

Edward MIKO, Piotr MAJ

POLITECHNIKA ŚWIĘTOKRZYSKA, KATEDRA TECHNOLOGII MECHANICZNEJ I METROLOGII,
Aleja Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25 314 Kielce

Badanie dokładności pozycjonowania i diagnostyka tokarki CNC

Dr hab. inż. Edward MIKO

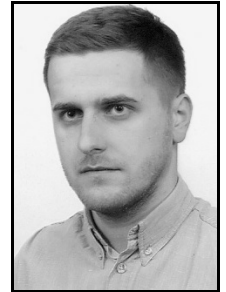
Profesor nadzwyczajny w Katedrze Technologii Mechanicznej i Metrologii na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej. Jego główne zainteresowania naukowe obejmują konstituowanie i metrologię warstwy wierzchniej oraz sterowanie procesami technologicznymi ze szczególnym uwzględnieniem obrabiarek CNC.



e-mail: emiko@tu.kielce.pl

Mgr inż. Piotr MAJ

Ukończył Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn Politechniki Świętokrzyskiej. Obecnie student drugiego roku studiów doktoranckich w Katedrze Technologii Mechanicznej i Metrologii.



e-mail: pmaj@tu.kielce.pl

Streszczenie

Celem badań było przeprowadzenie pomiarów dokładności pozycjonowania i diagnostyki tokarki sterowanej numerycznie CTX 410 Gildemeister. Do pomiarów dokładności pozycjonowania wykorzystano Interferometr Laserowy XL-80, a do diagnostyki „Szybki Test” Ballbar QC-10. Analiza uzyskanych pomiarów wykazała, że wartości mierzone nie mieściły się w tolerancji wartości dopuszczalnych dla tej obrabiarki.

Słowa kluczowe: tokarka, dokładność, pozycjonowanie, diagnostyka, CNC.

The positioning accuracy and diagnosis of CNC machine tools

Abstract

The aim of the research was to make measurements and diagnostics positioning of a numerically controlled lathe-Gildemeister CTX 410. An interferometer laser XL-80 was used for measurements of the positioning accuracy. The roundness test and diagnostics were carried out using "Quick Test" Ballbar. The first section of the paper lists the reasons for inaccuracies of machines and why they are so important. There is the basic information about the testing equipment which enable their measurements. In the next section the equipment is described in details. There is also described the method of installation and testing process. For each type of measurement the equipment configuration was different. It was determined by the workspace and machine capabilities. Section 3 contains some results of investigations. The analysis of the measurements shows that the measured values do not fit in the tolerance limits for this machine.

Keywords: lathe, precision, positioning, diagnostics, CNC.

1. Wprowadzenie

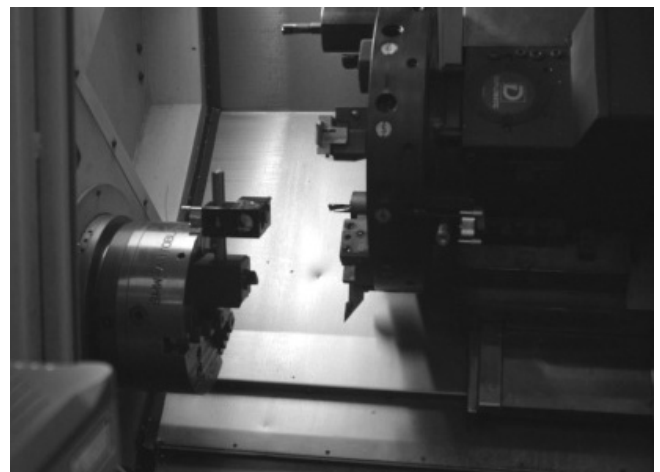
Ciągły rozwój technologii stawia coraz to nowe wymagania względem dokładności wymiarowo kształtowej przedmiotów wytwarzanych na obrabiarkach CNC. Na końcową jakość wyrobów wpływa wiele czynników. Można do nich zaliczyć: prawidłowość geometryczną realizacji ruchów elementarnych (prostoliniowość, bicie przy obrocie), dokładność pomiarów przemieszczeń liniowych i kątowych, dokładność i powtarzalność pozycjonowania osi sterowanych numerycznie, ustawienie osi względem siebie, dokładność realizowania kształtów torów, prędkości ruchów w stosunku do wartości zadanej [1], [2], [3] i badanie luzów układu napędowego. Każda niedokładność w jakimkolwiek systemie wpływa na końcową jakość wyrobu [4].

