

Zastosowanie analizy sygnału emisji akustycznej do oceny jakości powierzchni uzyskiwanej w procesie przecinania strugą wodno-ścierną

The use of acoustic emission signal analysis for the quality evaluation of the surfaces obtained in abrasive waterjet cutting process

PAWEŁ SUTOWSKI
MARZENA SUTOWSKA*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.240

W artykule opisano możliwość zastosowania analizy sygnału emisji akustycznej do oceny jakości powierzchni uzyskiwanej w procesie cięcia wysokociśnieniową strugą wodno-ścierną. Otrzymane wyniki badań potwierdziły wyraźny wpływ warunków obróbki na strukturę geometryczną przecięć oraz zarejestrowane wartości emitowanych fal naprężeń.

SŁOWA KLUCZOWE: jakość powierzchni, proces cięcia, struga wodno-ścierna, monitorowanie procesu, emisja akustyczna

The article describes the possibility of using acoustic emission signal for the purpose of evaluation of the surface obtained in high-pressure abrasive waterjet cutting process. The obtained results showed a clear influence of the machining conditions on the geometric structure of the obtained cuts and the registered values of the stress waves.

KEYWORDS: surface quality, cutting process, abrasive water jet, process monitoring, acoustic emission

Emisja akustyczna – AE (*acoustic emission*) jest stosowana do monitorowania zjawisk zachodzących podczas różnego rodzaju procesów. Wykorzystanie czujników AE do monitorowania procesów produkcyjnych zostało szeroko omówione przez badaczy, m.in. w [1÷7]. Metodę tę stosuje się m.in. do oceny erozyjności strugi wodno-ściernej AWJ (*abrasive water jet*) w aspekcie efektywności jej wnikania w materiał obrabiany [2, 3] oraz do kontroli jakości powierzchni obrabianej [4÷6]. Przeprowadzone dotychczas eksperymentalne prace w tym zakresie wskazują, że pomiary emisji akustycznej są obiecującym narzędziem do aktywnej identyfikacji różnych mechanizmów usuwania materiału, powstających w trakcie erozji wodno-ściernej.

Podczas gdy technologia obróbki AWJ została w znacznej mierze rozwiązana co do sprzętu i oprogramowania, to aktywna kontrola jakości powierzchni w tej metodzie nadal stanowi problem [8].

Badania doświadczalne

Badania przeprowadzono w celu określenia zależności występujących między wysokoczęstotliwościowym sygnałem emisji akustycznej a jakością powierzchni uzyskanej w procesie cięcia strugą wodno-ścierną. W eksperymencie wykorzystano centrum obróbkowe JetMachining Center OMAX 55100/4055V (OMAX Corporation, USA) – rys. 1 oraz tabl. I. Do analizy struktury geometrycznej powierzchni po cięciu zastosowano interferometr skaningowy typu TalySurfCLI2000 i oprogramowanie TalyMap Universal.



Rys. 1. Stanowisko eksperymentalne z oznaczonymi podstawowymi elementami toru pomiarowego AE (nazwa i symbol producenta)

TABLICA I. Zestawienie parametrów i warunków badań

Prędkość posuwu głowicy tnącej v_f , mm/min	232/417/776
Ciśnienie wody p , MPa	367
Ścierniwo (typ i wielkość)	Garnet, 80
Wydatek ścierniwa m_A , kg/min	0,336
Średnica dyszy ogniskującej d_f , mm	0,762
Odległość dyszy od materiału x , mm	1,5
Materiał obrabiany	aluminium 5251
Grubość materiału h , mm	10
Czujnik AE (Kistler Instruments Corp., USA)	8152B211
Konwerter A/C (NI Corp., USA)	PXIe-6124
Częstotliwość próbkowania sygnału f_s , MHz	2,5

