

Wpływ strategii obróbki frezarskiej na odchyłkę walcowości cylindrycznych powierzchni zewnętrznych

Impact of the milling strategies on the deviation of the cylindrical form of cylindrical outer surface

ŁUKASZ NOWAKOWSKI
MICHAŁ SKRZYNIARZ
EDWARD MIKO *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.11.499

W artykule opisano wpływ strategii obróbki na wartość odchyłki walcowości zewnętrznych powierzchni cylindrycznych obrabianych frezami trzpieniowymi.

SŁOWA KLUCZOWE: frezowanie, interpolacja kołowa, spirala, obróbka oscylacyjna

The article describes influence of machining strategies on the deviation of the cylindrical form of cylindrical outer surface machined of the cylindrical cutter.

KEYWORDS: milling, circular interpolation, ramp, oscillatory machining

Kształt przedmiotu obrabianego opisany jest numerycznie w programie obróbkowym. Dokładność wykonania na frezarce CNC zaprogramowanego kształtu przedmiotu zależy od dokładności ruchów sterowanych numerycznie oraz realizowanego w tym czasie procesu technologicznego [6, 7]. Przeprowadzona praca badawcza miała na celu wyznaczenie wpływu na odchyłkę walcowości rodzaju zaprogramowanej ścieżki narzędzia [8, 9].

Metodyka badań

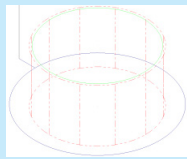
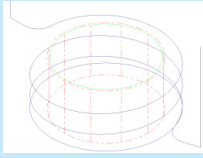
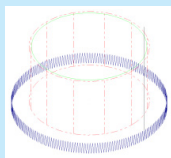
Badania polegały na wykończeniowym frezowaniu walcowym zewnętrznej powierzchni cylindrycznej próbek wykonanych ze stali X37CrMoV5-1 (WCL), która stosowana jest na narzędzia do obróbki plastycznej na gorąco i do budowy form odlewniczych narażonych na bardzo wysokie temperatury w czasie pracy. Próbki frezowano bez stosowania cieczy chłodząco-smarującej na pionowym centrum obróbkowym DMU50 [6, 7]. Narzędziem stosowanym do prób skrawania był frez trzpieniowy firmy HOLEX o średnicy $\varnothing 16$ mm, wykonany z drobnoziarnistego węgla. [8, 9]. Za pomocą programu MASTERCAM X5 wygenerowano trzy rodzaje ścieżek obróbkowych: prosty kontur kołowy, spiralę oraz obróbkę oscylacyjną po konturze kołowym, które charakteryzowały się również różnymi sposobami dojazdu narzędzia do materiału obrabianego. W tabl. I przedstawiono wygenerowane ścieżki obróbkowe oraz parametry skrawania zastosowane podczas prób skrawania.

Pomiar dokładności wymiarowo-kształtowej przeprowadzono na współrzędnościowej maszynie pomiarowej Prismo Navigator – ZEISS (MPE_E = 0,9 + L/350 μ m). Wykonano pomiary średnic oraz odchyłek walcowości próbek cylindrycznych. Pomiary przeprowadzono z zastosowaniem trzech strategii pomiarowych [1–3]:

- pomiarów zarysów okrągłości (5 zarysów okrągłości na wysokości 19,4 mm składających się z 2000 punktów każdy),
- prostoliniowości tworzących (16 tworzących na 360° o długości 19,4 mm, z 200 punktów każda),
- linii śrubowej (cztery pełne obroty w prawo na wysokości 19,4 mm gradient wzniosu 4,85°, 8000 punktów).

Pomiary zostały przeprowadzone w oparciu o bazę technologiczną, która była wykorzystywana podczas obróbki.

TABLICA I. Parametry skrawania oraz widok ścieżek obróbkowych

Parametry skrawania: Prędkość skrawania $v_c=160$, m/min Posuw $f_z = 0,031$, mm/ostrze, $v_f = 800$, mm/min Liczba ostrzy $z = 8$	
Walec 1. Obróbka po konturze kołowym	
	Głębokość skrawania $a_p = 25,5$ mm Szerokość skrawania $a_e = 0,25$ mm Czas cyku 25 s
Walec 2. Obróbka po torze Spiralnym	
	Głębokość skrawania $a_p = 25,5$ mm Szerokość skrawania $a_e = 0,25$ mm Czas cyku 97 s
Walec 3. Obróbka oscylacyjna po konturze kołowym	
	Głębokość skrawania $a_p = 25,5$ mm Szerokość skrawania $a_e = 0,25$ mm Czas cyku 111 s

