

Jan KOSMOL, Andrzej SOKOŁOWSKI

Instytut Budowy Maszyn
Politechnika Śląska

ANALIZA WIBROAKUSTYCZNA W DZIEDZINIE CZASU JAKO METODA
POSZUKIWANIA SYMPTOMÓW ZUŻYCIA OSTRZA SKRAWAJĄCEGO

Streszczenie. W referacie przedstawione są wyniki badań sygnałów wibroakustycznych wraz z analizą tych sygnałów w dziedzinie czasu. Postawiono tezę, że poszukiwanie symptomów zużycia ostrza skrawającego oparte na analizie sygnałów wibroakustycznych w dziedzinie czasu może prowadzić do korzystniejszych rezultatów niż analiza w dziedzinie częstotliwości. Uzyskane wyniki badań nie potwierdziły tej tezy.

VIBROACOUSTIC ANALYSIS IN TIME DOMAIN AS SYMPTOMS
OF CUTTING TOOL WEAR INVESTIGATION METHOD

Summary. The results of investigation of vibroacoustic signals and the analysis of the signals in time domain are presented in the paper. The author are looking for symptoms of cutting tool wear. It was postulated the analysis in the time domain more beneficial than in the frequency one. The obtained results did not confirm it.

ВИБРОАКУСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В ЧАСОВОЙ ОБЛАСТИ КАК МЕТОД
ПОИСКА СИМПТОМА ИЗНОСА РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ

Резюме. В статье представлены результаты исследования виброакустических сигналов вместе с анализом в часовой области. Представлено тезисы что поиски симптома изношения режущей кромки при помощи виброакустических сигналов в часовой области времени приводит к положительным результатам, чем частотный анализ. Полученные результаты исследований не подтвердили этого тезиса.

1. WSTĘP

W Instytucie Budowy Maszyn Politechniki Śląskiej w Gliwicach prowadzone są prace badawcze [1], [2], [3] nad znalezieniem najkorzystniejszych symptomów zużycia ostrza skrawającego na potrzeby automatycznego nadzoru narzędzia pracującego w bezobsługowej stacji obróbkowej. Prace te koncentrują się nad wykorzystaniem sygnałów wibroakustycznych z zakresu 3-15 kHz, tj. sygnałów drgań mechanicznych wybranych zespołów obrabiarkowych. Główna trudność polega na znalezieniu takiego symptomu zużycia, tj. takiego wskaźnika, którego wartość byłaby uzależniona od stopnia zużycia ostrza skrawającego, a nie byłaby uzależniona od pozostałych warunków obróbki oraz zmieniających się cech układu OUPN, jak np. sztywność. W [1] i [2] przedstawiono wyniki badań w postaci zależności pomiędzy amplitudą sygnału wibroakustycznego o ściśle dobranej częstotliwości a stopniem zużycia ostrza skrawającego. Analiza wyników badań w dziedzinie częstotliwości potwierdziła wniosek o ściślejszej zależności amplitudy sygnału wibroakustycznego od zużycia ostrza skrawającego. Potwierdziła także wniosek, że amplituda zależy równie silnie od parametrów skrawania, jak i sztywności układu OUPN. Wniosek końcowy sugeruje konieczność poszukiwania innych symptomów zużycia, bardziej niezależnych od parametrów skrawania i cech układu OUPN (głównie sztywności).

Analiza doniesień literaturowych dotyczących zadowalających wyników osiąganych w analizie sygnałów emisji akustycznej [4] była podstawą do przyjęcia tezy, iż analiza sygnału wibroakustycznego w dziedzinie czasu może dać lepsze rezultaty niż w dziedzinie częstotliwości. Przez analogię do metod stosowanych w analizie sygnałów emisji akustycznej zdecydowano się na analizę współczynnika szczytu - kurtozy i współczynnika pochylenia - skosu, a także wskaźnika ilości przejść przez poziom zerowy ZRC (Zero Crossing Rate), wartości skutecznej sygnału RMS (RootMean-Square) oraz funkcji cepstrum. W niniejszym referacie przedstawiono wyniki tej analizy.