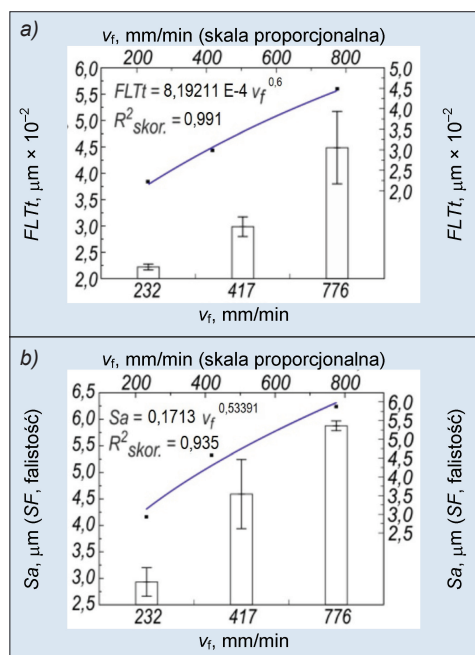
Wyniki badań i ich analiza

Analizując wyniki badań, zaobserwowano, że zwiększenie prędkości posuwu podczas procesu cięcia stopu aluminium spowodowało zwiększenie nierówności występujących na powierzchni przecięcia – zarówno chropowatości, jak i falistości. Przykładowe zmiany i wyznaczone zależności korelacyjne średnich wartości wybranych parametrów mikrotopografii powierzchni w relacji do prędkości posuwu głowicy tnącej przedstawiono na rys. 2.

Uzyskane zależności charakteryzują się dobrym dopasowaniem wyników pomiarów mikrogeometrii powierzchni do wyznaczonych statystycznie modeli, co oznacza, że te modele można z powodzeniem stosować do prognostycznej oceny struktury geometrycznej powierzchni po procesie cięcia strugą wodno-ścierną.

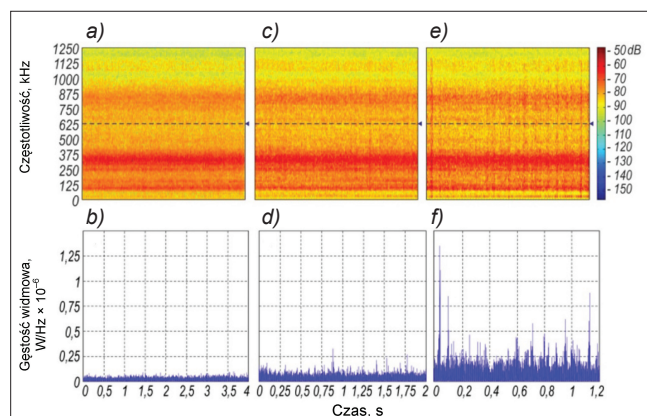
W celu określenia skuteczności zastosowania analizy wysokoczęstotliwościowego sygnału emisji akustycznej do oceny jakości powierzchni uzyskiwanej w procesie przecinania stopu aluminium strugą wodno-ścierną

* Dr inż. Paweł Sutowski (pawel.sutowski@tu.koszalin.pl), dr inż. Marzena Sutowska (marzena.sutowska@tu.koszalin.pl) – Wydział Mechaniczny Politechniki Koszalińskiej



Rys. 2. Korelacje między prędkością posuwu głowicy tnącej a parametrami topografii powierzchni: a) odchyleniem od płaskości; b) średnią arytmetyczną rzędnych falistości powierzchni

przeprowadzono analizy sygnału AE w domenie częstotliwości. Taka analiza, skoncentrowana na jakościowym aspekcie procesu przecinania strugą wodno-ścierną, została przeprowadzona z zastosowaniem spektrogramów. Jej przykładową postać graficzną zaprezentowano na rys. 3.

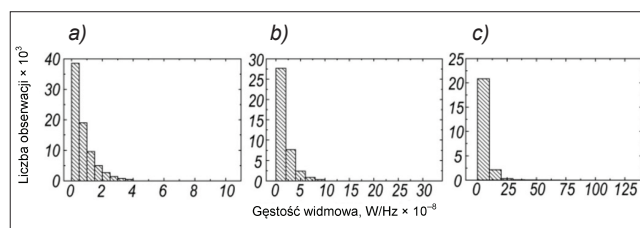


Rys. 3. Przykładowe spektrogramy sygnału AE oraz widmo gęstości mocy dla $f = 625$ MHz otrzymane dla różnej jakości cięcia: a-b) najwyższej, c-d) pośredniej, e-f) najniższej

W zależności od prędkości posuwu głowicy tnącej rozkłady składowych harmonicznych mają strukturę sygnału emisji akustycznej ukształtowanego przez dobór parametrów obróbki – głównie ciśnienia wody i wydatku ścierniwa. Zaobserwowane zmiany są subtelne, ale widać narastające zakłócenia, które można zinterpretować jako tło wzrastające analizowanemu sygnałowi.

