 Q10 ...
Frez do obróbki na gotowo definiować/ wywołać Cykl konturu: obróbka wykańczająca dna Wywołanie cyklu	G123 Q11 ...
Frez do obróbki na gotowo definiować/ wywołać Cykl konturu: Obróbka na gotowo krawędzi bocznych Wywołanie cyklu	G124 Q11 ...
Koniec głównego programu, skok powrotny	<b>M02</b>
Podprogramy konturu	G98 ... G98 L0

#### Korekcja promienia podprogramów konturu

Kontur	Kolejność programowania elementów konturu	promień -korekcja
Wewnątrz (kieszon)	zgodnie z ruchem wskazówek zegara (CW) W kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara (CCW)	G42(RR) G41 (RL)
Zewnątrz (wyseпка)	zgodnie z ruchem wskazówek zegara (CW) W kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara (CCW)	G41 (RL) G42(RR)

#### Przeliczenia współrzędnych

Przeliczenie współrzędnych	Aktywować	Anulować
Punkt zerowy-przesunięcie	G54 X+20 Y+30 Z+10	G54 X0 Y0 Z0
Odbicie lustrzane	G28 X	G28
Obrót	G73 H+45	G73 H+0
Współczynnik wymiarowy	G72 F 0,8	G72 F1
Płaszczyzna obróbki	G80 A+10 B+10 C+15	G80

#### Q-parametry-definicje

D	Funkcja
00	Przypisanie
01	Dodawanie
02	Odejmowanie
03	Mnożenie
04	Dzielenie
05	Pierwiastek
06	Sinus
07	Cosinus
08	Pierwiastek z sumy kwadratów $c = \sqrt{a^2+b^2}$
09	Jeżeli równy, to skok do numeru Label
10	Jeżeli nierówny, to skok do numeru Label
11	Jeżeli większy, to skok do numeru Label
12	Jeżeli mniejszy, to skok do numeru Label
13	Kąt (kąt z c . sin a und c . cos a)
14	Numer błędu
15	Print (druk)
19	Przypisanie PLC

W celu umożliwienia pełnego korzystania z materiałów edukacyjnych wyjaśniających sposób programowania z wykorzystaniem symulatora PC, w niniejszych materiałach zamieszczono tablice funkcji DIN/ISO, widoki i opis konsoli operatora oraz klawiatury PC z „**Podręcznik obsługi dla operatora DIN/ISO – Programowanie - plik .pdf.**

producent obrabiarki. Najazd na punkt referencyjny odbywa się po każdym włączeniu obrabiarki.

**F** – punkt odniesienia zespołu napędowego – punkt kodowy, którego współrzędne są podawane w układzie maszynowym i związane z konstrukcją obrabiarki. Położenie punktu f nie ma większego znaczenia dla programowania obrabiarki.

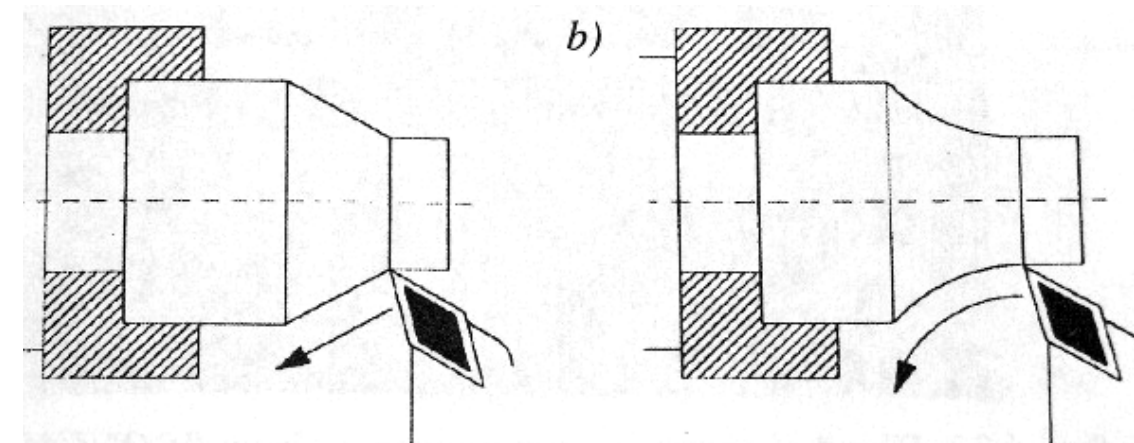
**P** – punkt kodowy narzędzia – punkt, którego współrzędne są zadawane w programie sterującym. Położenie tego punktu określa programista. Warunkiem poprawnej pracy obrabiarki jest wprowadzenie do układu sterowania informacji o położeniu tego punktu.

**Ww** - punkt wymiany narzędzia – W tym punkcie musi się znaleźć punkt kodowy F w celu przeprowadzenia automatycznej wymiany narzędzia.

#### Układy sterowania numerycznego

Zadaniem układu CNC jest odczytanie programu sterującego, następnie jego dekodowanie, przetworzenie i wysłanie sygnałów sterujących do odpowiednich zespołów obrabiarki. Dane niezbędne do prawidłowego wykonania części pochodzą z:  
programu sterującego (wgranego lub wpisanego bezpośrednio z obrabiarki),  
danych zawartych w układzie sterowania,  
sprzężenia zwrotnego.

W celu zapewnienia prawidłowego toru ruchu narzędzia konieczny jest często jednoczesny ruch w 2, 3, 4 czy 5 osiach. Zadanie takie wykonuje urządzenie zwane *interpolator*em będące integralną częścią układu CNC. Układy CNC umożliwiają najczęściej interpolacje liniową oraz kołową, czasem również linii śrubowej, paraboli i spline.



Rys. 30 Interpolacja: a) liniowa, b)kołowa [1]

#### Korpusy i prowadnice

Korpus jest elementem obrabiarki łączącym poszczególne zespoły i podzespoły w funkcjonalną całość. O jakości korpusu w dużym stopniu decyduje sztywność (statyczna i dynamiczna). Materiały stosowane na korpusy, oprócz odpowiednich właściwości

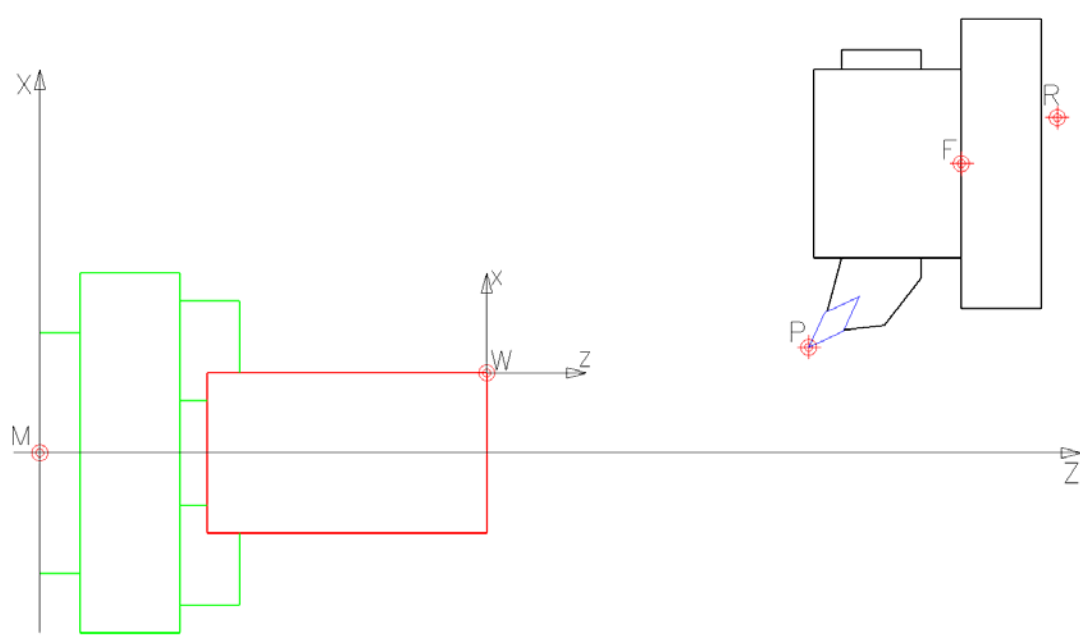
### Inne obrabiarki sterowane numerycznie

Równoległe z rozwojem układów CNC rośnie liczba rodzajów obrabiarek sterowanych numerycznie. Sterowanie numeryczne stosuje się wszędzie tam, gdzie jest to możliwe i wiąże się z korzyściami technologicznymi i ekonomicznymi. Wśród tej grupy obrabiarek powszechne zastosowanie znalazły:

szlifierki,  
wiertarki,  
obrabarki laserowe,  
obrabarki do obróbki erozyjnej, itp.

### Punkty charakterystyczne obrabiarki

Każda obrabiarka CNC posiada przypisany układ współrzędnych maszyny.



Rys. 29 Punkty charakterystyczne tokarki.

**M** – punkt maszynowy – punkt początku maszynowego układu współrzędnych. Jego położenie jest ustalane przez producenta i ściśle związane z konstrukcją obrabiarki. Do punktu maszynowego odnoszą się pozostałe punkty charakterystyczne.

