

Dokładność obróbki obwiedniowej frezem ze stali szybko tnącej i węglików spiekanych

Accuracy of hobbing machining using high speed steel and carbide hob mill

JAN BUREK
JAROSŁAW BUK
MARCIN PŁODZIEN
JACEK MISIURA *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.414

Przedstawiono porównanie wybranych parametrów jakościowych kół zębatych po obwiedniowej obróbce frezami ze stali szybko tnącej PM-HSS i z węglików spiekanych HM-K.

SŁOWA KLUCZOWE: Frezowanie obwiedniowe, zarys zęba, węgliki spiekane, proszkowa stal szybko tnąca

The article presents comparison between selected parameters of gears machined using high speed and carbide hob mill.

KEYWORDS: hobbing, tooth profile, carbide, powdermetallurgical high-speed-steel

Dokładność wykonania kół zębatych zależy od wielu czynników. Na pierwszym miejscu należy wymienić sposób obróbki. W procesie frezowania obwiedniowego można uzyskać nawet 5. klasę dokładności [1, 2]. Zależy to m.in. od dokładności frezu ślimakowego, materiału z którego został wykonany, warunków skrawania. Biorąc pod uwagę, że obróbka wykończeniowa szlifowaniem jest bardzo długotrwała, a przez to kosztowana, dąży się do uzyskania odpowiedniej dokładności już na etapie obróbki skrawaniem [3].

Liczną grupę produkowanych kół zębatych stanowią koła wykonane tylko obróbką skrawaniem, bez dalszej operacji szlifowania. Obecnie produkowane frezarki obwiedniowe zapewniają bardzo dokładne sprzężenie kinematyczne na drodze elektronicznej i minimalizują błąd kinematyczny. Poza tym umożliwiają dobór, w bardzo szerokim zakresie, odpowiednich parametrów skrawania. Dotyczy to również produkowanych obecnie frezów ślimakowych, a zwłaszcza stosowanych materiałów narzędziowych. Frezy ślimakowe wykonywane są ze stali szybko tnących, stali proszkowych lub węglików spiekanych z szeroką gamą powłok. Powłoki zapewniają ochronę narzędzi przed temperaturą oraz ścieraniem, zarówno przy stosowaniu obróbki konwencjonalnej (na sucho/mokro), jak i szybkościowej [4, 5].

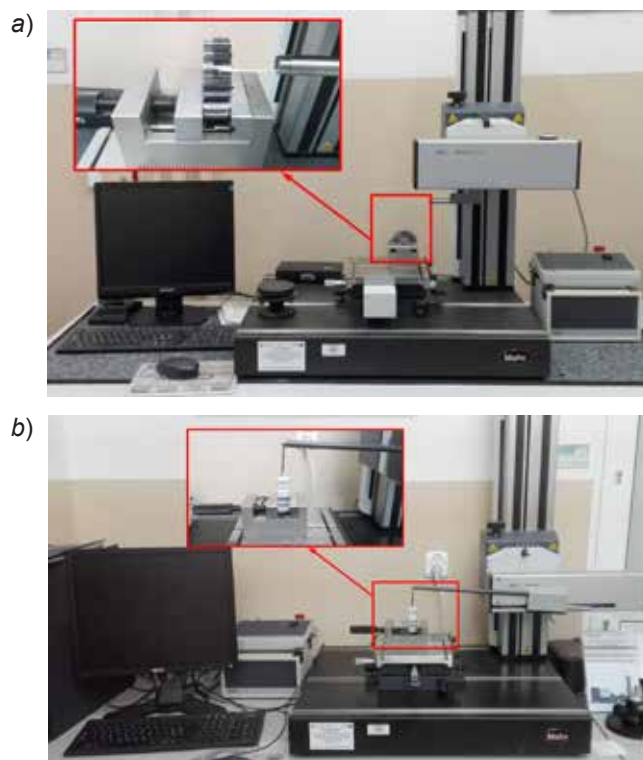
Najczęściej stosowanymi materiałami, z których wykonuje się frezy obwiedniowe, są stal szybko tnąca i węgliki spiekane. Materiały te są ciągle udoskonalane w celu zwiększenia ich odporności na czynniki towarzyszące obróbce. Dzięki temu możliwy jest wzrost wydajności obróbki przy obniżeniu kosztów. Najczęściej używane węgliki spiekane to odmiana HM-K zawierająca 90% węgla wolframu (WC) i 10% kobaltu (Co). Narzędzia HM-K cechują się zwiększoną odpornością na zużycie krawędzi skrawającej oraz odpornością na ścieranie. Jednak, ze względu na niską odporność na uderzenia i cenę, w ostatnich latach obser-

wuje się zwiększone wykorzystanie w przemyśle frezów wykonanych ze stali szybko tnącej proszkowej PM-HSS (*powdermetallurgical high-speed-steel*) [6].

