

Wpływ wybranych parametrów szlifowania na wartości sił w procesie szlifowania ściernicami z nasypem z CBN

The influence of chosen grinding parameters on the components of grinding force during grinding with CBN wheels

ANNA BAZAN
ANDRZEJ KAWALEC
MAREK KROK
MARCIN SAŁATA
IRENEUSZ PIOTR CHMIELIK *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.363

W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczące wpływu prędkości szlifowania, posuwu oraz głębokości szlifowania na całkowitą siłę szlifowania. Badania dotyczyły szlifowania płaszczyzn ściernicą z nasypem z regularnego azotku boru ze spoiwem wytwarzanym metodą galwaniczną.

SŁOWA KLUCZOWE: siły szlifowania, ściernice z CBN, ściernice ze spoiwem galwanicznym

The article presents the results of research focused on the impact of wheel speed, feed and grinding depth on the grinding force. The conducted research concerned plane surface grinding using CBN electroplated grinding wheels.

KEYWORDS: grinding forces, CBN grinding wheels, electroplated grinding wheels

Specyfika budowy ściernic jednowarstwowych oraz właściwości supertwardych ziaren ściernych pozwalają na stosowanie znacznie większych prędkości skrawania niż w przypadku ściernic konwencjonalnych. Prowadzi to do zmniejszenia sił skrawania, a zatem wydłużenia okresu żywotności ściernicy oraz polepszenia jakości szlifowanej powierzchni, a także zwiększenia wydajności szlifowania [1÷3]. Ściernice jednowarstwowe zachowują stosunkowo stały profil kształtu (makrogeometria ściernicy) podczas długiego czasu pracy. Dzięki tym zaletom znaczenie przemysłowe ściernic jednowarstwowych z regularnego azotku boru (CBN) rośnie, a jednocześnie zwiększa się zainteresowanie nimi ze strony badaczy [4, 5].

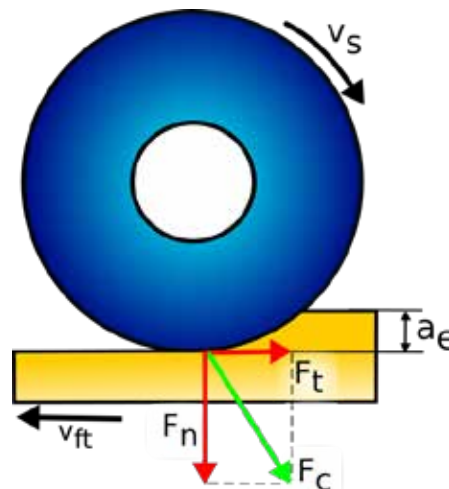
Siły szlifowania odgrywają bardzo ważną rolę w procesie szlifowania i mają istotny wpływ na jego rezultaty. Są zależne od bardzo licznych parametrów nastawnych procesu, a ich znajomość jest przydatna do oceny przebiegu procesu szlifowania oraz wyboru optymalnych parametrów [6÷8]. Wartości składowych sił szlifowania są także niezbędne do prawidłowej weryfikacji modeli symulacyjnych [9÷11].

Metodyka badań

Przedmiotem badań był wpływ wybranych parametrów procesu szlifowania powierzchni płaskich przedmiotów wykonanych ze stali wysokostopowej Pyrowear 53 w stanie utwardzonym (ok. 62 HRC) na wartości siły szlifowania.

W przeprowadzonym eksperymencie przyjęto pięciopoziomowy plan kompozycyjny dla trzech zmiennych: prędkości skrawania v_s , posuwu f_t i głębokości skrawania a_e (rys. 1), który pozwolił wyznaczyć kwadratowe efekty główne oraz efekty interakcji. Metodę badań opisano dokładniej w artykule [12].

Ze względu na bardzo silną dodatnią korelację pomiędzy mierzonymi składowymi siłami szlifowania nie analizowano wpływu przyjętych parametrów dla każdej składowej osobno. Model regresji wyznaczono dla całkowitej siły szlifowania F_c , obliczonej jako pierwiastek z sumy kwadratów składowej normalnej F_n i stycznej F_t .



Rys. 1. Kinematyka szlifowania i siły składowe: v_s – prędkość szlifowania, v_{ft} – prędkość posuwu stycznego, a_e – głębokość szlifowania, F_c – siła szlifowania, F_n – składowa normalna siły szlifowania, F_t – składowa styczna siły szlifowania

Dodatkowo, na profilometrze stykowym TalyScan 150 firmy Tylor Hobson zmierzono chropowatość powierzchni po szlifowaniu, wyznaczając parametr amplitudowy R_a .

