

# Wpływ zużycia frezu obwiedniowego na wybrane parametry jakościowe koła zębatego

The influence of hob mill wear on the selected gear parameters

JAN BUREK  
JAROSŁAW BUK  
PAWEŁ SUŁKOWICZ  
MARCIN PŁODZIEŃ  
JACEK MISIURA \*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.415

Przedstawiono wpływ zużycia frezu obwiedniowego na dokładność wykonania zarysu i linii zęba oraz chropowatość powierzchni boku zęba przy obróbce kół walcowych o dużej linii styku frez-koło zębate.

**SŁOWA KLUCZOWE:** frezowanie obwiedniowe, zużycie, koło zębate, zarys ewolwentowy

*The article presents the influence of hob mill wear on the accuracy of involute profile, pitch line and flank roughness during machining spur gears with long hob-gear contact line.*

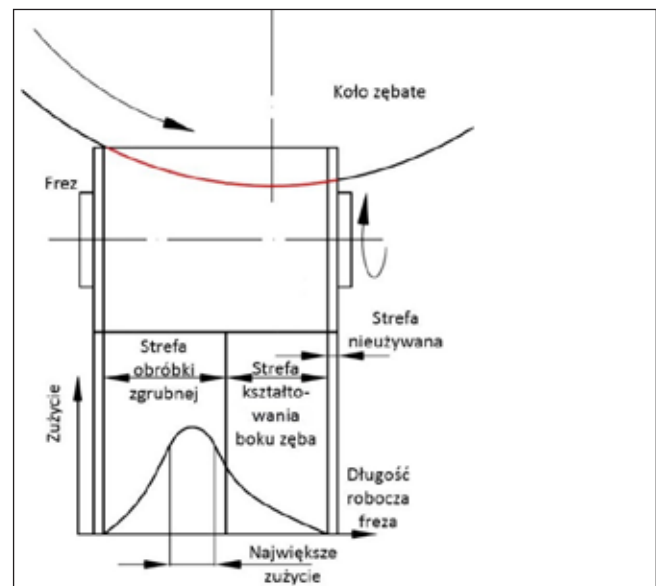
**KEYWORDS:** hobbing, wear, gear, involute tooth profile

Frezy ślimakowe do obróbki kół zębatych należą do grupy narzędzi, których ostrza ukształtowane w postaci trapezu w procesie obróbki są obciążone bardzo nierównomiernie [1, 2]. Największemu zużyciu ulega zazwyczaj środkowa część frezu (rys. 1). Pozostałe części są znacznie mniej zużyte. Frez ślimakowy ma od 6 do nawet 24 zębatek, na których znajduje się kilkanaście lub kilkadziesiąt ostrzy [1, 3, 4]. Współczesne rozwiązania konstrukcyjne frezerek obwiedniowych umożliwiają obróbkę kół zębatych o bardzo dużych średnicach (do 1000 mm) [1]. Stąd też wynika duża strefa zaangażowania ostrza frezu w materiale obrabianym.

Można powiedzieć, że praktycznie frez pracuje na całej długości, nawet bez stosowania posuwu stycznego. Strefę obróbki można podzielić na część obróbki zgrubnej, gdzie następuje kolejne wcinanie się ostrzy na głębokość wrębu, oraz strefę właściwego kształtowania zarysu zęba. Na skutek różnych warunków pracy poszczególnych części frezu występuje także różny proces zużycia. Największemu zużyciu podlegają ostrza w środkowej części frezu ze względu na to, że skrawają na pełnej głębokości wrębu [5, 6].

Nierównomierne zużycie ostrzy wpływa na charakter pracy i parametry dokładności obrabianego uzębienia. Krawędzie ostrzy frezu o większym zużyciu powodują większe siły skrawania. Prowadzi to do powstawania drgań, które powodują w konsekwencji, wykuszanie krawędzi skrawających oraz nieprawidłowe wykonanie powierzchni stycznych zębów [1, 7].

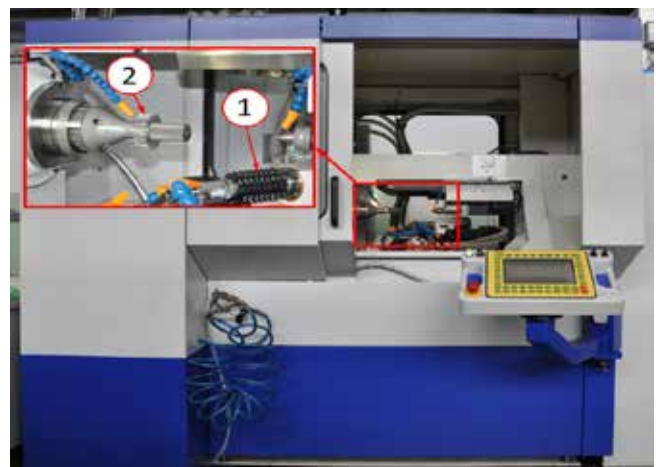
Celem niniejszych badań było określenie wpływu zużycia ostrzy frezu na dokładność wykonania zarysu i linii zęba oraz chropowatość powierzchni stycznych zęba, przy wykonaniu serii kół zębatych z dużą strefą zaangażowania ostrza frezu w materiale obrabianym.



