

Badania wysokoczęstotliwościowych fal naprężeń w procesie elektroerozyjnego szlifowania stopu tytanu

The study of the high-frequency stress waves in the abrasive electrical discharge grinding of titanium alloy

PAWEŁ SUTOWSKI
ROBERT ŚWIĘCIK *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.266

Przedstawiono wyniki badań wysokoczęstotliwościowego sygnału emisji akustycznej dla elektroerozyjnego szlifowania stopu tytanu. Zakres badań obejmował monitorowanie procesu obróbki ściernicami ostrymi oraz po długotrwałej pracy, co pozwoliło określić podstawy do oszacowania skrawności narzędzi w zależności od rejestrowanego sygnału AE.

SŁOWA KLUCZOWE: emisja akustyczna, szlifowanie elektroerozyjne, zużycie narzędzia, siły szlifowania

The paper presents the results of high-frequency acoustic emission signal analysis for abrasive electrical discharge grinding process of titanium alloy. This study was focused on process monitoring for sharp and worn grinding wheel, which allowed to determine the basis for estimating cutting ability, depending on the acquired AE signal.

KEYWORDS: acoustic emission, abrasive electrodischarge grinding, tool wear, grinding forces

Efektywność procesu szlifowania jest uwarunkowana doбором warunków i parametrów obróbki oraz stanem czynnej powierzchni ściernicy, który determinuje zdolność do usuwania nadmiaru obróbkowego. Ze względu na postępującą utratę zdolności skrawnych ściernic, zwłaszcza w procesach obróbki materiałów trudnoskrawalnych – np. stopów tytanu, zachodzi potrzeba monitorowania i diagnostyki procesu, w tym oceny zdolności skrawnej ściernic [1, 2].

Emisja akustyczna – AE (*acoustic emission*) jest popularnym narzędziem stosowanym do monitorowania zjawisk zachodzących podczas różnego rodzaju procesów, w tym procesów szlifowania [3–5]. Parametry opisujące impuls AE informują o intensywności i charakterze zjawisk w strefie szlifowania [5, 6] i tym samym pozwalają na obserwację aktywnych źródeł fal akustycznych. W procesie ściernego szlifowania elektroerozyjnego AEDG (*abrasive electrical discharge grinding*) do typowych dla szlifowania źródeł impulsów AE dochodzą jeszcze wyładowania iskrowe [2, 7].

Badania doświadczalne

Badania obejmowały monitorowanie składowych sił szlifowania oraz sygnału emisji akustycznej w procesie szlifowania powierzchni płaskich próbek wykonanych ze stopu tytanu TiAl4V. Program badań obejmował analizę sygnałów w zależności od skrawności ściernic z regularnego azotku boru ze spoiwem metalowym, przy zachowaniu niezmiennych parametrów obróbki (patrz tablica). Charakter zużycia ściernic zastosowanych w badaniach

* Dr inż. Paweł Sutowski (pawel.sutowski@tu.koszalin.pl) – Wydział Mechaniczny Politechniki Koszalińskiej; dr inż. Robert Święcik (robert.swiecik@p.lodz.pl) – Katedra Technologii Maszyn, Wydział Mechaniczny Politechniki Łódzkiej

opisano w [8]. Do celów porównawczych proces szlifowania prowadzono przy udziale wyładowań iskrowych i bez nich (szlifowanie konwencjonalne). Prace eksperymentalne wykonywano z użyciem: szlifierki typu ECBT-8, generatora impulsów wyładowań iskrowych typu GMP75 oraz układu pomiarowego zbudowanego z czujników piezoelektrycznych i przetworników firmy Kistler oraz NI Corp. (rys. 1).

TABLICA. Zestawienie parametrów i warunków badań

Ściernica T1 200 × 75 × 25	CBN 125/100 M75
Materiał obrabiany 24 × 40 × 15	TiAl4V
Wielkość dosuwu a_s , mm	0,02
Prędkość posuwu stycznego v_{ft} , m/min	0,5
Prędkość obwodowa ściernicy v_s , m/s	30
Płyn chłodząco-smarujący (dielektryk)	O ₁ /Z ₁ : brak, O ₂ /Z ₂ : woda destyl.
Napięcie robocze U , V, oraz prąd roboczy I , A	O ₃ /Z ₃ : 100/8, O ₄ /Z ₄ : 150/12, O ₅ /Z ₅ : 200/25
Czas trwania impulsu t_o , μ s	32
Czas przerw t_i , μ s	63
Częstotliwość próbkowania f_s , MHz	4
Zastosowane kodowanie zdolności skrawnych ściernic: ostra – O, zużyta – Z (szczegółowy opis w [8])	