**W** – punkt zerowy przedmiotu – punkt początku układu współrzędnych przedmiotu. Ustalany jest w sposób dowolny przez programistę. Warunkiem poprawnej pracy obrabiarki jest wprowadzenie do układu sterowania informacji o położeniu tego punktu.

**R** – punkt referencyjny maszyny – punkt o znanej odległości od punktu maszynowego M, służący do ustalenia położenia początku osi układu maszynowego. Jego położenie ustala

## **Egzamin z nabytych umiejętności**

Na końcu jednostki modułowej z obsługi frezarki i grawerko-frezarki CNC

będzie przeprowadzony egzamin sprawdzający nabyte przez słuchaczy umiejętności.

Egzamin będzie obejmował umiejętności związane z przygotowaniem maszyny do realizacji zadań technologicznych i z prowadzeniem zaprogramowanej obróbki zadanego przedmiotu.

Słuchacze otrzymują nośnik z programem obróbki z którego mają wczytać program i uruchomić go na frezarce.

**Podczas egzaminu oceniane będą następujące umiejętności słuchaczy:**

1. Bazowanie maszyny,
2. Uzbrojenie maszyny w narzędzia skrawające,
3. Pomiar korektorów narzędzi i wpisanie ich wartości do rejestru maszyny,
4. Ustawienie punktu zerowego na wybranym miejscu przedmiotu,
5. Wczytanie programu obróbczego z nośnika informacji,
6. Przeprowadzenie symulacji obróbki,
7. Przeprowadzenie obróbki,
8. Pomiar otrzymanych wymiarów i ewentualne poprawienie korektora długościowego narzędzia.

Z uwagi na długi czas wykonania wszystkich wyżej wymienionych czynności słuchacze będą podczas egzaminu wykonywać tylko trzy losowo wybrane zadania.

**Uwagi do przeprowadzenia egzaminu:**

Przed rozpoczęciem realizacji modułu oraz przy jego zakończeniu słuchacze powinni być poinformowani o:

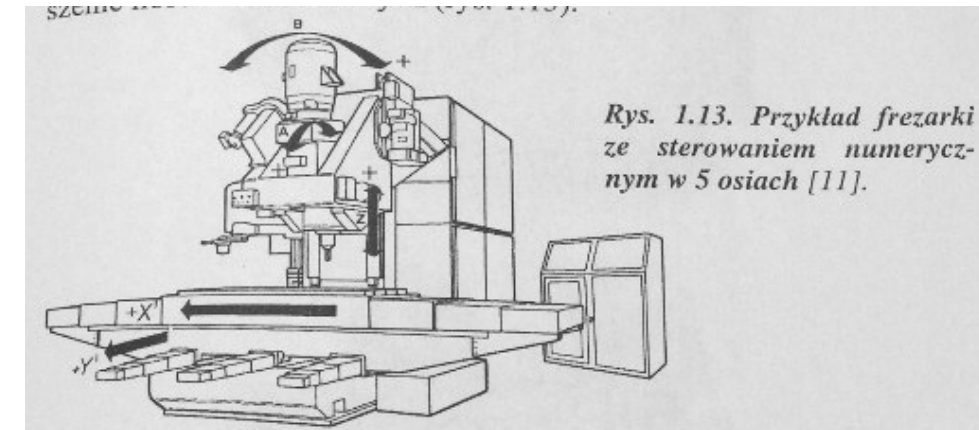
- zakresie egzaminu,
- formie organizacyjnej
- wymaganiach i kryteriach oceniania.

#### Kryteria oceniania:

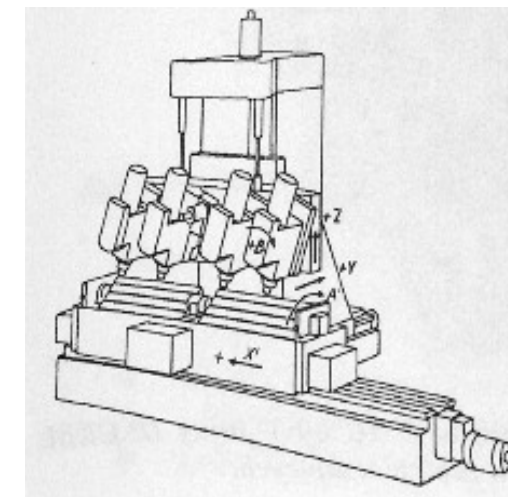
Ocenę pozytywną z egzaminu otrzyma słuchacz, który w **min 75%** wykaże się umiejętnościami prawidłowej obsługi maszyny.

W zależności od ilości osi sterowanych wzrastają możliwości wykonywania w jednym zamocowaniu większej ilości operacji, co pozwala na obniżenie kosztów produkcji (niższe czasy jednostkowe, możliwość rezygnacji z części oprzyrządowania) i dokładności obrabianych części (każde ustawianie bazy pociąga za sobą mniejszy lub większy błąd).

(Filmy: 5ax\_1.MPG , 5ax\_2.MPG , 5ax\_3.MPG , 5ax\_4.AVI , 5ax\_5.AVI ),

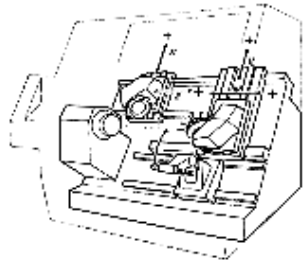


Rys. 28 [1],

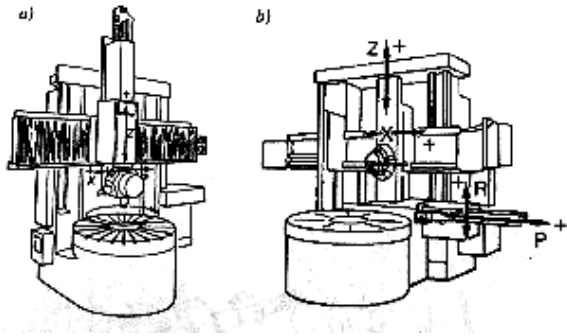


Rys. 29 Frezarka 4-ro wrzecionowa ze sterowaniem 5 osi.[1]

Centra obróbkowe to nie tylko frezarki, ale również:  
 frezarko – tokarki (filmy: tok\_frez\_1.MPG , tok\_frez\_2.MPG),  
 drążarki elektroerozyjne,  
 lasery do cięcia blach,  
 specjalne (o określonym przeznaczeniu technologicznym).



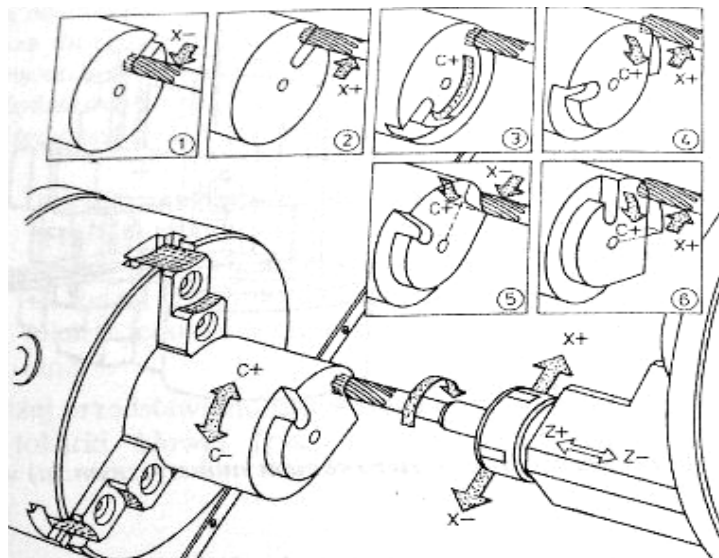
Rys. 1.9. Tokarka klasowa ze sterowaniem numerycznym w 4 osiach [11].



Rys. 26 Schematy tokarek.[1]

Zastosowanie w tokarkach sterowania dodatkowymi osiami (tokarko – frezarki) pozwala na zwiększenie możliwości technologicznych.

(Film *tok\_frez\_3.MPG*)



Rys. 27 Tokarko – frezarka.[1]

#### Frezarki i centra obróbkowe

Nowoczesne frezarki numeryczne są obrabiarkami zapewniającymi szeroki możliwości technologiczne. Zwyczajowo centrami obróbkowymi nazywa się frezarki posiadające więcej niż trzy osie sterowane i magazyn narzędzi.

## Materiały szkoleniowe

Kurs „Operator obrabiarek sterowanych numerycznie”

**Autor: Tomasz Szatko**

Mielec, maj 2008 r.

