

Wpływ procedury korekcji współrzędnych sondy pomiarowej do tokarki CTX 450 na dokładność wymiarową

The influence of the coordinate correction procedure of measuring probe dedicated lathe CTX 450 on the dimensional accuracy

MACIEJ WŁODARCZYK *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.355

W pracy przedstawiono analizę wpływu procedur kompensacji sondy narzędziowej będącej na wyposażeniu tokarki CNC na dokładność wymiarową toczonych elementów. Porównano procedury zalecane przez producenta obrabiarki z opracowanymi we własnym zakresie, a uzyskiwane wyniki przedstawiono w postaci tablic.

SŁOWA KLUCZOWE: sonda pomiarowa, korekcja współrzędnych, toczenie, pomiar narzędzi

The paper investigates the effect of compensation of a CNC lathe probe on the dimensional accuracy of produced parts. The procedures recommended by the machines manufacturer are compared with the observations made by the author, and the results are given in tables.

KEYWORDS: measuring probe, turning, measure of cutting tool

Sondy narzędziowe to obecnie nieodzowne elementy wyposażenia nowoczesnych maszyn sterowanych numerycznie [1, 2]. Wykorzystywane są do pomiaru narzędzi zamocowanych bezpośrednio w przestrzeni maszyny podczas czynności związanych z jej przygotowaniem do pracy. Ich wykorzystanie znacząco wpływa na skrócenie czasów przygotowawczych. W warunkach produkcji masowej dzięki odpowiednio przeprowadzonej procedurze kompensacji istnieje możliwość uzyskiwania zawężonych tolerancji wymiarowych wykonywanych części. Wykorzystanie sond pozwala na kontrolowanie stanu ostrza skrawającego i uwzględnianie jego ewentualnego zużycia. Konstrukcja sond jak również rodzaj użytych do ich budowy czujników w zależności od typu maszyny i jej producenta mogą się znacząco różnić, tak samo jak algorytmy zapisane w programach pomiarowych, w oparciu o które dokonywana jest procedura korekcji współrzędnych [3]. Odmianą konstrukcję mają niekiedy wzorce używane do kalibracji sond. Pomimo tego, że urządzenia te nie uczestniczą bezpośrednio w procesie obróbki, to na skutek oddziaływań zewnętrznych mogą wymagać okresowego przeprowadzania procedur kalibracji, co ma istotny wpływ na dokładność pomiaru współrzędnych narzędzi [4].

Program, metodyka oraz cel prowadzonych badań

Podjęte zagadnienie dotyczy analizy wpływu zalecanych procedur korekcji współrzędnych sondy narzędziowej w zestawieniu z metodami własnymi. Badania polegały na wykonaniu procedur korekcji w przestrzeni maszyny technologicznej weryfikowanych próbami toczenia. Na rys. 1

zaprezentowano zrealizowany program badań. Obróbkę prowadzono na centrum tokarskim DMG MORI CTX450, z systemem sterowania Sinumerik 840D. Materiał obrabiany stanowiła stal narzędziowa 145Cr6. Jako narzędzie wykorzystano nóż tokarski składany o symbolu oprawki SDJCL 2525M 11 Coroturn107. Do toczenia wytypowano płytkę węglkową: DCMT 11 T3 04-PM 4325 (Sandvik).

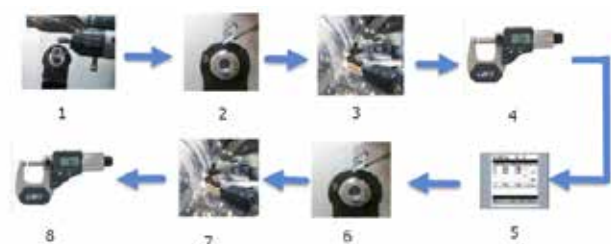


Rys. 1. Schemat planu badawczego dla przyjętych procedur

Przyjęte w badaniu parametry technologiczne wyniosły: $v_c = 200$ m/min, $f = 0,1$ mm/obr, $a_p = 0,1$ mm na obrabianym odcinku wałka na długości $L = 20$ mm. Przebieg badań polegał na wykonaniu 10 prób toczenia, przy czym w każdym przejściu powtarzano wszystkie opisane poniżej kroki postępowania według przyjętej procedury. Podczas toczenia wymiar średnic zmieniał się co 0,5 mm, a ostrza płytek skrawających zmieniane były co 5 prób.