Celem badań było porównanie odchyłek kształtu zarysu ewolwentowego i linii zęba oraz pomiar chropowatości powierzchni bocznych zębów kół zębatych po obróbce frezami ze stali szybko tnącej PM-HSS i węgla spiekane go HM-K.

Warunki badań

W badaniach użyto dwóch frezów obwiedniowych ze stali szybko tnącej proszkowej PM-HSS oraz węglików spiekanych HM-K firmy Koepfer o module $m = 3$ mm, krotności $k = 1$ i liczbie zębów $z_f = 12$ z dodatkową powłoką przeciwzużyciową TiAlN. Do pomiaru chropowatości powierzchni użyto profilografometru Mahr XR 20 wyposażonego w głowicę MFV-250:1 (rys. 1a). Pomiary wykonano trzykrotnie na każdej stronie zęba. Do pomiaru zarysu i linii zęba użyto konturografu Mahr XC 20 (rys. 1b).



Rys. 1. Układy pomiarowe: a – profilografometr, b – konturograf

Koła zębate o szerokości $b = 20$ mm i liczbie zębów $z = 20$ wykonano ze stali 42CrMo4 ulepszonej cieplnie. Obróbkę przeprowadzono współbieżnie na frezarce ob-

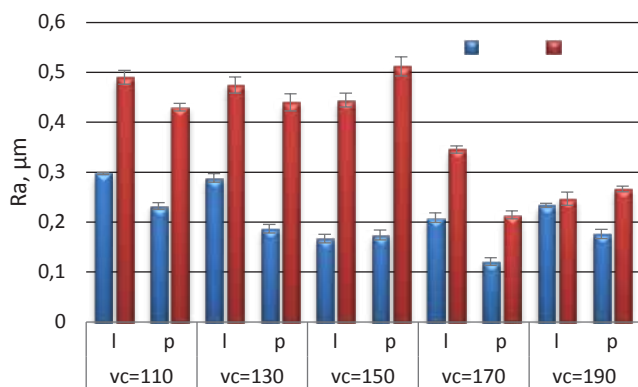
* Dr hab. inż. Jan Burek prof. PRz (jburek@prz.edu.pl), mgr inż. Jarosław Buk (jbuk@prz.edu.pl), mgr inż. Marcin Płodzień (plodzien@prz.edu.pl), mgr inż. Jacek Misiura (jmisiura@prz.edu.pl) – Katedra Techniki Wytwarzania i Automatykacji, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechnika Rzeszowska

wiedniowej CNC Koepfer 200 z udziałem cieczy chłodzącej przy posuwie $f_w = 0,5$ mm/obr. Każdym frezem wykonano koła zębate z pięcioma różnymi prędkościami skrawania z zakresu $v_c = 110 \div 190$ m/min z krokiem co 20 m/min.

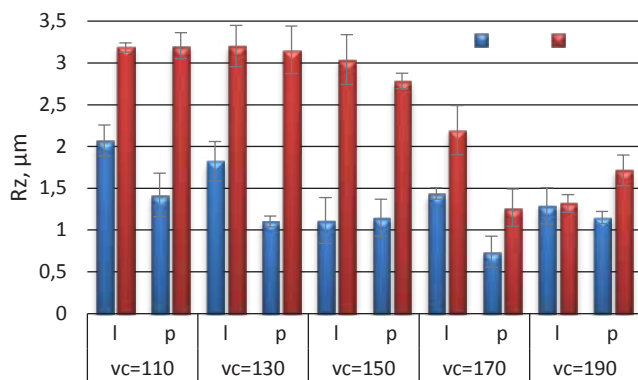
Wykonano pomiary chropowatości powierzchni R_a i R_z oraz dokładność wykonania zarysu ewolwentowego i linii zęba. Weryfikacji poddano obie powierzchnie boczne trzech zębów położonych w równych odległościach od siebie na wieńcu koła zębatego. Zarys zęba mierzono trzykrotnie na każdej stronie zęba w równych odległościach. Linie zęba mierzono trzykrotnie w okolicy średnicy podziałowej.

Wyniki pomiarów

Wyniki pomiarów chropowatości przedstawiono na rys. 2 i 3. Dla prędkości skrawania v_c do 150 m/min wartość parametrów chropowatości R_a i R_z dla tego samego narzędzia jest porównywalna. Różnica około dwukrotna występuje między próbkami wykonanymi różnymi frezami. Maleje ona po zwiększeniu prędkości skrawania do 170 m/min. Dla $v_c = 190$ m/min wartości badanych parametrów chropowatości są porównywalne.

