

Jan Kosmol, Andrzej Sokołowski  
Instytut Budowy Maszyn  
Politechnika Śląska

## IDENTYFIKACJA WPŁYWU PARAMETRÓW SKRAWANIA NA WIBROAKUSTYCZNE SYMPTOMY ZUŻYCIA OSTRZA SKRAWAJĄCEGO

**Streszczenie.** W referacie przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych wpływu wybranych parametrów skrawania na wybrane wibroakustyczne symptomy zużycia ostrza skrawającego. Badania te związane są z identyfikacją obiektu badań i mają charakter badań rozpoznawczych.

**Резюме.** В статье представлены результаты экспериментальных исследований влияния избранных параметров резания на избранные виброакустические симптомы износа режущего инструмента. Эти исследования связаны с идентификацией объекта исследования. Это разведочное исследование.

**Summary.** The experimental results of the influence of selected cutting parameters on selected vibroacoustic symptoms of the wear of the cutting tool are presented at the paper. The aim of the investigations is to identify the subject of investigation. There is a preliminary test presented at the paper.

### 1. WPROWADZENIE

W Instytucie Budowy Maszyn Politechniki Śląskiej prowadzone są prace badawcze nad wykorzystaniem sygnałów wibroakustycznych do oceny stanu narzędzia skrawającego. Na XXX Sympozjone "Modelowanie w mechanice" [1] przedstawiono założenia oraz wyniki badań wstępnych. W dalszym ciągu w ramach [2] określono wpływ wybranych parametrów skrawania na poziom drgań wybranego elementu układu OUPN. Badania te miały na celu weryfikację doniesień literaturowych dotyczących wpływu parametrów skrawania [4]. Doniesienia na ten temat są dosyć obszerne ( w [2] przeprowadzono przegląd ponad 100 pozycji literaturowych) ale często sprzeczne. Na ich podstawie trudno o jednoznaczna interpretację wpływu parametrów skrawania na poziom

drgań wybranego elementu układu OUPN. Ocena wpływu parametrów skrawania na poziom sygnałów wibroakustycznych jest ważna dla opracowanie strategii automatycznego nadzoru stanu narzędzia pracującego w bezobsługowej stacji obróbkowej ASO. W związku z tym można rozważyć dwa przypadki:

- a) identyfikację wpływu parametrów skrawania na wybrany symptom (sygnał wibroakustyczny) zużycia ostrza. Na podstawie pomiaru tego sygnału i znanych parametrów skrawania można określać stan zużycia narzędzia,
- b) poszukiwanie takich symptomów zużycia (np poprzez analizę dwuwymiarową sygnałów), które są niezależne od parametrów skrawania. To podejście jest korzystniejsze, ale na obecnym etapie rozpoznania zjawiska taki symptom zużycia nie jest jeszcze poznany.

Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań eksperymentalnych obejmujących wpływ wybranych parametrów skrawania na wybrany sygnał wibroakustyczny, jakim jest prędkość drgań wybranego elementu drgającego układu OUPN oraz próba uogólnienia wniosków.

## 2. METODYKA BADAŃ EKSPERYMENTALNYCH

Na podstawie doniesień literaturowych trudno jest oszacować pasmo częstotliwości, w którym należy poszukiwać najlepszych symptomów zużycia. Dlatego badania wstępne przedstawione w [1] miały na celu znalezienie takich częstotliwości, dla których poziom sygnału wibroakustycznego najsilniej był uzależniony od stopnia zużycia ostrza. Dla wykorzystywanego stanowiska pomiarowego były to następujące częstotliwości [2]: 6128 Hz, 7200 Hz, 8262 Hz, 8540 Hz. Dla tych wybranych częstotliwości obserwowano największą czułość na zmianę zużycia ostrza we wszystkich trzech kierunkach drgań (częstotliwości dominujących było więcej, ale wybrano tylko te, dla których obserwowano zmiany we wszystkich trzech kierunkach).