Opis dedykowanej obrabiarce procedury korekcji

Na rys. 2 przedstawiono poszczególne kroki kalibracji sondy metodą zalecaną przez producenta obrabiarki (oznaczoną dalej jako PDMG0) oraz rozszerzoną (dalej: PDMG) [5].



Rys. 2. Schemat postępowania podczas kompensacji sondy metodą PDMG0 oraz PDMG

Procedura PDMG obejmuje następujące kroki (numeryczna zgodna z rys. 2):

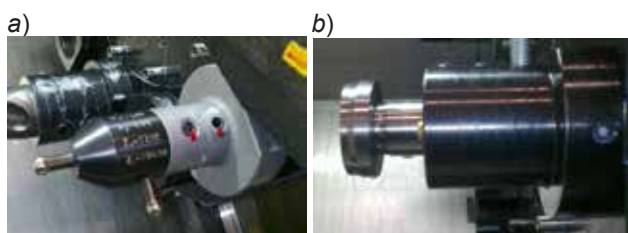
* Dr inż. Maciej Włodarczyk (m.wlodarczyk@pollub.pl) – Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji

1. Korekcję sondy za pomocą wzorca.
 2. Pomiar narzędzia za pomocą sondy narzędziowej.
 3. Próbę toczenia.
 4. Pomiar średnicy.
- Ponieważ uzyskiwane w ten sposób wyniki obarczone były dużym błędem procedurę skonsultowano z producentem maszyny i uzupełniono o następujące kroki:
5. Wprowadzenie odchyłki do danych maszynowych.
 6. Ponowny pomiar narzędzia za pomocą sondy narzędziowej. Analogicznie do punktu 2.
 7. Ponowną próbę toczenia. Analogicznie do punktu 3.
 8. Pomiar średnicy oraz sprawdzenie odchyłek. Analogicznie do punktu 4.

W wyniku analizy opracowano własną procedurę bezpośredniej kalibracji proponowanym własnym wzorcem (PKP).

Opis własnej procedury korekcji PKP

Proponowany wzorec wykonano ze stali C45 na bądanej tokarce po wcześniejszym przeprowadzeniu rozszerzonej procedury kalibracyjnej. Widok trzpienia proponowanego przez producenta oraz własnego rozwiązania pokazano na rys. 3.



Rys. 3. Trzpienie wzorcowe użyte do kalibracji sondy: a) zalecany przez producenta, b) własnej konstrukcji

W procedurze kalibracji dokonano modyfikacji kroków postępowania przy kalibracji współrzędnych sondy.



Rys. 4. Schemat postępowania w ramach proponowanej procedury

Proponowana procedura PKP pokazana na rys. 4 zawierała następujące kroki:

1. **Bezpośrednia korekcja sondy narzędziowej za pomocą przyrządu.** Próbę przeprowadzono analogicznie jak w poprzednich procedurach, z tą różnicą, że zamiast zalecanego wzorca wykorzystywany był proponowany. Korekcja przeprowadzana jest bezpośrednio za pomocą cyklu w sterowaniu maszyny.
2. **Pomiar narzędzia.** Analogicznie jak w poprzednich procedurach.
3. **Próba toczenia.** Analogicznie jak w poprzednich procedurach.
4. **Pomiar średnicy oraz sprawdzenie odchyłki.** Analogicznie jak w poprzednich procedurach.

Wyniki badań oraz ich analiza

Poniżej w tablicy zamieszczono wyniki pomiarów średnic toczonej elementów zgodnie z przedstawionymi powyżej procedurami.

