

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

Nadzorowanie stanu ściernicy w szlifowaniu CFG z wykorzystaniem sygnałów akustycznych

Monitoring the condition of the grinding wheel CFG with the use of acoustic signals

ROBERT BABIARZ
 ŁUKASZ ŻYŁKA
 MARCIN PŁODZIEŃ
 PAWEŁ SUŁKOWICZ *

DOI: 10.17814/mechanik.2015.8-9.330

Proces szlifowania stosuje się nie tylko w obróbce wykończeniowej ale również jako obróbkę zgrubną dla materiałów trudnoskrawalnych. Efekt końcowy szlifowania zależy od wielu różnych, trudnych do zmierzenia parametrów procesu. Jednym z nich jest stan zużycia ściernicy. Może on powodować błędy w procesie szlifowania, takie jak przypalenia szlifierskie lub powodować wystąpienie drgań typu chatter. Można temu zapobiec monitorując stan procesu. Większość istniejących obecnie systemów jest skomplikowana w zastosowaniach przemysłowych. Wymaga zwykle montażu czujnika niedaleko strefy obróbki. Celem niniejszej pracy badawczej jest opracowanie systemu diagnostycznego dla procesu szlifowania z posuwem pełzającym (creep feed grinding) z zastosowaniem łatwo mierzalnego parametru procesu. Jako sygnał diagnostyczny wykorzystano dźwięk generowany podczas procesu. W artykule przedstawiono możliwość wykorzystania sygnałów audio rejestrowanych podczas procesu do monitorowania stanu ściernicy.

SŁOWA KLUCZOWE: szlifowanie, monitorowanie, CFG

The grinding process is used not only in finishing operations but also as a roughing difficult-to-cut materials. The end grinding effects is dependent on a variety of difficult to measure process parameters. One of them is the condition of the grinding wheel wear. It can cause errors in the grinding process, such as grinding burns or cause the occurrence of chatter vibration type. This can be prevented by monitoring the state of the process. Most of the existing systems is complicated for industrial applications. It usually requires

mounting the sensor near the machining area. The purpose of this research is to develop a diagnostic system for the Creep Feed Grinding process (CFG) using easily measurable parameter of the process. The sound produced during the process was used as a diagnostic signal. The article presents the possibility of using audio signals registered during the process to monitor the state of the grinding wheel.

KEYWORDS: grinding monitoring, CFG

Wprowadzenie

Szlifowanie jako operacja końcowa decyduje o przydatności przedmiotu obrobionego. Błędy na tym etapie produkcji są z reguły bardzo kosztowne. Wynik końcowy szlifowania zależy od wielu różnych, trudnych do zmierzenia parametrów procesu. Osiągnięcie wymaganej jakości obróbki w okresie trwałości ściernicy skutkuje z reguły nadmierną ostrożnością w doborze parametrów obróbkowych. Z tego to powodu obciążanie ściernicy wykonuje się wcześniej niż wymagał by tego jej stan rzeczywisty. Powoduje to przyspieszone zużycie ściernicy oraz mniejsza efektywność procesu. Efekt ten jest szczególnie widoczny w szlifowaniu CFG gdzie ze względu na znaczne naddadki obróbkowe osiągające wartości rzędu mm oraz rodzaj stosowanych ściernic zużycie ściernicy jest szczególnie intensywne. Z kolei stan czynnej powierzchni ściernicy ma decydujący wpływ na jakość powierzchni obrabianego przedmiotu. Niestety uzyskaną w procesie szlifowania jakość przedmiotu można określić dopiero po jego zakończeniu. Sytuację pogarsza fakt, że w zależności od warunków pracy ściernicy zjawiska samostrzenia (charakterystyczne dla obróbki zgrubnej) lub tępienia ściernicy (charakterystyczne dla obróbki wykończeniowej) mogą występować w różnym nasileniu. Skutkuje to znacznym zwiększeniem rozrzutu parametrów kształtowych

* dr inż. Robert Babiarz (robertb@prz.edu.pl)
 dr inż. Łukasz Żyłka (zylka@prz.edu.pl)
 mgr inż. Marcin Płodzień (plodzien@prz.edu.pl)
 mgr inż. Paweł Sułkowicz (sulkowicz@prz.edu.pl)