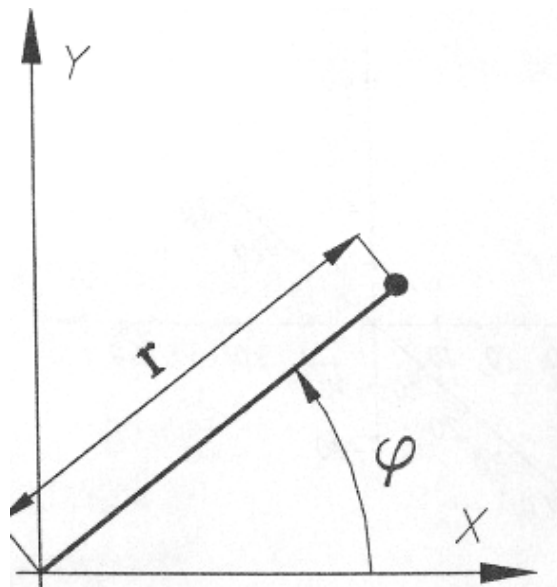
# CZĘŚĆ 1

## RYSUNEK TECHNICZNY

### MATEMATYCZNE PODSTAWY OPISU GEOMETRYCZNEGO

Układ współrzędnych umożliwia opis elementów geometrii na płaszczyźnie lub w przestrzeni. Najczęściej używany jest *układ współrzędnych kartezjańskich* (prostokątnych). Tworzą go dwie (w przypadku układu płaskiego), lub trzy (w przypadku układu przestrzennego) osie przecinające się pod kątem prostym. Punkt ich przecięcia jest początkiem układu. Położenie punktu w takim układzie współrzędnych określa się poprzez prostopadłe rzutowanie danego punktu na poszczególne osie. W zależności od kierunku pomiaru mogą one przyjmować wartości dodatnie lub ujemne.

*Układ współrzędnych biegunowych* jest znacznie rzadziej stosowany.

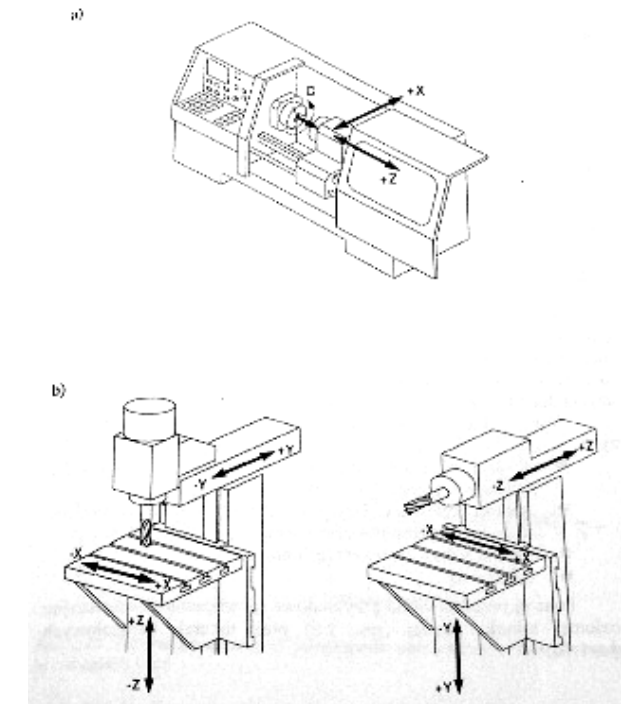


Rys.1 Sposób określania położenia z wykorzystaniem współrzędnych biegunowych.

gdzie:

$r$  – długość odcinka (promienia wodzącego) łączącego dany punkt z wyróżnionym punktem układu (biegunem),

– faza – kąt pomiędzy promieniem wodzącym a wyróżnionym kierunkiem (prostą biegunową).



Rys. 25 Układy osi sterowanych: a) w tokarce, b) we frezarce pionowej i poziomej.[1]

Obrabiarki CNC charakteryzują się dużą różnorodnością odmian konstrukcyjnych, z czym wiąże się mnogość możliwości technologicznych.

### Tokarki

Na tokarkach można wykonywać: toczenie, wiercenie, rozwiercanie, przecinanie, gwintowanie, frezowanie (przy zastosowaniu odpowiedniego oprzyrządowania), itp.

Wśród tokarek możemy wyróżnić wiele odmian konstrukcyjnych:

poziome i pionowe (karuzelowe) – podział ze względu na położenie osi wrzeciona, prętowe, uchwytowe i kłowe – podział ze względu na rodzaj przedmiotu obrabianego, jedno – i wielowrzecionowe, inne.

Niektóre zalety obrabiarek CNC:

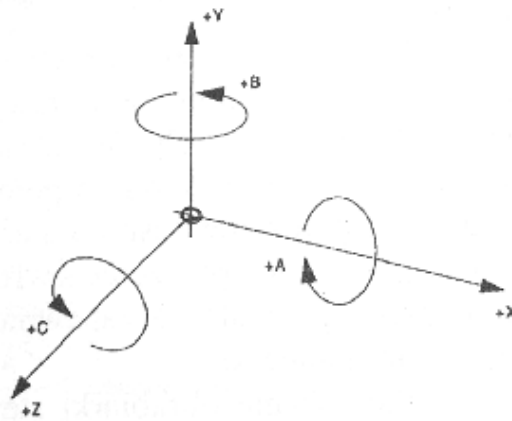
- zwiększenie wydajności,
- zwiększenie dokładności wymiarowo – kształtowej (dzięki sprzężeniu zwrotnemu – zwykle pomiar co 0,001 mm),
- powtarzalność geometryczna obrabianych przedmiotów,
- zwiększona elastyczność produkcji.

Zalety obrabiarek sterowanych numerycznie sprawiają, że znajdują one coraz szersze zastosowanie w przemyśle.

#### Osie sterowane numerycznie

Obrabiarki CNC mają co najmniej dwie osie sterowane (tokarki – 0X i 0Z).

W układzie kartezjańskim wyróżnia się trzy ruchy prostoliniowe (X, Y, Z) oraz trzy ruchy obrotowe wokół tych osi.



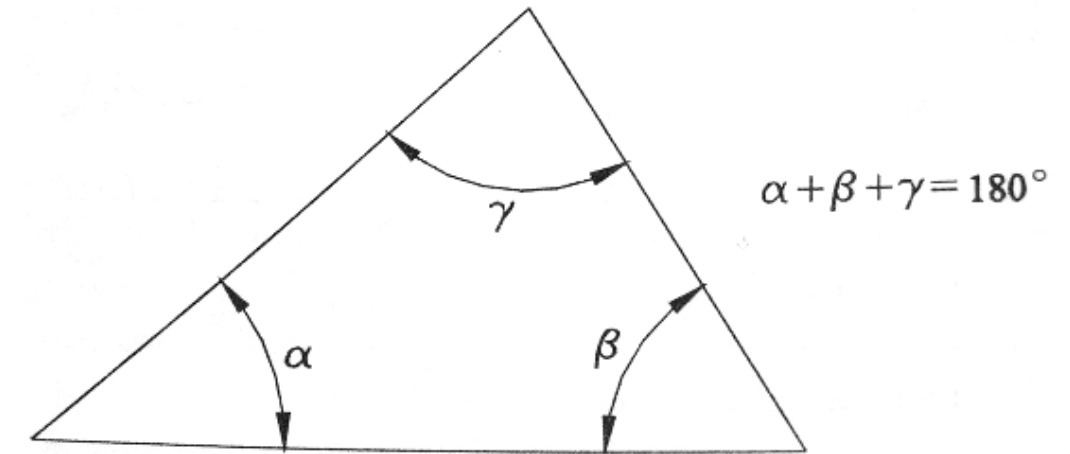
Rys. 24 Nazwy osi w układach obrabiarek CNC.[1]

Do oznaczania dodatkowych elementów sterowanych ruchem ciągłym (np. dodatkowych suportów) stosuje się kolejne litery alfabetu.

Kierunki i zwroty osi w układzie kartezjański określa reguła trzech palców (prawej dłoni), definiując oś 0Z jako pokrywającą się z kierunkiem wyznaczonym środkowym palcem.

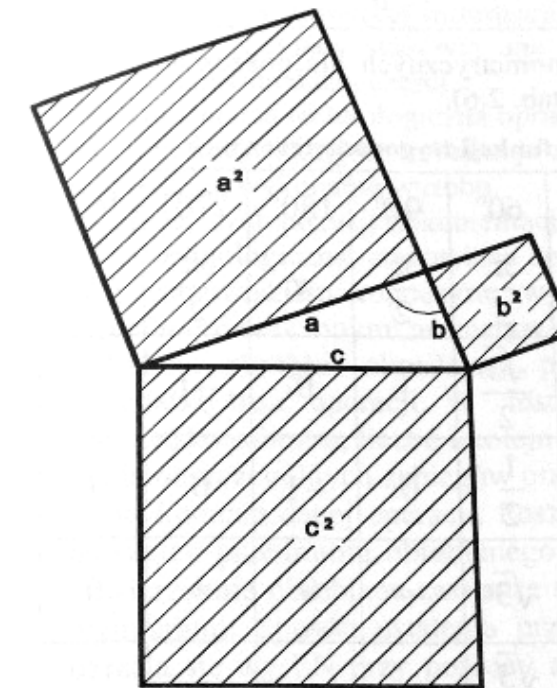
Zależności dla trójkąta:

- Suma kątów wewnętrznych w trójkącie wynosi zawsze  $180^\circ$ .



