

Nadzorowanie procesu szlifowania frezów pełnowęglkowych z wykorzystaniem sygnału emisji akustycznej

Monitoring of carbide end mills grinding process using acoustic emission

JAN BUREK
ROBERT BABIARZ
PAWEŁ SUŁKOWICZ
MARCIN SAŁATA *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.364

Prezentowane wyniki badań nadzorowania procesu szlifowania rowków wiórowych frezów pełnowęglkowych, z wykorzystaniem sygnału emisji akustycznej (AE – *Acoustic Emission*).

SŁOWA KLUCZOWE: szlifowanie frezu, emisja akustyczna, diagnostyka, monitorowanie

This paper presents a research focusing on grinding process of flute in carbide end mills with the use of acoustic emission signal (AE).

KEYWORDS: end mill grinding, acoustic emission, diagnostics, monitoring

Spośród wielu wielkości procesu szlifowania w dotychczas stosowanych układach nadzorowania najczęściej jako wielkość nadzorowaną wykorzystywano siłę normalną szlifowania F_{cn} , ponieważ jej przebieg bardzo dobrze odzwierciedla charakterystykę procesu [1, 2]. Jednak jej pomiar w czasie procesu szlifowania wymaga zwykle istotnych zmian konstrukcyjnych istniejących szlifierek. Przeprowadzone badania własne, a także prace innych autorów wykazały, że nowym parametrem, który równie dobrze jak siła normalna szlifowania F_{cn} odzwierciedla przebieg procesu szlifowania jest sygnał AE [3, 4]. Sygnał emisji akustycznej, a dokładniej jego wartość skuteczna AE_{RMS} dalej oznaczana skrótem AE, charakteryzuje się wysoką korelacją z siłą normalną szlifowania F_{cn} . Pomiar tego sygnału w trakcie procesu jest stosunkowo prosty i nie wymaga praktycznie żadnych zmian konstrukcyjnych maszyny. Stąd też obecnie produkowane szlifarki na wyposażeniu mają standardowo czujniki sygnału AE, które jednak są wykorzystywane wyłącznie do automatycznego rozpoznawania styku ściernicy z przedmiotem, a w niektórych przypadkach do nadzorowania obciążania ściernicy [5]. W związku z tym nasuwa się pytanie, czy sygnał emisji akustycznej może zastąpić w układzie nadzorowania dotychczasowe, powszechnie stosowane sygnały procesowe. Dotyczy to w szczególności szlifierek do narzędzi, gdzie trudności związane z umieszczeniem wieloskładnikowego czujnika sił w przestrzeni roboczej szlifarki narzędziowej, uzasadniają poszukiwanie innych rozwiązań. W niniejszej pracy sprawdzono możliwość zastąpienia czujnika sił poprzez użycie czujnika emisji akustycznej, który praktycznie nie wymaga żadnych zmian konstrukcyjnych szlifarki.

Frezy pełnowęglkowe wykonuje się szlifowaniem ściernicami diamentowymi. Najtrudniejszą oraz najbardziej czasochłonną operacją przy wykonywaniu frezu jest szlifowanie rowka wiórowego. Dokładność jego wykonania ma wpływ na

prawkidłowe odprowadzanie wiórów w procesie frezowania, co jest szczególnie istotne zwłaszcza w przypadku obróbki wysokowydajnej (HPC – *high performance cutting*). Obecnie ściernice diamentowe umożliwiają wysoką wydajność objętościową, stąd też proces szlifowania rowka wiórowego jest wykonywany w jednym przejściu ściernicy. Jest to tzw. szlifowanie głębokie, w którym naddatek (nawet do 7 mm) jest usuwany z małą wartością posuwu. Z uwagi na duże siły szlifowania w trakcie tego procesu, istnieje potrzeba nadzorowania prawidłowości jego przebiegu. Szlifarki do narzędzi wyposażone są w co najmniej 5 osi sterowanych. Kinematyka tych obrabiarek sprawia trudności w monitorowaniu przebiegu procesu skrawania. Stąd też wydaje się, że optymalnym rozwiązaniem jest zastosowanie czujnika AE, który może być w łatwy sposób umieszczony w pobliżu wrzeciona przedmiotu. Współczesne czujniki sygnału AE charakteryzują się wysoką czułością, małym czasem opóźnienia i niewielkim tłumieniem [6]. Ich konstrukcja umożliwia łatwy montaż oraz sprawia, że są one odporne na wpływ chłodziwa, erozyjne działanie ścierniwa czy wiórów oraz na wysoką temperaturę, co stanowi dużą zaletę zwłaszcza w przypadku szlifowania.

