

Klasa Kurs KKZ MG.19 - zaoczne, II rok.

- Przedmiot: Zajęcia praktyczne 28.03.2020 r.
- Materiał do nauki zdalnej
- Tematy:
 1. Analiza programu sterującego obrabiarką CNC (5 godzin lekcyjnych).
 2. Ustawianie punktu zerowego maszyny (4 godziny lekcyjne).
- Nauczyciel: Skrocki Karol, Adamczyk Artur
- kontakt: karskr@wp.pl, arturolecko@gmail.com

1. Analiza programu sterującego obrabiarką CNC.

Na podstawie ćwiczeń wykonywanych w czasie zajęć praktycznych przeanalizuj program sterujący:

```
%  
O1098 (ZST 2020_MILLING)  
(COMPENSATION-WEAR)  
(REV-0.70)  
(JAN-18-2020-12:12:33PM)  
(TOOL 3 - FACE MILL - DIA 40.)  
(TOOL 4 - BALL NOSE MILL - DIA 4.)  
  
N1 G90 G17 G40 G80 G00  
M06 T3 ()  
T4  
(FM-facemill)  
G00 G54 G90 X-48. Y69.68 S2500 M03  
G43 H3 Z25.  
Z25.  
Z2.  
G01 Z0. F128.572  
X169. F800.  
Y47.26 F1600.  
X-24. F800.
```

Y24.84 F1600.

X169. F800.

Y2.42 F1600.

X-24. F800.

G00 Z25.

M05

N2 G90 G17 G40 G80 G00

M06 T4 ()

(P-contour5)

G00 G54 G90 X19.449 Y32.36 S6000 M03

G43 H4 Z25.

Z25.

Z2.

G01 Z-5. F300.

X23.656 Y36.954 F1000.

G03 X22.274 Y37.186 I-0.747 J-0.217

G02 X12.563 Y37.056 I-4.903 J3.459

G03 X11.424 Y36.891 I-0.524 J-0.392

G01 X17.43 Y30.155

X19.449 Y32.36

X20.924 Y31.01

X25.622 Y36.139

G03 X20.64 Y38.339 I-2.713 J0.598

G02 X14.166 Y38.252 I-3.268 J2.306

G03 X9.443 Y36.107 I-2.127 J-1.588

G01 X17.411 Y27.172

X20.924 Y31.01

X22.399 Y29.659

X27.408 Y35.128

G03 X19.005 Y39.492 I-4.499 J1.609

G02 X15.769 Y39.449 I-1.634 J1.153

G03 X7.65 Y35.113 I-3.73 J-2.784

G01 X17.391 Y24.189

X22.399 Y29.659

G00 Z25.
X46.306 Y36.623
Z2.
G01 Z-5. F300.
X34.765 Y18.726 F1000.
X63.894
Y27.096
X62.53
G02 X62.305 Y26.311 I-208.375 J59.441
X62.3 Y26.294 I-1.921 J0.556
X61.483 Y23.844 I-39.144 J11.694
G01 X61.479 Y23.836
G02 X60.715 Y22.17 I-11.92 J4.461
X60.702 Y22.146 I-1.753 J0.963
X59.885 Y20.966 I-6.986 J3.964
X59.838 Y20.911 I-1.536 J1.281
X56.719 Y19.116 I-4.291 J3.848
X55.411 Y18.926 I-2.159 J10.235
X53.765 Y18.851 I-1.573 J16.623
G01 X53.481 Y18.85
G02 X53.468 Y18.85 I-0.012 J2.
G01 X42.212
G02 X40.528 Y21.928 I0. J2.
G01 X63.46 Y57.726
X35.193
Y49.945
X36.567
X36.703 Y50.368
G02 X36.711 Y50.392 I1.904 J-0.613
X37.56 Y52.664 I34.025 J-11.42
X37.584 Y52.719 I1.849 J-0.763
X38.141 Y53.893 I26.482 J-11.861
X38.154 Y53.918 I1.787 J-0.898
X39.076 Y55.359 I8.482 J-4.413
X39.096 Y55.383 I1.581 J-1.225

X40.009 Y56.344 I6.051 J-4.84
X40.034 Y56.366 I1.326 J-1.497
X41.15 Y57.07 I2.961 J-3.455
X42.846 Y57.533 I2.235 J-4.848
X44.251 Y57.603 I1.254 J-11.038
G01 X56.165
G02 X57.846 Y54.519 I0. J-2.
G01 X46.306 Y36.623
G00 Z25.
X92.225 Y58.075
Z2.
G01 Z-5. F300.
G03 X88.413 Y58.301 I-4.2 J-38.64 F1000.
G01 X88.403 Y58.301
X87.465 Y58.315
G03 X85.712 Y58.25 I1.326 J-59.535
X81.804 Y57.596 I1.21 J-19.211
X79.25 Y56.634 I4.571 J-16.016
X76.693 Y54.9 I4.505 J-9.398
X74.839 Y52.304 I5.737 J-6.056
X74.163 Y49.87 I8.158 J-3.576
X74.092 Y48.968 I11.266 J-1.337
G01 X74.092 Y48.963
X74.07 Y48.423
G03 X74.133 Y47.403 I13.559 J0.325
X74.58 Y45.659 I7.776 J1.066
X76.081 Y43.286 I7.264 J2.935
G02 X76.101 Y43.264 I-1.471 J-1.355
G03 X77.091 Y42.263 I10.459 J9.346
X78.341 Y41.282 I8.708 J9.804
G02 X78.355 Y41.272 I-1.137 J-1.645
G03 X80.372 Y39.996 I13.921 J19.77
G01 X80.379 Y39.992
G03 X82.673 Y38.792 I17.41 J30.498
G01 X84.038 Y38.149

