

Badanie wybranych właściwości metrologicznych głowicy do pomiaru przemieszczeń względnych

Examination of selected metrological properties of the head to measure the relative displacement

ŁUKASZ NOWAKOWSKI
EDWARD MIKO
MICHAŁ SKRZYNIARZ *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.11.500

W artykule przedstawiono badania wybranych właściwości metrologicznych głowicy do pomiarów przemieszczeń względnych w układzie narzędzie–przedmiot obrabiany. Głowica została wyposażona w dwa czujniki wiroprowdowe, a proces kalibracji został przeprowadzony przy pomocy interferometru laserowego. **SŁOWA KLUCZOWE:** toczenie wzdłużne, drgania, przemieszczenia względne

The article presents the research of the selected metrological properties of the head to measure relative displacement of tool and displacement. The head was equipped with two eddy current sensors and calibration process was conducted by using a laser interferometer.

KEYWORDS: longitudinal turning, vibrations, displacement relative

Proces kształtowania powierzchni części maszyn jest uzależniony od wielu czynników, tj. parametrów procesu obróbki oraz towarzyszących mu zjawisk fizycznych [1, 2]. W trakcie procesu skrawania generowane są przemieszczenia względne w układzie narzędzie–przedmiot obrabiany (N-PO), czyli niepożądane w procesie skrawania drgania mechaniczne [3]. Drgania występujące w układzie N-PO bezpośrednio wpływają na stan powierzchni obrabianej, zużywanie się ostrza skrawającego, podzespołów obrabiarki, wartości sił występujących podczas procesu oraz są źródłem generowania hałasu [4–7]. Dodatkowo drgania występujące podczas prowadzenia procesu obróbki zwiększają koszty produkcji poprzez intensyfikację zużycia narzędzi, ale także ograniczenie parametrów technologicznych, z jakimi można prowadzić proces obróbki skrawaniem. Przedmiotem badań była głowica do pomiaru przemieszczeń względnych w układzie N-PO podczas toczenia wzdłużnego. Głowica wyposażona jest w dwa czujniki wiroprowdowe, które umożliwiają bezpośredni pomiar w dwóch prostopadłych kierunkach zmiany położenia noża tokarskiego względem toczonego przedmiotu.

Celem pracy było zbadanie za pomocą interferometru laserowego XL-80 firmy Renishaw wybranych właściwości metrologicznych czujników wiroprowdowych będących częścią głowicy do pomiaru przemieszczeń względnych w układzie N-PO podczas procesu toczenia wzdłużnego.

Opracowane stanowisko pomiarowe umożliwia równoczesny pomiar przemieszczeń względnych podczas toczenia wzdłużnego w kierunku osi X i Y tokarki [8]. Głowica pomiarowa została wyposażona w dwa czujniki wiroprowdowe firmy Micro-Epsilon EPU 1. Dane techniczne tych czujni-

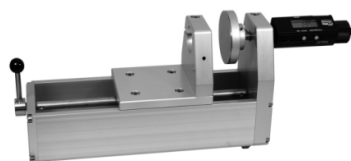
ków zostały przedstawione w tablicy. Ponadto głowica posiada dodatkowy układ pomiarowy wyposażony w kontroler eddyNCDT 3100 i moduł zbiorczy ADAE42-U.

TABLICA. Dane techniczne czujnika EPU 1

Zakres pomiarowy	1000 μm
Początek zakresu pomiarowego	100 μm
Powtarzalność	1 μm
Rozdzielczość	0,05 μm
Liniiowość	5 μm
Częstość próbkowania	25 kHz

Metodyka i wyniki badań

Czujniki wiroprowdowe, w które wyposażona jest głowica mogą określić zmianę położenia obiektów przewodzących prąd. Różnice we współczynniku przewodzenia prądu dla różnych materiałów konstrukcyjnych wymagają osobnej kalibracji czujników dla poszczególnych materiałów, różnych kształtów, a także zakresów średnic w przypadku powierzchni cylindrycznych. Standardowe urządzenie do kalibracji czujników wiroprowdowych (rys. 1) wyposażone jest w śrubę mikrometryczną, za pomocą której realizowana jest zmiana odległości pomiędzy kalibrowanym czujnikiem a materiałem, względem którego dokonywany jest proces kalibracji. Czujniki w takim przypadku kalibrowane są pojedynczo na płaskiej powierzchni, co może być źródłem błędu pomiaru w odniesieniu do powierzchni cylindrycznych, z którymi mamy do czynienia w przypadku toczenia.