Badania eksperymentalne prowadzono na stanowisku wyposażonym w aparaty firmy Bruel&Kjaer (magnetofon B&K 7006, wibrometry B&K 2511 całkujące wzmacniacze ładunku B&K 2635, czujniki przyspieszeń B&K 4348). Obróbkę wyników przeprowadzono obserwując jedynie te wybrane częstotliwości. Celem ułatwienia porównywania wyników pomiarów przyjęto trzy wartości kryterialne zużycia ostrza narzędzia, a mianowicie: 0.0 mm (ostrze nie zużyte), 0.4 mm (ostrze średnio zużyte), 0.8 mm (ostrze zużyte). Zmierzone amplitudy prędkości drgań porównywano tylko dla tych trzech wybranych stopni zużycia ostrza skrawającego.

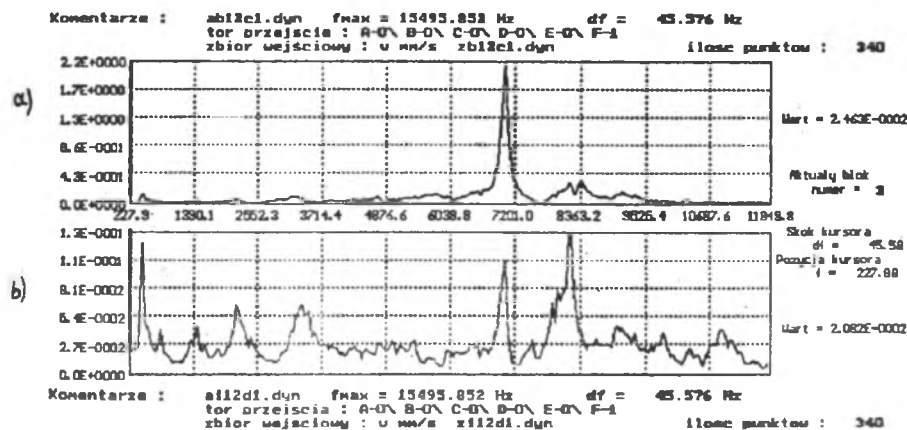
Podobnie arbitralnie przyjęto zakresy zmian parametrów skrawania, tj. prędkości skrawania, posuwu i głębokości skrawania (np. wpływ prędkości skrawania oceniano porównując wyniki pomiarów tylko dla 3 wybranych prędkości: 90, 120 i 150 m/min). W [2] zamieszczono szczegółowe wyniki przeprowadzonych badań. W artykule przedstawiono tylko te wybrane fragmenty badań, które są wiarygodne w oparciu o wyniki zamieszczone w [2].

Na rys.1 przedstawiono fragmenty widma drgań dla kierunku drgań Z, dla czujnika umieszczonego bezpośrednio na nożu (a) i na korpusie imaka (b), dla stopnia zużycia ostrza  $VB=0.8$  mm.

### 3. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ EKSPERYMENTALNYCH

Przeprowadzone badania eksperymentalne [2] pozwalają na pewne uogólnienia odnośnie do wpływu parametrów skrawania na poziom prędkości drgań przy skrawaniu narzędziem o różnym stopniu zużycia:

- wzrost prędkości skrawania powoduje wzrost poziomu prędkości drgań wybranego elementu obrabiarki, jednakże nie są to zmiany monotoniczne,
- wielkość zmian prędkości drgań w funkcji prędkości skrawania zależy zarówno od kierunku, w którym drgania są mierzone, jak i od stopnia zużycia narzędzia,



Rys. 1. Widma prędkości drgań na nożu (a) i na korpusie imaka (b) w kierunku Z,  $V=120$  m/min,  $p=0.2$  mm/obr,  $VB=0.8$  mm

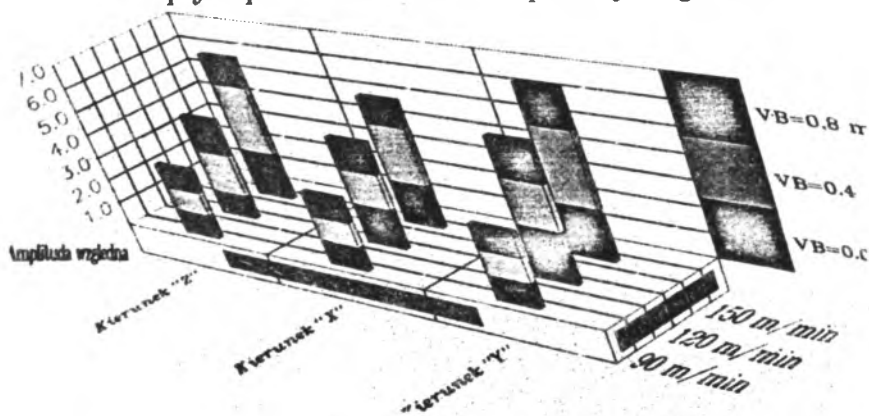
Fig. 1. Spectrum of vibration speed on the cutting tool (a) and on the cutting holder (b), Z direction,  $V=120$  m/min,  $p=0.2$ ,  $VB=0.8$  mm

