

Porównanie chropowatości powierzchni złożonych po obróbce frezem baryłkowym oraz kulistym

The comparison of complex surfaces roughness after milling with ball and barrel mill

JAN BUREK
PIOTR ŻUREK
KAROL ŻURAWSKI *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.418

Przedstawiono wpływ obróbki frezem kulistym oraz baryłkowym na chropowatość powierzchni złożonych. Uwzględniono również wydajność obu metod obróbki w zależności od założonych parametrów chropowatości.

SŁOWA KLUCZOWE: frez baryłkowy, frez kulisty, obróbka powierzchni swobodnych

The consideration of surface roughness with different types of mill – barrel and spherical. In addition the yield of both milling methods were presented depending on assumed roughness parameters.

KEYWORDS: 5-axis milling barrel mill

Najczęściej stosowanymi narzędziami w obróbce łopatek i wirników są frezy kuliste oraz stożkowe. W przypadku obróbki frezem kulistym ze względu na mały przekrój warstwy skrawanej zagęszczenie ścieżek obróbkowych musi być bardzo duże, co znacząco obniża wydajność [1, 3, 4].

Stąd też ciągle poszukuje się nowych konstrukcji frezów, aby przyspieszyć proces i jednocześnie osiągnąć wymaganą chropowatość obrabianej powierzchni. Alternatywą dla frezu kulistego może być frez baryłkowy (rys. 1). Proces obróbkowy realizowany jest powierzchnią boczną narzędzia, która ma promień zaokrąglenia r_b wielokrotnie większy niż średnica narzędzia [2, 5, 6].

Chropowatość teoretyczną wynikającą ze śladów ścieżek narzędziowych dla obu frezów można określić równaniami:

- frez kulisty:

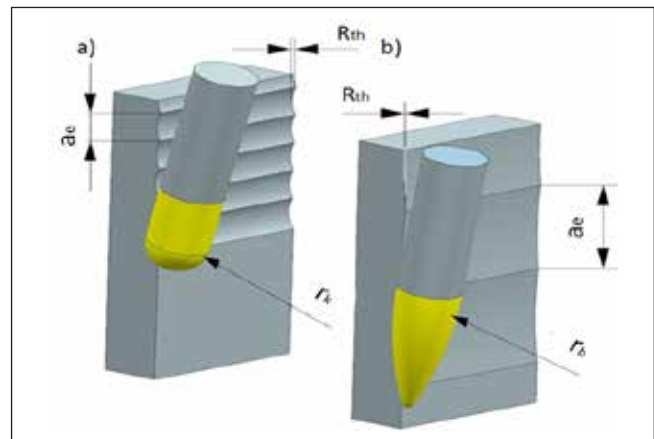
$$R_{th} = r_k - \sqrt{r_k^2 - \frac{a_e^2}{4}}, \quad (1)$$

- frez baryłkowy:

$$R_{th} = r_b - \sqrt{r_b^2 - \frac{a_e^2}{4}}, \quad (2)$$

gdzie: R_{th} – chropowatość teoretyczna, r_k – promień frezu kulistego, r_b – promień zaokrąglenia powierzchni bocznej frezu baryłkowego, a_e – szerokość ścieżek obróbkowych.

W przypadku frezowania frezem baryłkowym zagęszczenie ścieżek może być wielokrotnie mniejsze, zapewniając tę samą chropowatość teoretyczną co obróbka frezem kulistym [3].

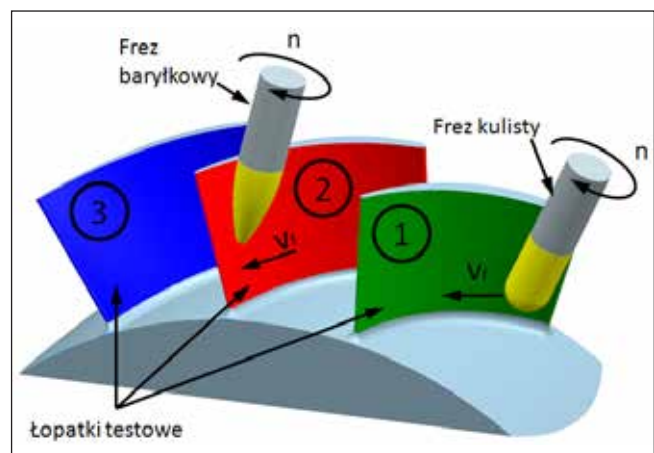


Rys. 1. Obróbka frezem: a) kulistym, b) baryłkowym

Celem niniejszych badań było doświadczalne określenie rzeczywistych parametrów chropowatości powierzchni pióra łopatki wirnika wykonywanych zarówno frezem kulistym jak i baryłkowym.

