

Ocena dokładności 5-osiowej frezarki CNC na podstawie obróbki przedmiotu próbnego

Evaluation of accuracy of 5-axis CNC milling machine on the basis of test piece machining

RYSZARD WOLNY*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.299

Do oceny dokładności 5-osiowej frezarki CNC zaproponowano wykorzystanie przedmiotu próbnego w kształcie stożka ściętego. Obróbkę powierzchni stożkowej przeprowadzono w trzech położeniach kątowych przedmiotu na stole obrabiarki. Dokładność wymiarową przedmiotu próbnego określono poprzez pomiary okrągłości na współrzędnościowej maszynie pomiarowej. Uzyskane wyniki dają możliwość pośredniej oceny dokładności frezarki.

SŁOWA KLUCZOWE: 5-osiowa frezarka, przedmiot próbny, test dokładności, okrągłość stożka

The test piece of cone frustum shape to evaluation of accuracy of 5-axis CNC milling machine was proposed. Machining of cone surface was made of three angular locations of test piece on the machine table. Dimensional accuracy of test piece was evaluated by the measurement of circular form on the Coordinate Measuring Machine (CMM). The obtained results indicate on the possibility of indirectly assessment of milling machine accuracy.

KEYWORDS: 5-axis milling machine, test piece, accuracy test, circular of cone

W ostatnim czasie można zaobserwować duże zapotrzebowanie na wykorzystanie w przemyśle maszynowym 5-osiowych centrów obróbkowych. Pomimo tego standard oceny ich dokładności nie został jeszcze w pełni opracowany. Do najważniejszych zadań obrabiarki zalicza się realizację procesu skrawania. Wykonanie przedmiotu próbnego jest podstawowym testem dokładności geometrycznej oraz precyzji pozycjonowania maszyny. Dodatkowo w badaniach należy uwzględnić wiele czynników zmieniających dokładność wykonania przedmiotu próbnego.

Zaproponowano przedmiot próbny w kształcie stożka ściętego frezowany wykończeniowo w trzech położeniach kątowych w przestrzeni roboczej obrabiarki. Dokładność jego wykonania była sprawdzana poprzez pomiary okrągłości na współrzędnościowej maszynie pomiarowej.

Standardy obróbki przedmiotów próbnych

Jednym z pierwszych testów dokładności 5-osiowych obrabiarek jest NAS 979 opracowany 47 lat temu. W rozdziale 4.3.3.8.1 pracy [1] przedstawiono przedmiot próbny w kształcie stożka ściętego oraz warunki wykonania testu.

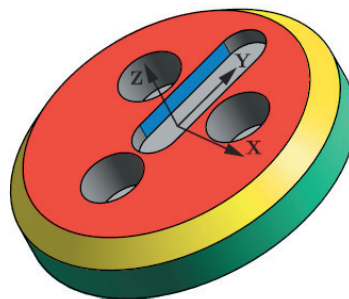
W praktyce zarówno producenci, jak i użytkownicy obrabiarek wykonują wykończeniową obróbkę stożka ściętego, ustalając własne warunki przebiegu testu. Ponieważ jest to najbardziej popularna metoda, prawdopodobnie zostanie zmodyfikowana i wprowadzona jako nowy standard.

Norma ISO 10791-7 z 1998 r. składa się z dwóch testów obróbkowych [2]:

- testu wykonania złożonego przedmiotu próbnego przy pomocy frezu walcowo-czołowego,
- testu obróbki powierzchni płaskiej poprzez frezowanie czołowe.

W 2009 r. rozpoczęto prace nad korektą normy, polegające na zaprojektowaniu nowego przedmiotu próbnego do testów 5-osiowych obrabiarek.

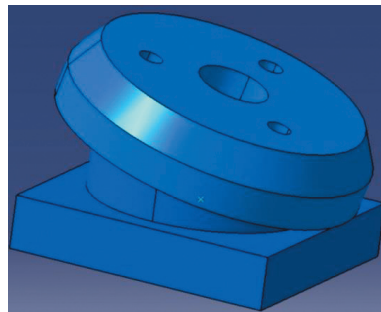
W pracy [3] zaproponowano przedmiot próbny (rys. 1), który stanowił podstawę modyfikacji normy ISO [4], bez uwzględnienia jego położenia i orientacji. Inne propozycje wykorzystania obróbki przedmiotów próbnych do oceny dokładności obrabiarek przedstawiono w pracach [5-8].