- zmiany prędkości drgań mają charakter monotoniczny dla wszystkich trzech kierunków drgań (X,Y,Z-rys.2) tylko dla częstotliwości 7200 Hz. (na rys.2 przedstawiono względne amplitudy prędkości drgań, które wyznaczano jako ilorazy amplitudy prędkości drgań do amplitudy prędkości drgań odpowiadającej  $V_R=0$  mm i odpowiedniej prędkości skrawania V),
- dla innych obserwowanych częstotliwości (np 6128 Hz) takiej monotoniczności nie zaobserwowano.

Wpływ posuwu na amplitudy prędkości drgań oceniany był przez porównywanie tych amplitud dla dwóch wartości posuwu różniących się o 100% (0.1 mm/obr i 0.2 mm/obr). Pomiary powtarzano dla różnych wariantów prędkości skrawania, głębokości skrawania i zużycia ostrza. W tab.1 przedstawiono fragment wyników badań wpływu dwóch wartości posuwu (0,1 i 0,2 mm/obr) dla różnych kombinacji prędkości i głębokości skrawania i zużycia VB dla wybranego kierunku drgań X. Ze statystycznego punktu widzenia jest to zbyt mała liczba prób, tym niemniej wnioski z przeprowadzonych badań są dosyć jednoznaczne:

- badania wykazują na tyle znaczne rozbieżności w charakterze oddziaływań na poziom prędkości drgań, że uchwycenie jednoznacznych zmian praktycznie było niemożliwe,
- 100% przyrost posuwu w zależności od parametrycznie zmiennego zużycia

### Wpływ pred. skr. "V" na amplitudy względne



Rys. 2. Amplitudy względne prędkości drgań dla parametrycznie zmiennej prędkości skrawania V (częstotliwość 7200 Hz)

Fig. 2. The relative amplitude of vibration speed as function of cutting speed V (frequency 7200 Hz)

Tablica 1

Zestawienie zmian amplitud prędkości drgań dla zmian posuwu z  
 $p = 0,1 \text{ mm/obr}$  do  $p = 0,2 \text{ mm/obr}$

param. skraw. $V \left[ \frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$	VB [mm]	amplitudy [mm/s] $p_0 = 0,1 \text{ mm/obr} / p_0 = 0,2 \text{ mm/obr}$			
		KIERUNEK X			
		5084 Hz	6128 Hz	7200 Hz	8262 Hz
$V = 90$	0.0	0,015/0,018	0,012/0,009	0,023/0,019	0,030/0,025
	0.4	0,016/0,014	0,020/0,022	0,052/0,044	0,040/0,050
	$g = 2$ 0.8	0,056/0,041	0,119/0,070	1,515/1,067	0,063/0,051
$V = 120$	0.0	0,036/0,045	0,018/0,027	0,041/0,024	0,059/0,083
	0.4	0,019/0,023	0,035/0,042	0,026/0,034	0,086/0,129
	$g = 2$ 0.8	0,081/0,080	0,104/0,101	0,998/0,994	0,103/0,098
$V = 150$	0.0	0,026/0,044	0,021/0,024	0,043/0,030	0,063/0,084
	0.4	0,016/0,016	0,029/0,031	0,031/0,050	0,107/0,117
	$g = 1$ 0.8	0,108/0,119	0,137/0,178	0,209/0,406	0,101/0,138

VB, prędkości skrawania i kierunku drgań powoduje zarówno zmniejszenie, jak i zwiększenie poziomu drgań,

- podobnie jak dla prędkości skrawania, najbardziej zbliżone do monotonicznych są przebiegi odpowiadające częstotliwości 7200 Hz.

