

Edward MIKO, Marek JAREMA

POLITECHNIKA ŚWIĘTOKRZYSKA W KIELCACH, WYDZIAŁ MECHATRONIKI I BUDOWY MASZYN

Badania dokładności pozycjonowania pionowego centrum obróbkowego

Dr hab. inż. Edward MIKO

Ukończył Wydział Mechaniczny Politechniki Świętokrzyskiej. Stopień doktora nauk technicznych uzyskał w 1987 r. na Wydziale Maszyn Górniczych i Hutniczych Akademii Górniczo - Hutniczej w Krakowie. W 2005 r. otrzymał stopień doktora habilitowanego na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej. Jego główne zainteresowania naukowe obejmują konstituowanie i metrologię warstwy wierzchniej oraz sterowanie procesami technologicznymi.

e-mail: emiko@tu.kielce.pl



Mgr inż. Marek JAREMA

Mgr inż. Marek Jarema jest zatrudniony na stanowisku asystenta w Katedrze Technologii Mechanicznej i Metrologii Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach. Jego zainteresowania obejmują zagadnienia związane z obrabiarkami CNC oraz systemami CAD/CAM.

e-mail: mjarema@tu.kielce.pl

**Streszczenie**

Przeprowadzono analizę układu odczytu pozycji w osiach X, Y i Z pionowego centrum obróbkowego. W pomiarach wykorzystano płytki wzorcowe, jako wzorzec długości oraz układ rejestrujący składający się ze sterownika obrabiarki oraz sondy pomiarowej stanowiącej wyposażenie dodatkowe. Obliczenia przeprowadzono zgodnie z PN -ISO 230-2. Stwierdzono, że w przypadku pomiarów dokładności i powtarzalności pozycjonowania testowana obrabiarka spełnia parametry deklarowane przez producenta a nawet znacznie je przewyższa. Bardzo dobre wyniki osiągnięto podczas badania powtarzalności pozycjonowania. Tak wysoki poziom powtarzalności (zaobserwowany 0,0016mm, deklarowany 0,005mm) autorzy tłumaczą tym, że testowana obrabiarka jest maszyną praktycznie nową. Badania przeprowadzono po 6 miesiącach używania obrabiarki w warunkach laboratoryjnych. Zastosowana metoda badania może być wykorzystywana do przeprowadzania okresowych kontroli stanu obrabiarek CNC pod kątem dokładności i powtarzalności pozycjonowania.

Słowa kluczowe: obrabiarka CNC, dokładność pozycjonowania, powtarzalność pozycjonowania.

Assessing the positioning accuracy in vertical milling centres**Abstract**

The paper analyzes the accuracy of a readout system measuring the positions of a vertical milling centre along the X-, Y- and Z- axes. The tests were conducted using gauge blocks as length standards and a measuring system including a machine tool controller and an optional touch probe. The calculations were performed in accordance with the PN -ISO 230-2 standard. With regard to the accuracy and repeatability of positioning, the vertical milling centre meets or even exceeds the parameters set by the producer. Very good results were achieved particularly during the repeatability tests. The high level of repeatability of up to 0.0016mm, which is much more than the declared value 0.005, is probably due to the fact that the milling centre is new. The tests were conducted after six months of use under laboratory conditions. The method applied during the tests is suitable for periodic inspection of CNC machine tools when checking the accuracy and repeatability of positioning.

Keywords: CNC machine, positioning accuracy, positioning repeatability.

1. Wstęp

W związku z dynamicznie rozwijającymi się technologiami wytwarzania znacznie wzrastają oczekiwania odnośnie dokładności wymiarowo-kształtowej przedmiotów wykonywanych metodami obróbki ubytkowej w tym obróbki skrawaniem [1, 2]. Na jakość wyrobów wykonywanych tymi metodami ma wpływ bardzo wiele czynników. Są to czynniki związane z procesem technologicznym oraz czynniki związane z obrabiarką, na której realizuje się zadanie produkcyjne. Na dokładność maszyn CNC wpływa wiele czynników. Do najważniejszych należą: prawidłowość geometryczna realizacji ruchów elementarnych (prostoliniowość, bicie przy obrocie itp.), dokładność pomiarów przemieszczeń liniowych i kątowych, dokładność i powtarzalność pozycjonowania osi

sterowanych numerycznie, ustawienie osi względem siebie oraz dokładność realizowania kształtów torów i prędkości ruchów w stosunku do wartości zadanych [3]. Dlatego też jednym z bardzo istotnych parametrów wpływających, na jakość wykonania wyrobu jest dokładność i powtarzalność pozycjonowania obrabiarki.

