

	Organizatorzy: Politechnika Łódźka Wydział Mechaniczny	XXXVIII NAUKOWA SZKOŁA OBRÓBKİ ŚCIERNEJ Łódź - Uniejów 09-11.09.2015	
	• Instytut Obrabiarek i Technologii Budowy Maszyn • Katedra Technologii Maszyn		

Przeciwbieżne i współbieżne szlifowanie rowka wiórowego frezów pełnowęglkowych

Up-cut and down-cut grinding flute in solid carbide end mills

JAN BUREK
MARCIN SAŁATA *

DOI: 10.17814/mechanik.2015.8-9.342

Przedstawiono wyniki porównawcze badań szlifowania współbieżnego i przeciwbieżnego rowków wiórowych frezów pełnowęglkowych, na szlifierce 5-osiowej CNC. Określono wpływ metody szlifowania współbieżnego i przeciwbieżnego na składowe siły szlifowania oraz chropowatość powierzchni rowka wiórowego freza.

SŁOWA KLUCZOWE: szlifowanie frezów, szlifowanie współbieżne, szlifowanie przeciwbieżne, rowek wiórowy

The results of up-cut and down-cut grinding flute in solid carbide in 5 – axis grinding CNC machine is presented. The influence of selecting the type of grinding on cutting forces and surface roughness of flute in end mills.

KEYWORDS: end mill grinding, up-cut grinding, down-cut grinding, end mill flute

Głównym problemem przy stosowaniu frezów pełnowęglkowych w procesie wysokowydajnego skrawania (*high performance cutting* -HPC), szczególnie przy obróbce powierzchni wewnętrznych, obok nadmiernej temperatury i nieciągłej pracy ostrza jest odprowadzenie wióra ze strefy obróbki. Stąd też ciągle poszukuje się takich rozwiązań konstrukcyjnych frezów, które umożliwiają jak najlepsze odprowadzenie wiórów ze strefy obróbki. Dotyczy to w szczególności makro i mikrogeometrii powierzchni rowków wiórowych. Do niedawna szlifowanie rowków wiórowych frezów realizowane było w kilku przejściach, co było znacznym utrudnieniem i obniżaniem wydajności procesu. Dzięki zastosowaniu nowoczesnych ściernic o wysokiej wydajności jednostkowej (osiągającej $15 \text{ mm}^3/\text{s}$) możliwe jest szlifowanie rowków wiórowych w jednym przejściu [5]. Proces szlifowania, w którym można uzyskać rowek wiórowy w jednym przejściu o głębokości nawet do 7,5 mm, jest określany mianem głębokiego szlifowania. W tego rodzaju

procesie szlifowania stosowane są nowoczesne oraz niezwykle wydajne ściernice z odpowiednio dobraną kombinacją nowoczesnego spoiwa oraz wysokiej jakości super-twardych ziaren ściernych. Specjalnie zaprojektowane spoiwo oraz optymalnie dobrana charakterystyka ściernicy pozwala uzyskać niezwykle wysoką wydajność objętościową [4].

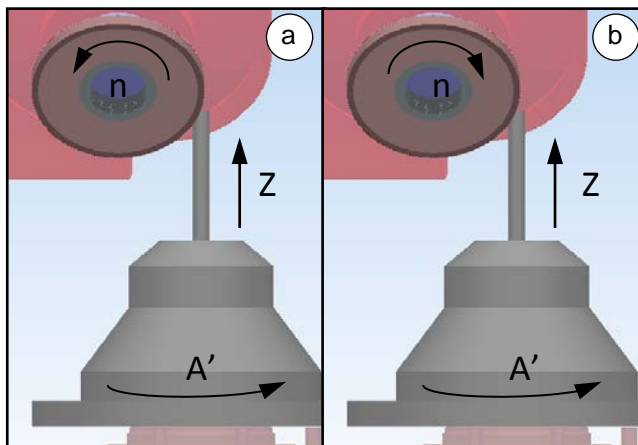
Stąd też stosowane obecnie szlifowanie rowków wiórowych we frezach pełnowęglkowych charakteryzuje się dużymi wartościami dosuwu wynoszącymi często pełną głębokość rowka wiórowego, oraz małymi posuwami nie przekraczającymi wartości 80 mm/min [5]. Niejednokrotnie objętość zeszlifowanego materiału przekracza 50% całej masy półfabrykatu. Jak już wcześniej wspomniano przy szlifowaniu głębokim jakim jest szlifowanie rowka wiórowego istotny jest proces tworzenia się wióra. Dotyczy to zwłaszcza wpływu na temperaturę, zużycie ściernicy, wartość składowych siły szlifowania oraz jakość powierzchni obrabianej. Ważne jest również zjawisko zalepiania czynnej powierzchni ściernicy czy też rowka wiórowego, wiórami materiału obrabianego, a także innymi produktami szlifowania na skutek zjawiska adhezji. Powoduje to w konsekwencji utratę zdolności skrawnych ściernicy, jak również powstawanie wad szlifiarskich na powierzchni rowka wiórowego [3]. Stąd też często w celu zapewnienia lepszego usuwania i kształtowania wióra w procesie HPC, stosowane są frezy z dodatkowo polerowanymi rowkami wiórowymi [1,2].