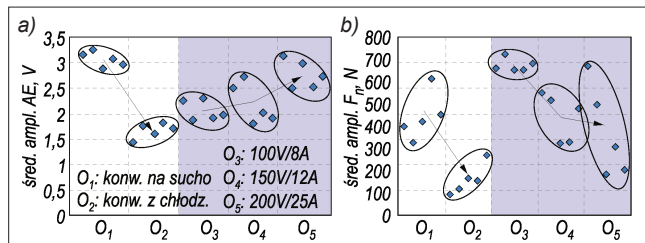


Rys. 1. Stanowisko eksperymentalne z oznaczonymi podstawowymi elementami toru pomiarowego AE (symbole producenta)

Wyniki badań i ich analiza

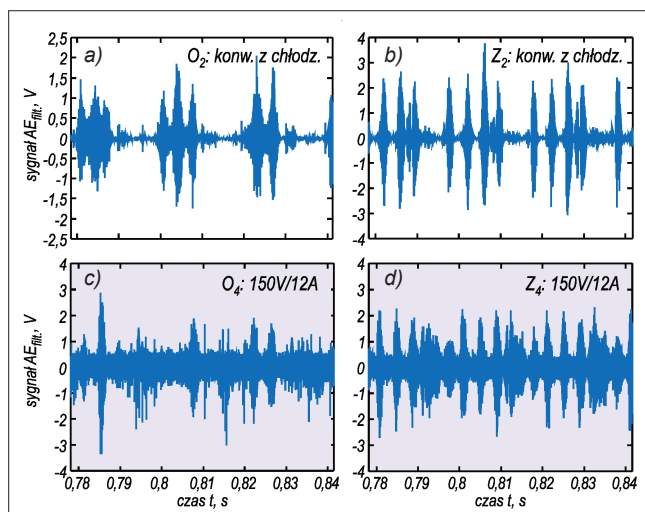
Analizując wyniki przeprowadzonych badań, zaobserwowano zmiany wartości amplitud rejestrowanych parametrów wyjściowych procesu szlifowania. Zarówno składowe siły szlifowania, jak i sygnał emisji akustycznej zmieniają się w zależności od warunków procesu szlifowania (rys. 2). W przypadku składowej normalnej siły szlifowania można wyodrębnić obszary wyników dla szlifowania konwencjonalnego zarówno bez cieczy chłodząco-smarującej, jak i z jej udziałem, oraz trójdzielny obszar

o mniejszej dokładności rozróżnialności zbioru danych w przypadku wyników zarejestrowanych dla procesu szlifowania AEDG. W przypadku sygnału emisji akustycznej występuje wyraźny podział wartości analizowanego de-skryptora na grupy zależnie od warunków przebiegu procesu szlifowania.



Rys. 2. Zmiany amplitudy zarejestrowanych sygnałów wyjściowych dla różnych warunków procesu szlifowania: a) sygnał emisji akustycznej, b) składowa normalna procesu szlifowania

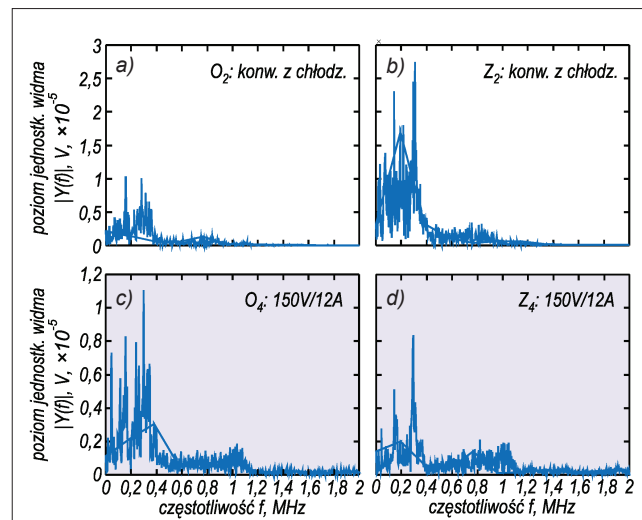
Wyniki te wskazują na możliwość opracowania modelu (klasyfikatora) dla sygnału AE, stosowanego do predykcji klasy tego sygnału, czyli przydzielania rejestrowanego sygnału do zbioru wcześniej predefiniowanych klas (warunków procesu szlifowania). Skupienie danych warunkujące dokładność predykcji klasyfikatora wskazuje na to, że sygnał emisji akustycznej jest parametrem silniej skorelowanym ze zjawiskami występującymi w strefie szlifowania niż składowe siły szlifowania. Zastosowanie analizy sygnału AE pozwala tym samym na skuteczniejsze grupowanie elementów we względnie jednorodne klasy. Wynika to z charakteru AE jako narzędzia do monitorowania dynamicznych zdarzeń zachodzących w strefie obróbki. Przykładowo, charakterystyka sygnału AE w funkcji czasu może posłużyć do wyznaczenia ilości lub tempa zdarzeń oraz zliczeń dla pojedynczych impulsów (rys. 3).