Warunki badań

Badania doświadczalne zrealizowano na stanowisku badawczym opartym na pięcioosiowej szlifierce do narzędzi Fortis firmy Michael Deckel (rys. 1).

Badania zostały przeprowadzone podczas szlifowania rowków wiórowych przy różnych wartościach prędkości posuwu v_t . Sygnał emisji akustycznej mierzono za pomocą czujnika firmy Kistler typu 8152B zamocowanego w specjalnie skonstruowanym uchwycie bezpośrednio na



Rys. 1. Stanowisko badawcze: 1 – wrzeciono ściernicy, 2 – czujnik AE, 3 – siłomierz, 4 – komputer, 5 – przetwornik A/C, 6 – wzmacniacz

* Dr hab. inż. Jan Burek, prof. PRz (jburek@prz.edu.pl), dr inż. Robert Babiarez (robertb@prz.edu.pl), mgr inż. Paweł Sułkowicz (sulkowicz@prz.edu.pl), mgr inż. Marcin Sałata (msalata@prz.edu.pl) – Katedra Techniki Wytwarzania i Automatyzacji, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechnika Rzeszowska

półfabrykacie. Pomiar sił realizowano za pomocą siłomierza piezoelektrycznego firmy Kistler typu 9123 pozwalającego na pomiar trzech składowych siły szlifowania. Wartości całkowitej siły szlifowania F obliczano z zależności:

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2} \quad (1)$$

Otrzymane przebiegi rejestrowano, wykorzystując oprogramowanie LabVIEW SignalExpress. Następnie wyznaczono wartości skuteczne sygnałów. W tabelicy przedstawiono warunki szlifowania.

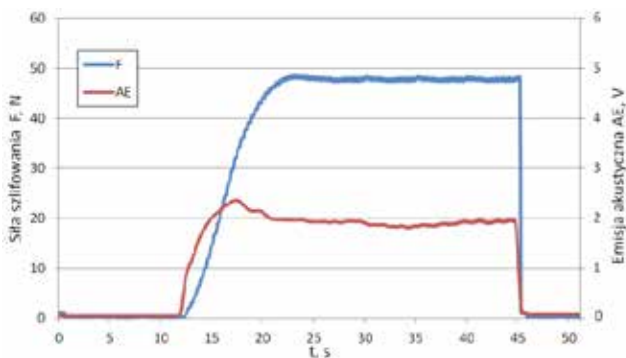
TABLICA. Warunki szlifowania

Ściernica	K1A1-100-10-5 20*D64 K+1421R C100 H
Chłodziwo	olej szlifierski
Materiał obrabiany	węgiel spiekany K20F
Średnica półfabrykatu d , mm	10
Ilość rowków wiórowych z	4
Prędkość obwodowa ściernicy v_c , m/s	20
Prędkość posuwu v_t , mm/min	40...70
Dosuw szlifowania a_p , mm	2,6

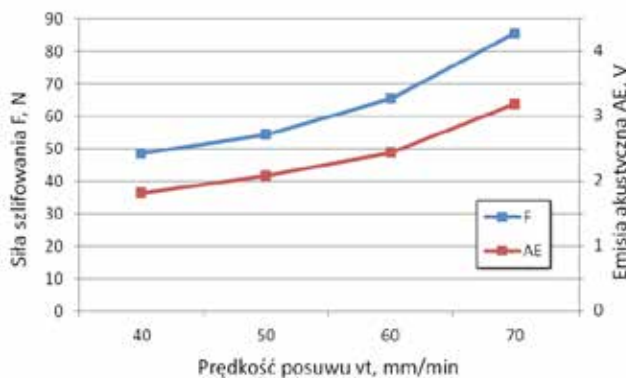
Wyniki badań

Przebiegi wartości siły szlifowania F oraz emisji akustycznej AE w trakcie wykonywania pierwszego rowka wiórowego frezu przedstawiono na rys. 2.