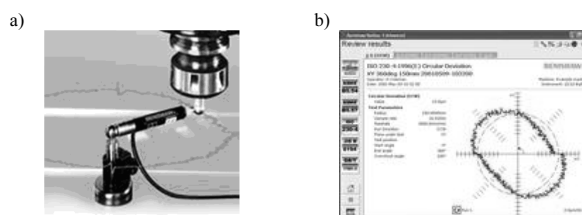
2. Przykłady systemów pomiarowych

Na rynku istnieje spora gama urządzeń, dzięki którym można przeprowadzić kompletną diagnostykę obrabiarki [4]. Wiele firm opracowało i wdrożyło kompletne systemy diagnostyczne do badań, analizy wyników, włącznie z możliwością automatycznego wprowadzania kompensacji w układach sterowania obrabiarek. Przykładem może być laserowy system pomiarowy XL-80, który pozwala określić prostoliniowość, prostopadłość, wartości przemieszczeń i prędkości w danej osi [5].



Rys. 1. Interferometr laserowy XL-80 z oprogramowaniem QuickView™
Fig. 1. XL-80 interferometric laser system with QuickView™ software

System QC10 ballbar z prętym kinematycznym kulkowym umożliwia z kolei przeprowadzenie w bardzo krótkim czasie (ok. 10 min) testu błędów geometrycznych i dynamicznych występujących w układach napędowych obrabiarek.



Rys. 2. System QC10 ballbar: a) widok urządzenia, b) prezentacja graficzna pomiaru
Fig. 2. QC10 ballbar system: a) view of the device, b) graphical representation of measurement results

Istnieją również rozwiązania bazujące na wzorcach materialnych, które umożliwiają sprawdzanie położenia w wybranych punktach [6]. Zależnie od rozmieszczenia tych punktów wzorce dzielą się na jednowymiarowe, dwuwymiarowe i trójwymiarowe.

3. Metodyka i warunki badań

Badania dokładności i powtarzalności pozycjonowania przeprowadzono na pionowym centrum obróbkowym ze sterowaniem

iTNC 530 wyposażonym w sondę pomiarową przedmiotu TS-640 [7]. Wg danych producenta obrabiarki, dokładność pozycjonowania wynosi $\pm 0,005$ mm, natomiast powtarzalność pozycjonowania: 0,005 mm [8]. Maszyna posiada system odczytu pozycji oparty na pomiarze pośrednim. Za wzorzec długości przyjęto płytki wzorcowe wykonane w klasie 0 oraz jako urządzenie pomiarowe sondę TS-640. Dla osi X ustawiono stos składający się z płytek o następujących długościach: 125(nr 1), 150(nr 2), 175(nr 3), 200(nr 4), 250(nr 5), 300(nr 6), 400(nr 7) i 500 mm(nr 8).

Równoległość ustawienia stosu płytek względem osi X sprawdzono czujnikiem zegarowym o rozdzielczości 0,001 mm. Po wyznaczeniu zera układu współrzędnych rejestrowano wskazanie układu odczytu pozycji obrabiarki dla każdej płytki wzorcowej dziesięciokrotnie. Wyniki pomiaru odczytywano bezpośrednio z układu sterowania.

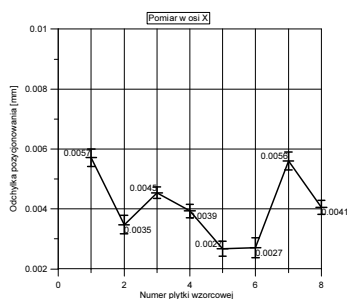


Rys. 3. Sonda przedmiotowa TS-640
Fig. 3. TS-640 workpiece touch probe

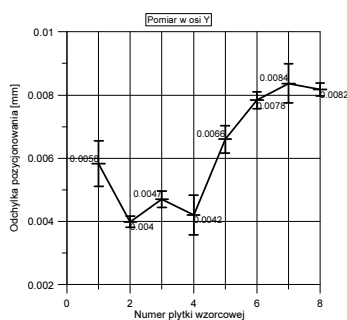
Podobną procedurę zastosowano w przypadku osi Y i Z. Dodatkowo zrealizowano pomiary dla przypadku, gdy płytki wzorcowe były usytuowane na stole obrabiarki w sposób nierównoległy do osi X oraz osi Y. Najpierw wyznaczono kąt skręcenia układu współrzędnych, wartość kąta skręcenia ($33,85^\circ$) odczytano z układu sterowania. Następnie określono początek układu współrzędnych, po czym rejestrowano wskazanie układu odczytu pozycji dziesięciokrotnie dla każdej płytki wzorcowej.