Rys. 1. Przedmiot próbny zaproponowany w pracy [3]

Test kontrolny oceny dokładności obrabiarki

Do badań wykorzystano frezarskie centrum obróbkowe DMU 60 monoBLOCK. Obrabiarka, zakupiona w 2010 r., była eksploatowana w nowoczesnym zakładzie przemysłowym w systemie trzymianowym [9]. Frezarka wyposażona w stół obrotowy i uchylną głowicę spełniała kryteria obróbki 5-osiowej.

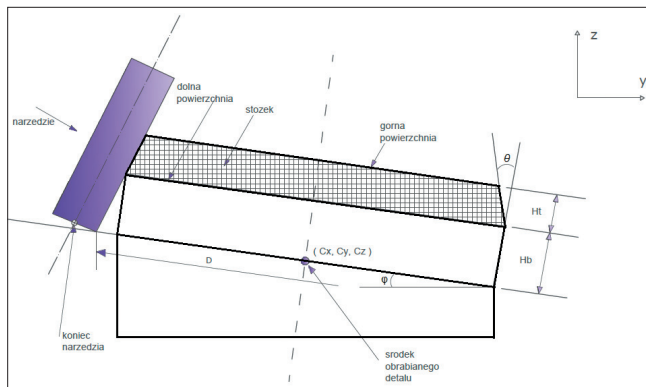


Rys. 2. Model przedmiotu próbnego wraz z podstawą

Podczas testu kontrolnego obrabiarka frezowała wykończeniowo przedmiot próbny w kształcie stożka ściętego ustawiony pod kątem do powierzchni stołu obrotowego.

* Dr inż. Ryszard Wolny (rwolny@itm.pcz.pl) – Instytut Technologii Mechanicznych, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki Politechniki Częstochowskiej

Przedmiot testowy był wstępnie obrobiony, z zachowaniem nadkładu na frezowanie wykończeniowe na innej obrabiarce. Dodatkowo zostały przygotowane podstawy do prawidłowego ustalenia i zamocowania przedmiotów próbnych (rys. 2). Test wykonano dla trzech wartości kąta nachylenia przedmiotów próbnych do stołu obrabiarzki: $\varphi = 0^\circ$; $\varphi = 15^\circ$ i $\varphi = 45^\circ$ (rys. 3). W ustalonym położeniu kątowym obrabiano po dwa przedmioty próbne – jeden w kierunku zgodnym (+), a drugi w przeciwnym (-) do ruchu wskazówek zegara.



Rys. 3. Szkic testu kontrolnego: $D = 210$ mm; $\Theta = 30^\circ$; $\varphi = 15^\circ$; $(C_x, C_y, C_z) = (0, -100$ mm, 53 mm); $H_t = 20$ mm; $H_b = 30$ mm

Do obróbki wykończeniowej testowej powierzchni stożkowej wykorzystano narzędzie monolityczne w postaci frezu palcowego z węgla spiekane VHM, z powłoką PVD, przeznaczonego do obróbki stopów aluminium i tworzyw sztucznych. Frez o średnicy części roboczej $\varnothing = 20$ mm miał cztery ostrza o kącie $\lambda = 45^\circ$ oraz długość całkowitą $l = 150$ mm.



Rys. 4. Obróbka przedmiotu próbnego

Przedmioty próbne zostały wykonane ze stopu aluminium. Frezowanie wykończeniowe realizowano w dwóch przejściach z prędkością obrotową wrzeciona $n = 5500$ min⁻¹ oraz „zachowawczą” wartością posuwu $v_f = 250$ mm/min.

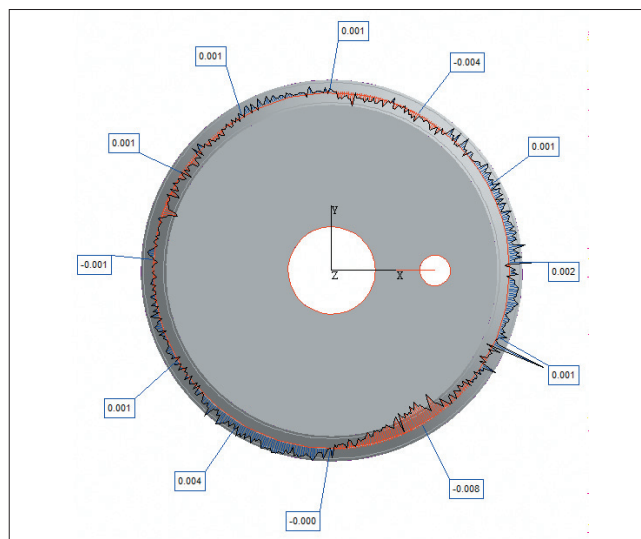
Na rys. 4 przedstawiono obróbkę przedmiotu próbnego na frezarce 5-osiowej dla kąta nachylenia $\varphi = 15^\circ$.