G02 X87.663 Y36.411 I-28.555 J-64.197
X89.639 Y35.294 I-13.148 J-25.576
X89.666 Y35.278 I-1.052 J-1.701
X91.485 Y33.952 I-10.148 J-15.84
G01 X91.489 Y33.949
G02 X92.656 Y32.816 I-6.624 J-7.99
X92.665 Y32.805 I-1.501 J-1.321
X93.978 Y30.742 I-6.269 J-5.438
X93.99 Y30.715 I-1.827 J-0.813
X94.435 Y29.313 I-7.025 J-3.002
X94.676 Y27.376 I-9.065 J-2.113
G01 X94.685 Y26.978
G02 X94.686 Y26.929 I-1.999 J-0.045
X94.606 Y25.513 I-13.227 J0.03
X94.601 Y25.467 I-1.988 J0.219
X94.058 Y23.309 I-9.734 J1.301
X94.05 Y23.288 I-1.872 J0.704
X93.078 Y21.561 I-6.542 J2.544
X90.615 Y19.476 I-5.832 J4.393
X88.637 Y18.698 I-4.173 J7.703
X86.998 Y18.386 I-2.996 J11.303
X85.243 Y18.265 I-1.851 J13.996
G01 X84.997 Y18.261
G02 X84.958 Y18.261 I-0.033 J2.
X82.918 Y18.356 I0.065 J23.2
X82.89 Y18.359 I0.182 J1.992
X80.475 Y18.857 I1.308 J12.444
X80.427 Y18.873 I0.595 J1.909
X76.893 Y21.276 I2.583 J7.598
X75.897 Y22.735 I6.098 J5.232
X75.183 Y24.314 I11.118 J5.978
X74.827 Y25.329 I20.737 J7.845
G01 X73.48
Y19.48
G03 X74.835 Y19.191 I34.967 J160.596

X78.879 Y18.519 I13.57 J69.166
X81.682 Y18.234 I7.451 J59.235
X83.801 Y18.143 I2.403 J31.441
G01 X83.81
X84.236 Y18.137
G03 X86.087 Y18.194 I-0.754 J54.855
X89.699 Y18.652 I-1.707 J27.953
X91.576 Y19.136 I-3.22 J16.363
X93.637 Y20.025 I-4.135 J12.424
X95.674 Y21.508 I-4.642 J8.517
X97.495 Y24.099 I-5.858 J6.05
X98.228 Y26.956 I-8.465 J3.696
X98.306 Y28.458 I-19.685 J1.775
X98.255 Y29.474 I-21.529 J-0.563
X98.03 Y30.678 I-6.568 J-0.608
G02 X98.019 Y30.716 I1.923 J0.55
G03 X97.247 Y32.523 I-6.573 J-1.739
G02 X97.233 Y32.546 I1.706 J1.043
G03 X95.809 Y34.4 I-8.422 J-4.993
G02 X95.794 Y34.416 I1.43 J1.399
G03 X94.026 Y35.953 I-9.237 J-8.844
G01 X94.022 Y35.955
G03 X92.505 Y36.957 I-12.536 J-17.333
G02 X92.493 Y36.965 I1.03 J1.714
G03 X89.548 Y38.583 I-19.124 J-31.318
G01 X89.541 Y38.586
G03 X87.07 Y39.762 I-36.759 J-74.09
G02 X84.416 Y41.033 I20.963 J47.156
X82.602 Y42.054 I12.777 J24.826
X82.592 Y42.06 I1.045 J1.705
X81.111 Y43.099 I8.487 J13.67
X81.084 Y43.121 I1.239 J1.57
X79.479 Y44.721 I7.284 J8.915
X79.468 Y44.734 I1.544 J1.271
X77.965 Y47.826 I5.927 J4.792