4. Analiza otrzymanych wyników pomiarów

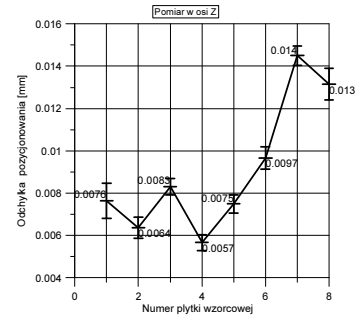
Zaobserwowane wartości z pomiarów poddano obróbce statystycznej i przedstawiono na rysunkach 4 – 7. Numer 2 reprezentuje płytkę wzorcową o długości 150mm, nr 4 – 200 mm, nr 6 – 300 mm, nr 8 – płytką o długości 500 mm.



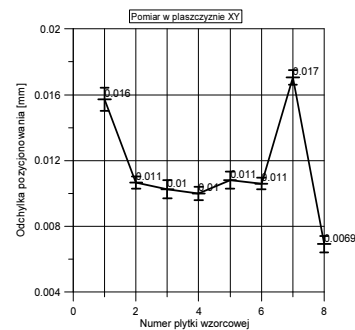
Rys. 4. Odchyłka pozycjonowania w osi X
Fig. 4. Positioning deviation for the X-axis



Rys. 5. Odchyłka pozycjonowania w osi Y
Fig. 5. Positioning deviation for the Y-axis



Rys. 6. Odchyłka pozycjonowania w osi Z
Fig. 6. Positioning deviation for the Z-axis



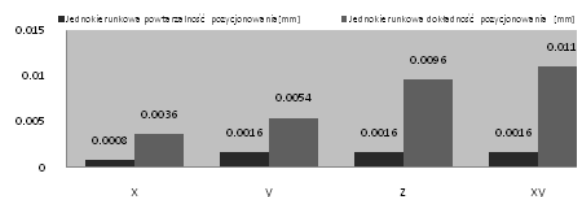
Rys. 7. Odchyłka pozycjonowania w płaszczyźnie XY
Fig. 7. Positioning deviation in the XY plane

Analizując wykresy przedstawione na rysunkach 4 – 7 zauważono, że najlepsze wyniki osiągnięto w osi X. Zarówno średnia odchyłka dla osi, odchyłka pozycjonowania osiągnęły dla tej osi najkorzystniejsze wartości. Wszystkie obliczone parametry nie przekroczyły wartości deklarowanych przez producenta obrabiarki. W przypadku analizy płaszczyzny XY zaobserwowano największe wartości. Wynika to ze zsumowania się błędów w osi X i błędów w osi Y. Taki rodzaj testu nie jest jednak ujęty w normie PN-ISO 230-2, dlatego też uzyskane wyniki nie są szerzej komentowane. Dalsze wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Wyniki obliczeń statystycznych dla analizowanych przypadków
Tab. 1. Statistics of the cases analysed

	X	Y	Z	XY
Średnia odchyłka dla osi	0,0041	0,0062	0,0091	0,0115
Jednokierunkowa systematyczna odchyłka pozycjonowania $E\uparrow$	0,003	0,0044	0,0088	0,0102
Jednokierunkowa powtarzalność pozycjonowania $R\uparrow$	0,0008	0,0016	0,0016	0,0016
Jednokierunkowa dokładność pozycjonowania $A\uparrow$	0,0036	0,0054	0,0096	0,011

Na rysunku 8 przedstawiono wartości jednokierunkowej powtarzalności i dokładności pozycjonowania dla analizowanych przypadków.



Rys. 8. Jednokierunkowa powtarzalność i jednokierunkowa dokładność pozycjonowania w osiach X, Y, Z oraz płaszczyźnie XY
Fig. 8. Unidirectional repeatability and accuracy of positioning in the X, Y and Z axes and the XY plane

Na podstawie wykresu przedstawionego na rysunku 8 zauważono, że najlepsze wartości dokładności i powtarzalności pozycjonowania osiągnięto w osi X. Natomiast w osi Y, Z oraz płaszczyźnie XY narasta wartość dokładności pozycjonowania. Zakres powtarzalności pozycjonowania wynosi od 0,0008 do 0,0016 mm, a wartość deklarowana przez producenta obrabiarce wynosi 0,005 mm. Tak więc zaobserwowane i obliczone parametry są zdecydowanie lepsze niż deklarowane przez producenta.

5. Wnioski

W badaniach wykorzystano wzorce materialne w postaci płytek wzorcowych. Autorzy mają świadomość, że ograniczeniem tej metody jest możliwość wykrywania nieprawidłowości bez bliższego określenia ich przyczyn [3] takich jak np. nierównomierne nagrzewanie się poszczególnych zespołów obrabiarce w trakcie trwania badania itp. W przypadku nie posiadania zaawansowanych systemów do diagnostyki obrabiarek metodę tą pomimo przedstawionych ograniczeń można stosować do okresowych kontroli obrabiarek CNC w celu sprawdzania czy nie utraciły parametrów deklarowanych przez producenta.