Z uwagi na powyższe problemy, powierzchnia rowka wiórowego musi charakteryzować się dużą dokładnością kształtowo-wymiarową, odpowiednim stanem warstwy wierzchniej, a przede wszystkim odpowiednią chropowatością powierzchni. Dlatego proces szlifowania powinien być realizowany z odpowiednio dobranymi wartościami parametrów szlifowania. Równie ważnym czynnikiem wpływającym bezpośrednio na wynik i przebieg szlifowania jest chłodzenie oraz wybór odpowiedniej metody szlifowania [1,2].

* dr hab. inż. Jan Burek, prof. PRz (jburek@prz.edu.pl),
mgr inż. Marcin Sałata (msalata@prz.edu.pl),
Katedra Techniki Wytwarzania i Automatykacji, Wydział Budowy
Maszyn i Lotnictwa, Politechnika Rzeszowska

Metody szlifowania

Wybór odpowiedniej metody szlifowania współbieżnego lub przeciwbieżnego rowka wiórowego, zależy od możliwości technologicznych szlifierki i sterowania CNC. Szlifowanie przeciwbieżne, to takie w którym wektory prędkości stycznych szlifowanego freza oraz ściernicy mają przeciwne zwroty. Szlifowanie współbieżne, to takie w którym wektory prędkości stycznych freza oraz ściernicy mają zgodne zwroty rys.1.



Rys.1. Szlifowanie rowka wiórowego: a) szlifowanie współbieżne, b) szlifowanie przeciwbieżne, Z - kierunek posuwu, n - kierunek obrotu ściernicy, A' – oś przedmiotu

Ważnym czynnikiem mającym wpływ na wybór metody szlifowania są warunki chłodzenia [4,6]. Energia podczas procesu szlifowania w znacznej mierze przetwarzana jest na ciepło. Ciepło wnikając w materiał obrabiany, ściernicę a także wiór, wywiera wpływ na jakość warstwy wierzchniej i wydajność procesu. W szlifowaniu przeciwbieżnym występuje zjawiska tarcia ziaren ściernych o powierzchnię obrabianą do czasu, aż wzrastająca wartość nacisku stanie się odpowiednia do rozpoczęcia procesu skrawania. Przekłada się to na powstanie dużej ilości ciepła. W odmianie szlifowania współbieżnego nie występuje zjawisko tarcia przed rozpoczęciem procesu skrawania.

Biorąc powyższe pod uwagę poddano analizie porównawczej obie metody szlifowania, ze względu na składowe siły szlifowania oraz chropowatość powierzchni.

Warunki badań

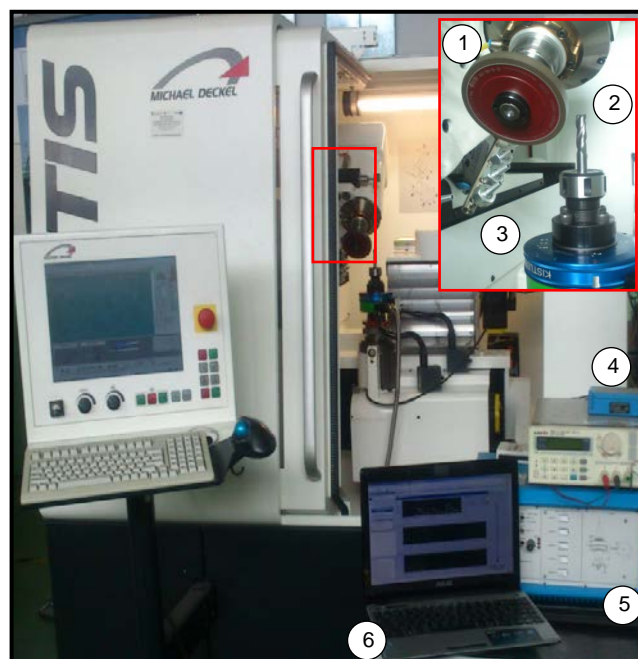
Stanowisko badawcze zbudowane na bazie 5-cio osiowej szlifierki narzędziowej FORTIS firmy Michael Deckel przedstawione na rys.2 [7].