Celem badań było przeprowadzenie pomiarów dokładności pozycjonowania i diagnostyki tokarki sterowanej numerycznie CTX 410 Gildemeister. Do pomiarów pozycjonowania wykorzystano Interferometr Laserowy XL-80, a do diagnostyki „Szybki Test” Ballbar QC-10. Badania te pozwoliły określić wartość błędów wpływających na dokładność wytwarzanych przedmiotów. Pozwoliły również stwierdzić czy wartości mierzone mieściły się w tolerancji wartości dopuszczalnych dla tej obrabiarki.

2. Metodyka i warunki badań

Do pomiarów dokładności pozycjonowania wykorzystano Interferometr Laserowy XL-80. Istotą działania tej aparatury jest wykorzystanie światła o znanej długości fali jako jednostki długości. Pomiar polega na zliczaniu długości fal światła padającego na optyczny detektor. Umożliwia to pomiary pozycjonowania z dużą dokładnością [5].

Obrabiarka przed dokonaniem pomiarów została przygotowana według zaleceń producenta. Jest to maszyna realizująca na bieżąco zadania produkcyjne i w trakcie wykonywania pomiarów miała wypracowane 4712 godzin czasu obróbki. Ważnym elementem przy pomiarach pozycjonowania było odpowiednie ustawienie wszelkich zwierciadeł. Dla każdej mierzonej osi konfiguracja była inna. Zwierciadła były montowane odpowiednio na wrzecionie maszyny (unieruchomionym programowo) i na uchwycie narzędziowym (przemieszczającym się liniowo po osi X i Z) (rys. 1.). Do tego celu użyto specjalnych uchwytów magnetycznych.



Rys. 1. Zwierciadło zamontowane na wrzecionie tokarki
Fig. 1. The mirror installed on a lathe spindle

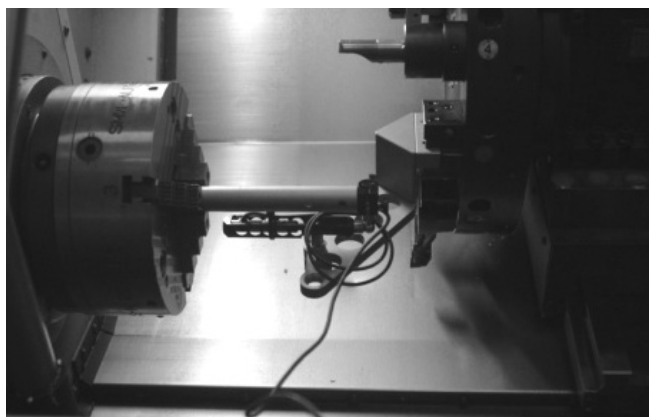
W osi X pomiar został wykonany na odcinku 140 mm. Ta długość była uwarunkowana wielkością przestrzeni roboczej, w której została zamontowana aparatura badawcza. Obrabiarka została tak zaprogramowana, aby w trakcie ruchu głowicy narzędziowej wzdłuż osi wykonywała postoje czasowe co 10 mm. Po przejechaniu całego odcinka suport wracał do pozycji startowej z takimi samymi postojami. W tym czasie program dołączony do aparatury badawczej dokonywał odczytu wskazań interferometru. Zostało zaprogramowanych 5 takich przebiegów. Analogiczne postępowanie było względem osi Z (rys. 2). Tu z racji większego przesuwu głowicy narzędziowej pomiar został wykonany na odcinku 300 mm.