X77.7 Y49.865 I9.146 J2.229
G01 X77.69 Y50.286
G02 X77.69 Y50.37 I2. J0.043
X77.739 Y51.343 I16.315 J-0.334
X77.744 Y51.391 I1.994 J-0.16
X78.259 Y53.497 I7.975 J-0.834
X78.266 Y53.515 I1.861 J-0.733
X79.142 Y55.043 I6.042 J-2.45
X82.323 Y57.471 I5.881 J-4.405
X85.597 Y58.169 I3.657 J-9.126
X85.611 Y58.17 I0.078 J-1.998
G01 X86.271 Y58.191
G02 X86.35 Y58.192 I0.064 J-1.999
X88.209 Y58.108 I-0.182 J-24.739
X88.23 Y58.106 I-0.165 J-1.993
X90.819 Y57.551 I-1.051 J-11.218
X90.834 Y57.546 I-0.646 J-1.893
X93.081 Y56.275 I-2.407 J-6.875
X95.102 Y53.893 I-5.515 J-6.73
X95.962 Y52.132 I-10.782 J-6.349
X96.339 Y51.124 I-20.328 J-8.178
G01 X97.754
Y57.092
G03 X95.997 Y57.477 I-25.559 J-112.459
X92.225 Y58.075 I-7.971 J-38.041
G00 Z25.
X124.503 Y55.726
Z2.
G01 Z-5. F300.
X124.369 F1000.
G02 X124.371 Y55.603 I-3.998 J-0.123
G01 Y25.268
G02 X124.24 Y22.636 I-22.498 J-0.206
X124.235 Y22.587 I-3.977 J0.432
X123.829 Y20.726 I-10.034 J1.211

G01 X125.146
G02 X125.116 Y20.832 I7.227 J2.097
X124.737 Y22.907 I10.666 J3.022
X124.635 Y25.272 I21.983 J2.126
G01 Y55.603
G02 X124.637 Y55.726 I4. J0.
G01 X124.503
Y57.726
X107.644
Y49.945
X108.975
G02 X109.639 Y51.966 I38.155 J-11.413
X109.652 Y52. I1.883 J-0.675
X110.436 Y53.788 I17.804 J-6.745
X110.447 Y53.809 I1.788 J-0.896
X111.233 Y55.123 I10.931 J-5.647
X111.255 Y55.155 I1.649 J-1.132
X112.706 Y56.617 I5.235 J-3.746
X112.729 Y56.633 I1.176 J-1.618
X114.84 Y57.468 I2.78 J-3.941
X116.352 Y57.599 I1.59 J-9.588
G01 X116.79 Y57.603
G02 X116.809 Y57.603 I0.019 J-2.
G01 X120.371
G02 X122.371 Y55.603 I0. J-2.
G01 Y25.259
G02 X122.252 Y22.851 I-20.498 J-0.196
X122.249 Y22.827 I-1.988 J0.216
X121.826 Y21.046 I-8.048 J0.972
X120.035 Y18.817 I-4.093 J1.454
X119.981 Y18.784 I-1.06 J1.696
X119.879 Y18.726 I-3.147 J5.406
G01 X128.843
G02 X127.566 Y20.1 I2.443 J3.55
X127.544 Y20.138 I1.726 J1.01

X127.043 Y21.369 I4.829 J2.685
X126.729 Y23.089 I8.739 J2.485
X126.635 Y25.261 I19.991 J1.945
G01 Y55.603
G02 X128.636 Y57.603 I2. J0.
G01 X131.614
G02 X133.244 Y57.524 I0.048 J-15.797
G01 X133.25 Y57.523
G02 X134.57 Y57.26 I-0.741 J-7.149
X134.593 Y57.253 I-0.573 J-1.916
X136.647 Y56.1 I-1.694 J-5.426
X138.054 Y54.45 I-4.622 J-5.367
X139.285 Y51.966 I-12.38 J-7.681
X139.881 Y50.247 I-22.91 J-8.914
X139.975 Y49.945 I-78.951 J-24.623
G01 X141.362
Y57.726
X124.503
G00 Z25.
M05
M30
%

2. Ustawianie punktu zerowego maszyny.

Ustawianie maszyny sterowanej numerycznie (CNC) to ogół czynności mających na celu przygotowanie takiej maszyny do wykonywania określonych zadań technologicznych. Czynności te to uzbrajanie maszyny, obejmujące m.in. wyposażenie maszyny w narzędzia, montaż oprzyrządowania technologicznego i ustawienie (ustalenie i zamocowanie) obrabianego przedmiotu oraz określenie przesunięć punktu zerowego. Polega ono na wyznaczeniu wektora (wektorów) przesunięcia punktu zerowego, a wykonuje się je w celu wyznaczenia niezbędnych do uruchomienia programu układów współrzędnych i wymiarów narzędzi (rys. 1).



Rys. Etapy ustawiania maszyny CNC

Zakres czynności obejmujących uzbrajanie maszyny sterowanej numerycznie zależy głównie od jej możliwości technologicznych oraz zaleceń zawartych w dokumentacji techniczno-ruchowej. Oprócz przedstawionych wyżej podstawowych czynności wykonywanych w tym zakresie do uzbrajania maszyny można również zaliczyć montaż specjalnych systemów bezpieczeństwa, systemów diagnostycznych i systemów nadzorujących. Prawidłowe uzbrojenie ma wpływ na jakość wykonywanych części i bezpieczeństwo pracy operatora oraz zapewnia bezawaryjną pracę maszyny.