Analiza wpływu głębokości skrawania na amplitudy prędkości drgań pozwala na sformułowanie podobnych wniosków, jak dla wpływu posuwu:

- dla narzędzia ostrego i średnio zużytego zmiana głębokości skrawania nie wywołuje znaczących zmian w poziomie sygnału wibroakustycznego. Natomiast dla narzędzia zużytego ( $VB=0,8 \text{ mm}$ ) zwiększenie głębokości skrawania wywołuje wzrost amplitud nawet ponad dwukrotny.

#### 4. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania eksperymentalne wpływu parametrów skrawania na poziom drgań narzędzia w zależności od jego zużycia potwierdziły, że jest on znaczący i niemożliwy do pominięcia. Wykazały one, że bezpośrednie wykorzystanie np. zmierzonej amplitudy prędkości drgań do oceny stopnia zużycia narzędzia byłoby możliwe, ale tylko dla stałych warunków skrawania. Jeżeli natomiast ulegają one zmianom, to identyfikacja stanu narzędzia (stopnia zużycia) na podstawie samego tylko pomiaru poziomu drgań

jest niedopuszczalna, wskutek niemonotonicznego charakteru zmian sygnału wibroakustycznego. Wskazane więc jest poszukiwanie innych symptomów zużycia w większym stopniu niezależnych od parametrów skrawania.

#### LITERATURA

- [1] A.Sokołowski, J.Kosmol: Próba analizy drgań obrabiarki w świetle detekcji zużycia narzędzia skrawającego. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej z.103, Gliwice 1991.
- [2] Opracowanie układu nadzorującego stan ostrza skrawającego wykorzystującego analizę sygnałów wibroakustycznych. Praca naukowo-badawcza wykonana w ramach tzw. Grantów o symbolu G-572/RMT-1/91 pod kierunkiem dr hab.inż. J.Kosmola. Gliwice 1991.
- [3] A.Sokołowski, J.Kosmol: Modelowe określenie symptomów zużycia ostrza w aspekcie drgań wybranego punktu obrabiarki. II Naukowa Szkoła Nadzorowania i Diagnostyki Systemów Obróbkowych. Karpacz 1989.
- [4] Sprawozdanie z CPBP 04.02-03 (1985-1990): Identyfikacja stanu narzędzia skrawającego w czasie trwania procesu skrawania. Praca prowadzona pod kierunkiem dr inż. J.Lipskiego.

#### IDENTIFICATION OF INFLUENCE OF CUTTING PARAMETERS ON THE VIBROACOUSTIC SYMPTOMS OF CUTTING TOOL WEAR

The investigation how to use the vibroacoustic signals to determine the cutting tool wear was made in the Department of Machine Building of Silesian Technical University. There was the assumption of the mathematical model "Machine Tool-Cutting Process" and the results of preliminary tests on the 30<sup>th</sup> symposium "Modelling in Mechanics" [1]. The paper presents results of experimental investigation of the influence of cutting parameters on the vibration speed. The frequencies of the vibroacoustic signals which level is dependent on the wear of the cutting tool were found during the preliminary tests [1]. For the test stand employed the frequencies found as follows: 6128 Hz, 7200 Hz, 8262 Hz, 8540 Hz [2]. For these frequencies the authors [2] observed highest sensitivity on the changes of the cutting tool wear in all three direction of vibration. There is shown an example of the spectrum of the vibration speed in Z di-

rection in the fig.1. The experimental investigation has led to several conclusions about the influence of the cutting parameters on vibration speed. The increase of cutting speed generally increases the level of vibration speed but it is not a monotonic performance (fig.2). The character of changes of the vibration speed depends not only on the cutting speed but on the level of the cutting tool wear and the direction of vibration too. In the paper the influence of the feed on the the vibration speed is estimated. The amplitudes of vibration speed were compared for two feed values: 0.1 mm/rev and 0.2 mm/rev. The investigation showed that there is not an explicit dependence between the vibration speed and the feed. For example, 100% feed increase causes decrease or increase in the amplitude of vibration speed depending on: the level of the wear VB, the cutting speed and the direction of vibration. The analysis of dependence of cutting depth gave the similar conclusions. It is useful to look for another symptoms of tool wear more independent on the cutting parameters.