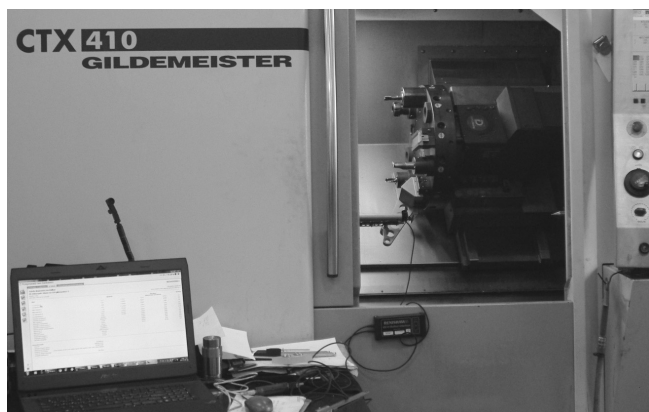
Rys. 2. Stanowisko do pomiaru dokładności pozycjonowania osi Z.
Fig. 2. The test stand for measuring the positioning accuracy of Z-axis

Do pomiarów błędów okrągłości i diagnostyki tokarki CNC wykorzystano „Szybki Test” Ballbar QC-10. Jest to przyrząd umożliwiający wykrycie błędów geometrycznych związanych z układami napędowymi obrabiarek sterowanych numerycznie. Można do tego zaliczyć wszelkie niedokładności maszyny wynikające z układu mechanicznego, układu pomiarowego jak i serwonapędów [6].

Do realizacji pomiarów obrabiarka została tak zaprogramowana, aby suport wykonywał interpolacje kołowe względem zadanego punktu. Punkt ten znajdował się pomiędzy trzpieniem umieszczonym we wrzecionie maszyny, a specjalnym ramieniem zamontowanym w miejsce narzędzia. Z powodu małej przestrzeni roboczej przyrząd Ballbar był umieszczony w protezie skracającej, która umożliwiła zmniejszenie średnicy kreślonych okręgów do 50 mm (rys. 3).



Rys. 3. Urządzenie Ballbar zamontowane w przestrzeni roboczej tokarki
Fig. 3. Ballbar device mounted in the lathe workspace



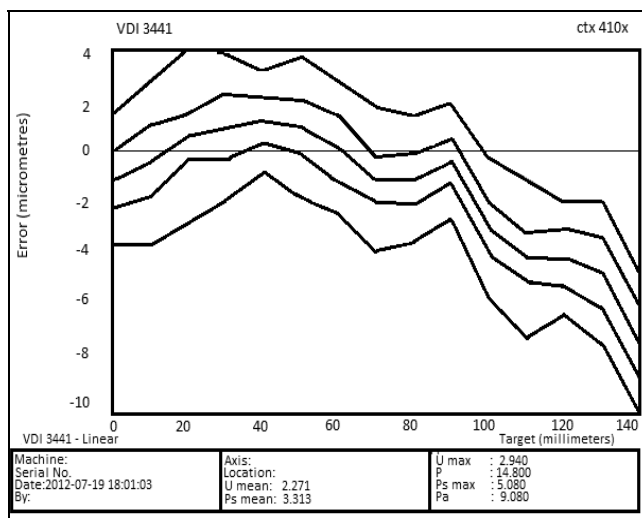
Rys. 4. Stanowisko do pomiaru interpolacji kołowej
Fig. 4. The test stand for measuring the circular interpolation

Pomiar został wykonany w płaszczyźnie XZ po przez dokonanie podwójnego ruchu głowicy narzędziowej po okręgu w dwóch kierunkach (rys. 4).