W przypadku obniżonej jakości procesu cięcia amplituda szumu w sygnale ujawnia się i na wykresie można zaobserwować pojedyncze pionowe pasma, wskazujące na to, że w bardzo krótkich odstępach czasu zmieniały się rozkład i intensywność składowych harmonicznych w zarejestrowanym sygnale (rys. 3c-d i 3e-f).

Po wyodrębnieniu pojedynczego widma gęstości mocy (PSD) ze spektrogramu (izolinia $f = 625$ kHz) można zaobserwować wzrost mocy sygnału w funkcji zmiany wskaźnika jakości procesu (rys. 4).



Rys. 4. Rozkład wartości dla pojedynczej składowej harmonicznej w widmie gęstości mocy sygnału AE dla różnej jakości cięcia: a) najwyższej, b) pośredniej, c) najniższej

Kształt rozkładu wartości mocy wskazuje na rozkład gamma o parametrach zależnych od zastosowanej prędkości posuwu. W zależności od wartości parametru v_f zmieniają się: średnia, odchylenie standardowe, a także skośność i kurtoza rozkładu. Wszystkie parametry statystyczne rosną wraz z pogarszaniem się jakości cięcia (tabl. II).

TABLICA II. Wartości wybranych parametrów rozkładu widma mocy sygnału AE z rys. 4

Prędkość posuwu v_f , mm/min	232	417	776
Średnia	0,764	1,670	4,550
Odchylenie standardowe	0,80871	1,79652	5,5504
Skośność (asymetria)	2,334	2,482	4,443
Kurtoza (spłaszczenie)	8,568	11,577	44,901

Coraz większa asymetria i spłaszczenie rozkładu obserwowanych wartości mogą sugerować pogorszenie jakości powierzchni uzyskanej w procesie przecinania AWJ.

Podsumowanie

Pogorszenie jakości powierzchni przecinanych strugą wodno-ścierną znajduje odzwierciedlenie we wzroście rozpatrywanych parametrów rozkładu statystycznego wartości opisujących widmową gęstość mocy sygnału AE. Zależność tę można z powodzeniem wykorzystać do przewidywania wartości parametrów struktury geometrycznej powierzchni. Stanowi to wyróżnik proponowanej metody w odniesieniu do zastosowania jedynie kilkustopniowej skali doboru jakości przebiegu procesu w oprogramowaniu sterującym (np. OMAX Make) centrów obróbkowych. Operator obrabiarki uzyska system ekspercki informujący o spodziewanym rezultacie obróbki.

LITERATURA

- 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.
- Momber A.W., Mohan R.S., Kovacevic R. "On-line analysis of hydroabrasive erosion of pre-cracked materials by acoustic emission". *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*. Vol. 31 (1999): pp. 1-17.
- Hassan Al., Chen C., Kovacevic R. "On-line monitoring of depth of cut in AWJ cutting". *International Journal of Machine Tools and Manufacturing*. Vol. 44 (2004): pp. 595-605.
- Hloch S., Valiček J., Kozak D., Tozan H., Chattopadhyaya S., Adamčík P. "Analysis of acoustic emission emerging during hydroabrasive cutting and options for indirect quality control". *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 66 (2013): pp. 45-58.
- Rabani A., Marinescu I., Axinte D. "Acoustic emission energy transfer rate: A method for monitoring abrasive waterjet milling". *International Journal of Machine Tools and Manufacturing*. Vol. 61 (2012): pp. 80-89.
- Peržel V., Hreha P., Hloch S., Tozan H., Valiček J. "Vibration emission as a potential source of information for abrasive waterjet quality process control". *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 61, No. 1-4 (2011): pp. 285-294.
- Hreha P., Hloch S., Peržel V. "Analysis of acoustic emission recorded during monitoring of abrasive waterjet cutting of stainless steel AISI 309". *Tehnicki Vjesnik*. Vol. 19 (2012): pp. 355-359. ISSN: 1330-3651. UDC/UDK: 621.9.044.4: 534.2.05. ■