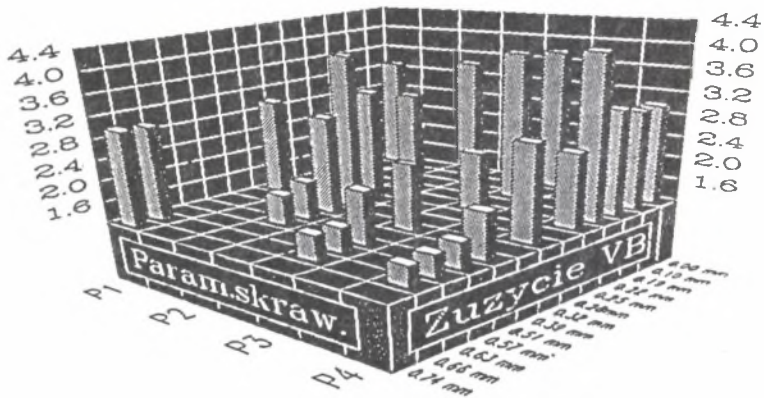
2. ANALIZA SYGNAŁÓW WIBROAKUSTYCZNYCH W DZIEDZINIE CZASU

Analiza sygnałów wibroakustycznych w dziedzinie czasu sprowadzała się do wyznaczenia podstawowych wielkości statystycznych opisujących sygnały

losowe, tj. współczynników szczytu - kurtozy, pochylenia - skosu oraz wskaźnika ilości przejść przez poziom zerowy (ZRC) oraz wielkości reprezentujących energię sygnału drganiowego: wartości skutecznej RMS oraz funkcji cepstrum.

Współczynniki szczytu - kurtozy i pochylenia - skosu są wielkościami, które opisują kształt rozkładu analizowanego sygnału. Skos mierzy symetrię względem wartości średniej. Ujemna wartość skosu wskazuje na przesunięcie rozkładu poniżej wartości średniej, a dodatnia wartość skosu na przesunięcie powyżej wartości średniej. Duża wartość kurtozy określa ostry rozkład, tj. skupiony wokół wartości średniej, natomiast mała wartość kurtozy odnosi się do względnie płaskiego rozkładu.

Na rys.1 przedstawiono przykładowe wyniki badań wartości kurtozy w funkcji zużycia ostrza VB dla czterech kombinacji parametrów skrawania (P1- P4).

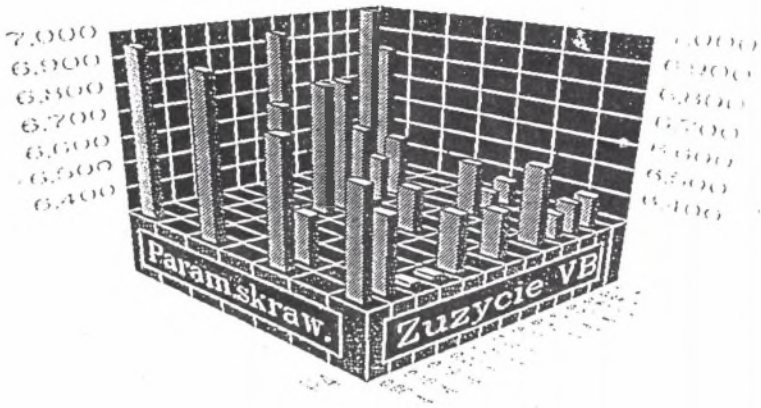


Rys.1. Wartość kurtozy jako funkcja zużycia ostrza VB

Fig.1. The value of kurtosis as a function of cutting tool wear VB

Analiza kurtozy w przeciwieństwie do wyników badań emisji akustycznej [4] wykazuje brak korelacji z zużyciem narzędzia. Podobny wniosek można wyciągnąć analizując skos. Można więc mówić o całkowitym braku przydatności skosu i kurtozy w celu detekcji zużycia narzędzia.