Rys. 2 Kąty wewnętrzne w trójkącie.[2]

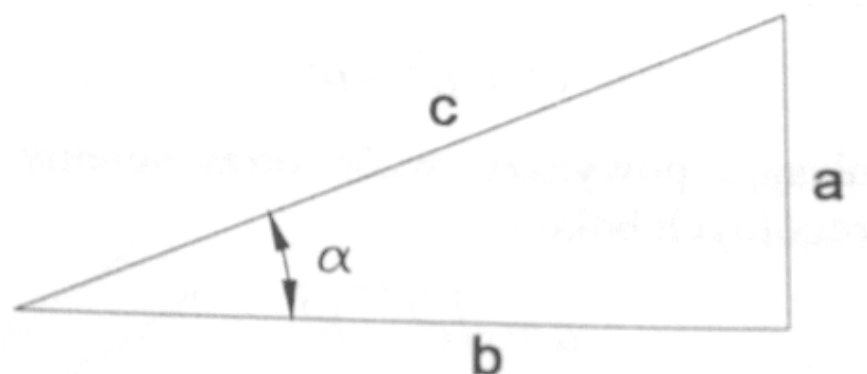
- Twierdzenie Pitagorasa – pole kwadratu zbudowanego na przeciwprostokątnej jest równe sumie pól kwadratów zbudowanych na przyprostokątnych.



Rys. 3 Twierdzenie pitagorasa.[2]



3. Funkcje trygonometryczne – określają zależności między kątami i długościami boków trójkąta prostokątnego.

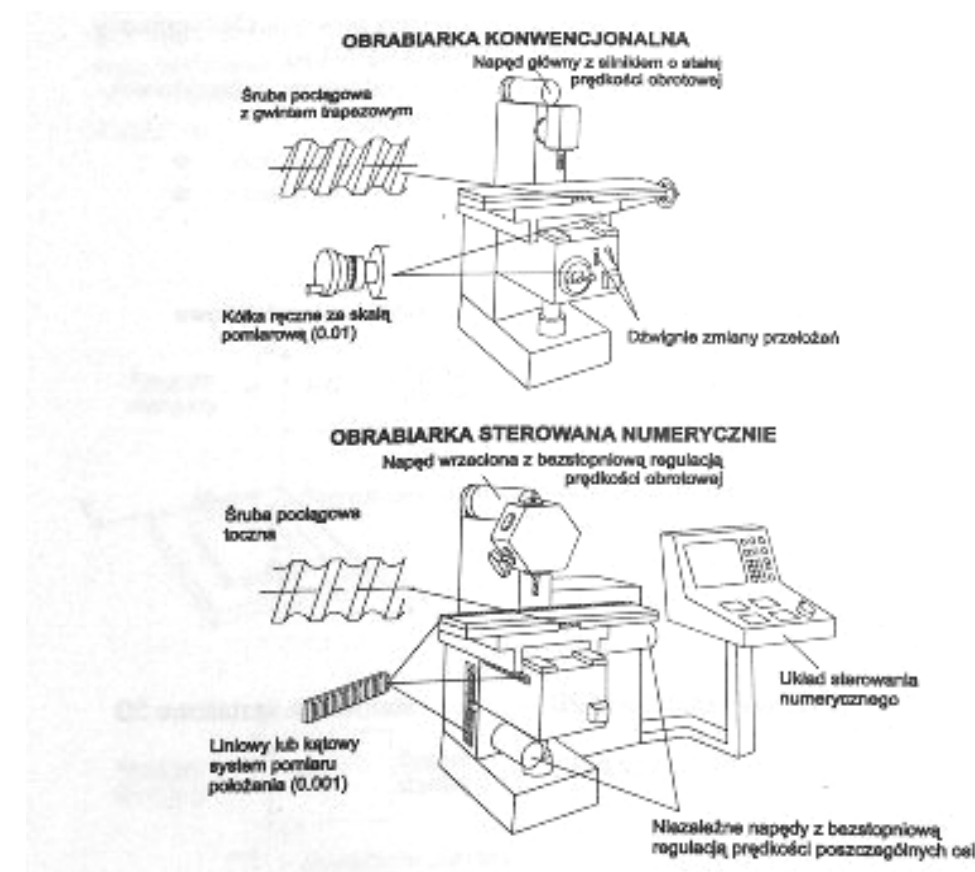


Rys. 4 Oznaczenie trójkąta prostokątnego dla funkcji trygonometrycznych

Szczególne wartości funkcji trygonometrycznych

stopnie	0°	30°	45°	60°	90°	180°	270°	360°
sin	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	0	-1	0
cos	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	-1	0	1
tg	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	nieokreślony	0	nieokreślony	0
ctg	nieokreślony	$\sqrt{3}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	0	nieokreślony	0	nieokreślony

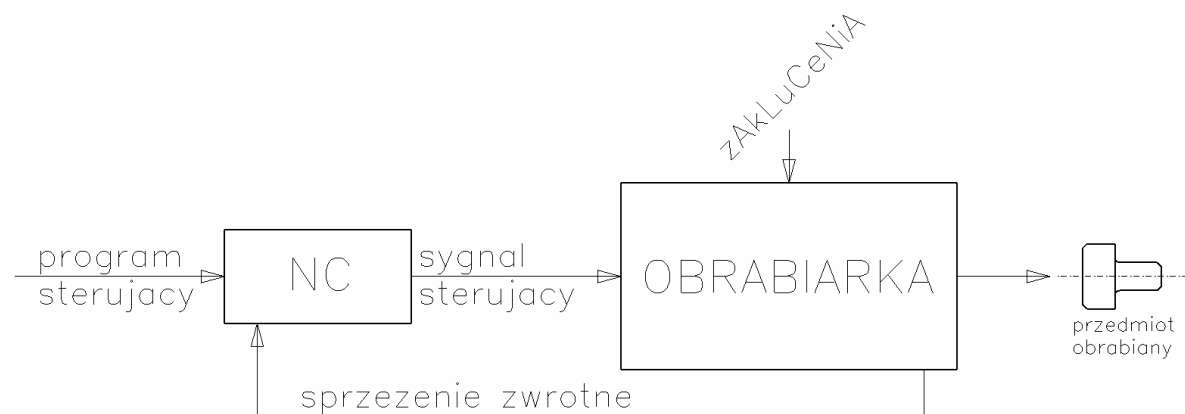
zależy każdorazowo od jego doświadczenia i zaangażowania w pracę. Na obrabiarce CNC układ sterowania przetwarza odpowiednie sygnały i steruje poszczególnymi zespołami maszyny. Wszystkie zabiegi wykonywane przez maszynę (operator też ma co robić) są wykonywane identycznie.



Rys. 23 Porównanie obrabiarek konwencjonalnej i CNC.[1]

Na obrabiarce CNC każdy z suportów wyposażony jest w silnik z bezstopniową regulacją obrotów. Podobne rozwiązanie stosuje się do napędu wrzeciona obrabiarce (z wyjątkiem obrabiarek starszego typu). W obrabiarkach konwencjonalnych stosuje się najczęściej silniki o stałej prędkości obrotowej, zaś zmiana obrotów realizowana jest poprzez skrzynki przekładniowe.

Dokładność wymiarowa na obrabiarkach konwencjonalnych realizowana jest poprzez nastawy przy pomocy kółek ręcznych. Na obrabiarkach CNC stosuje się systemy pomiaru położenia, które w sposób ciągły, na bieżąco dokonują odczytów położenia zespołu sterowanego przekazując informację zwrotną do układu sterowania. Informacja ta stanowi wspomniane wcześniej sprzężenie zwrotne i już podczas pracy pozwala na zapewnienie dokładności pomiarowej przedmiotu obrabianego.



Rys. 22 [1],

Brak sprzężenia zwrotnego w przypadku sterowania w układzie otwartym powoduje, że na proces sterowania mają wpływ zakłócenia zewnętrzne (wiąże się z tym uzyskiwana dokładność wymiarowo – kształtowa). Sterowanie w układzie zamkniętym posiada sprzężenie zwrotne sygnałów z czujników pomiarowych. Dzięki temu możliwa jest reakcja układu sterowania na powstające w trakcie obróbki zakłócenia.