Rys. 1. Rozkład zużycia frezu obwiedniowego

## Warunki badań

Badania zostały wykonane na 6-osiowej frezurce obwiedniowej CNC Koepfer 200 firmy Emag (rys. 2).



Rys. 2. Stanowisko badawcze: 1 – frez ślimakowy, 2 – przedmiot obrabiany

W badaniach użyto frezu obwiedniowego ze stali szybko-kołnącej PM-HSS firmy Koepfer o module  $m = 1,5$  mm, krotności  $k = 1$  i liczbie zębatek  $z_f = 6$ . Koła zębate o szerokości  $b = 40$  mm i liczbie zębów  $z = 120$  wykonano ze stali 42CrMo4 ulepszonej cieplnie o twardości 48 HRC. W celu uzyskania wyraźnych śladów zużycia obróbkę przeprowa-

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

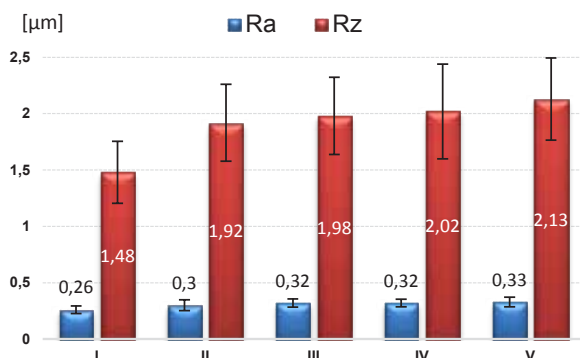
dzono na sucho z następującymi parametrami: prędkość skrawania  $v_c = 190$  m/min, posuw  $f_w = 0,5$  mm/obr, współbieżnie w jednym przejściu wzdłuż linii zęba. Wykonano 40 kół zębatych w seriach po 10 sztuk. Po każdej serii sprawdzano stan frezu w celu ustalenia stopnia zużycia i jego rozmieszczenia na długości roboczej narzędzia. W tablicy przedstawiono stan i rozmieszczenie zużycia frezu dla próbek wybranych do badań. Pierwsze koło obrabiono nowym frezem i przyjęto jako wzorcowe.

**TABLICA. Rozmieszczenie i stopień zużycia frezu dla badanych próbek**

Numer próbki	I	II	III	IV	V
Stopień zużycia	-	Zatępienie i wykruszenia krawędzi skrawających	Wykruszenia krawędzi i powierzchni natarcia	Zatępienie i wykruszenia krawędzi skrawających	Wykruszenia krawędzi i powierzchni natarcia
Rozmieszczenie na długości roboczej frezu	-	Strefa obróbki zgrubnej	Strefa obróbki zgrubnej	Strefa kształtowania boku zęba	Strefa kształtowania boku zęba

## Wyniki badań

Wykonano pomiary parametrów chropowatości powierzchni  $R_a$  i  $R_z$  oraz dokładności wykonania zarysu ewolwentowego i linii zęba. Weryfikacji poddano obie powierzchnie styczne trzech wybranych zębów (o najgorszej, średniej i najlepszej powierzchni). Do pomiaru chropowatości powierzchni użyto profilografometru Mahr XR 20 wyposażonego w głowicę MFW-250:1. Pomiary wykonano trzykrotnie na każdej powierzchni styecznej zęba. Wyniki pomiaru chropowatości powierzchni przedstawiono na rys. 3.

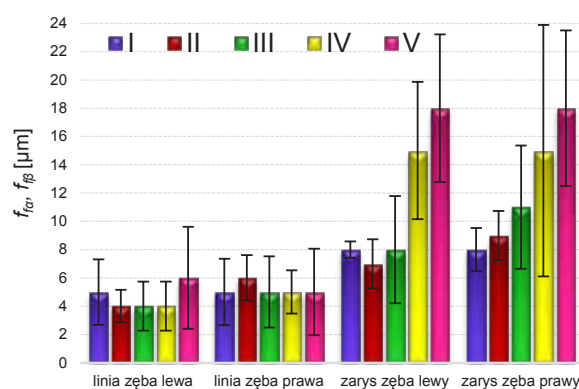


Rys. 3. Chropowatość powierzchni  $R_a$  i  $R_z$  powierzchni styecznych zębów (I÷V – numery próbek)

Chropowatość powierzchni  $R_a$  dla kolejnych próbek zmieniała się nieznacznie. W przypadku chropowatości powierzchni  $R_z$  zauważono wzrost jej wartości dla każdego kolejnego koła. Znaczny wzrost zanotowano dla próbki drugiej. Kolejne wykazują tendencję wzrostową, jednak w mniejszym stopniu.

