

# Pomiar siły w procesie szlifowania narzędzi pełnowęglkowych

Force measurement during carbide end mill grinding

JAN BUREK  
ROBERT BABIARZ  
MARCIN SAŁATA  
MAREK KROK \*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.11.517

Przedstawiono metodę pomiaru składowych siły szlifowania w procesie szlifowania narzędzi pełnowęglkowych. W badaniach doświadczalnych zweryfikowano przydatność sygnału siły szlifowania do monitorowania stanu procesu oraz stopnia zużycia ściernicy.

**SŁOWA KLUCZOWE:** szlifowanie, nadzorowanie, pomiar siły szlifowania

*This paper presents an innovative method of force measurements during carbide end mills and tool bits grinding. Experimental research was performed in order to monitor grinding process.*

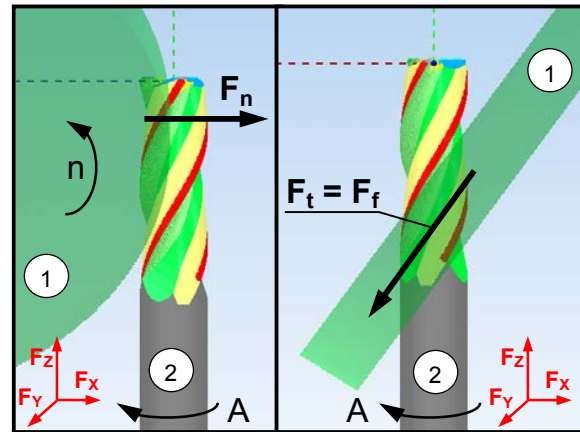
**KEYWORDS:** monitoring, force measurement, flute

Szlifowanie rowków wiórowych we frezach pełnowęglkowych charakteryzuje się dużymi wartościami dosuwu często na pełną głębokość rowka wiórowego – oraz małymi posuwami nieprzekraczającymi wartości 80 mm/min [3]. Niejednokrotnie objętość zeszlifowanego materiału przekracza 50% całej masy półfabrykatu. 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 szlifierskich na powierzchni rowka wiórowego. Stąd też rosnące wymagania dokładności części roboczej narzędzi wymuszają nadzorowanie procesu szlifowania. Warunkiem takiego nadzorowania procesu jest wybór odpowiednich sygnałów procesu szlifowania oraz instalacja odpowiednich układów pomiarowych. Istotnym zagadnieniem jest również właściwa analiza zarejestrowanych sygnałów, tak aby zawarta w nich informacja o stanie i przebiegu procesu mogła być użyteczna do przewidywania występowania niepożądanych zjawisk [1, 2].

## Siła szlifowania jako sygnał diagnostyczny

Podczas procesu szlifowania narzędzi pełnowęglkowych „krytyczną” operacją jest szlifowanie rowków wiórowych. Wynika to z faktu, iż występuje tu największy przekrój warstwy skrawanej i generowana jest największa wartość siły szlifowania.

Siła szlifowania jest powszechnie wykorzystywanym sygnałem w nadzorowaniu i diagnostyce. Jej wartość zależy nie tylko od wielkości nastawnych procesu szlifowania, takich jak prędkość skrawania oraz prędkość posuwu, ale także od właściwości przedmiotu obrabianego, rodzaju i charakterystyki użytej ściernicy oraz od geometrii strefy styku ściernica – przedmiot obrabiany. Uproszczony rozkład składowych siły szlifowania w przypadku rowków wiórowych przedstawiono na rys. 1 [1, 2].



Rys. 1. Uproszczony rozkład składowych siły szlifowania rowka wiórowego: 1 – ściernica, 2 – przedmiot obrabiany, A – oś szlifowanego narzędzia,  $n$  – obroty ściernicy,  $F_t$  – siła styczna,  $F_f$  – siła posuwowa,  $F_n$  – siła normalna