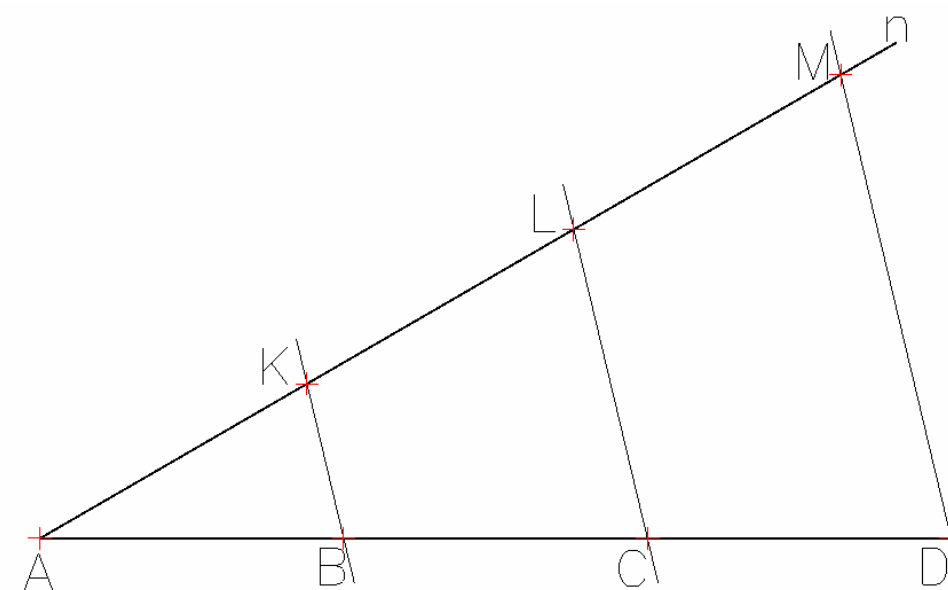
#### Cechy konstrukcyjne obrabiarek CNC

- Bezstopniowa regulacja prędkości obrotowej i posuwów.
- Napęd przenoszony za pomocą śrub tocznych.
- Eliminowanie prowadnic ślizgowych na rzecz tocznych.
- Eliminowanie przekładni zębatych.
- Kompaktowa konstrukcja o zamkniętej przestrzeni roboczej.
- Konstrukcja modułowa o elastycznie dobieranej konfiguracji elementów składowych.
- Mała podatność statyczna i dynamiczna.
- Automatyczny nadzór i diagnostyka.
- Duża moc (jako suma mocy poszczególnych napędów).
- Osiąganie znacznych wartości parametrów obróbki (np.  $F_{MAX} = 100\ 000\text{mm/min}$ ).
- Obróbka równoległa z wykorzystaniem wielu wrzecion.
- Złożona kinematyka pracy (obróbka 5-cio i więcej osiowa).
- Magazyny narzędzi z automatyczną wymianą.
- Systemy narzędziowe z narzędziami składanymi.
- Automatyczny pomiar i kodowanie narzędzi.
- Automatyczny pomiar przedmiotu obrabianego.
- Automatyczna wymiana przedmiotu obrabianego.
- Automatyczne usuwanie wiórów.
- Automatyczne zatrzymanie w przypadku kolizji (wyłącznik przeciążeniowy)

#### Porównanie obrabiarki konwencjonalnej i obrabiarki sterowanej numerycznie.

Na obrabiarce konwencjonalnej pracownik na podstawie procesu technologicznego lub rysunku steruje ręcznie procesem obróbki. Powtarzalność i czas wykonywanych części

#### 4. Twierdzenie Talesa – podział odcinka na dowolną ilość równych części.



Rys. 5 Ilustracja do twierdzenia Talesa.

Ćwiczenie.

Skalowanie brył w przestrzeni

#### RYSUNEK TECHNICZNY

Rysunek techniczny w sposób zwięzły i przejrzysty wyraża kształty i wymiary przedmiotów istniejących lub projektowanych dla celów produkcyjnych w przemyśle. Rysunek techniczny, wykonany zarówno jako szkic – odręcznie, za pomocą przyborów kreślarskich, bądź komputerowo (np. wygenerowany z bryły), musi odpowiadać pewnym przepisom, które umożliwiają jednoznaczne zrozumienie jego treści.

Czytanie rysunku technicznego rozpoczynamy od tabliczki rysunkowej, zawierającej szereg informacji ułatwiających zrozumienie rysunku.

Następnie przenosimy wzrok na odwzorowany przedmiot. Po ustaleniu rodzaju rysunku, liczby i rodzajów rzutów staramy się w wyobraźni odtworzyć przestrzenny obraz przedmiotu. Kolejnym krokiem jest orientacja, w jaki sposób dokonano przekrojów. Ustalamy ich położenie, płaszczyzny cięcia oraz korzyści jakie płyną z ich użycia, co pozwoli łatwiej

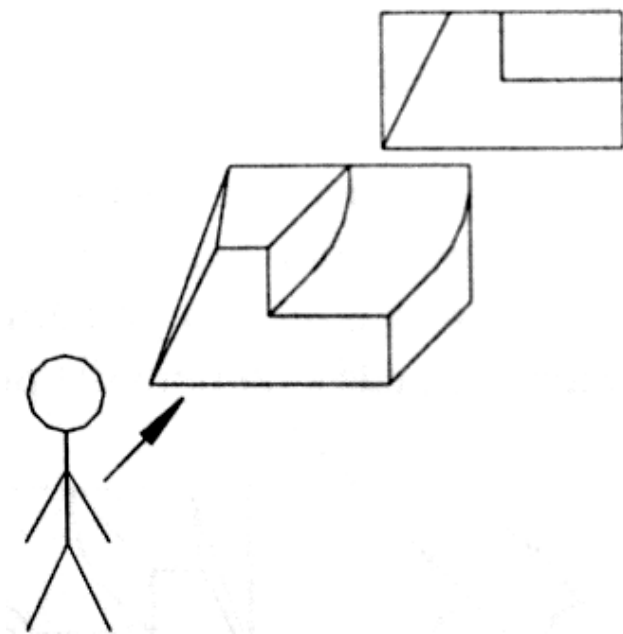
zrozumieć wewnętrzny zarys przedmiotu. Następnie przeprowadzamy analizę wymiarowania przedmiotu, zwracając szczególną uwagę na wymiary tolerowane. W końcu zaznaczamy się ze znakami określającymi stan powierzchni oraz innymi uwagami słownymi (bądź rysunkowymi – np. szczegół A) znajdującymi się na rysunku.

Rzutowanie

Na rysunku technicznym przedmiot trójwymiarowy przedstawia się w postaci płaskich rzutów, przy pomocy których można go jednoznacznie określić.

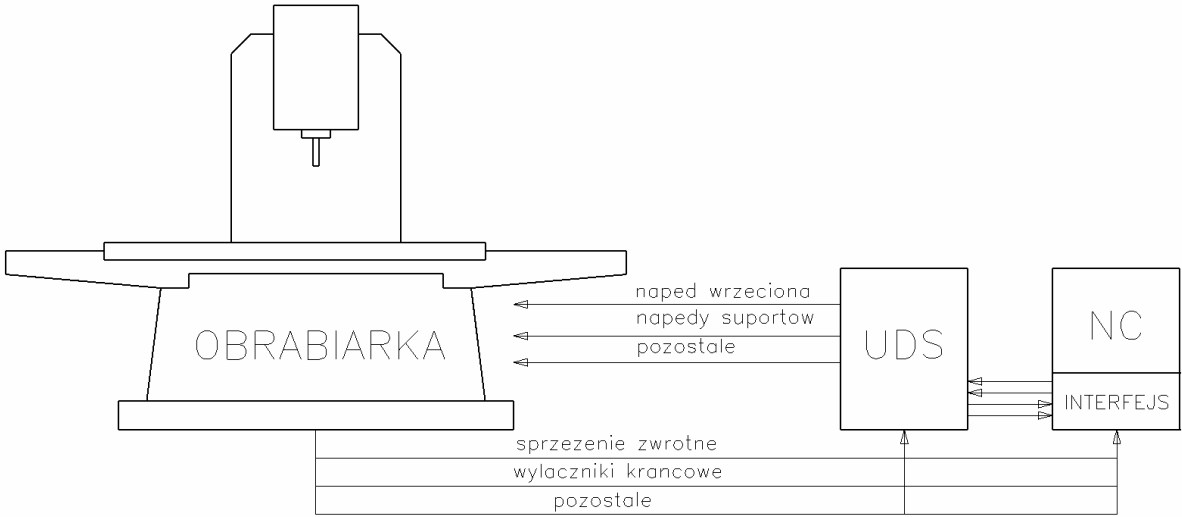
Wyróżnia się dwie podstawowe metody rzutowania prostokątnego:  
    rzutowanie prostokątne metodą europejską – E,  
    rzutowanie prostokątne metodą amerykańską – A.

Rzutowanie prostokątne metodą europejską polega na wyznaczaniu rzutów prostokątnych na wzajemnie prostopadłych rzutniach. **Przedmiot rzutowany znajduje się między obserwatorem, a rzutnią.**



Rys. 6 Rzutowanie europejskie.[2]

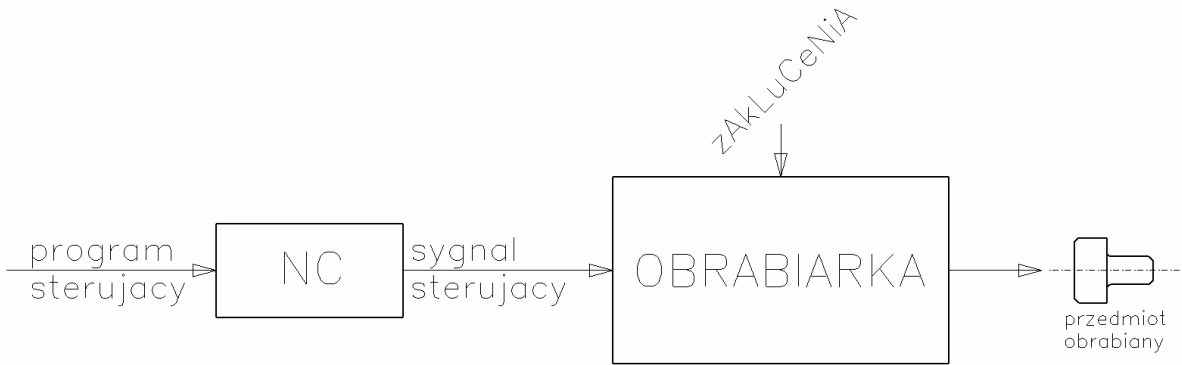
Rozmieszczenie poszczególnych rzutów na arkuszu rysunkowym związane jest z rozwinięciem prostopadłościanu tworzącego rzutnie. Na rysunku umieszcza się taką liczbę rzutów, aby jednoznacznie określić rysowany przedmiot.