Rys. 3. Charakter sygnału AE zarejestrowanego w procesie szlifowania w różnych warunkach: szlifowanie konwencjonalne z chłodzeniem zalewowym – ściernicą ostrą O_2 (a), ściernicą zużyta Z_2 (b); szlifowanie AEDG – ściernicą ostrą O_4 (c), ściernicą zużyta Z_4 (d)

Zarejestrowany sygnał AE wyraźnie zmienia swą charakterystykę w zależności od typu procesu szlifowania i postaci zużycia ściernicy. Przebiegi sygnału wskazują, że suma zdarzeń i ich tempo wyraźnie wzrastają, jeżeli proces przebiega z udziałem zjawisk charakterystycznych dla ściernicy zużytej. Odnosząc charakter sygnału AE w procesie szlifowania AEDG do procesu konwencjonalnego, można zaobserwować wyraźny wzrost szumu sygnału, co jest związane z dodatkowymi źródłami impulsów AE – są one wynikiem wyładowań iskrowych.

Rozkłady składowych harmonicznych sygnału AE wskazują na unikalne struktury sygnału ukształtowanego przez warunki obróbki (rys. 4).



Rys. 4. Przykładowe widma sygnału AE otrzymane w różnych warunkach procesu szlifowania: szlifowanie konwencjonalne z chłodzeniem zalewowym – ściernicą ostrą O_2 (a), ściernicą zużyta Z_2 (b); szlifowanie AEDG – ściernicą ostrą O_4 (c), ściernicą zużyta Z_4 (d)

Rozkład harmonicznych sygnału emisji akustycznej, zarejestrowanego dla badanych procesów, wskazuje na główne pasmo w zakresie do 400 kHz oraz dodatkowe w zakresie od 400 kHz do 1,2 MHz. W procesie AEDG zaobserwowano, że zużycie ściernicy powoduje wyraźne zmniejszenie mocy drgań harmonicznych wielu składowych w pierwszym rozpatrywanym zakresie częstotliwości – odwrotnie niż w przypadku wyników otrzymanych dla konwencjonalnego procesu szlifowania.

Podsumowanie

Wyniki badań wskazują, że podczas szlifowania techniką AEDG generowane są fale sprężyste o charakterystycznej postaci. Rejestracja i analiza tych fal w postaci sygnału emisji akustycznej może stanowić skuteczne narzędzie do badania tego procesu, pozwalające na wyznaczenie okresu trwałości supertwardych ściernic ze spoiwem metalowym.

LITERATURA

- Nadolny K., Sienicki W., Wojtewicz M. "The effect upon the grinding wheel active surface condition when impregnating with non-metallic elements during internal cylindrical grinding of titanium". *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. 15 (2015) 1: pp. 71÷86.
- Święcik, R. "Experimental investigation of abrasive electrodischarge grinding of Ti6Al4V titanium alloy". *JAMME*. Vol. 37, No. 2 (2009): pp. 706÷711.
- Sutowski P., Nadolny K., Kapłonek W. "Monitoring of cylindrical grinding processes by use of a non-contact AE system". *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*. Vol. 13 (2012): pp. 1737÷1743.
- Sutowski P. "Surface evaluation during the grinding process using acoustic emission signal". *Journal of Machine Engineering*. Vol. 12, No. 4 (2012): pp. 23÷34.
- Sutowski, P. "Oszacowanie stopnia zużycia ściernicy z wykorzystaniem sygnału emisji akustycznej i teorii zbiorów rozmytych". *Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji*. R. 30, nr 4 (2010): s. 47÷56.
- Susic E., Grabec I. "Characterization of the grinding process by acoustic emission". *International Journal of Machine Tools and Manufacturing*. Vol. 40 (2000): pp. 225÷238.
- Babiarz R. "Monitorowanie wybranych wielkości procesowych w szlifowaniu CFG". *Mechanik*. Nr 12 (2015): s. 6÷9.
- Gołąbczak A., Gołąbczak M., Święcik R. i in. "Dwuparametrowa ocena zdolności skrawnych ściernic supertwardych ze spoiwem metalowym". *Mechanik*. Nr 8-9 (2015): s. 112÷116.