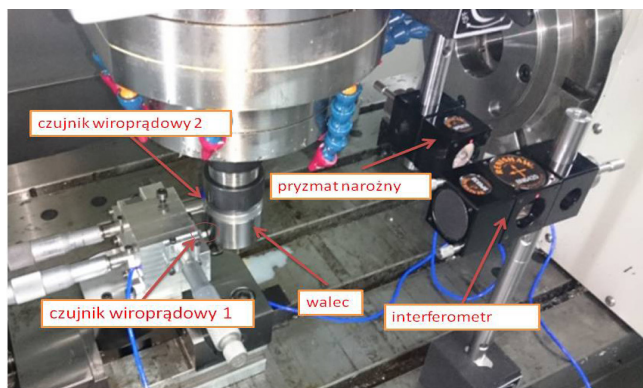
Rys. 1. Urządzenie do kalibracji czujników wiroprowdowych firmy Micro-Epsilon [9]

Ze względu na niewystarczającą dokładność systemu realizującego przesuw materiału kalibracyjnego względem czujka wiroprowdowego oraz ograniczeniach co do kształtu materiału kalibracyjnego zdecydowano się na przeprowadzenie kalibracji w określonych warunkach pracy.

Głowicę pomiarową wyposażoną w dwa czujniki wiroprowdowe zamocowano na stole pionowego centrum frezarskiego AVIA VMC 800, natomiast we wrzecionie obrabiarki zamocowano próbkę w kształcie wałka, względem którego dokonywana była kalibracja. Układ posuwowy frezarki wykorzystywany był do precyzyjnej zmiany w dwóch osiach X i Y położenia wałka kalibracyjnego względem dwóch czujników wiroprowdowych. Precyzyjny odczyt zmiany położenia

* Dr inż. Łukasz Nowakowski (lukasn@tu.kielce.pl), mgr inż. Michał Skrzyński (skrzyzniarmichal@gmail.com), dr hab. inż. Edward Miko prof. PŚK (emiko@tu.kielce.pl) – Katedra Technologii Mechanicznej i Metrologii, Politechnika Świętokrzyska

czujników względem wałka kalibracyjnego realizowany był za pomocą interferometru laserowego XL-80. Widok stanowiska pomiarowego przedstawiono na rys. 2.

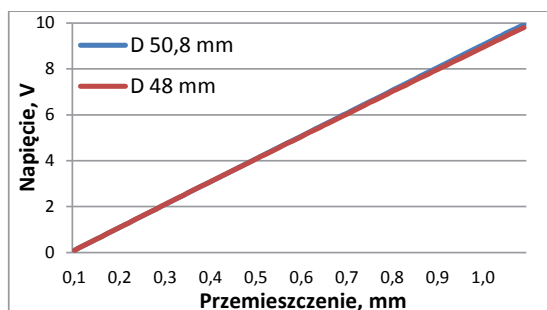


Rys. 2. Stanowisko do kalibracji głowicy pomiarowej

Procedura kalibracji przeprowadzona została według zaleceń producenta. Wymagała precyzyjnego pozycjonowania czujnika w trzech wyznaczonych położeniach, wykonania pomiarów i na ich podstawie wyznaczenia krzywej kalibracyjnej z trzech punktów.

Po wykonaniu kalibracji dla wałka o średnicy $\varnothing 50,8$ mm zdecydowano się na wyznaczenie charakterystyki napięcia wyjściowego w całym zakresie pomiarowym czujnika w funkcji realizowanego przemieszczenia co $10\text{ }\mu\text{m}$ dla wałka o średnicy $50,8$ i 48 mm (rys. 3).

W wyniku przeprowadzonych badań zauważono, że w pewnych zakresach różnice wskazań dla tego samego punktu pomiarowego wyniosły $0,005\text{ V}$, co przekłada się na różnicę $0,5\text{ }\mu\text{m}$. W zakresie pomiarowym od 100 do $500\text{ }\mu\text{m}$ charakterystyka czujników jest liniowa, natomiast po przekroczeniu tej wartości różnice wskazań pomiędzy wartością przemieszczenia a napięciem wyjściowym wzrastają i dla końcowej wartości zakresu, tj. dla $1,1\text{ mm}$, różnica wartości wynosi ok. $40\text{ }\mu\text{m}$. Podczas przeprowadzenia eksperymentu zauważono pewną prawidłowość polegającą na tym, że po przekroczeniu wartości przemieszczenia powyżej $700\text{ }\mu\text{m}$, wartość napięcia zmienia się oscylacyjnie w zakresie setnych części volta. Jest to konsekwencją zmiany pola, względem którego dokonywany jest pomiar, a dodatkowo znaczącą rolę zaczyna odgrywać krzywizna walca wynikająca z jego średnicy. W celu ustalenia wartości napięcia w tym zakresie posłużono się średnią arytmetyczną liczoną na podstawie zebranych punktów.