Podczas uzbrajania szczególną uwagę należy zwracać na właściwe wprowadzenie narzędzi do magazynu lub głowicy rewolwerowej, zgodne z wymaganiami określonymi w instrukcji obsługi, racjonalny dobór i ustawienie przyrządów lub uchwytów obróbkowych oraz ustawienie obrabianego przedmiotu zgodnie z wymaganiami procesu technologicznego.

Wyznaczanie wektora przesunięcia ustalającego punkt zerowy przedmiotu i wyznaczenie wymiarów narzędzi obróbkowych to podstawowe czynności przy określaniu przesunięć punktu

zerowego. Czynności te mają istotny wpływ na dokładność wymiarowo - kształtową obrabianego przedmiotu i zawsze są wykonywane przed uruchomieniem programu sterującego procesem obróbki.

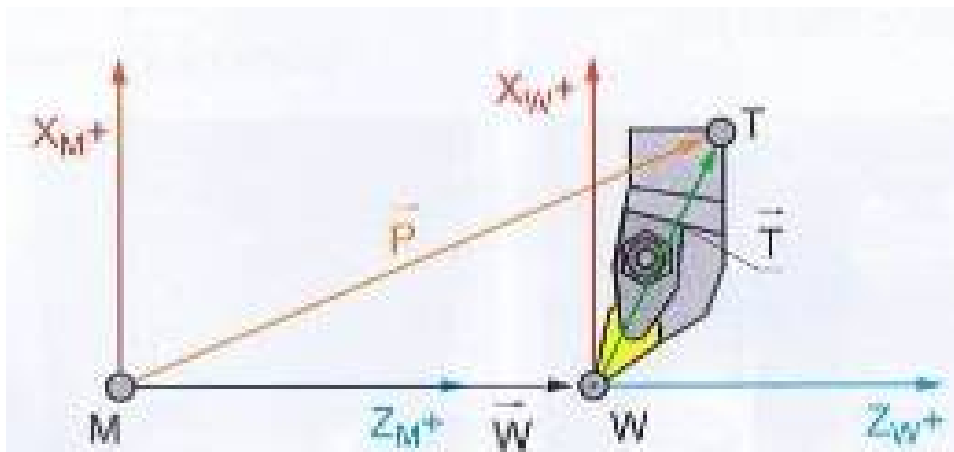
Wyznaczenie wektora przesunięcia zera P - wyznaczenie wartości wpisywanych do rejestru układu CNC składowych wektora W oraz wymiarów narzędzia w postaci składowych wektora T (rys. 2). Wyznaczanie wektora przesunięcia punktu zerowego można opisać zależnością:

$$P=W+T$$

Rejestry układu CNC - bazy danych w układzie sterowania numerycznego, z których są odczytywane informacje konieczne do prawidłowego sterowania procesem obróbki.

Podstawowe rejestry to tablica wektorów przesunięć ustalających punkt zerowy przedmiotu (składowe wektora W) i tablica korektorów narzędziowych, do której są wpisywane wyznaczone wymiary narzędzi w postaci składowych wektora T oraz inne dane charakteryzujące narzędzia.

Program pomiarowy - sparametryzowany program sterujący opracowany jako tzw. program wysokiego poziomu, wykorzystywany do określania przesunięć punktu zerowego przy użyciu głowic pomiarowych lub za pomocą kalibracji systemu pomiarowego. Sposób opracowania programu pomiarowego w odniesieniu do jego struktury i formatu bloków zależy od specyficznych cech programowania układu sterowania numerycznego.



Rys. 2 Schemat ideowy wyznaczania przesunięć punktu zerowego dla tokarki 2-osiowej

Pomiary ręczne i automatyczne

Pomiary mające na celu określenie wartości wpisów do rejestrów układu CNC mogą być wykonywane ręcznie lub automatycznie. Podczas pomiarów ręcznych (rys. 3) wykorzystuje się narzędzia obróbkowe, trzpienie wzorcowe, czujniki pomiarowe, płytki wzorcowe itp.



Rys. 3 Przykłady pomiarów ręcznych - wyznaczenie punktu zerowego przedmiotu: a) czujnikiem krawędziowym, b) czujnikiem dźwigienkowym, c) narzędziem

W metodach automatycznych (rys. 4) wpisy do rejestrów są wyznaczane za pomocą systemów pomiarowych.



Rys. 4 Przykłady pomiarów automatycznych na frezarce - wyznaczenie punktu zerowego przedmiotu

Należy tutaj wyróżnić głowice do pomiaru obrabianego przedmiotu, głowice do pomiaru narzędzi obróbkowych oraz bramki laserowe do pomiaru narzędzi.