TABLICA. Wartości odchyłek średnic toczonej

Nr próby	Wartość odchyłki po metodzie PDMG0 mm	Wartość odchyłki po metodzie PDMG mm	Wartość odchyłki po metodzie PKP mm
1	-0,030	-0,01	0,000
2	-0,033	-0,007	+0,005
3	-0,031	-0,01	+0,004
4	-0,035	-0,01	+0,003
5	-0,030	-0,01	+0,003
6	-0,038	-0,02	+0,004
7	-0,036	-0,001	+0,008
8	-0,035	-0,002	+0,006
9	-0,030	-0,001	+0,004
10	-0,032	-0,009	+0,007

Uzyskane wyniki odchyłek wymiarów toczonej średnic poddano analizie statystycznej w oprogramowaniu Statistica. W celu weryfikacji hipotezy o równości wartości średnic wykorzystano test t-Studenta, na przyjętym poziomie ufności $1-\alpha = 0,95$.

Na podstawie analizy uzyskanych wyników można stwierdzić, że zalecana metoda korekcji przekłada się na duże błędy wykonania, o czym świadczą wartości odchyłek uzyskiwanych wyników z prób toczenia. Przy metodzie nieskorygowanej ujemne wartości odchyłek mieściły się w granicach $0,03 \pm 0,038$ mm. Przeprowadzenie dodatkowych czynności pozwoliło na zmniejszenie wartości odchyłek, z jakimi toczone były średnice wałków, na ujemnym poziomie w granicach $0,02 \pm 0,001$ mm. Najlepsze wyniki uzyskano dla prób prowadzonych narzędziami, których współrzędne wierzchołków ostrzy skorygowano proponowaną metodą. Pozwoliło to na uzyskanie niewielkich rozrzutów odchyłek, które jako dodatnie mieściły się poniżej 0,01 mm.

Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzone pomiary oraz analiza wyników pozwalają na sformułowanie ważniejszych wniosków:

- analiza dokładności obróbki pozwala dopasować poszczególne procedury korekcji sondy do otrzymywanych klas tolerancji. Przykładowo wykonując elementy w klasie IT5 oraz IT6, najlepszą metodą jest PKP,
- proponowana metoda PKP charakteryzuje się krótszym czasem jej realizacji ze względu na mniejszą liczbę wykonywanych potrzebnych czynności jak również mniejszym użyciem dodatkowych środków produkcji,
- proponowana metoda wykorzystuje mniej skomplikowany geometrycznie wzorec, przez co eliminuje się konieczność jego pomiaru w przestrzeni maszyny współrzędnościowej na rzecz prostszych pomiarów z wykorzystaniem np. okrągłościomierza,
- proponowana procedura redukuje zużycie narzędzi używanych podczas procedury kompensacji, szczególnie gdy są one ponownie wykorzystywane w planie produkcyjnym po przeprowadzonych pomiarach.

LITERATURA

1. Honczarenko J., Kwaśniewicz J. „Nowe systemy pomiarowe do sprawdzania dokładności obrabiarek CNC”. *Mechanik*. Nr 12 (2008): s. 1012-1016.
2. Jacniacka E., Semotiuk L. „Powtarzalność mocowania jako składnik budżetu niepewności pomiaru sondą przedmiotową na obrabiarkach CNC”. *Mechanik*. Nr 5-6 (2012): s. 406-409.
3. Rahman M., Heikkala J., Lappalainen K. „Modeling, measurement and error compensation of multi-axis machine tools. Part I: Theory”. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*. Vol. 40 (2000): pp. 1535-1546.
4. Turek P., Kwaśny W., Jędrzejewski J. „Zaawansowane metody identyfikacji błędów obrabiarek”. *Inżynieria Maszyn*. R. 15 (2010).
5. Dokumentacja techniczno-ruchowa obrabiarki CTX450 ECOLine. ■