Wyniki badań

W tabl. I zaprezentowano wyniki badania istotności poszczególnych efektów. Duża wartość LogWorth oraz mała wartość p (poniżej założonego poziomu istotności) świadczą o statystycznej istotności efektu [13].

Po usunięciu efektów, dla których wartość p była większa od założonego poziomu istotności $\alpha = 0,05$, obliczono współczynniki równania wyznaczanego modelu regresji (tabl. II.).

* Mgr inż. Anna Bazan (abazan@prz.edu.pl), dr hab. inż. Andrzej Kawalec (ak@prz.edu.pl), mgr inż. Marek Krok (mkrok@prz.edu.pl), mgr inż. Marcin Sałata (msalata@prz.edu.pl) – Politechnika Rzeszowska, dr inż. Ireneusz Piotr Chmielik (p.chmielik@taylor-hobson.pl) – Taylor Hobson Polska CR

Największy wpływ na wartość siły szlifowania ma iloczyn posuwu i głębokości skrawania, czyli właściwa wydajność objętościowa szlifowania. W wyznaczanym modelu prędkość szlifowania ma statystycznie istotne znaczenie jedynie w powiązaniu z posuwem, przy czym efekt interakcji $f_t \cdot v_s$ jest silnie skorelowany z f_t (współczynnik korelacji $r = 0,9$).

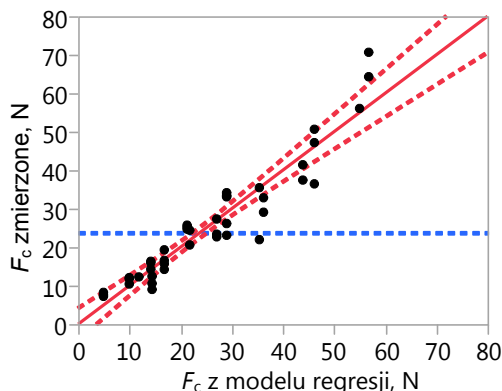
TABLICA I. Ocena istotności badanych efektów

Efekt	LogWorth = $(-\log_{10}(p\text{-value}))$	p_value
$f_t \cdot a_e$	8,340	0,00000
a_e	3,045	0,00090
$v_s \cdot f_t$	2,566	0,00272
$a_e \cdot a_e$	2,309	0,00490
$v_s \cdot a_e$	2,071	0,00848
f_t	1,983	0,01039
$f_t \cdot f_t$	0,301	0,50005
$v_s \cdot v_s$	0,063	0,86458
v_s	0,039	0,91345

TABLICA II. Efekty istotne statystycznie ($\alpha = 0,05$) oraz ich współczynniki w równaniu modelu

Efekt	LogWorth = $(-\log_{10}(p\text{-value}))$	p_value	współczynnik
$f_t \cdot a_e$	8,082	0,00000	0,0166449
$v_s \cdot f_t$	6,737	0,00000	985,47997
f_t	5,751	0,00000	-0,000525
$a_e \cdot a_e$	3,172	0,00067	0,4067559
a_e	2,090	0,00813	-27420,69
wyraz wolny			-0,12212

Ocenę dopasowania modelu regresji do danych empirycznych przedstawia rys. 2. Istotność regresji zbadano za pomocą analizy wariancji. Stwierdzono, że model regresji można uznać za istotny dla poziomu istotności $\alpha < 0,0001$.



Rys. 2. Zależność pomiędzy zmierzonymi wartościami siły szlifowania i wartościami obliczonymi z modelu regresji

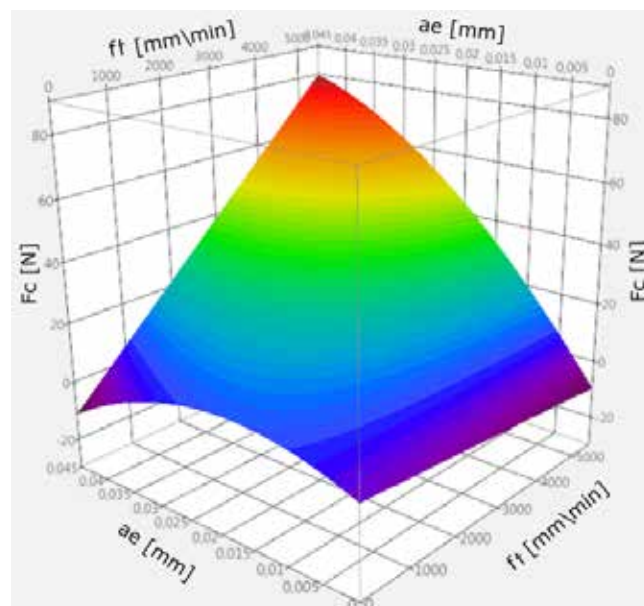
Na rys. 3 przedstawiono przykładową powierzchnię odpowiedzi wyznaczoną dla siły szlifowania F_c w zależności od posuwu i głębokości szlifowania, przy stałej wartości v_s .