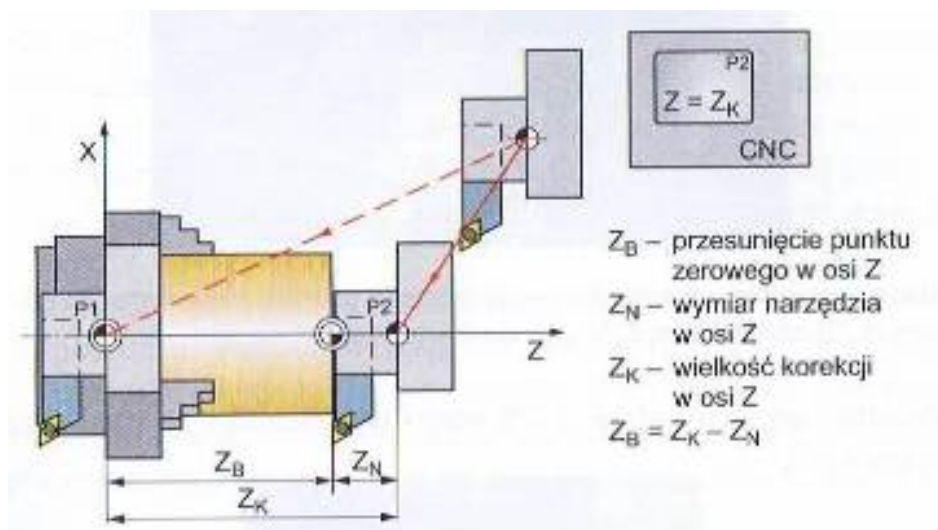
Do podstawowych zadań głowicy do pomiaru obrabianego przedmiotu należy:

- wyznaczenie punktu zerowego przedmiotu,
- pomiar przedmiotu przed obróbką (wyznaczenie rzeczywistych wymiarów półfabrykatu),
- pomiar przedmiotu po obróbce lub między zabiegami obróbkowymi.

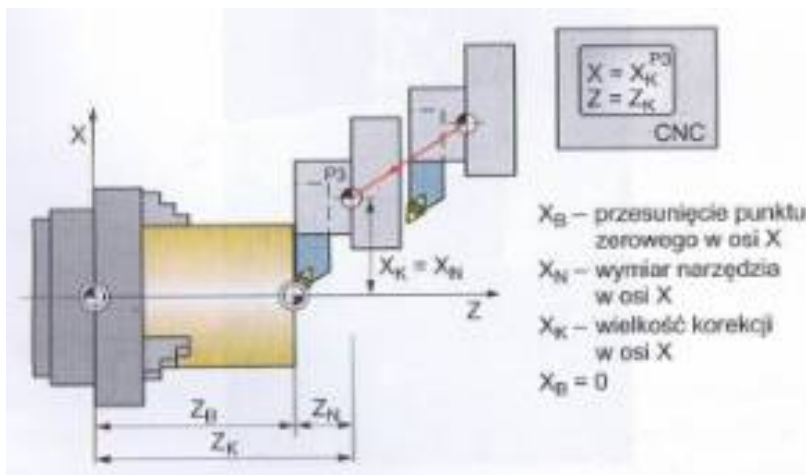
Przykład określania punktu zerowego przedmiotu obrabianego w tokarkach

Przedstawiony poniżej przykład określania punktu zerowego dotyczy przypadku, gdy punkt ten znajduje się na czole obrabianego przedmiotu. Jeżeli tak nie jest, podczas wyznaczania bazy pomiarowej trzeba uwzględnić wynikającą z tego faktu różnicę.

Jeżeli podczas wykonywania programu sterującego nie wywołuje się wielkości korekcyjnych (przesunięcie punktu zerowego obrabianego przedmiotu, wymiary narzędzia), punktem sterowanym, który porusza się zgodnie z instrukcjami programu, jest najczęściej punkt odniesienia narzędzia. W takim przypadku zaprogramowanie ruchu do punktu o współrzędnych (X0, Y0) prowadziłoby do przemieszczenia się zespołu sterowanego do pozycji P1 (rys. 5), co groziłoby kolizją narzędzia z obrabianym przedmiotem lub uchwytem przedmiotowym.



Rys. 5 Wielkości korekcyjne określane w tokarkach w osi Z



Rys. 6 Wielkości korekcyjne określone w tokarkach w osi X

Wprowadzenie wielkości korekcyjnych ZB (przesunięcie zera obrabianego przedmiotu w osi Z) oraz ZN (wymiar narzędzia w osi Z) do odpowiednich rejestrów w układzie CNC oraz ich wywołanie w programie sterującym powodowałoby przemieszczenie się zespołu sterowanego do pozycji P2. Jeżeli dodatkowo określono by wymiar narzędzia w osi X, zespół sterowany, w przypadku wywołania w programie sterującym ruchu do punktu o współrzędnych (X0, Z0), przemieściłby się do pozycji P3 (rys. 6).