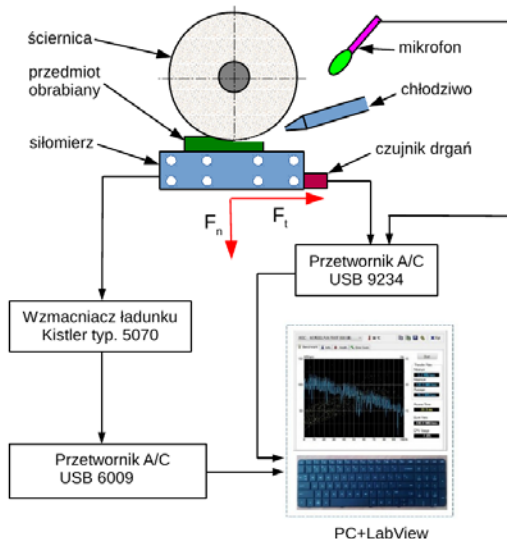
i jakościowych otrzymanych powierzchni. Do tej pory podjęto niewiele prób określenia stopnia zużycia ściernicy w trybie on-line [1,2]. Jeszcze rzadsze są metody pozwalające na określenia rodzaju tego zużycia [3].

Najczęściej używane do tego celu sygnały to siła skrawania, moc wrzeczona ściernicy, emisja akustyczna [4] bądź też drgania [5,6,7]. W większości przypadków każda z tych metod wymaga umieszczenia czujnika w pobliżu strefy obróbki. Wyjątkiem jest tutaj czujnik emisji akustycznej wykorzystujący strugę chłodziwa jako tor transmisyjny dla sygnału pomiarowego. Jest to jednak bardzo kosztowne rozwiązanie, narzucające dodatkowo specjalne wymagania na układ chłodzenia szlifierki. Z tego względu podjęto próbę opracowania układu diagnozującego stan ściernicy w oparciu o sygnał z zamontowanego w przestrzeni roboczej szlifierki mikrofonu. W celu przeprowadzenia diagnostyki procesu szlifowania stopów typu Inconel przeprowadzono wstępne badania doświadczalne. Prowadzono próby szlifowania z jednoczesną rejestracją sygnałów składowych siły szlifowania F_t i F_n wartością amplitudy drgań A_d oraz amplitudy dźwięku A_a . Dla wybranych warunków badań dominującym rodzajem zużycia ściernicy było wykruszanie się ziaren oraz pękanie mostków spoiwa, na co wskazywały zarejestrowane przebiegi siły szlifowania.

Dlatego jako kryterium zużycia ściernicy przyjęto wartości graniczne wybranych parametów chropowatości (R_a , R_z).

Stanowisko badawcze

Stanowisko badawcze procesu szlifowania zamków łopatek silników lotniczych wykonanych ze stopów typu Inconel powstało w oparciu o szlifierkę CNC do płaszczyzn i profili producenta Geibel&Hotz typ FS 640Z. Na rys.1 przedstawiono schemat blokowy układu rejestracji i przetwarzania sygnałów pomiarowych.



Rys.1 Schemat blokowy układu rejestracji i przetwarzania sygnałów diagnostycznych

Składowe siły szlifowania, styczna F_t oraz normalna F_n mierzone były za pomocą piezoelektrycznej 3-składowej platformy pomiarowej 9121 firmy Kistler. Następnie sygnał wzmacniano i filtrowano za pomocą wzmacniacza 5070 firmy Kistler. Zastosowano filtr dolnoprzepustowy o częstotliwości odcięcia 100 Hz. Wzmocniony i odfiltrowany sygnał przetwarzano na postać cyfrową za pomocą karty przetwornika A/C 12bit USB 6009 firmy National Instrument.

Rejestracja danych odbywała się z częstotliwością próbkowania 200Hz. Drgania w procesie szlifowania mierzone za pomocą miniaturowego czujnika drgań M353B16 firmy PCB. Następnie sygnał wzmacniano i przetwarzano na postać cyfrową za pomocą karty przetwornika A/C USB 9234 firmy National Instrument. Rejestracja danych odbywała się z częstotliwością próbkowania 25kHz. Sygnał z mikrofonu przemysłowego typu 130A23 firmy PCB o paśmie przenoszenia 20Hz-20Khz, przetwarzany był analogicznie jak sygnał drgań.

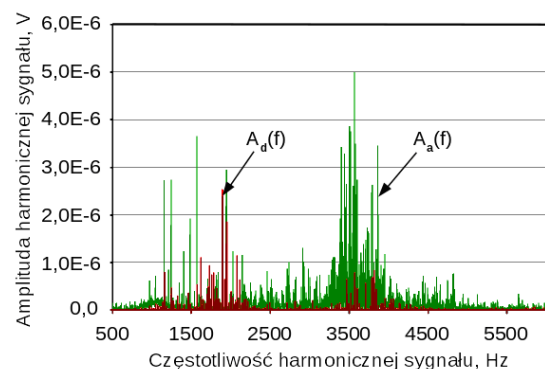
Warunki prowadzenia badań oraz wyniki badań doświadczalnych