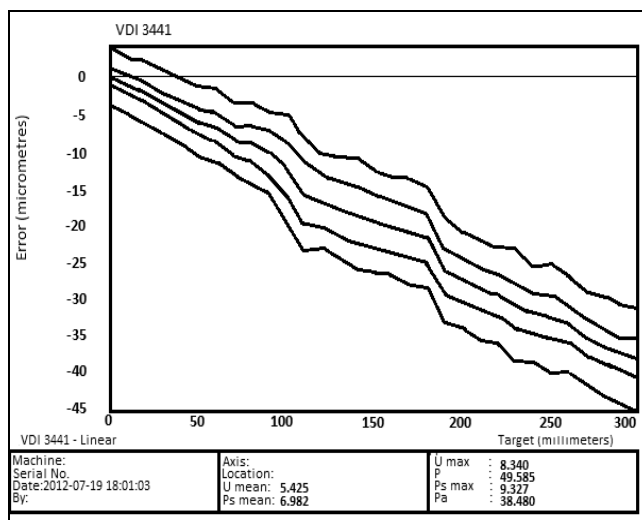
3. Wyniki badań i ich analiza

Do pomiarów wykorzystano oryginalne oprogramowanie dołączone do aparatury badawczej. W wyniku przeprowadzonych badań rezultaty pomiarów zostały przedstawione w postaci graficznej i tabel. W pracy podano wybrane wyniki pomiarów.

Program LaserXL wygenerował wykresy przedstawiające dokładności pozycjonowania badanej maszyny [7].



Rys. 5. Wykres dokładności pozycjonowania tokarki CNC dla osi X
Fig. 5. Graph of the positioning accuracy of the CNC lathe for X axis



Rys. 6. Wykres dokładności pozycjonowania tokarki CNC dla osi Z
Fig. 6. Graph of the positioning accuracy of the CNC lathe for Z axis

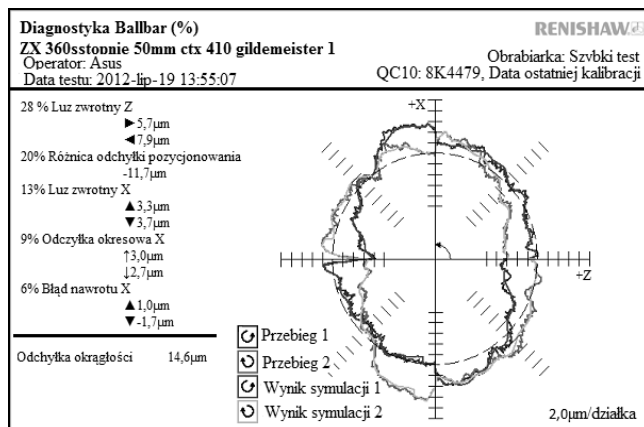
Wykresy przedstawione na rys. 5 i rys. 6 zostały tak wygenerowane, że przedstawiają wartości odchylenia pozycjonowania pomiędzy rzeczywistymi (zmierzonymi) wartościami położenia, a wzorcowymi w kolejnych przejściach głowicy narzędziowej tokarki.

U dołu otrzymanych wykresów znajduje się tabela przedstawiająca najważniejsze parametry uzyskane podczas pomiaru. Są to wielkości, które składają się na dokładność pozycjonowania obrabiarki. Poniżej przedstawiono zestawienie ich dla każdej osi na podstawie normy VDI/DGQ 3441 [8],[9] (tab. 1).

Tab. 1. Zestawienie wyników pomiarów dokładności pozycjonowania tokarki CNC
 Tab. 1. Summary of the measurement results of the positioning accuracy of the CNC lathe

CTX 410 Gildemeister			
		X	Z
Mean Reversal Error (Średni błąd nawrotu)	U_{mean} [μm]	2,271	5,425
Positional Scatter (Rozrzut pozycjonowania)	$P_{s,mean}$ [μm]	3,313	6,982
Max Mean Reversal Error at a Positon (Maksymalny błąd nawrotu na pozycji)	U_{max} [μm]	2,940	8,340
Positional Uncertainty (Całkowita odchyłka pozycjonowania obliczana dla każdej pozycji)	P [μm]	14,8	49,585
Max Positional Scatter (Maksymalna wartość wszystkich obliczonych wartości rozrzutu pozycji.)	$P_{s,max}$ [μm]	5,08	9,327
Positional Deviantion (Różnica pomiędzy wartością maksymalną a wartością minimalną pozycjonowania)	P_a [μm]	9,08	38,480

Na rys. 7 przedstawiono wyniki pomiarów błędów okrągłości i błędów diagnostycznych badanej tokarki. Wygenerowany raport w pierwszej części składa się z procentowego wykazu pięciu największych wielkości wpływających na odchyłkę okrągłości mierzzonej obrabiarki. Znajduje się w nim również wykres przedstawiający rzeczywisty okrąg, jaki kreślił suport.