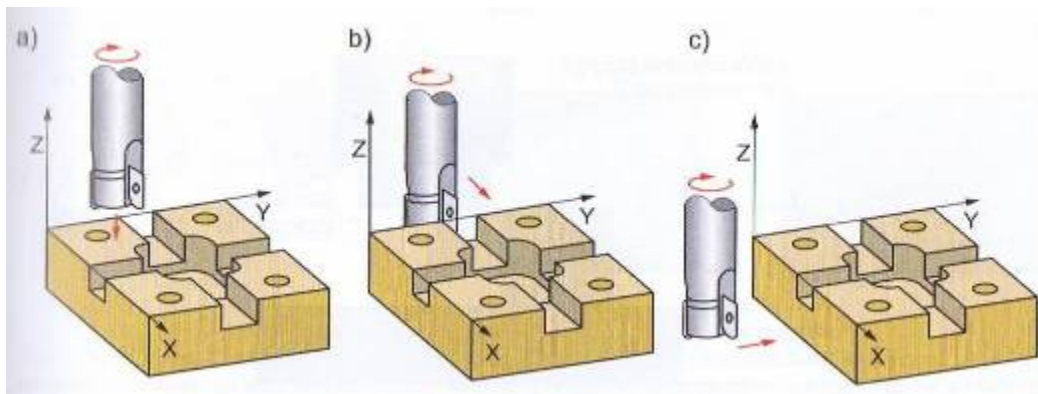
Przedstawione zależności umożliwiają określenie przesunięcia punktu zerowego obrabianego przedmiotu w osi Z bezpośrednio na obrabiarce. Pierwszą czynnością jest zamocowanie przedmiotu. Następnie należy wprowadzić do pracy narzędzie wzorcowe (o znanych wymiarach). Kolejny etap to ręczne doprowadzenie do styku narzędzia z powierzchnią czołową obrabianego przedmiotu (tzw. zabielenie powierzchni czołowej). Odczytując w tym momencie z układu CNC współrzędną w osi Z (w układzie współrzędnych maszyny), określa się całkowitą wielkość korekcji w tej osi (ZK). Korygując tak uzyskaną wielkość ZK o wymiar narzędzia w osi Z (ZN), można wyznaczyć szukaną wielkość przesunięcia punktu zerowego obrabianego przedmiotu w tej osi (ZB).

Przykład określania punktu zerowego przedmiotu obrabianego na frezarkach

W przypadku określania punktu zerowego przedmiotu obrabianego na frezarkach obowiązują te same zasady co dla tokarek, z tym że wymiary określa się w trzech osiach. W pierwszej kolejności należy zamocować obrabiany przedmiot i wprowadzić do pracy narzędzie wzorcowe. Określenie wielkości przesunięcia punktu zerowego przedmiotu w osi Z wymaga zetknięcia powierzchni czołowej narzędzia z powierzchnią tego przedmiotu (płaszczyzna XY) (rys. 7a). Odległość między punktami zerowymi maszyny i obrabianego przedmiotu w osi Z jest równa współrzędnej w tej osi odczytanej z układu CNC i skorygowanej o długość narzędzia. Najczęściej przyjmuje się, że długość narzędzia

wzorcowego wynosi zero, a wymiary pozostałych narzędzi określa się względem narzędzia wzorcowego.

Podczas określania przesunięcia w osi X (rys. 7b) doprowadza się do styku narzędzia z powierzchnią boczną obrabianego przedmiotu (płaszczyzna YZ), a przy obliczaniu odległości pomiędzy punktami zerowymi maszyny i przedmiotu uwzględnia się współrzędną X odczytaną z układu sterowania, skorygowaną o wartość promienia frezu. Określenie przesunięcia w osi Y (rys. 7c) dokonuje się analogicznie jak w osi X, przy czym w tym przypadku doprowadza się do styku narzędzia z powierzchnią boczną leżącą na płaszczyźnie XZ.