Rys. 20 Schemat systemu sterowania numerycznego.[1]

Układ sterowania numerycznego (NC) odczytuje z programu sterującego zapisanego w formie symbolicznej matematyczny opis ruchu wraz z informacjami technologicznymi. Interfejs (PLC) służy do komunikacji między układem NC a UDS. Z kolei układ dopasowująco – sterujący (UDS) służy bezpośrednio do sterowania elementami wykonawczymi obrabiarki.

Sterowanie automatyczne, ze względu na strukturę możemy podzielić na:  
    sterowanie w układzie otwartym



Rys. 21 [1],  
sterowanie w układzie zamkniętym

## CZĘŚĆ 2

### OBRABIARKI STEROWANE NUMERYCZNIE

#### Rys historyczny

Historia sterowania maszyn numerycznie rozpoczęła się w latach pięćdziesiątych. Nabierający rozpędu wyścig zbrojeń, a szczególnie potrzeba budowy dużej ilości nowoczesnych samolotów, wykazała potrzebę ulepszenia technologii wykonywania części. Szczególnie wymagania dotyczyły wytwarzania dużych, skomplikowanych detali w sposób powtarzalny. Pierwsza obrabiarka sterowana numerycznie (NC) – wykorzystująca układ sterowania oparty na matematycznym opisie funkcji ruchu, powstała w Massachusetts Institute of Technology. Specjalnie dla obrabiarki NC został stworzony układ sterowania, do którego dane wprowadzano przy pomocy kart dziurkowanych. Znaczący rozwój obrabiarek sterowanych numerycznie nastąpił w latach siedemdziesiątych, wraz z pojawieniem się nowych podzespołów elektronicznych i mikrokomputerów. Wtedy powstały pierwsze układy komputerowego sterowania numerycznego CNC (*computer numerical control*).

Nieustanny rozwój obrabiarek sterowanych trwa. Nie są to już tylko frezarki, ale również tokarki, szlifierki, wiertarkach, drążarki elektroerozyjne, różnego rodzaju przecinarkach, czy giętarkach, a wszystko po to, aby produkowane części były lepszej jakości i tańsze.

Początkowo obrabiarki sterowane numerycznie tworzone na bazie obrabiarek konwencjonalnych. Jednak zauważono, że systemy komputerowe dają możliwości znacznie większe i w ten sposób powstały centra obróbkowe.

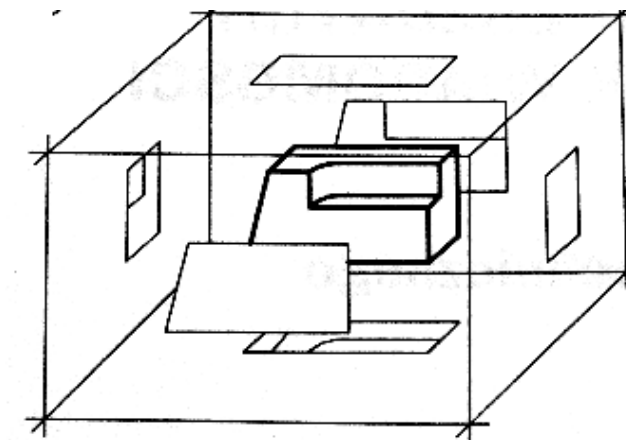
Również zakres czynności związanych z obsługą obrabiarki CNC różni się od wymagań stawianych operatorom obrabiarek konwencjonalnych.

#### Charakterystyka obrabiarek sterowanych numerycznie.

*Obrabiarka sterowana numerycznie* jest to obrabiarka sterowana automatycznie w układzie otwartym lub zamkniętym, z symbolicznym zapisem informacji, realizujące sterowanie pozycją zespołu sterowanego lub torem jego ruchu.

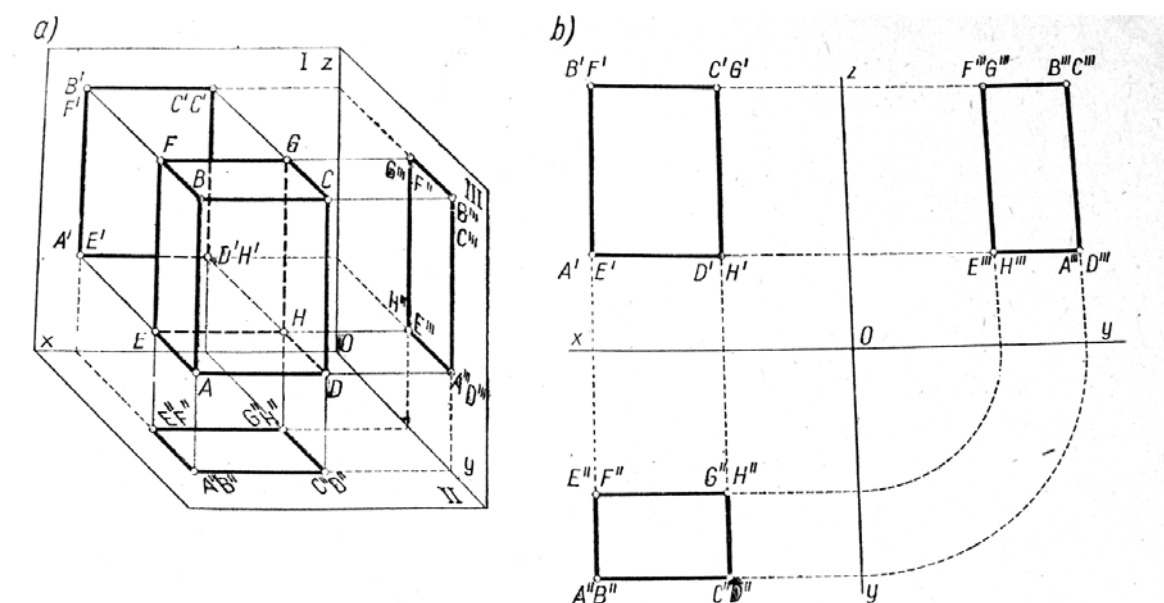
Typowa konfiguracja obrabiarki sterowanej numerycznie obejmuje wymianę informacji pomiędzy:

- układem sterowania numerycznego (NC),
- interfejsem PLC (*programmable logic controllers* – programowalny sterownik logiczny),
- układem dopasowującym – sterującym (UDS),
- obrabiaarką



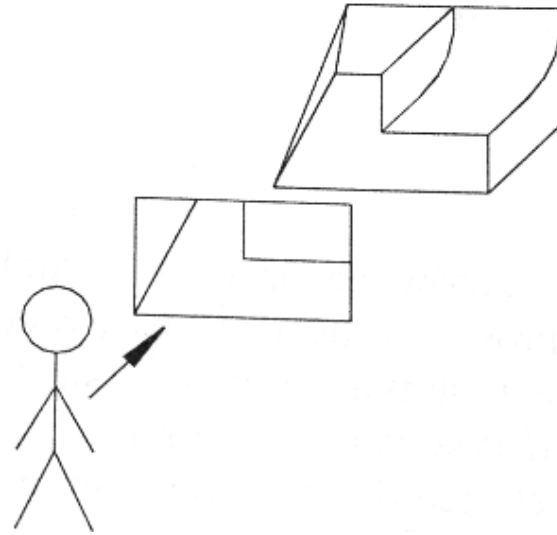
Rys. 7 (wg Buksiński T. Szpecht A [2] ) Rozmieszczenie rzutni.

Bryły staramy się ustawiać względem płaszczyzn rzutów (rzutni) tak, aby jak najwięcej krawędzi i ścian zajmowało położenie równoległe do płaszczyzn rzutów. Rzuty ich w tym ustawieniu odtwarzają bowiem rzeczywiste wymiary i kształty.



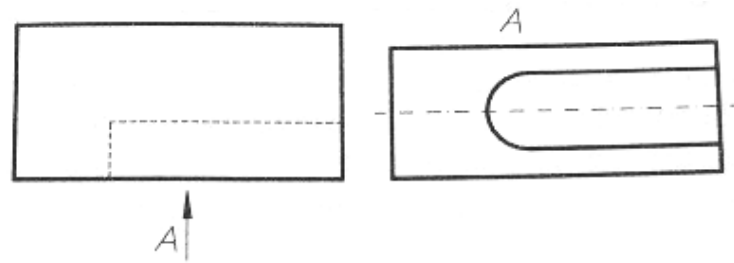
Rys. 8 Prostopadłościan w rzutach na trzy rzutnie.[2]

Rzutowanie prostokątne metodą amerykańską różni się od rzutowania europejskiego tym, że **rzutnia znajduje się między obserwatorem, a przedmiotem**. Wynikiem tego jest różnica pomiędzy rzutami dla poszczególnych metod.



Rys. 9 Rzutowanie amerykańskie.[2]

Istnieje możliwość dowolnego rozmieszczenia rzutów na arkuszu. W takim przypadku konieczne jest oznaczenie kierunku rzutowania wraz z literą. Tę samą literę powtarza się nad odpowiednim rzutem.