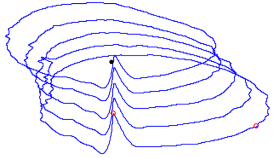

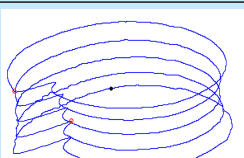
Wyniki pomiarów średnic zostały przedstawione w tabl. II. Analizując wyniki stwierdzono, że zastosowanie obróbki, w której narzędzie porusza się po torze kołowym z głębokością skrawania odpowiadającą wysokości obrabianego przedmiotu, spowodowało, że różnica między średnicą zaprogramowaną a zmierzoną wyniosła 0,194 mm, co było największą pomierzoną odchyłką dla wszystkich strategii obróbkowych. Zmiana strategii obróbki, w której ścieżka narzędziowa ma kształt linii śrubowej, pozwoliła w odniesieniu do pierwszej strategii zmniejszyć o połowę błąd wykonania średnicy walca, który wyniósł 0,1 mm. Dla strategii, gdzie wprowadzono oscylację narzędzia dla obróbki po konturze kołowym, uzyskano błąd średnicy wykonania walca na poziomie 0,11 mm, co jest wartością zbliżoną do strategii linii śrubowej.

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

TABLICA II. Wyniki pomiaru średnic

	Średnica przygotówki	Średnica zaprogramowana	Średnica zmierzona
Walec 1	47,500 mm	47,000 mm	47,194 mm
Walec 2			47,100 mm
Walec 3			47,110 mm

TABLICA III. Wyniki pomiarów odchyłek walцовości

	Strategia pomiaru: zarysów okrągłości 0,0466 mm prostoliniowości tworzących 0,0277 mm linii śrubowej 0,0442
Odchyłka walцовości dla obróbki po konturze kołowym	
	Strategia pomiaru: zarysów okrągłości 0,0338 mm prostoliniowości tworzących 0,0223 mm linii śrubowej 0,0174 mm
Odchyłka walцовości dla obróbki po torze spiralnym	
	Strategia pomiaru: zarysów okrągłości 0,0891 mm prostoliniowości tworzących 0,0616 mm linii śrubowej 0,0821 mm
Odchyłka walцовości obróbki oscylacyjnej po konturze kołowym	

Wyniki pomiarów odchyłki walцовości próbek obrabianych trzema różnymi strategiami pokazują, że rodzaj ścieżki narzędzia i sposób zagłębiania narzędzia w materiał obrabiany mają istotny wpływ na odchyłkę walцовości [4, 5].

Analizując wyniki pomiarów odchyłek walцовości z tabl. III stwierdzono, że najmniejsze odchyłki walцовości uzyskano dla strategii obróbki, w której ścieżka narzędziowa miała kształt linii śrubowej, odchyłka walцовości zmierzona strategią przekrojów poprzecznych wyniosła 0,0338 mm. Największą wartość odchyłki walцовości zmierzono dla próbki wykonanej obróbką oscylacyjną po konturze kołowym. Wartość zmierzona odchyłki walцовości metodą przekrojów poprzecznych wyniosła 0,0891 mm. Dla obróbki tylko po konturze kołowym odchyłka walцовości zmierzona metodą przekrojów poprzecznych wyniosła 0,0466 mm. Wartości odchyłek walцовości zmierzonych pozostałymi strategiami zamieszczono w tabl. III.

Analizując zarysy walцовości zamieszczone w tabl. III stwierdzono, że istotnym czynnikiem wpływającym na wartość odchyłki walцовości jest sposób zagłębiania się narzędzia w materiał obrabiany. W przypadku strategii obróbki po konturze kołowym kierunek dojazdu narzędzia do materiału obrabianego był normalny do powierzchni i odbywał się w kierunku ujemnym w osi X, co doprowadziło do powstania uskoku na powierzchni obrabianej o wysokości 0,029 mm. W przypadku strategii obróbki z wykorzystaniem linii śrubowej na zarysach walцовości nie zaobserwowano śladów po zagłębianiu się narzędzia w materiał obrabiany, ponieważ narzędzie zagłębiało się stopniowo po torze spiralnym w kierunku osi Z, płynnie zwiększając głębokość skrawania.

Dla wariantu obróbki oscylacyjnej po konturze kołowym kierunek dojazdu narzędzia do materiału obrabianego był styczny do płaszczyzny obrabianej w kierunku osi Z, co spowodowało powstanie największego wgłębienia o wartości 0,042 mm, co z kolei wpłynęło na wartość odchyłki walцовości.