Obliczenia przeprowadzono zgodnie z wytycznymi zawartymi w PN-ISO 230-2. Z uwagi na techniczne możliwości realizacji pomiarów, dokonano obliczeń tylko dla serii pomiarów, podczas których najazd na pozycję realizowany był z jednego kierunku [9].

6. Literatura

- [1] Luttervelt C. A., Childs T. H. C., Klocke F., Venuvinod P. K.: Present situation and future trends in modelling of machining operations. Progress Report of the CIRP working group „Modelling of Machining Operations”. Annals of the CIRP, 47 (2), 1998, pp. 587- 626.
- [2] Lipski J., Lutek K., Nieszczeta W., Zaleski K.: Ocena błędów obróbkowych spowodowanych odkształceniami cieplnymi przedmiotu obrabianego. Forum prac badawczych – Kształtowanie części maszyn przez usuwanie materiału”. Koszalin 1994. Mat.
- [3] Szafarczyk M., Chrzanowski J.: Nowa koncepcja sprawdzania dokładności maszyn NC, materiały konferencyjne, AUTOMATION, "Automatyzacja - Nowości i Perspektywy" str. 405-413, Warszawa 2005.
- [4] Honczarenko J., Kwaśniewicz J.: Nowe systemy pomiarowe do sprawdzania dokładności obrabiarek CNC, Mechanik 12/2008, str 1012.
- [5] Materiały reklamowe firmy Renishaw (www.renishaw.pl)
- [6] Ratajczyk E.: Współrzędnościowa technika pomiarowa. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005.
- [7] Touch Probes for Machine Tools (www.heidenhain.de)
- [8] Pionowe centrum obróbkowe VMC 800. Instrukcja użytkownika. Fabryka obrabiarek precyzyjnych „AVIA” S.A.
- [9] PN-ISO 230-2:1999 – Przepisy badania obrabiarek. Wyznaczanie dokładności i powtarzalności pozycjonowania osi sterowanych numerycznie.

otrzymano / received: 15.10.2009

przyjęto do druku / accepted: 07.12.2010

artykuł recenzowany

INFORMACJE

Studia Podyplomowe

Wydział Elektryczny Politechniki Śląskiej w Gliwicach, Instytut Metrologii, Elektroniki i Automatyki ogłasza nabór na Dwusemestralne Zaoczne Studia Podyplomowe

Systemy Pomiarowe i Sterowniki Programowalne (SPSP)

Cel Studiów

Celem studiów jest przekazanie wiedzy teoretycznej i umiejętności praktycznych w zakresie: projektowania, wdrażania i utrzymania ruchu systemów automatyki, programowania sterowników PLC oraz systemów nadrzędnych (SCADA), projektowania, programowania i eksploatacji automatycznych systemów pomiarowych w laboratoriach badawczych i przemysłowych, metod opracowania danych w systemach zapewnienia jakości procesów przemysłowych.

Profil uczestnika studiów

Studia przeznaczone są dla pracowników o różnych specjalnościach, z wyższym wykształceniem o kierunku elektrycznym, elektronicznym, informatycznym lub pokrewnym, zajmujących się organizacją pomiarów w laboratoriach badawczych i przemysłowych lub eksploatacją oraz modernizacją systemów sterowania. Ich ukończenie pozwoli uczestnikom na podwyższenie kwalifikacji niezbędnych do sprawnego opracowywania i wdrażania nowoczesnych systemów. Absolwent Studiów otrzymuje Świadectwo Ukończenia Studiów Podyplomowych w zakresie objętym nazwą studiów.

Studia prowadzone są na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach, w systemie zaocznym w każdą sobotę lub w co drugi weekend (do wyboru) przez dwa semestry. Zajęcia prowadzone są przez nauczycieli akademickich ze stopniem co najmniej doktora oraz przez zaproszonych Gości o uznanym dorobku i autorytecie. Studia obejmują 200 godzin dydaktycznych. Rozpoczęcie Studiów nastąpi po skompletowaniu odpowiedniej liczby kandydatów na dany rodzaj studiów.

Organizator studiów:

Instytut Metrologii, Elektroniki i Automatyki Politechniki Śląskiej, 44-100 Gliwice, ul. Akademicka 10, tel. 032 237 12 41, fax: 032 237 20 34, e-mail: re2@polsl.pl lub agnieszka.skorkowska@polsl.pl, http://imeia.elekt.polsl.pl

Kierownik studiów:

Prof. dr hab. inż. Tadeusz SKUBIS