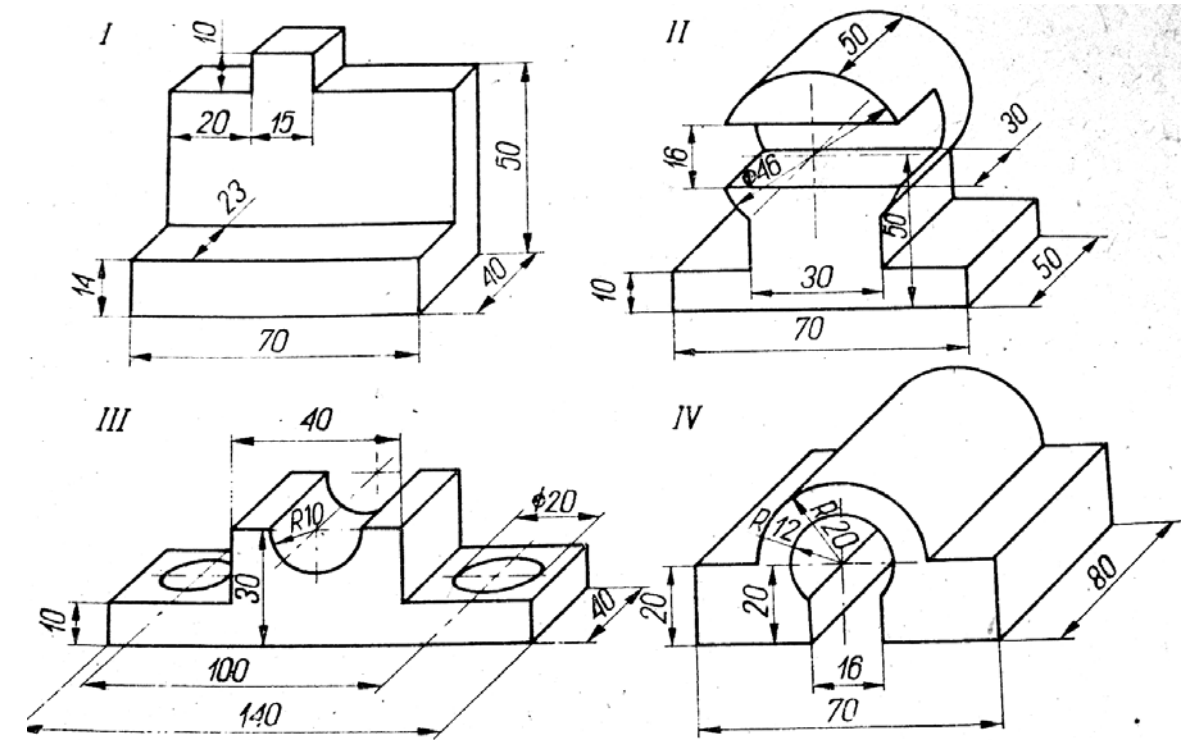
Rys. 10 Przesunięcie widoku A.[2]

Istnieje również możliwość wykonania rzutu na płaszczyznę nachyloną pod pewnym kątem do rzutni.

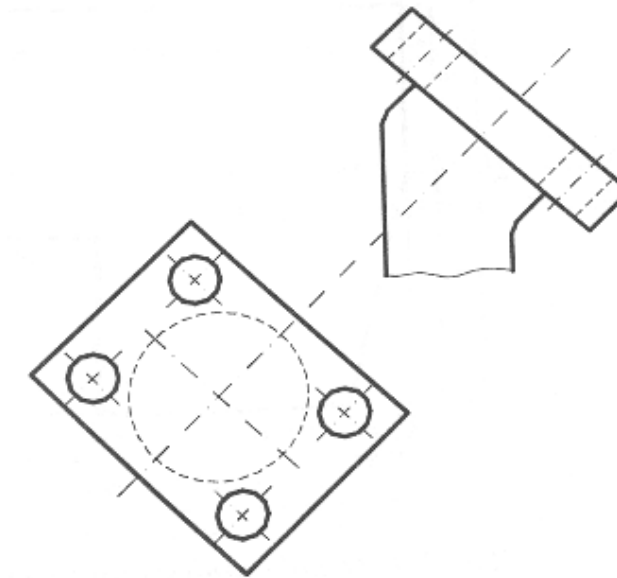
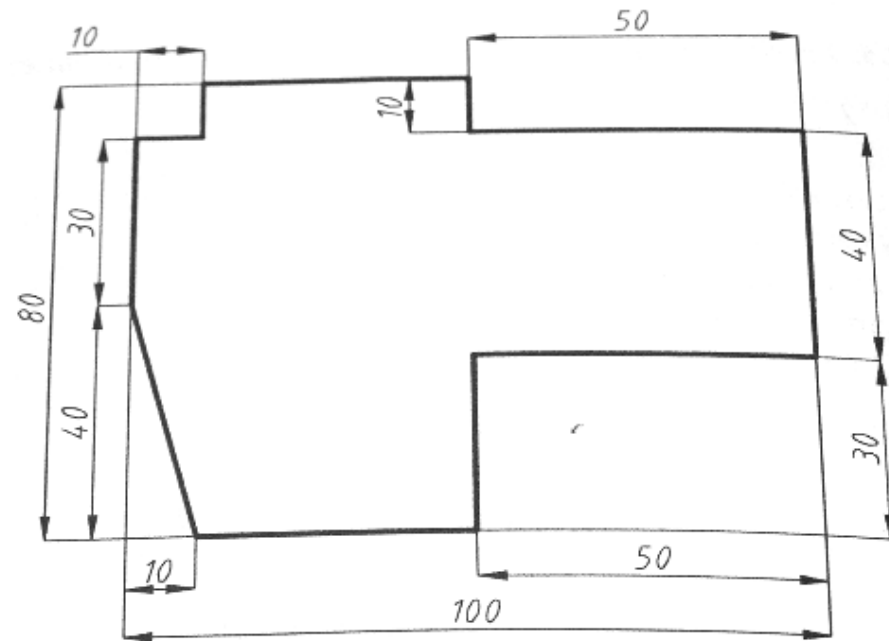
równoległy – polega na podawaniu wymiarów od jednej bazy,  
szeregowy – polega na wpisywaniu wymiarów jeden po drugim,  
mieszany

## Ćwiczenia

1. skalowanie,
2. Na podstawie widoku izometrycznego odwzoruj poniższe przedmioty w rzutach prostokątnych Rys. 18 [2] .



cyfry wymiarowe i znaki rysunkowe powinny być czytelne (pisane pismem technicznym),  
 kąt ostrza grota strzałki wymiarowej przyjmuje się około  $20^\circ$ ,  
 pomocniczą linię należy rysować prostopadle do mierzonego odcinka,

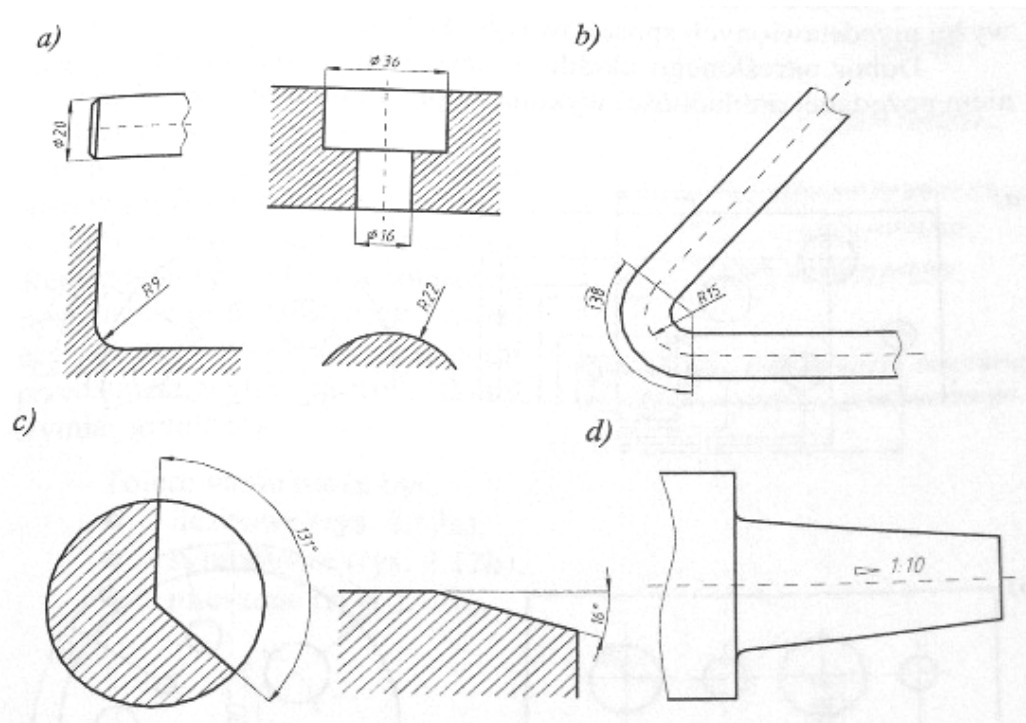


Rys. 11 Rzutowanie na płaszczyznę pod kątem.[2]

Rzutami mogą być widoki przedstawiające kształty zewnętrzne, jak również przekroje, które pokazują budowę wewnętrzną przedmiotów.