Można zauważyć, że sygnał AE w wysokim stopniu odzwierciedla przebieg siły szlifowania. Szybkie narastanie sygnału AE na początku obróbki pokazuje jego większą czułość niż siły szlifowania F . Średnie wartości siły szlifowania F oraz emisji akustycznej AE dla czterech prób szlifowania rowka przy różnych wartościach prędkości posuwu v_t przedstawiono na rys. 3.



Rys. 2. Przebieg siły szlifowania F oraz emisji akustycznej AE podczas szlifowania pierwszego rowka wiórowego



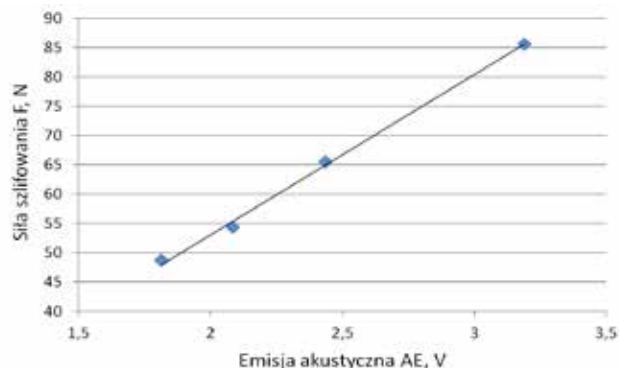
Rys. 3. Wpływ prędkości posuwu na siłę szlifowania F oraz emisję akustyczną AE

Z przebiegów wynika, że zarówno wartości siły szlifowania, jak i emisji akustycznej rosną wraz ze wzrostem wartości posuwu. Współczynnik korelacji tych sygnałów jest znaczny i wynosi $R = 0,997$. Na podstawie uzyskanych wyników można wyznaczyć zależność funkcyjną całkowitej siły szlifowania F od emisji akustycznej AE :

$$F(AE) = 22,36AE - 1,7 \quad (2)$$

gdzie: F – całkowita wartość siły szlifowania; AE – średnia wartość sygnału emisji akustycznej.

Wykres zależności wartości całkowitej siły szlifowania F od wartości sygnału AE przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Zależność siły szlifowania F od emisji akustycznej AE

Podsumowanie

Najwięcej informacji o przebiegu procesu szlifowania dostarcza pomiar sił, jednakże stosowanie siłomierzy z uwagi na ich wysoki koszt, trudności w instalacji oraz podatności na uszkodzenia w sytuacjach awaryjnych nie zawsze jest opłacalne. Czujnik emisji akustycznej charakteryzuje się niewielkimi rozmiarami, łatwością montażu na obrabiarce oraz odpornością na szkodliwe warunki obróbki.

Przeprowadzone badania wykazały, że sygnał emisji akustycznej może z powodzeniem zastąpić pomiar siły szlifowania. Sygnał wartości skutecznej emisji akustycznej charakteryzuje się bardzo wysokim stopniem korelacji z sygnałem siły szlifowania przy różnych parametrach obróbki. Stąd też zasadne jest stosowanie czujników AE do monitorowania przebiegu procesu szlifowania.

LITERATURA

- Inasaki I. „Monitoring of dressing and grinding processes with acoustic emission signals”. *Annals of the CIRP*. Vol. 1, No. 34 (1985): pp. 277÷280.
- Burek J., Babiarski R., Żyłka Ł. „Zastosowanie sygnału emisji akustycznej do wykrywania przypałów w procesie szlifowania kół zębatach”. *Mechanik*. (2004): s. 189÷194.
- Aguar P.R., Serni P.J.A., Bianchi E.C., Dotto F.R.L. „In-process grinding monitoring by acoustic emission”. *Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 2004. Proceedings (ICASSP, 04). IEEE International Conference, Vol. 5.
- Babiarski R. „Regulacja adaptacyjna wielostopniowym szlifowaniem z zastosowaniem emisji akustycznej”. Rzeszów, 2006.
- Sutowski P., Plichta S. „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.
- Burek J., Babiarski R., Żyłka Ł. „Nadzorowanie procesu szlifowania węgelnego z wykorzystaniem sygnału emisji akustycznej”. *Mechanik*. T. 86, z. 8-9, 2013: s. 66÷76/700.
- Nisal, Tejas V. „Monitoring of Surface Grinding process using Acoustic Emission (AE) with emphasis on Cutting Fluid selection”. *The University of Toledo*, 2014.