Do pomiaru zarysu i linii zęba użyto konturografu Mahr XC 20. Zarys zęba mierzono trzykrotnie na każdej powierzchni styecznej zęba w równych odległościach. Linie zęba mierzono trzykrotnie na średnicy podziałowej. Wyniki odchyłek zarysu i linii zęba przedstawiono na rys. 4. Stronę wychodzącą zęba przyjęto jako lewą, a wchodzącą jako prawą.

Wartości odchyłek linii zęba  $f_{\beta}$  dla wszystkich próbek utrzymywały się na podobnym poziomie i wynosiły około 0,005 mm. Jedynie rozrzut odchyłki linii zęba strony lewej próbki V wyraźnie zwiększył się w stosunku do pozostałych.



Rys. 4. Odchyłki zarysu i linii zęba (I÷V – numery części frezu)

Odchyłki zarysu zęba  $f_{\beta}$  dla kół I, II i III utrzymywały się na jednakowym poziomie. Jednak rozrzut pomiarów dla koła trzeciego był wyraźnie większy. Odchyłki zarysu zęba dla kół IV i V były około dwukrotnie większe. Dla próbki IV wynosiły  $f_{\beta} = 0,015$  mm, a dla V  $f_{\beta} = 0,018$  mm. Podobną tendencją charakteryzowały się rozrzuty pomiarów dla tych kół, a wartości były nawet pięciokrotnie większe niż dla próbki I.

## Podsumowanie

Z przeprowadzonej analizy chropowatości powierzchni badanych próbek wynika, że wartość parametru chropowatości powierzchni  $R_a$  utrzymywała się na zbliżonym poziomie. W przypadku parametru chropowatości  $R_z$  widać największy wzrost jej wartości. Odchyłki linii zęba dla wszystkich próbek miały porównywalną wartość, z czego wynika, że zużycie ostrzy miało minimalny wpływ na dokładność kształtowania linii zęba.

Późne wykrycie takiego zużycia w strefie kształtowania boku zęba decyduje o wykonaniu serii wadliwych kół zębatych. Nierównomierne zużycie ostrzy frezu wpływa na charakter pracy narzędzia, w szczególności na powstawanie drgań powodujących błędy powierzchni ewolwentowej. Dlatego też proces regeneracji frezu ślimakowego polega na szlifowaniu wszystkich ostrzy na powierzchni natarcia do najbardziej zużytego ostrza. Proces ten dotyczy nawet tych ostrzy, które nie wykazują oznak zużycia lub są zużyte minimalnie. Dlatego powinno się dążyć do pracy frezem ślimakowym na jego całej długości, stosując np. posuw styeczny do osi narzędzia tzw. *shifting*. Posuw ten można obecnie wykonywać na większości frezerek obwodniowych do kół zębatych walcowych.

## LITERATURA

- Siecla R., Wieczorowski K. „Zużycie frezu w procesie frezowania diagonalnego kół zębatych walcowych o zębach śrubowych”. *ATMiA*. T. 2, Nr 2 (2009): s. 163÷172.
- Pijanowski M., Wieczorowski K. „Rozkład zużycia ostrzy frezu ślimakowego przy przemieszczaniu narzędzia”. *Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej – Mechanika*. Nr 188 (2001), z. 57.
- Wieczorowski K. „Badania zużycia frezów ślimakowych o ostrzach niezataczanych do zgrubnej obróbki kół zębatych”. *Prace Naukowe Instytutu Technologii Maszyn i Automatykacji Politechniki Wrocławskiej*, Nr 49 (1991).
- Litecka J., Horvat T., Fecova V. „Classification of Factors Affecting Hob Wear”. *Manufacturing and Industrial Engineering*. Iss. 3, 2011: pp. 59÷61.
- Kotlyar Y. „Hob length effects”. *Gear Technology*. September/October, 1985: pp. 16÷48.
- Rech J. „Influence of cutting Edge preparation on the wear resistance in high speed dry gear hobbing”. *Wear*. Vol. 261 (2006): pp. 505÷512.
- Wieczorowski M., Cellary A., Chajda J. „Przewodnik po pomiarach nierówności powierzchni, czyli o chropowatości i nie tylko”. Wyd. M-Druk. Poznań, 2003.