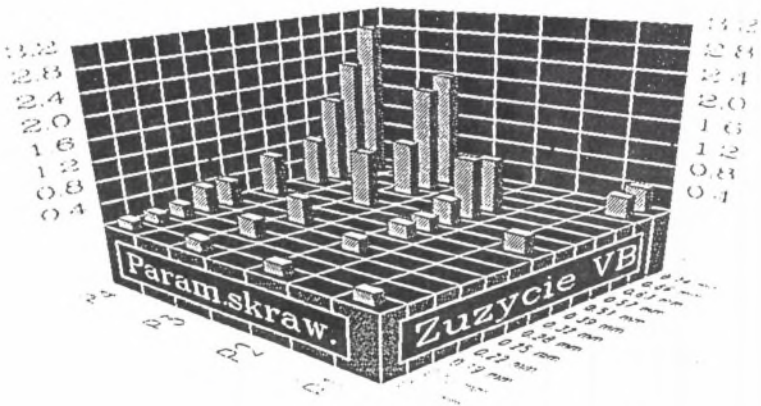
Wyniki badań w postaci wpływu zużycia ostrza na wskaźnik ilości przejść przez poziom zerowy ZCR zaprezentowano na rys.2. Wskaźnik ZCR wykazuje stosunkowo małą korelację z zużyciem mierzonym na powierzchni przyłożenia VB.



Rys.2. Wartość wskaźnika ilości przejść przez poziom zerowy ZCR

Fig.2. The value of Zero Crossing Rate ZCR

Obliczenia wartości skutecznej RMS oraz funkcji cepstrum, w odróżnieniu od wskaźników kurtozy, skosu czy ZCR, były próbą odejścia od obserwacji jednej specyficznej częstotliwości, czyli próbą odejścia w kierunku analizy pasma częstotliwości. Rys.3 przedstawia przykładowe wyniki badań w postaci wykresu RMS jako funkcji zużycia ostrza VB.



Rys.3. Zmiany wartości RMS w funkcji zużycia ostrza VB

Fig.3. The changes of RMS value as a function of cutting tool wear VB

Analiza wykresu na rys.3 pozwala stwierdzić, że RMS zmienia się wraz z postępującym zużyciem. Zmiany te są podobne do zmian amplitudy prędkości drgań [2]. Z rys.3 wynika że RMS jest również czułe na zmiany warunków

skrawania (P1, P2, P3, P4), jak amplituda prędkości drgań [2]. Pozytywnym wnioskiem z tych badań jest możliwość detekcji zużycia ostrza bez wcześniejszej identyfikacji charakterystycznej częstotliwości.

Funkcję cepstrum wyznaczono wg zależności:

$$C_w(t) = \frac{1}{q} \sum_{i=1}^q (\text{FFT} \{ \log [G(f)] \}) \quad (1)$$

gdzie: FFT - symbol szybkiej transformaty Fouriera,

G(f) - widmo gęstości mocy sygnału,

$C_w(t)$ - uśrednione cepstrum,

q - ilość uśrednionych cepstrów,

Cepstrum obliczone dla zerowego zużycia ostrza traktowano jako wzorcowe (C_w).

Dla porównywania wartości zużycia ostrza z wielkościami wyznaczonymi przy pomocy cepstrum wprowadzono wskaźnik cepstrum:

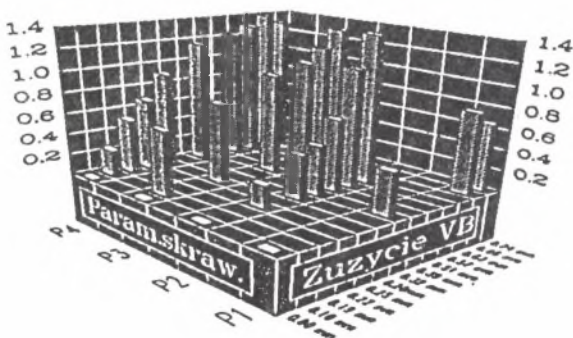
$$W_{c_1} = \sum_{t=a}^b (C_{w_1}(t) - C_w(t)) \quad (2)$$

gdzie: W_{c_1} - wskaźnik cepstrum,

a, b - przedział t, dla którego obliczano dany wskaźnik.