Badania polegały na wyznaczeniu charakterystyki widmowej sygnału akustycznego i drgań a także na określeniu zmian wartości amplitudy tych sygnałów i porównaniu ich z przebiegiem wybranych parametrów chropowatości (R_a , R_z). Zarejestrowane wartości składowych siły szlifowania wykorzystano wyłącznie jako sygnały pomocnicze do nadzorowania zużycia ściernicy. Pomiary chropowatości powierzchni przeprowadzono przyrządem Surtronic 3+ firmy Rank Taylor Hobson. Wybrano odcinek pomiarowy 0,8 mm. Pomiar parametrów chropowatości obrabianej powierzchni realizowano w kierunku prostopadłym do kierunku ruchu stołu. Ponieważ otrzymane wartości R_a zawierały się w przedziale 0,8 - 1,9 μ m, przyjęto odcinek elementarny $l_n=0,8$ mm (zgodnie z normą PN87/M-04251). Całkowita długość odcinka pomiarowego l_n była pięciokrotnie większa i wynosiła 4mm.

Badania przeprowadzono w następujących warunkach:

- ciecz obróbkowa, wodny 4% roztwór emulsji syntetycznej AquaTec 7000,
- prędkość wypływu chłodziwa przyjęto o wartości zbliżonej do prędkości szlifowania $v_g=30$ m/s,
- ściernica, 300x50x76 mm, miękka, 35A 80 G 14,
- dosuw szlifowania $a_e=1$ mm,
- prędkość posuwu $v_w=100$ mm/min,
- posuw obciągania $f_d=150$ mm/min,
- stosunek prędkości obciągania $q_d=0,3$,
- dosuw obciągania $a_d=0,02$ mm (10 przejść),
- długość szlifowania $l=120$ mm,
- materiał obrabiany, próbka w kształcie prostopadłościanu o szerokości 15mm wykonana z materiału Inconel 718.

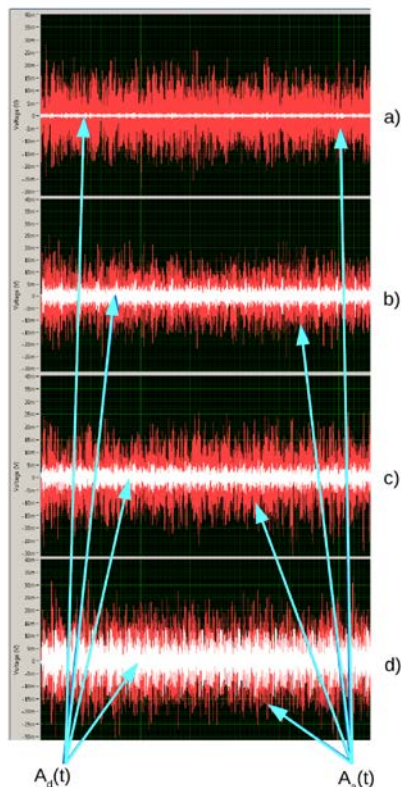
Przeprowadzono analizę widmową zarejestrowanych sygnałów dźwiękowych $A_a(t)$ oraz drgań $A_d(t)$. Jej wynik przedstawiono na rys.2.



Rys.2 Rozkład widmowy sygnału drgań $A_d(t)$ oraz sygnału dźwięku $A_a(t)$

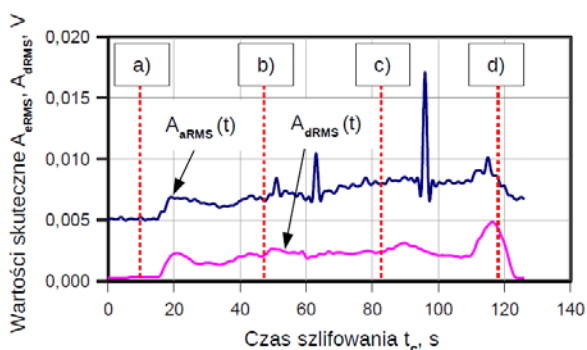
Największe wartości amplitudy drgań oraz dźwięku uzyskano w pasmach 1000Hz-2500Hz oraz 3000Hz-

4000Hz. Zmiany wartości sygnału $A_d(t)$ z czujnika drgań są znacznie większe aniżeli zmiany wartości amplitudy dźwięku rejestrowanego przez mikrofon $A_a(t)$ (rys.3). Związane jest to z zakłóceniami wprowadzanymi przez układ chłodzenia. Można stwierdzić, że amplituda sygnału dźwiękowego z powodu silnych zakłóceń słabo odzwierciedla stan procesu szlifowania (rys.3).