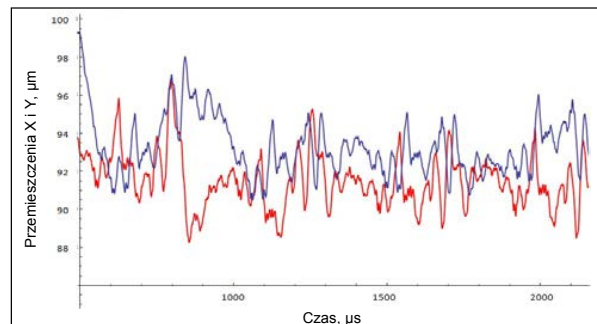


Rys. 3. Zmiana wartości napięcia wyjściowego w funkcji przemieszczenia dla różnych średnic wałka

Analizując otrzymane wyniki dla różnych średnic, względem których dokonano pomiaru, zauważono, że w końcowym zakresie przemieszczeń, tj. dla $1,1\text{ mm}$, różnica wskazań napięcia wynosi $0,13\text{ V}$ dla różnych średnic, co przekłada się na różnicę $13\text{ }\mu\text{m}$. W przypadku przemiesz-

czeń realizowanych w zakresie do $500\text{ }\mu\text{m}$ różnica wartości napięcia odpowiada różnicy przemieszczeń $1\text{ }\mu\text{m}$.

Poza statyczną weryfikacją głowicy pomiarowej przeprowadzono pomiary przemieszczeń względnych podczas toczenia wzdłużnego. Na rys. 4 przedstawiono wyniki pomiaru przemieszczeń względnych w układzie narzędzie–przedmiot obrabiany dla obróbki prowadzonej płytką DCMT 11 T3 08 – PF 4325.



Rys. 4. Zarejestrowane przemieszczenia w układzie N-PO podczas toczenia wzdłużnego dla prędkości skrawania $V_c = 345\text{ m/min}$, posuwu na obrót $f_n = 0,12\text{ mm/obr.}$, głębokości skrawania $a_p = 0,35\text{ mm}$, promienia krawędzi skrawającej $r_n = 49\text{ }\mu\text{m}$

Na rys. 4 w pierwszej części zidentyfikowano dojazd czujników do przedmiotu obrabianego i rozpoczęcie procesu skrawania. Analizując dane z rys. 4, widać że drgania oznaczone kolorem niebieskim, odpowiadające przemieszczeniom w kierunku promieniowym, są większe od drgań określonych kolorem czerwonym, odpowiadających drganiom w kierunku stycznym.

Wnioski

W wyniku przeprowadzonych badań wyznaczono charakterystykę napięciową czujników wiroprowodowych. Stwierdzono, że w przypadku zmiany średnicy przedmiotu z $50,8\text{ mm}$ na 48 mm , względem którego mierzone są przemieszczenia, nie występuje zmiana napięcia wyjściowego w zakresie przemieszczeń do $500\text{ }\mu\text{m}$. Zidentyfikowano również, że liniowa charakterystyka występuje jedynie do wartości $500\text{ }\mu\text{m}$ zakresu pomiarowego. Otrzymane wyniki odbiegają od specyfikacji podanej przez producenta czujników, co jest spowodowane zmianą kształtu powierzchni przedmiotu, względem którego dokonywana jest kalibracja.

LITERATURA

1. Miko E., Nowakowski Ł. „Analysis and Verification of Surface Roughness Constitution Model After Machining Process”. *Procedia Engineering*. Vol. 39 (2012a): pp. 395–404.
2. Adamczak S. „Pomiary geometryczne powierzchni”. Warszawa: WNT 2009.
3. Grzesik W. „Podstawy skrawania materiałów konstrukcyjnych”. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 2010.
4. Zawada-Tomkiewicz A. „Teoretyczne i doświadczalne podstawy monitorowania procesu toczenia z wykorzystaniem informacji o cechach stereometrycznych obrabianych powierzchni”. Koszalin: 2012.
5. Choudhury S.K., Goudimenko N.N., Kudinov V.A. „On-line control of machine tool vibration in turning”. *Int. J. Mach. Tools Manufact.* Vol. 37, No. 6, (1997): pp. 801–811.
6. Tarnag Y.S., Kao J.Y., Lee E.C. „Chatter suspension in turning operations with a turned vibration absorber”. *Journal of Materials Processing Technology*. Vol. 105 (2000): pp. 55–60.
7. Błasiak M., Mięsikowska M., Nowakowski Ł. „Analiza zmian poziomu ciśnienia akustycznego wrzeciona obrabiarki w strefie pracy operatora”. *Mechanik*. Nr 8–9 (2015): s. 391–398.
8. Skrzyniarz M., Nowakowski Ł., Miko E. „Opracowanie metody pomiarów przemieszczeń względnych narzędzia i przedmiotu obrabianego podczas toczenia”. *Mechanik*. Nr 8–9 (2015): s. 577–585.
9. Instruction Manual eddyNCDT 3100/3100-SM, Micro-Epsilon.