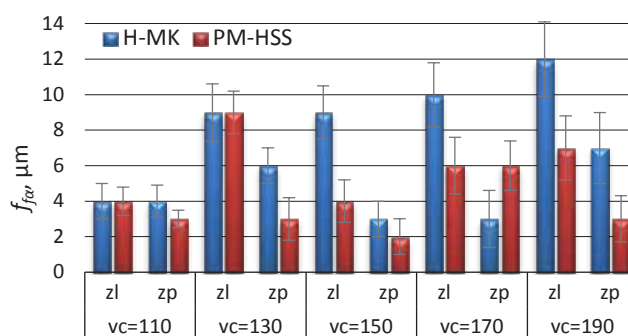


Rys. 2. Chropowatość R_a powierzchni bocznych zębów: l – strona lewa, p – strona prawa

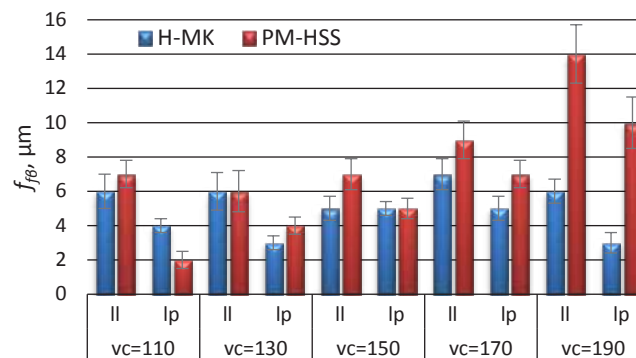


Rys. 3. Chropowatość R_z powierzchni bocznych zębów: l – strona lewa, p – strona prawa

Wyniki pomiaru odchyłek kształtu zarysu ewolwentowego zęba f_{α} przedstawiono na rys. 4. Odchyłki kształtu linii zęba f_{β} pokazano na rys. 5. Odchyłki zarysu zęba zwiększają się wraz ze wzrostem prędkości skrawania dla frezu z węglików spiekanych. Tendencja ta widoczna jest dla lewej strony zęba. W przypadku frezu ze stali szybkoobrotowej odchyłki również wzrastają lecz wartość jest około dwukrotnie mniejsza dla prędkości skrawania 170 m/min i 190 m/min. W przypadku odchyłek kształtu linii zęba wartości odchyłek f_{β} są porównywalne. Znaczna różnica, około trzykrotna, pojawia się dla prędkości skrawania $v_c = 190$ m/min dla frezu ze stali szybkoobrotowej.



Rys. 4. Odchyłki kształtu f_{α} zarysu zęba: zl – zarys lewy, zp – zarys prawy



Rys. 5. Odchyłki kształtu f_{β} linii zęba: ll – linia lewa, lp – linia prawa

Podsumowanie

Dla prędkości skrawania $v_c = 110$ m/min zarówno frez z węglików spiekanych jak również ze stali szybkoobrotowej pozwoliły uzyskać koła zębate o 6. klasie dokładności. Dla prędkości skrawania z zakresu 130÷170 m/min uzyskano koła zębate o 7. klasie dokładności. Wszystkie koła zębate obrobione w zakresie v_c do 170 m/min frezem z HM-K cechowała chropowatość powierzchni R_a i R_z ponad 50% mniejsza niż dla kół wykonanych frezem PM-HSS. Dla $v_c = 190$ m/min i frezu z HM-K otrzymano koła o 7. klasie dokładności, a dla frezu ze stali szybkoobrotowej – koła o 8. klasie dokładności. Frez z proszkowej stali szybkoobrotowej PM-HSS pozwala wykonać koła zębate o tej samej klasie dokładności co frez z węglików spiekanych HM-K w granicach prędkości skrawania do około $v_c = 170$ m/min. Przy tej prędkości uzyskano także znacznie mniejszą różnicę chropowatości powierzchni R_a i R_z . Ze względów ekonomicznych (prawie 3-krotnie niższa cena) zasadne jest zastępowanie frezu z węglików spiekanych HM-K frezem z proszkowej stali szybkoobrotowej PM-HSS przy prędkości skrawania w granicach $v_c = 170$ m/min.

LITERATURA

- Piotrowski A. „Wpływ ostrzenia na dokładność frezów ślimakowych modułowych”. *Mechanik*. Nr 7 (2015): s. 681÷694.
- Fette: Katalog. „Gear cutting and generating tools”. Nr 1329 (891 1 S).
- Radzevich S.P. „A way to improve the accuracy of hobbled involute gears”. *ASME*. Vol. 129 (2007): pp. 1076÷1085.
- Vedmar L. „A parametric analysis of the gear surface roughness after hobbing”. *J Mech Design*. Vol. 132 (2010): pp. 111004-1÷ 111004-8.
- Dimitriou V., Antoniadis A. „CAD – based simulation of the hobbing process for the manufacturing of spur and helical gears”. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 41 (2009): pp. 347÷357.
- Karpuschewski B., Knoche H-J., Hipke M., Beutner M. „High performance gear hobbing with powder-metallurgical High-Speed-Steel”. *Procedia CIRP*. No. 1 (2012): pp. 196÷201.