Dokładność wykonania przedmiotów próbnych została sprawdzona na współrzędnościowej maszynie pomiarowej firmy Nikon model LK V 15.10.8 z wykorzystaniem oprogramowania CMM-Menager [9]. Kołowości obrobionych powierzchni stożkowych były w sposób stykowy mierzone poprzez skanowanie trzpieniem o średnicy kulki 4 mm na trzech wysokościach pomiarowych: $z = 2$ mm, $z = 10$ mm i $z = 18$ mm, licząc od górnej powierzchni stożka (rys. 5).

Błąd okrągłości dla wszystkich obrobionych przedmiotów próbnych wyznaczono jako różnicę między maksymalną i minimalną odchyłką promienia na danym okręgu pomiarowym. Zgodnie z normą NAS 979 [1] w obliczeniach uwzględniono wartości w punktach rozmieszczonych co 30° od przecięcia osi X z badanym okręgiem.

Dla przedmiotu próbnego pochylonego o kąt $\varphi = 15^\circ$ do stołu frezarki średni błąd okrągłości wyniósł 0,012 mm. Przy pochyleniu $\varphi = 45^\circ$ błąd okrągłości wzrósł do 0,027 mm. Wartością odniesienia było położenie przedmiotu testowego dla kąta $\varphi = 0^\circ$, gdzie błąd okrągłości to 0,008 mm.

Na rys. 5 przedstawiono graficznie wyniki skanowania dla środkowego okręgu pomiarowego i kąta $\varphi = 15^\circ$ (+). Na wszystkich wykresach widać powtarzające się „piki” oraz okresowe zmiany amplitudy wyników pomiarowych, które powinny być nadal badane. Niekiedy można było obserwować charakterystyczne punkty kontaktu frezu z przedmiotem obrabianym na początku i końcu frezowej powierzchni stożkowej.



Rys. 5. Wyniki skanowania przedmiotu próbnego dla $\varphi = 15^\circ$ (+)

Podsumowanie

Obróbka wykończeniowa przedmiotu próbnego w kształcie stożka ściętego w sposób pośredni określa dokładność 5-osiowej frezarki. Dokładność wymiarową przedmiotu testowego wyznaczono poprzez pomiar błędu okrągłości na współrzędnościowej maszynie pomiarowej. Badania potwierdziły, że położenie i orientacja przedmiotu próbnego w przestrzeni roboczej obrabiarzki wpływają na dokładność jego wykonania. Należy zauważyć, że wynik testu kontrolnego 5-osiowego centrum obróbkowego zależy od wiedzy i umiejętności programisty, operatora oraz kontrolera. Dlatego należy rozważyć, czy można traktować taki test jako normę.

LITERATURA

1. NAS 979. Uniform Cutting Test – NAS Series Metal Cutting Specification, Aerospace Industries Association of America, Inc., 1969.
2. PN-ISO 10791-7:2000P. Warunki badania centrów obróbkowych. Dokładność obrobionego przedmiotu próbnego, 2000.
3. Bossoni S. „Geometric and Dynamic Evaluation and Optimization of Machining Centers”. Dissertation 18383 (2010), ETH Zurich.
4. ISO/DIS 10791-7. Test conditions for machining centers – Part 7: Accuracy of a finished test piece. Document ISO/TC 39/SC 2, 2012-02-14.
5. Takeshima H., Ihara Y. „Finished Test Piece Example for Five-axis Machining Centers”. The 5th Int. Conf. on Leading Edge Manufacturing in 21st century (LEM21). Osaka, Japan, 2009: pp.123-126.
6. Bossoni S., Knapp W., Wegener K. „Test piece for 5-axis machining centers”. The Proceedings of MTTRF 2009 Annual Meeting, (2009).
7. Ibaraki S., Sawada M., Matsubara A., Matsushita T. „Machining tests to identify kinematic errors on five-axis machine tools”. Precision Engineering. Vol. 34, Iss. 3 (2010).
8. Gebhardt M., Knapp W., Wegener K. „5-Axis Test-Piece – Influence of Machining Position”. The Proceedings of MTTRF 2012 Annual Meeting. 2012.
9. Kotas T. „Badanie dokładności obrabiarek CNC”. Praca dyplomowa inżynierska. Instytut Technologii Mechanicznych, Politechnika Częstochowska, 2012.