Warunki badań

Przedmiot testowy stanowił fragment wieńca łopatkowego składającego się z trzech identycznych łopatek (rys. 2). Ich wysokość wynosiła 35 mm, natomiast grubość od 0,8 do 2 mm.



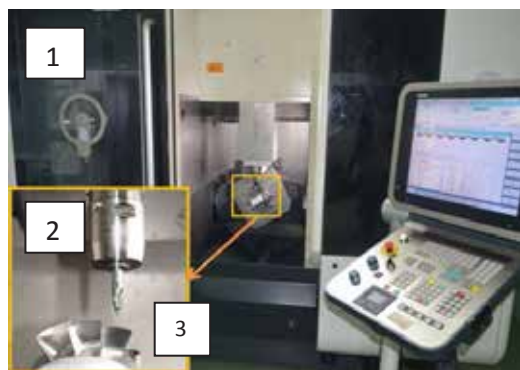
Rys. 2. Przedmiot testowy z łopatkami: 1 – pierwsza, 2 – druga, 3 – trzecia

Do obróbki pierwszej łopatki zastosowano frez kulisty Sandvik 316 – 12BM440 – 12060G 1030. Szerokość ścieżek dostosowano w taki sposób, aby chropowatość teoretyczna wynosiła $R_{th} = 0,5 \mu\text{m}$.

* Dr hab. Jan Burek prof. PRz (jburek@prz.edu.pl), mgr inż. Piotr Żurek (p_zurek@prz.edu.pl), mgr inż. Karol Żurawski (zurawski@prz.edu.pl) – Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Katedra Techniki Wytwarzania i Automatykacji

Drugą łopatkę obrabiano frezem baryłkowym Emuge Franken 3538L. 10085A. Chropowość teoretyczna została założona na takim samym poziomie, jak w przypadku frezu kulistego.

Trzecią łopatkę obrabiano również frezem baryłkowym, przy czym szerokość przejścia a_e była identyczna jak w łopatce pierwszej. Badania zostały przeprowadzone na centrum obróbkowym DMG HSC 55 Linear (rys. 3). Materiałem obrabianym była stal 40HN.



Rys. 3. Stanowisko badawcze: 1 – centrum obróbkowe DMG 55 HSC Linear, 2 – narzędzie, 3 – przedmiot testowy

Parametry obróbki przedstawiono w tablicy.

TABLICA. Parametry obróbki

	Łopátka 1	Łopátka 2	Łopátka 3
Narzędzie	Frez kulisty	Frez baryłkowy	Frez baryłkowy
R_{th} (μm)	0,5	0,5	0,003
b (mm)	0,14	0,58	0,14
a_p (mm)	0,3	0,3	0,3
v_c (m/min)	245	200	200
f_z (m/ostrze)	0,07	0,07	0,07
v_f (mm/min)	2184	1782	1782

Pomiary chropowości wykonano na profilometrze 3D MarSurf XR 20. Oddzielnie mierzono chropowość na powierzchni wklęsłej oraz powierzchni wypukłej.

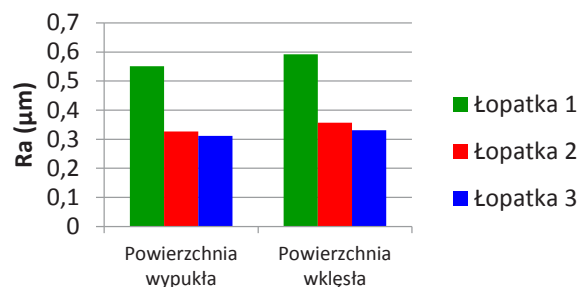
Wyniki badań

Wyniki pomiarów parametrów R_a oraz R_z chropowości poszczególnych łopatek przedstawiono na rys. 4 i 5. Analizując przedstawione wyniki pomiarów, można zauważyć prawie 40% zmniejszenie wartości parametrów chropowości powierzchni po obróbce frezem baryłkowym (łopátka 2), w stosunku do obróbki frezem kulistym (łopátka 1). Taka tendencja jest identyczna dla obu stron pióra łopátki. Przy obróbce frezem kulistym otrzymano $R_a = (0,55 \pm 0,59) \mu\text{m}$, natomiast $R_z = (3 \pm 3,3) \mu\text{m}$.