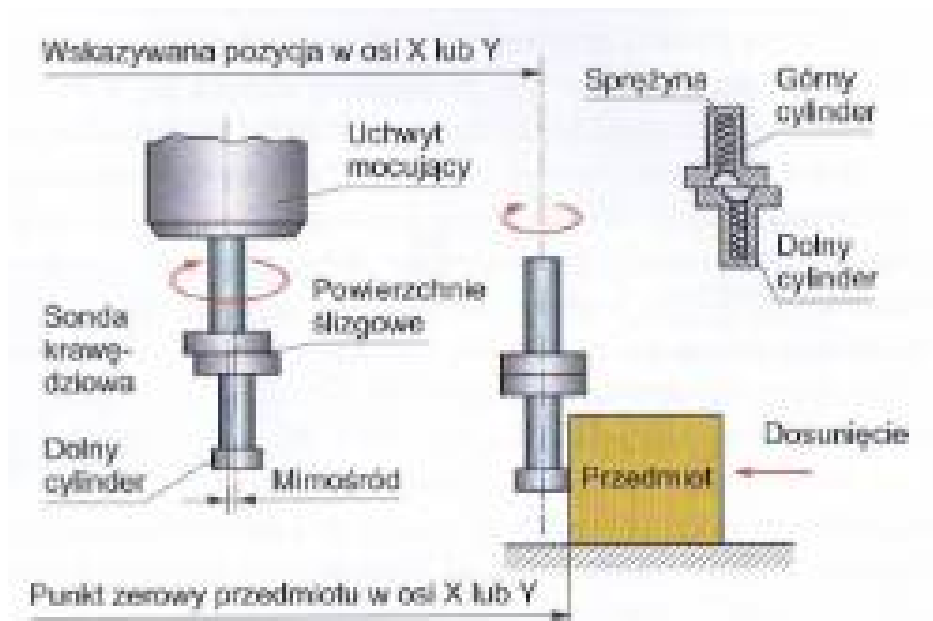


Rys 7. Bazowanie we frezarkach: a) w osi Z, b) w osi X, c) w osi Y

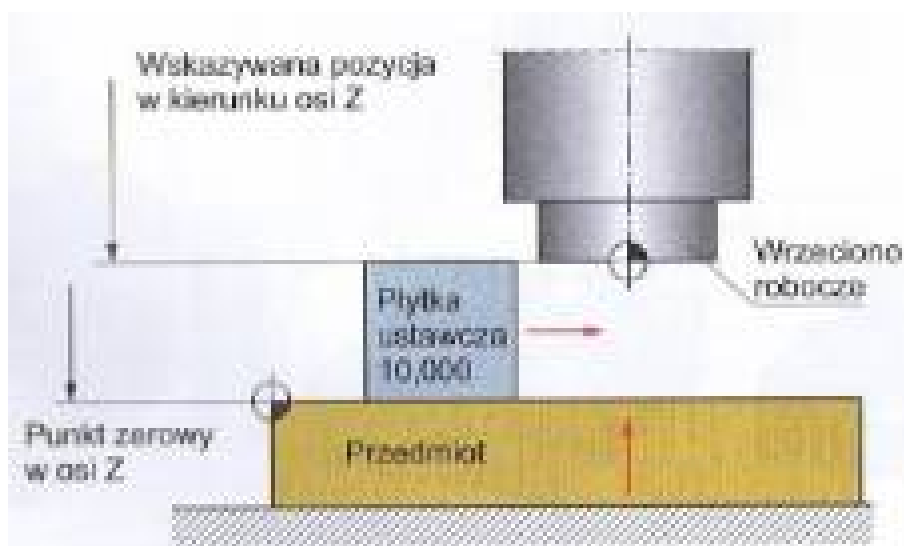
Jeżeli w trakcie wykonywania ruchów ustawczych wartości korekcyjne wymiarów narzędzia, umieszczone w odpowiednich rejestrach narzędziowych układu sterowania, są aktywne dla wybranego narzędzia, to współrzędne wyświetlane na ekranie układu sterowania będą współrzędnymi skorygowanymi o jego wymiary (długość). Dla prawidłowego wykonania programu sterującego (ruch w układzie współrzędnych obrabianego przedmiotu) należy odległości pomiędzy punktem zerowym maszyny i przedmiotu wpisać do odpowiednich rejestrów i wywoływać w programie za pomocą właściwej funkcji.

Ustalanie punktu zerowego sondą krawędziową

Sondą krawędziową dojeżdża się do powierzchni odniesienia przedmiotu w kierunku X i Y (rys. 8). Przedmiot jest powoli ręcznie dosuwany do sondy zamocowanej w uchwycie narzędziowym. Sonda obraca się powoli, przy czym jej dolny cylinder jest centrycznie przesunięty. Zanim obie osie górnej i dolnej części sondy krawędziowej się pokryją, ruch dolnego cylindra ma w przybliżeniu charakter osiowy. Po dalszym zbliżeniu dolny cylinder ponownie przesuwają się w bok. W tym położeniu po uwzględnieniu promienia cylindra jest odczytywana odległość krawędzi odniesienia od zerowego punktu maszynowego i przekazywana do pamięci układu sterowania jako przesunięcie punktu zerowego w ustalonej osi.



Rys.8 Dosuwanie przedmiotu do powierzchni odniesienia za pomocą sondy krawędziowej



Rys.9 Ustalanie punktu zerowego przedmiotu w osi Z

Położenie punktu zerowego przedmiotu w kierunku osi Z określa się za pomocą wzorca krawędziowego (rys. 9). Stół obrabiarki jest przesuwany pionowo tak długo, aż wzorec zostanie dopasowany do czoła wrzeciona. Wskazana pozycja po uwzględnieniu wymiaru wysokości wzorca zostaje przekazana do pamięci układu sterowania jako przesunięcie punktu zerowego w osi Z. Punkt zerowy przedmiotu na współczesnych obrabiarkach CNC ustala się za pomocą sond pomiarowych stanowiących wyposażenie tych obrabiarek. Sondy pomiarowe pracują w automatycznych cyklach pomiarowych, podczas których określone są wymiary narzędzia (średnica i długość). Wymiary te są wprowadzane do pamięci sterownika automatycznie lub przez operatora.