Rys. 7. Raport diagnostyki tokarki
 Fig. 7. Diagnostic report of the lathe

Z raportu odczytano, że największymi wielkościami wpływającymi na odchyłkę okrągłości są: luz zwrotny osi Z i X, różnica odchyłki pozycjonowania, odchyłka okresowa X oraz błąd nawrotu osi X. Największa wielkość to luz zwrotny, który można zaobserwować jako skok odchyłki promienia ruchu na zewnątrz lub od wewnątrz wykonywanego łuku. Może być on spowodowany luzem w układzie napędowym obrabiarki (luz przekładni układu napędowego) lub układzie pomiarowym, bądź niedostateczną sztywnością tych układów. Odchyłka okrągłości wyniosła 14,6 μm.

W drugiej części raportu znajduje się tabela diagnostyczna. Zawierała ona szczegółowy wykaz wszystkich wielkości jakie wpływają na odchyłkę okrągłości (tab. 2.). Jest w nim umieszczony tak zwany ranking przedstawiający błędy maszyny od największego do najmniejszego. Poza wielkościami umieszczonymi w pierwszej części raportu znajdują się w nim: błąd nawrotu Z, luz poprzeczny osi Z i X, błąd nadążania, odchyłka okresowa, prostopadłości i prostoliniowości. Dodatkowymi informacjami widniejącymi w raporcie jest promień kreślony przez głowicę narzędziową oraz wartość zaprogramowanego posuwu (1000,0 mm/min).

Tab. 2. Wykaz wszystkich zarejestrowanych błędów maszyny
 Tab. 2. The list of all recorded machine errors

Tabela diagnostyczna Ballbar ZX					
360stopnie 50mm ctx 410 gildemeister 1					
Błąd	Wielkość		Okrąg. wz. niezależnie		Ran.
Luz zwrotny Z	► 5,7	◄ 7,9 μm	7,9 μm	28%	1
Luz zwrotny X	▲ 3,3	▼ 3,7 μm	3,7 μm	13%	3
Błąd nawrotu Z	► 0,6	◄ -0,6 μm	0,6 μm	2%	11
Błąd nawrotu X	▲ 1,0	▼ -1,7 μm	1,7 μm	6%	5
Luz poprz. Z	► -1,5	◄ 1,3 μm	0,7 μm	3%	9
Luz poprz. X	▲ 1,0	▼ -0,4 μm	0,6 μm	2%	12
Odchyłka okresowa Z	↑ 1,5	↓ 1,3 μm	1,4 μm	5%	7
Odchyłka okresowa X	↑ 3,0	↓ 2,7 μm	2,6 μm	9%	4
Błąd nadążania	-0,06 ms		1,0 μm	3%	8
Odchyłka prostopadłości	31 μm/m		1,6 μm	5%	6
Odchyłka prostoliniowości Z	0,8 μm		0,4 μm	1%	13
Odchyłka prostoliniowości X	1,4 μm		0,7 μm	2%	10
Różnica odchyłki pozycjonowania	-11,7 μm		5,8 μm	20%	2
Skok śruby Z	10,1600 mm				
Skok śruby X	14,0000 mm				
Oblicz. posuw	1003,1 m/min				
Przes. środka Z	-153,6 μm				
Przes. środka X	-18,5 μm				
Odchyłka okrąg.	14,6 μm				
Parametry testu					
Promień			50,000 mm		
Zaprogramowany posuw			1000,0 mm/min		
Start/koniec/bieg jałowy			0 °/360 °/180 °		
Kolejność przebiegów :CCW (przeciw do kier. ruchu wskaz. zegara) CW (zgod. z kier. ruchu wskaz. zegara)					
Centrum okręgu testowego					
Częstość próbkowania			83,333 Hz		