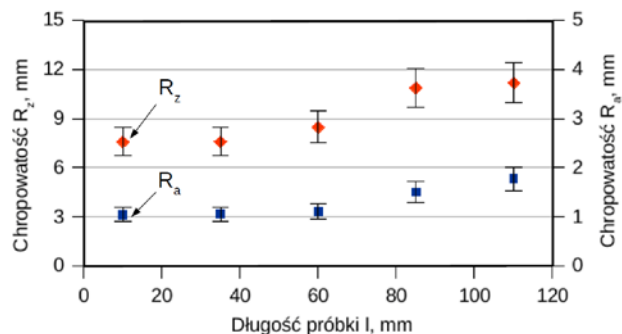
Rys.3 Przebiegi amplitudy drgań $A_d(t)$ oraz amplitudy dźwięku $A_a(t)$ dla pięciu wybranych przedziałów czasowych o długości $T=1s$, ich rozmieszczenie zaznaczono na rys.4

Z uwagi na powyższe zastosowano dodatkową filtrację sygnałów dwoma filtrami pasmowo przepustowymi o częstotliwościach granicznych dolnej $f_d=500Hz$ oraz górnej $f_g=4000Hz$.



Rys.4 Przebiegi wartości skutecznych amplitudy sygnału drgań A_{dRMS} oraz amplitudy sygnału dźwięku A_{aRMS} w funkcji czasu szlifowania t_c

Z tak otrzymanego sygnału wyliczono następnie wartości skuteczne, które sumowano otrzymując sygnały odpowiednio $A_{aRMS}(t)$ oraz $A_{dRMS}(t)$. Przebiegi wartości skutecznych tych sygnałów ($A_{aRMS}(t)$, $A_{dRMS}(t)$) przedstawiono na rys. 4. Dodatkowo na tym samym rysunku zaznaczono punkty pomiarowe, z których pochodzą próbki sygnałów przedstawione na rys.3.



Rys.5 Chropowość powierzchni próbki R_a , R_z w funkcji długości próbki l

Podsumowanie

Sygnał dźwiękowy jest bardzo wrażliwy na zakłócenia zewnętrzne a w szczególności na zakłócenia spowodowane pracą układu chłodzenia. Także zakłócenia pochodzące od innych obrabiarek znajdujących się w pobliżu mają wpływ na wartość tego sygnału. Można go zaobserwować na rys. 4 gdzie jest widoczny w postaci gwałtownych zmian amplitudy sygnału $A_{aRMS}(t)$.

Wyniki przeprowadzonych badań doświadczalnych potwierdziły celowość proponowanej metody pośredniego pomiaru drgań przedmiotu obrabianego spowodowanych zużyciem profilu ściernicy ściernicy. Możliwe jest jego zastosowanie do nadzorowania stanu ściernicy. Porównując przebiegi przedstawione na rys.4 oraz rys.5 zauważyć można wyraźną zgodność trendów wartości amplitudy sygnału dźwiękowego oraz wybranych parametrów chropowości. Jednak przed zastosowaniem przemysłowym sygnału dźwiękowego należy opracować efektywniejszą metodę obróbki danych, co jest obecnie przedmiotem dalszych badań.

Badania realizowane w ramach Projektu "Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym", Nr POIG.01.01.02-00-015/08-00 w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka (PO IG). Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

LITERATURA

1. P. Lajmert, B. Kruszyński, M. Sikora, D. Ostrowski, Diagnostyka procesu szlifowania kłowego wałków, *Mechanik*, nr 8-9 CD1, 187-194, 2014.
2. P. Sutowski, S. Plichta, An investigation of the grinding wheel wear with the use of root-mean-square value of acoustic emission. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, vol VI, 2006.
3. J. F. G. Oliviera, D. A. Dornfeld, Application of EA Contact Sensing In Reliable Grinding Monitoring, *Annals of the CiIRP*, vol. 50,1, s. 217-220, 2001.
4. Chen X, Griffin J, Liu Q, Mechanical and thermal behaviours of grinding acoustic emission, *Int. Journal of Manufacturing Technology and Management*, 2006.
5. J. Gradišek, A. Baus, E. Govekar, F. Klocke, I. Grabec, Automatic chatter detection in grinding, *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 43, 1397-1403, 2003.
6. S. K. Kabini, Dynamic Modeling of Chatter Vibration in Cylindrical Plunge Grinding Process, *Innovative Systems Design and Engineering*, ISSN 2222-1727, Vol 2, No 4, 2011.
7. Y. Yang, J. Lin, S. Xu, Surface Grinding Machine Stability Characteristics Limited Prediction, *Mechanical Engineering Research*; Vol. 2, No. 2, ISSN 1927-0607, 2012.