W pierwszym etapie przygotowania badań przeprowadzono symulacje szlifowania rowków wiórowych przy użyciu programu MTS. Przeprowadzenie symulacji graficznej pozwalało upewnić się czy proces obróbki będzie realizowany prawidłowo bez wystąpienia kolizji ściernicy i freza. Dopiero po sprawdzeniu kolizyjności, w drugim etapie przeprowadzono próby szlifowania przeciwbieżnego oraz współbieżnego rowka wiórowego dla warunków obróbki przedstawionych w tab. 1.

Tab.1. Warunki szlifowania

Ściernica	K1A1-100-10-5 20*D64 K + 1421R C100 H
Chłodziwo	Olej szlifierski
Materiał obrabiany	Węgiel spiekany K20F
Srednica półfabrykatu	D = 12 mm
Ilość rowków wiórowych	z = 3
Prędkość obwodowa ściernicy	$v_s = 20$ m/s
Prędkość posuwu	$v_t = 50$ mm/min
Dosuw szlifowania	$a_p = 4$ mm
Długość rowka	l = 40 mm

Podczas procesu szlifowania dokonywano pomiaru składowych siły szlifowania F_n oraz F_t , przy użyciu piezoelektrycznego siłomierza 9121 firmy Kistler. Chropowatość powierzchni rowków wiórowych mierzono wykorzystując profilometr Taylor Hobson Precision – Talyscan 150.



Rys.2. Stanowisko badawcze: 1- wrzeciono szlifierskie, 2- szlifowany frez, 3-siłomierz typu 9121 firmy Kistler, 4-przetwornik A/C, 5- wzmacniacz ładunku, 6- komputer

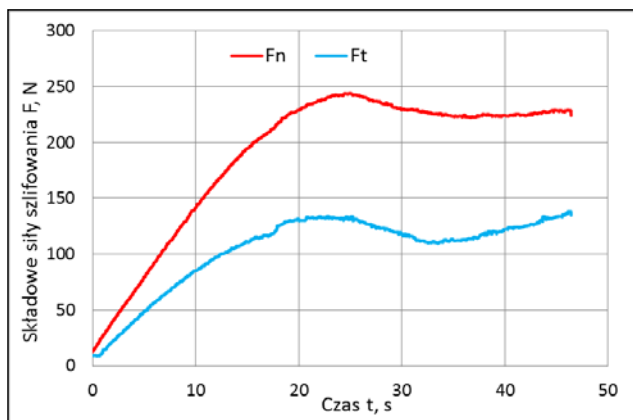
W celu oceny przebiegu procesu szlifowania rejestrowano przebieg składowych F_n oraz F_t siły szlifowania, w czasie jednego przejścia ściernicy dla 3 rowków wiórowych.

Wyniki badań

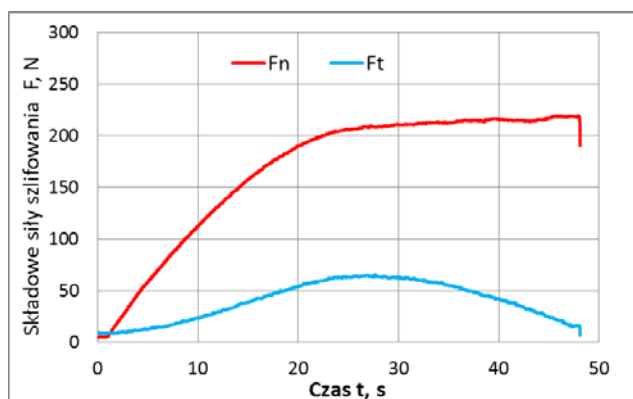
Przebiegi składowych F_n oraz F_t siły szlifowania dla szlifowania metodą przeciwbieżną i współbieżną przedstawiono na rys.3 i rys.4. Z przedstawionych przebiegów można wyróżnić dwa etapy. W pierwszym etapie występuje zagłębianie ściernicy w materiał – składowe siły znacząco rosną. W etapie drugim, przy pełnej głębokości szlifowania rowka wiórowego składowe siły stabilizują swoje wartości.