4. Wnioski i uwagi końcowe

Według producenta tokarki CTX 410 Gildemeister dokładność maszyny odnoszona jest do normy VDI/DGQ 3441. Ustalił on, że dokładność obrabiarki nie powinna przekraczać wartości $P = 12 \mu m$ dla każdej z osi. Analizując wyniki badań można stwierdzić, że:

1. Pomiar wykazał, że dokładność pozycjonowania nie mieści się w wartościach zadeklarowanych przez producenta. Oznacza to, że głowica narzędziowa będzie poruszała się po nieco innym torze niż został zadeklarowany. Efektem tego będą niedokładne wymiary wytwarzanych elementów.
2. Diagnostyka wykazała, że wielkościami wpływającymi na odchyłkę okrągłości są: luz zwrotny osi Z i X, różnica odchyłki pozycjonowania, odchyłka okresowa X oraz błąd nawrotu osi X. Największa wartość to luz zwrotny, który wyniósł 7,9 μm, i który można zaobserwować jako skok odchyłki promienia ruchu na zewnątrz lub od wewnątrz wykonywanego łuku.

Może być on spowodowany luzem w układzie napędowym obrabiarki (luz przekładni układu napędowego) lub układzie pomiarowym, bądź niedostateczną sztywnością tych układów. Odchyłka okrągłości wyniosła 14,6 μm .

Analizując przyczyny tych niedokładności można dojść do wniosku, że najprostszym sposobem ich eliminacji będzie wykorzystanie kompensacji systemu sterowania. Po takim zabiegu należy po raz kolejny dokonać pomiarów dokładności pozycjonowania i badań diagnostycznych obrabiarki. Jeżeli ta operacja nie przyniesie znaczącej poprawy w dokładności pracy maszyny, zaleca się kontakt z serwisem, celem wymiany poszczególnych części mechanicznych.

5. Literatura

- [1] Adamczak S.: Pomiary geometryczne powierzchni. Zarysy kształtu, falistości i chropowatości, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 2008.
 [2] Honeczarenko J.: Obrabiarki sterowane numerycznie, WNT 2009.

- [3] Szafarczyk M., Chrzanowski J.: Nowa koncepcja sprawdzania dokładności maszyn NC, materiały konferencyjne, AUTOMATION, „Automatyzacja-Nowości i Perspektywy” Warszawa 2005, s. 405-413.
 [4] Miko E., Jarema M.: Badania dokładności pozycjonowania pionowego centrum obróbkowego, Pomiary Automatyka Kontrola, vol. 56. nr 1/2012, s. 63-65.
 [5] www.renishaw.com
 [6] Renishaw Ballbar 20 System User Guide, Renishaw 2009.
 [7] Laser measurement and ballbar diagnosis for motion system, XL-80 laser system, QC20-W wireless ballbar system” Renishaw 2009.
 [8] VDI/DGQ 3441 Statistical Testing of the Operational and Positional Accuracy of Machine Tools.
 [9] Mullany B.: Evaluation And Comparison Of The Different Standards Used To Define The Positional Accuracy And Repeatability Of Numerically Controlled Machining Center Axes, University of North Carolina, Charlotte, October 2007.

otrzymano / received: 18.03.2013

przyjęto do druku / accepted: 01.05.2013

artykuł recenzowany / revised paper

INFORMACJE

Regionalne Seminaria / Szkolenia dla Służb Utrzymania Ruchu

www.energoelektronika.pl WORTAL BRANŻOWY



20.06.2013 - Trójmiasto
 10.10.2013 - Bydgoszcz
 04.12.2013 - Warszawa



Jeżeli jesteś zainteresowany uczestnictwem w Seminarium, zaprezentowaniem produktu lub nowego rozwiązania napisz do nas: marketing@energoelektronika.pl
 Energoelektronika.pl tel. (+48) 22 70 35 291

Partnerzy:



Ilość miejsc ograniczona