Chropowatość szlifowanych powierzchni zawierała się pomiędzy $R_a = 1,5 \mu\text{m}$ a $R_a = 2,0 \mu\text{m}$. Nie stwierdzono statystycznie istotnej liniowej zależności pomiędzy parametrami procesu a wartością obliczanego parametru chropowatości.

Podsumowanie

W artykule określono istotność wpływu oraz model regresji prędkości szlifowania, posuwu, głębokości szlifowania oraz ich interakcji na całkowitą siłę szlifowania. Największy wpływ na wartość siły szlifowania mają interakcje $f_t \cdot a_e$ oraz $f_t \cdot v_s$, a także posuw f_t oraz głębokość szlifowania a_e . Biorąc

jednak pod uwagę silną korelację pomiędzy $f_t \cdot v_s$ i f_t , można wywnioskować, że zmiana prędkości szlifowania w analizowanym przedziale wartości ma najmniejszy wpływ na wartość F_c .



Rys. 3. Powierzchnia odpowiedzi dla siły szlifowania F_c w zależności od posuwu f_t i głębokości skrawania a_e , przy prędkości skrawania $v_s = 32 \text{ m/s}$

LITERATURA

- Upadhyaya R., Fiecoat J. "Factors Affecting Grinding Performance with Electroplated CBN Wheels". *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. Vol. 56, No. 1 (2007): pp. 339÷342.
- Salmon S.C. "Grinding is high-tech". *Manufacturing Engineering*. Vol. 143, No. 2 (2009): pp. 53÷59.
- Shi Z., Malkin S. "An Investigation of Grinding with Electroplated CBN Wheels". *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. Vol. 52, No. 1 (2003): pp. 267÷270.
- Shi Z., Malkin S. "Wear of Electroplated CBN Grinding Wheels". *Journal of Manufacturing Science and Engineering*. Vol. 128, No. 1 (2005): pp. 110÷118.
- Kawalec A., Bazan A., Krok M., Chmielik I. „Porównanie wyników badań stykowych parametrów topografii CPS ściernic z CBN zmieniających się wraz z jej zużyciem w kontekście wyboru istotnych parametrów”. XXXVIII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej. *Mechanik*. R. 88, z. 8–9 (2015): CD s. 190÷193.
- Oczós K., Porzycki J. „Szlifowanie. Podstawy i technika”. Warszawa, WNT, 1986.
- Żyłka Ł., Babiarczyk R., Płodzień M., Stasiło R., Górecki Ł. „Wpływ ciśnienia i kąta podawania strugi chłodziwa na proces szlifowania CFG stopu Inconel 718”. XXXVIII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej. *Mechanik*. R. 88, z. 8–9 (2015): CD s. 382÷386.
- Lajmert P., Pisarek B., Stachurski W., Zgórnik P., Kruszyński B., Pacyniak T. „Szlifowanie brązu krzemowego BK31 na szlifierce kłowej do wałków”. XXXVIII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej. *Mechanik*. R. 88, z. 8–9 (2015): CD s. 231÷236.
- Kacalak W., Królikowski T., Rypina Ł. „Modelowanie naprężeń i przemieszczeń materiału w strefie mikroskrawania pojedynczym ziarnem ściernym z wykorzystaniem środowiska Ansys – część II”. XXXVII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej. *Mechanik*. R. 87, z. 8–9 (2014): CD s. 171÷175.
- Kacalak W., Królikowski T., Rypina Ł. „Modelowanie naprężeń i przemieszczeń materiału w strefie mikroskrawania z wykorzystaniem środowiska LS-DYNA”. XXXVII Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej. *Mechanik*. R. 87, z. 8–9 (2014): CD s. 226÷240.
- Kacalak W., Szafranec F. „Modelowanie obciążeń ziaren aktywnych i sił w procesie szlifowania”. XXXVI Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej. *Mechanik*. R. 86, z. 8–9 (2013): CD s. 241÷252.
- Kawalec A., Bazan A., Krok M., Sałata M., Chmielik I. „Pomiar i wstępna analiza wartości składowych sił w procesie szlifowania ściernicą z nasypem z CBN”. XXXIX Naukowa Szkoła Obróbki Ściernej. *Mechanik*. R. 89, z. 8–9 (2016).
- www.jmp.com (dostęp: 01.05.2016 r.).