W czasie szlifowania metodą przeciwbieżną widoczne są zakłócenia w przebiegu składowych F_n oraz F_t siły szlifowania (rys.3). Siła normalna F_n uzyskuje maximum przy około 250N, po czym wartość siły zaczyna oscylować. Siła styczna F_t o wartości maksymalnej wynoszącej 140N także oscyluje. W szlifowaniu współbieżnym można zauważyć stabilizację składowych siły szlifowania (rys.4). Siła normalna F_n o wartości 210N w trakcie szlifowania nieznacznie rośnie. Z kolei siła styczna F_t osiąga swoje maximum o wartości 70N, a następnie spada.

Z przedstawionych wyników badań składowych siły szlifowania wynika, że w przypadku szlifowania rowków wiórowych korzystniejszą metodą szlifowania jest szlifowanie współbieżne. Metoda ta zapewnia stabilny przebieg procesu szlifowania ze względu na lepsze warunki transportu chłodziwa do strefy szlifowania. W szlifowaniu współbieżnym występują mniejsze wartości składowych siły szlifowania. Zaobserwowano dwukrotny spadek wartości siły stycznej w porównaniu do szlifowania przeciwbieżnego. Odnotowano również redukcję siły normalnej wynoszącej około 12%.



Rys.3. Przebieg składowych F_n i F_t siły szlifowania w szlifowaniu rowków wiórowych metodą przeciwbieżną



Rys.4. Przebieg składowych F_n i F_t siły szlifowania w szlifowaniu rowków wiórowych metodą współbieżną

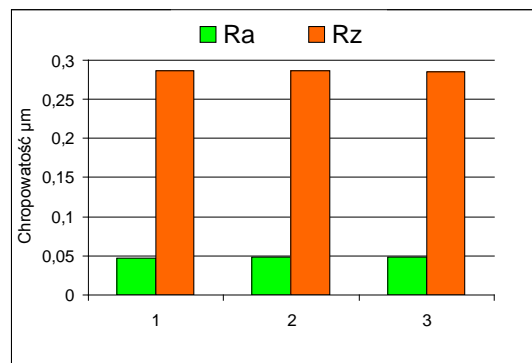
Z uwagi na charakterystykę kształtowania rowka wiórowego pomiar chropowatości przeprowadzono w kierunku równoległym i kierunku prostopadłym do kierunku posuwu osiowego freza.

Z przedstawionych wyników badań widać znaczne różnice w wartościach chropowatości przy pomiarze prostopadłym oraz równoległym do kierunku posuwu, co jednoznacznie wynika z charakterystyki ściernicy oraz parametrów technologicznych (rys. 5 ÷ 8).

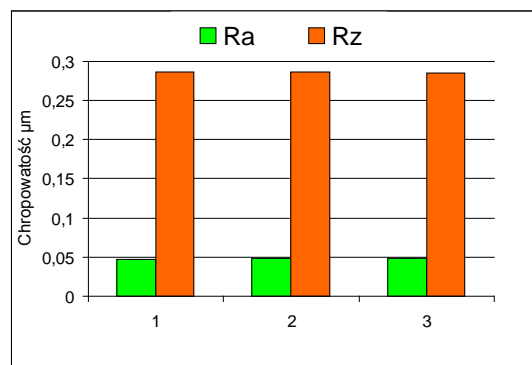
W szlifowaniu współbieżnym zaobserwowano mniejsze wartości chropowatości mierzone równoległe do kierunku posuwu w porównaniu do drugiej metody. W metodzie współbieżnej wartości chropowatości wynoszą $R_a=0.0318 \mu\text{m}$, oraz $R_z=0.184 \mu\text{m}$, a w metodzie przeciwbieżnej $R_a=0.0476 \mu\text{m}$, oraz $R_z=0.286 \mu\text{m}$. Wartość parametru R_a jest znacząco mniejsza, natomiast wartość parametru R_z jest dwukrotnie mniejsza w odniesieniu do szlifowania przeciwbieżnego.

W szlifowaniu przeciwbieżnym odnotowano mniejsze wartości chropowatości mierzonej prostopadłe do kierunku posuwu w odniesieniu do metody drugiej. W metodzie prze-

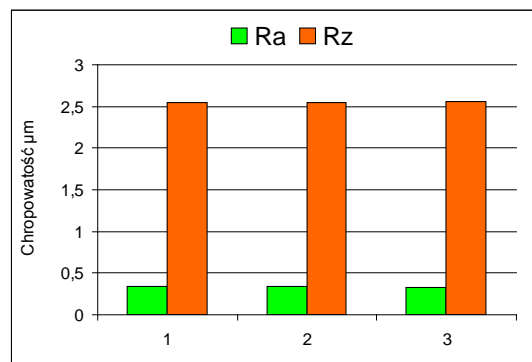
ciwbieżnej wartości chropowatości wynoszą $R_a=0.335 \mu\text{m}$, oraz $R_z=2.54 \mu\text{m}$, a w metodzie współbieżnej $R_a=0.372 \mu\text{m}$, oraz $R_z=3,03$. Wartość parametru R_a jest mniejsza, natomiast wartość parametru R_z jest znacząco mniejsza w odniesieniu do szlifowania współbieżnego.