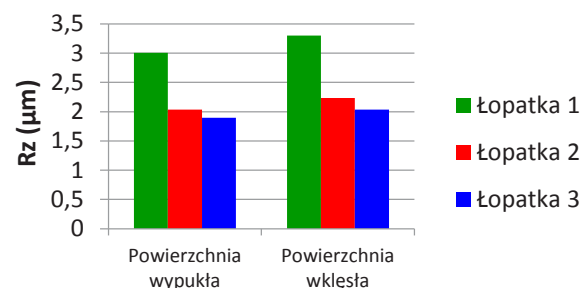
W przypadku obróbki frezem baryłkowym przy założeniu identycznej chropowości teoretycznej wartości te wynoszą odpowiednio $R_a = (0,33 \pm 0,35) \mu\text{m}$ i $R_z = (2,0 \pm 2,2) \mu\text{m}$. Mniejsze wartości osiągane są dla wypukłej części pióra. W trzeciej łopatce pomimo zagęszczenia ścieżek uzyskano niewielką – o 8% poprawę, osiągając $R_a = (0,31 \pm 0,33) \mu\text{m}$ i $R_z = (1,9 \pm 2,0) \mu\text{m}$.

Porównując ze sobą czasy (rys. 6) obróbki poszczególnych łopatek, widać, że wykorzystanie frezu baryłkowego, przy założeniu takiej samej chropowości teoretycznej R_{th} , około trzykrotnie zwiększa wydajność procesu (2 min 26 s) w stosunku do obróbki frezem kulistym (8 min 59 s).

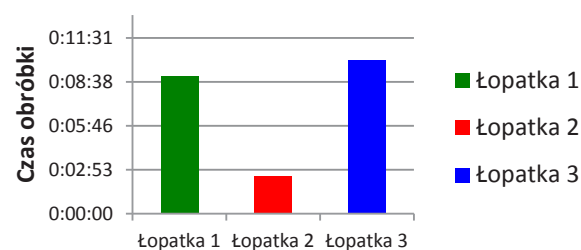
Natomiast stosując taką samą szerokość ścieżek a_e dla obu frezów (łopátka 3), wydajność obróbki wynika z zastosowanych parametrów skrawania (około 10 min).



Rys. 4. Chropowość powierzchni w parametrze R_a dla wklęsłych oraz wypukłych powierzchni łopatek



Rys. 5. Chropowość powierzchni w parametrze R_z dla wklęsłych oraz wypukłych powierzchni łopatek



Rys. 6. Czas obróbki

Podsumowanie

Z badań wynika, że zastosowanie frezów baryłkowych jest bardzo korzystną alternatywą dla obróbki frezem kulistym. Trzykrotne zwiększenie wydajności z jednoczesnym ok. 40% zmniejszeniem wartości parametrów R_a i R_z jest wynikiem niezwykle obiecującym dla dalszych badań. Wiadomo, że nie w każdym przypadku obróbki frezem kulistym można zastąpić innym narzędziem, ale w wielu aplikacjach przewaga obróbki frezem baryłkowym jest niezwykle wysoka.

LITERATURA

- Artetxea E., Urbikaina G., Lamikiza A., López-de-Lacalle L.N., González R., Rodal P. „A mechanistic cutting force model for new barrel end mills”. *Procedia Engineering*. Vol. 132 (2015): pp. 553-560.
- Burek J., Żurek P., Sułkiewicz P., Żurawski K. „Programowanie procesu 5-osiowej symultanicznej obróbki frezem baryłkowym w programie HyperMILL”. *Mechanik*. R. 89, nr 5-6 (2016): s. 470-471
- Chaves-Jacob J., Poulachon G., Duc E. „Optimal strategy finishing impeller blades using 5-axis machining”. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 58 (2012): pp. 5731-583.
- Gong H., Fang F.Z., Hu X.T., Cao L.-X., Liu J. „Optimization of tool positions locally based on the BCELTP for 5-axis machining of free-form surfaces”. *Computer-Aided Design*. Vol. 42 (2010): pp. 558-570.
- Meng F.-J., Chen Z.-T., Xu R.-F., Li X. „Optimal barrel cutter selection for the CNC machining of blisk”. *Computer-Aided Design*. Vol. 53 (2014): pp. 36-45.
- Wang D., Chen W., Li T., Xu R. „Five-Axis Flank Milling of Sculptured Surface with Barrel Cutters”. *Key Engineering Materials*. Vol. 407-408 (2009): pp. 292-297.