## Układ pomiaru składowych siły szlifowania

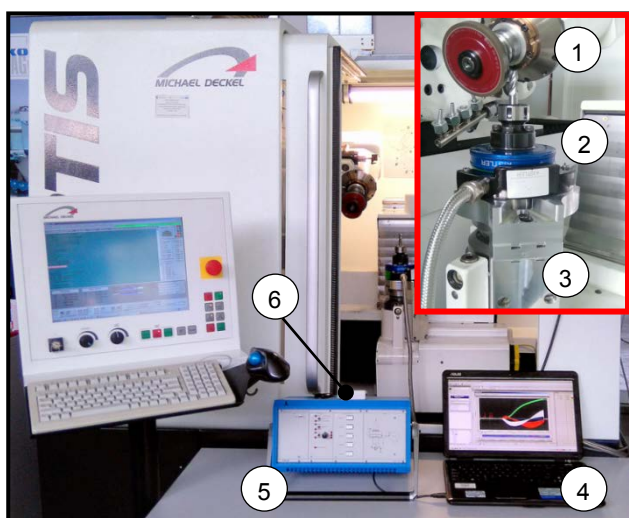
Stanowisko badawcze zbudowano na 5-osiowym centrum szlifierskim FORTIS firmy ISOG (rys. 2). Pomiar składowych siły skrawania zrealizowano z wykorzystaniem siłomierza typu 9123 firmy Kistler. Jest to wielokanałowy siłomierz piezoelektryczny przystosowany do pomiarów trzech składowych oraz momentu obrotowego. Zakres pomiarowy wynosi:  $F_x$ ,  $F_y = 450$  N,  $F_z = 1800$  N.

W celu adaptacji siłomierza do szlifierki narzędziowej Fortis wykonano odpowiedni system jego mocowania. Pierwsza część systemu mocowania ma za zadanie zamocowanie w określonej odległości od siłomierza części odbiorczej sygnału, która jest nieruchoma. Siłomierz w części chwytowej posiada złącze HSK-63 z możliwością wewnętrznego doprowadzenia chłodziwa. Złącze na szlifierce posiada adapter SK-50/HSK-63 (bez możliwości wewnętrznego doprowadzenia chłodziwa). Stąd też siłomierz oraz złącze obrabiarki wyposażono w dodatkowe skręcone ze sobą pierścienie mocujące, które zapewniają możliwość mocowania siłomierza w maszynie.

Zmierzone wartości składowe siły szlifowania zostają zamienione w 12-bitowym przetworniku A/C na wartości cyfrowe, a następnie są przesyłane bezprzewodowo do nie-

\* Dr hab. inż. Jan Burek prof. PRz (jburek@prz.edu.pl), dr inż. Robert Babiarz (robertb@prz.edu.pl), mgr inż. Marcin Sałata (msalata@prz.edu.pl), mgr inż. Marek Krok (mkrok@prz.edu.pl) – Katedra Techniki Wytwarzania i Automatykacji, Politechnika Rzeszowska

ruchowej części odbiorczej. Następnie przy pomocy kabla transmisyjnego zostają przesłane do przetwornika sygnału typu 5223B, gdzie zostają zamienione powtórnie na postać analogową, dostępną w złączu wyjściowym urządzenia. Pasma tego toru pomiarowego urządzenia obejmuje zakres od 0 do 1 kHz. Tak otrzymane sygnały przekazywane są do przetwornika A/C typu NI USB-6009 firmy National Instruments, pracującego pod kontrolą oprogramowania Lab View Signal Ekspres. Dane próbkowano z rozdzielczością 13 bit i prędkością 5 kHz. Podczas pomiaru dane rejestrowano dwiema metodami. Dla każdego z kanałów pomiarowych rejestrowano pomiary bezpośrednio do pliku, oraz jednocześnie co 0,5 s obliczano amplitudy średnie sygnałów (z próbki 2500 pomiarów), z których na ekranie tworzono na bieżąco wykresy obrazujące charakter zmian rejestrowanych wielkości.



Rys. 2. Stanowisko do badań procesu szlifowania: 1 – wrzeciono szlifierskie wraz ze ściernicą, 2 – siłomierz firmy Kistler, 3 – konstrukcja mocująca nieruchomą część odbiorczą sygnału siłomierza, 4 – komputer, 5 – przetwornik sygnału 5223B1, 6 – przetwornik A/C NI USB-6009

Przebiegi składowych  $F_n$  oraz  $F_t$  siły szlifowania dla szlifowania metodą przeciwbieżną i współbieżną przedstawiono na rys. 3. Badania doświadczalne przeprowadzono dla warunków przedstawionych w tablicy.