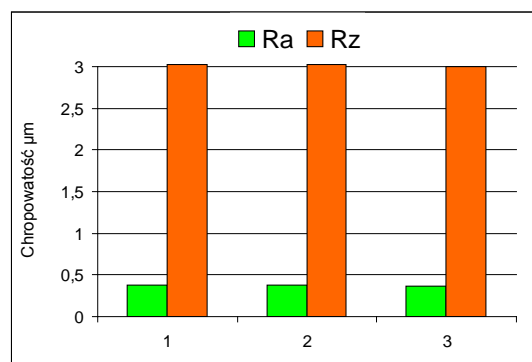
Rys.5. Chropowatość powierzchni mierzona równoległe do kierunku posuwu przy szlifowaniu przeciwbieżnym



Rys.6. Chropowatość powierzchni mierzona równoległe do kierunku posuwu przy szlifowaniu współbieżnym



Rys.7. Chropowatość powierzchni mierzona prostopadłe do kierunku posuwu przy szlifowaniu przeciwbieżnym



Rys.8. Chropowatość powierzchni mierzona prostopadłe do kierunku posuwu przy szlifowaniu współbieżnym

Wnioski

- Największe wartości składowych siły szlifowania wynoszące $F_n = 250\text{N}$ oraz $F_t = 140\text{N}$ otrzymano dla szlifowania rowków wiórowych metodą przeciwbieżną.
- Najmniejsze wartości składowych siły szlifowania wynoszące $F_n = 210\text{N}$ oraz $F_t = 70\text{N}$ otrzymano dla szlifowania rowków wiórowych metodą przeciwbieżną.
- Dla przeciwbieżnej metody szlifowania rowków wiórowych uzyskano następujące wartości chropowatości mierzonej prostopadle do kierunku posuwu: $R_a = 0.335\mu\text{m}$, oraz $R_z = 2.54\mu\text{m}$. Wartości chropowatości mierzone równoległe do kierunku posuwu wynoszą: $R_a = 0.0476\mu\text{m}$, oraz $R_z = 0.286\mu\text{m}$.
- Dla współbieżnej metody szlifowania rowków wiórowych uzyskano następujące wartości chropowatości mierzonej prostopadle do kierunku posuwu: $R_a = 0.372\mu\text{m}$, oraz $R_z = 3.03\mu\text{m}$. Wartości chropowatości mierzone równoległe do kierunku posuwu wynoszą: $R_a = 0.0318\mu\text{m}$, oraz $R_z = 0.184\mu\text{m}$.
- W szlifowaniu współbieżnym zaobserwowano mniejsze wartości chropowatości mierzonej równoległe do kierunku posuwu oraz redukcję wartości składowych siły szlifowania.
- Z przeprowadzonych badań wynika, że w przypadku szlifowania rowków wiórowych frezów pełnowęglkowych korzystniejszą metodą szlifowania jest szlifowanie współbieżne. Zapewnia ono stabilny przebieg procesu szlifowania ze względu na lepsze warunki transportu chłodziwa do strefy szlifowania.

LITERATURA

1. Żyłka Ł., Babiarz R., Płodzień M., Porównanie przeciwbieżnego i współbieżnego szlifowania CFG (Creep-Feed Grinding) stopu Inconel. *Mechanik9/2014*, s. 349-351.
2. Burek J., Żyłka Ł., Sałata M., Proces szlifowania i programowania łamaczy wiórów wspomagany przez system MTS. *Mechanik9/2014* s. 98-101.
3. Oczóś K., Porzycki J., Szlifowanie. WNT Warszawa 1986.
4. Klocke F., König W.: *Fertigungsverfahren 2. Schleifen, Honen, Läppen*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2005.
5. Hubert. Ch., *Schleifen von Hartmetall-und Vollkeramik-Schafffräsern*. Berlin, TU, Diss., 2011
6. Malkin S., Guo C., *Grinding Technology*. Industrial Press New York 2008.
7. Oryginalna instrukcja eksploatacji, firmy Feinmechanik Michael Deckel GmbH & Co.KG,