$C_{w_1}(t)$, $C_w(t)$ - i-te uśrednione cepstrum oraz cepstrum wzorcowe.

Dobrą korelację z zużyciem ostrza wykazano analizując wskaźniki cepstrum. Na rys.4 przedstawiono przykładowe zmiany wskaźnika cepstrum wraz ze wzrastającym zużyciem VB.



Rys.4. Zmiany wskaźnika cepstrum w funkcji zużycia ostrza VB

Fig.4. The changes of Cepstrum as a function of cutting tool wear VB

Analiza tych wartości pozwala twierdzić, że są one niezależne od sztywności układu OUPN. Natomiast wskaźnik cepstrum podobnie jak amplituda prędkości drgań, jest czuły na zmiany parametrów skrawania.

3. PODSUMOWANIE

Badania eksperymentalne wykazały brak przydatności obliczeń skosu, kurtozy i ZCR dla oceny zużycia głównej powierzchni przyłożenia ostrza. Wskaźnik RMS wykazuje dobrą korelację z zużyciem VB, ale czułość na zmiany zużycia jest mniejsza niż amplitudy prędkości drgań. Zaletą obliczeń RMS jest możliwość uniezależnienia się od konieczności śledzenia wybranej częstotliwości. Analiza funkcji cepstrum i wskaźnika cepstrum wykazała możliwość zastosowania tej metody do pomiarów zużycia narzędzia ale tylko dla przypadków skrawania ze stałymi parametrami. Zmiany parametrów skrawania powodują zmiany wskaźnika cepstrum, co ogranicza wykorzystanie tego wskaźnika do automatycznego nadzoru.

LITERATURA

- [1] Sokołowski A., Kosmol J.: Próba analizy drgań obrabiarki w świetle detekcji zużycia narzędzia skrawającego. Z. N. Pol. Śl. z.103, Gliwice 1991, s.125-128,
- [2] Kosmol J., Sokołowski A.: Identyfikacja wpływu parametrów skrawania na wibroakustyczne symptomy zużycia ostrza skrawającego. Z. N. Pol. Śl., z.107, Gliwice 1992, s.205-211,
- [3] Badania nad wykorzystaniem sygnałów wibroakustycznych do nadzorowania zużycia ostrza skrawającego. Sprawozdanie z badań realizowanych w 1991r w ramach Projektu Badawczego PBU-250/RMT-1/91 pod kierunkiem J.Kosmola,
- [4] Liang S.Y., Dornfeld D.A.: Tool wear detection using time series analysis of acoustic emission. Journal of Engineering for Industry, August 1989, vol. 111, pp 199-205.

Recenzent: Dr hab. Zbigniew Dąbrowski.

Wpłynęło do Redakcji dnia 30. 10. 1992.

Abstract

The current research undertaken in the Division of Machine Tools at Silesian Technical University is dedicated to utilizing of vibroacoustic

signals from the range between 3 and 15 kHz in order to monitor of the cutting tool state [1-3]. It was postulated the analysis in the time domain more beneficial than in the frequency one. Based on the analogy to the method which are normally applied to the acoustic emission analysis it has been decided to use analysis of the peak - kurtosis and slope coefficient, zero crossing rate, root mean square value and cepstrum function. Figure 1 show exemplary results as the kurtosis coefficients as the functions of cutting tool wear VB for four different cutting parameters combinations. Results concern an influence of cutting tool wear for the zero crossing rate are presented in Figure 2. Other results on root mean square value and rate of change of cepstrum are depicted in Figure 3 and 4 respectively. It has been concluded that the experimental investigations carried on utilizing the slope, kurtosis and zero crossing rate coefficients for the main tool flank don't look promising at this stage. However the root mean square value shows a good correlation with the wear coefficient VB. The analysis of cepstrum function and cepstrum coefficient give a clear evidence of their future utilization to the cutting tool wear measurements, but only for the constant cutting velocity.