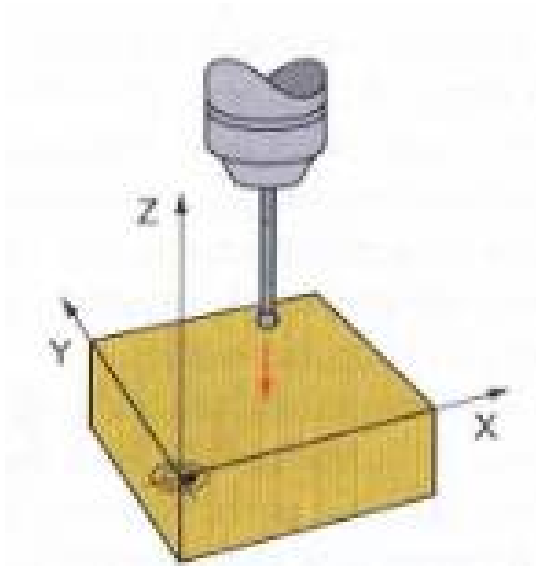
Ustawianie i pomiar przy użyciu sond pomiarowych

Nastawianie maszyny za pomocą sondy impulsowej 3D odbywa się prosto i szybko i jest bardzo dokładne.

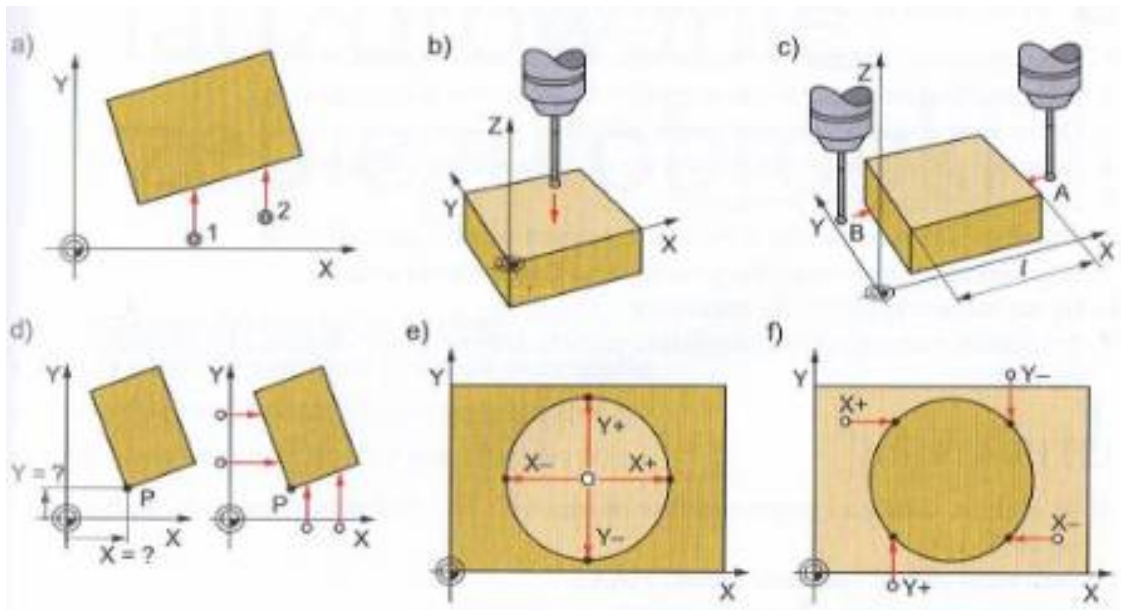
Oprócz funkcji próbkowania dla zbrojenia obrabiarki (rys. 10) tryby pracy przebiegu programu obejmują cały szereg cykli pomiarowych:

- cykle pomiarowe dla ustalania i kompensowania ukośnego położenia obrabianego przedmiotu,
- cykle pomiarowe dla automatycznego wyznaczania punktu odniesienia,
- cykle pomiarowe dla automatycznego pomiaru obrabianego przedmiotu
- z porównaniem tolerancji i automatycznej korekcji narzędzia.

Schematy pomiarów wykonywanych przy użyciu sondy dotykowej pokazano na rysunku 11.



Rys. 10 Ustawianie i pomiar przy użyciu sond pomiarowych



Rys.11 Schematy pomiarów wykonywanych przy użyciu sondy dotykowej: a) wyznaczenie obrotu podstawowego układu współrzędnych, b) i c) wyznaczenie punktu odniesienia w wybieralnej osi, d) wyznaczenie naroża jako punktu odniesienia, e) i f) wyznaczenie środka koła jako punktu odniesienia