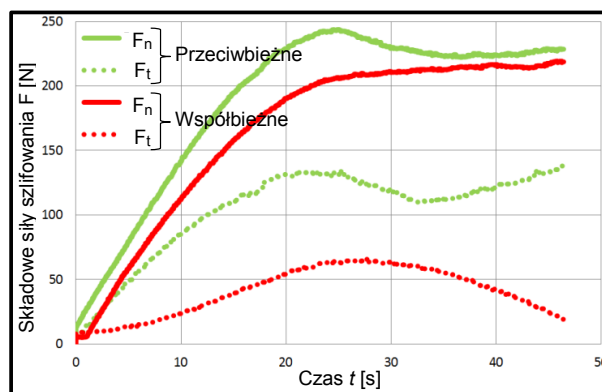
**TABLICA. Warunki szlifowania**

Ściernica	K1A1-100-10-5 20°D64 K + 1421R C100 H
Chłodziwo	Olej szlifierski
Materiał obrabiany	Węgielk spiekany K20F
Średnica półfabrykatu	$D = 12$ mm
Liczba rowków wiórowych	$z = 3$
Prędkość obwodowa ściernicy	$v_c = 20$ m/s
Prędkość posuwu	$v_f = 50$ mm/min
Dosuw szlifowania	$a_p = 4$ mm

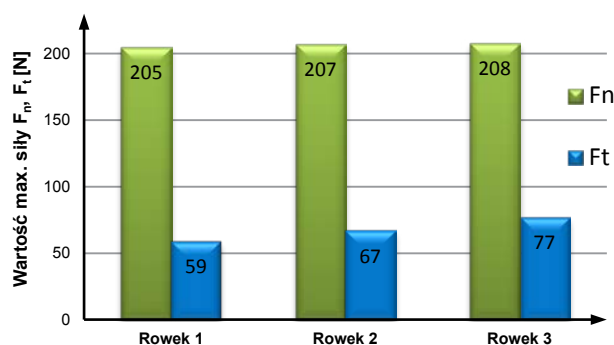
Na przedstawionych przebiegach składowych siły szlifowania metodą współbieżną oraz przeciwbieżną można zaobserwować różnice w charakterze przebiegu oraz wartościach poszczególnych składowych siły. Z przedstawionych przebiegów składowych wynika, że bardziej istotną wartość wykazuje składowa normalna  $F_n$  – zarówno w szlifowaniu współbieżnym, jak przeciwbieżnym.

Zestawienie maksymalnych wartości składowych  $F_n$ ,  $F_t$  siły szlifowania metodą współbieżną dla poszczególnych rowków wiórowych przedstawiono na rys. 4. Stwierdzono nieznaczny, lecz zauważalny wzrost wartości siły  $F_t$  dla

trzech rowków wiórowych. Wzrost siły był spowodowany zalepieniem czynnej powierzchni ściernicy produktami powstającymi w procesie szlifowania. Różnica wartości siły  $F_t$  dla pierwszego i ostatniego rowka wyniosła 23%. Fakt ten dowodzi, iż opracowane stanowisko pomiarowe może służyć do nadzorowania procesu szlifowania i do przewidywania niepożądanych zjawisk. Dla siły  $F_n$  nie zaobserwowano wpływu liczby rowków wiórowych na wartość tej siły, a otrzymane różnice wartości są na poziomie błędów pomiarowych.



Rys. 3. Przebieg składowych  $F_n$  i  $F_t$  siły szlifowania w szlifowaniu rowków wiórowych metodą przeciwbieżną i współbieżną – dla jednego rowka



Rys. 4. Zestawienie maksymalnych wartości składowych siły szlifowania dla poszczególnych rowków wiórowych

## Wnioski

Przyjęte rozwiązanie konstrukcyjne układu pomiaru składowych siły szlifowania może bez większych nakładów technicznych być zastosowane w praktyce przemysłowej do nadzorowania procesu szlifowania narzędzi. Składowe siły szlifowania bardzo dobrze odzwierciedlają przebieg procesu i zmiany przekroju warstwy skrawanej (rys. 3). W ten sposób możliwa jest identyfikacja zużycia ściernicy. Należy się jednak liczyć z ograniczeniem przestrzeni roboczej szlifierski ze względu na rozmiary gabarytowe siłomierza oraz dodatkowe pierścienie mocujące. Poza tym każdorazowa wymiana szlifowanego narzędzia i związane z nią odmocowanie siłomierza wymaga wykonania pozycjonowania kąтового urządzenia przed rozpoczęciem procesu obróbki.

## LITERATURA

- Burek J., Sałata M. *Przeciwbieżne i współbieżne szlifowanie rowka wiórowego frezów pełnowęglkowych*. DOI:10.17814/mechanik.2015.8-9.342, s.709/59–62.
- Burek J., Babiarski R., Sałata M., Płodzień M. *Wpływ siły szlifowania na odkształcenia sprężyste długich frezów pełnowęglkowych*. DOI: 10.17814/mechanik.2015.8-9.341, s. 709/55–58.
- Hubert Ch. *„Schleifen von Hartmetall- und Vollkeramik-Schaffrasern”*. Berlin, TU, Diss., 2011.