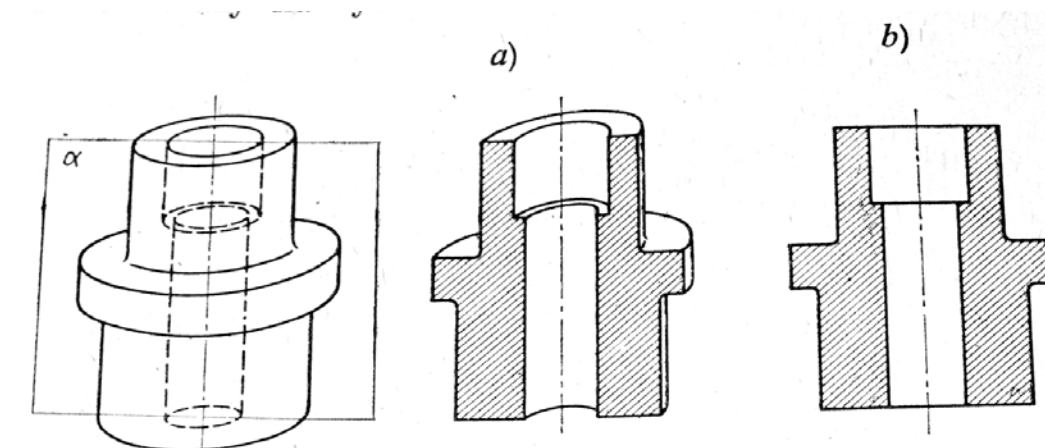
## Przekroje

Odwzorowanie przedmiotu w przekroju powstaje przez przecięcie go w wyobraźni płaszczyzną przechodzącą przez interesujące nas szczegóły konstrukcyjne. Następnie odrzucamy część przedmiotu znajdującą się między obserwatorem a płaszczyzną przekroju i rysujemy rzut części pozostawionej. Dla lepszej czytelności rysunku kreskujemy przekrój, a ślad płaszczyzny tnącej znakujemy. W przypadku wykonywania przekroju złożenia różne elementy kreskujemy odmiennie.



Rys. 17 Typy wymiarowania.[2]

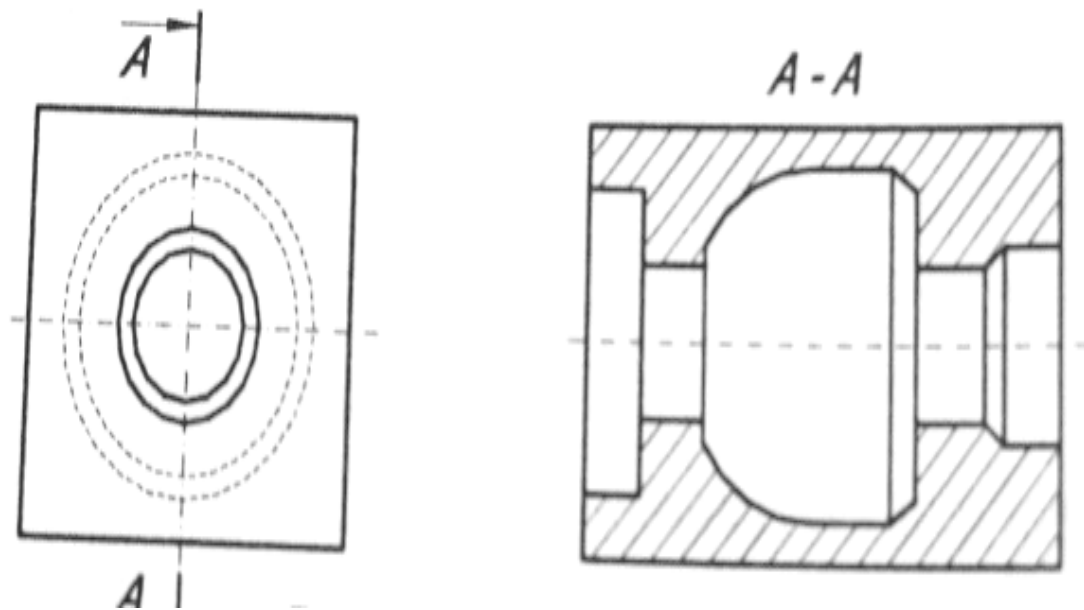
Wyróżniamy trzy układy wymiarowania:





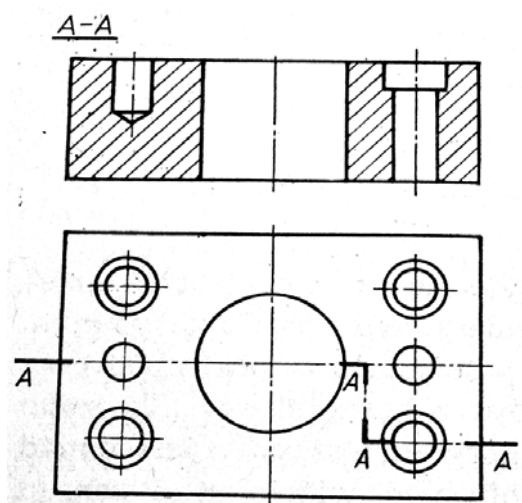
Rys. 12 Tuleja z kołnierzem w izometrii oraz jej przekroje w rzutach:

a) ukośnym równoległym, b) prostokątnym.[2]



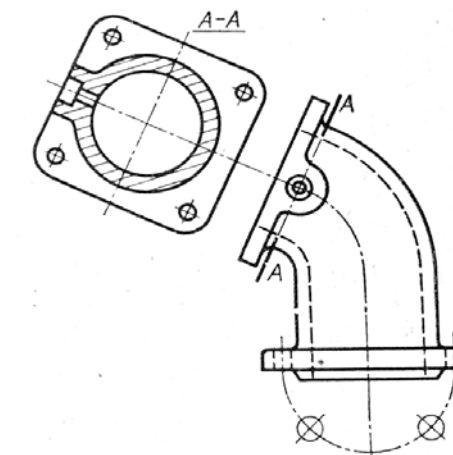
Rys. 13 Przekrój.[2]

Jeżeli przekroju przedmiotu dokonuje się dwiema lub więcej płaszczyznami, których składy tworzą linię łamaną o kątach różnych od prostego, to część przekroju zajmująca położenie skośne względem płaszczyzny rzutu zostaje częściowo obrócona, tak aby leżała w tej płaszczyźnie.



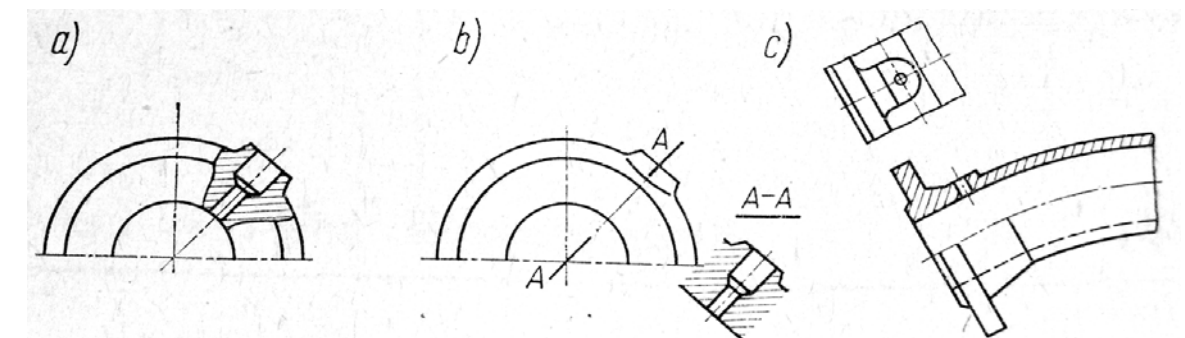
Rys. 14 Przekrój wzdłuż linii łamanej.[2]

Jeżeli rzut prostopadły przekroju mógłby być niejasny stosujemy przekrój w rzucie pomocniczym, prostopadłym do śladu płaszczyzny przekroju.



Rys. 15 Przekrój płaszczyzną A-A.[2]

Jeżeli przedmiot nie wymaga rysunkowego odwzorowania widoku lub przekroju całości lecz tylko pewnego szczegółu, to stosuje się przekrój częściowy.



Rys. 16 Przekrój częściowy:

a) miejscowy, b) odrębny, c) odrębny widok częściowy.[2]

## Wymiarowanie

W wymiarowaniu przedmiotów należy przestrzegać następujących zasad:

- podaje się tylko tyle wymiarów, ile jest niezbędne do jednoznacznego określenia wymiarowanego przedmiotu,
- linię wymiarową należy rysować linią cienką, równoległą do wymiarowanego odcinka,
- liczby wymiarowe należy umieszczać nad lub po lewej stronie linii wymiarowych,

# Mam wyższe kwalifikacje **mam lepszą pracę**



## Materiały szkoleniowe

Szkolenie z obsługi obrabiarek sterowanych numerycznie  
realizowane w ramach projektu “Wyższe kwalifikacje szansą na lepszą pracę”

Agencja Rozwoju Regionalnego  
MARR S.A.  
ul. Chopina 18  
39-300 Mielec