Podsumowanie

Przeprowadzone próby skrawania pozwoliły na analizę wpływu strategii obróbki na wartość odchyłki walцовości zewnętrznych powierzchni cylindrycznych obrabianych frezem trzpieniowym. Przebadano trzy strategie obróbkowe: prosty kontur kołowy, spiralę oraz obróbkę oscylacyjną po konturze kołowym, w których zastosowano różne metody dojazdu narzędzia do materiału obrabianego.

Pomiary wykazały, że największą różnicę pomiędzy średnicą zaprogramowaną a zmierzoną uzyskano dla obróbki po konturze kołowym z prostym dojazdem do powierzchni obrabianej. Zmierzona średnica wyniosła 47,194 mm, dla zaprogramowanej średnicy 47,000 mm, odchyłka walцовości zmierzona metodą przekrojów poprzecznych wyniosła 0,0466 mm. Najmniejszą różnicę między średnicą zaprogramowaną a zmierzoną uzyskano dla strategii obróbki, w której ścieżka narzędziowa miała kształt linii śrubowej, zmierzona wartość średnicy wyniosła 47,100 mm. Dla obróbki tylko po konturze kołowym uzyskano średnicę 47,110 mm, a odchyłka walцовości zmierzona metodą przekrojów poprzecznych wyniosła 0,0466 mm.

W wyniku zrealizowanych prób skrawania i pomiarów przeprowadzonych na maszynie współrzędnościowej stwierdzono, że istotnym czynnikiem wpływającym na wartość odchyłki walцовości jest sposób zagłębiania się narzędzia w materiał obrabiany. Największe wgłębienie w powierzchni obrabianej uzyskano dla wejścia stycznego do płaszczyzny obrabianej w kierunku osi Z, natomiast najmniejsze wgłębienie uzyskano dla strategii obróbki z wykorzystaniem linii śrubowej, ponieważ narzędzie zagłębiało się stopniowo po torze spiralnym w kierunku osi Z, płynnie zwiększając głębokość skrawania.

Z przeprowadzonych badań wynika, że strategia obróbki, w której ścieżka narzędziowa miała kształt linii śrubowej pozwala uzyskać najlepsze efekty biorąc pod uwagę dokładność wymiarowo-kształtową.

LITERATURA

- Adamczak S., Zmarzły P., Janecki D. "Theoretical And Practical Investigations Of V-Block Waviness Measurement Of Cylindrical Parts". *Metrology and Measurement System*. Vol. XXII, Iss. 2 (2015): pp. 181–192.
- Gapiński B., Wiciorowski M., "Measurement of Diameter and Roundness on Incomplete Outline of Element with Three-Lobbing Deviation". 24th DAAAM International Symposium On Intelligent Manufacturing And Automation, 2013, Book Series: *Procedia Engineering* 69. (2014): pp. 247–254.
- Janusiewicz A., Adamczak S., Makiela W., Stępień K. "Determining the theoretical method error during an on-machine roundness measurement". *Measurement*. Vol. 44 (2011): pp. 1761–1767.
- Makiela W., Świderski J. "Precyzja stykowych pomiarów struktury geometrycznej powierzchni w warunkach powtarzalności". *Mechanik*. R. 86, z. 7 (2013): s. 530–534.
- Muralikrishnan B., Venkatachalam S., Raja J., Malburg M. "Note on the three-point method for roundness measurement". *Precision Engineering*. Vol. 29 (2005): pp. 257–260.
- Nowakowski Ł., Miko E. "Analysis and Verification of Surface Roughness Constitution Model After Machining Process". *XIII international scientific and engineering conference hermetic sealing, vibration reliability and ecological safety of pump and compressor machinery-HERVICON-2011*. Vol. 39, pp. 395–404.
- Nowakowski Ł., Miko E. "Analiza czynników wpływających na strukturę geometryczną powierzchni poddanych obróbce skrawaniem". *Mechanik*. R. 88, z. 8–9 (2015): s. 11–18.
- Witzke F.W. "In situ out-of-roundness measurement". *Proceeding of the Institution of Mechanical Engineering*. Vol. 182, Iss. 3 (1968): pp. 430–437.
- Zawada-Tomkiewicz A., Ściegienka J. "Monitoring of a micro-smoothing process with the use of machined surface images". *Metrology and Measurement Systems*. Vol. 18, Iss. 3 (2011): pp. 419–428. ■