

## Łatwe w implementacji monitorowanie zużycia ostrza podczas frezowania szybkościowego

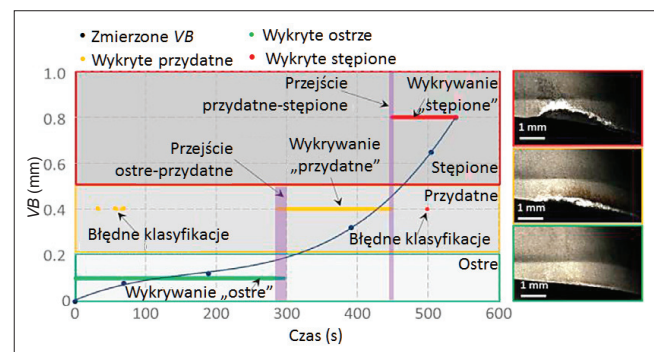
Czujniki drgań mają duży potencjał w diagnostyce stanu narzędzi podczas frezowania. Ich wadą jest jednak zależność sygnału od warunków skrawania, dynamiki procesu i zakłóceń zewnętrznych. Dodatkowo operator powinien mieć doświadczenie i dużą wiedzę o przygotowaniu sygnałów. Przedstawiono propozycję pokonania tych trudności.

Ostatnio opracowana technika rozpoznawania mowy, oparta na rozpraszającej transformacie falkowej i konwolucyjnej sieci neuronowej (*wavelet scattering-convolution neural network* – WSCNN), zapewnia stabilną reprezentację wymawianych słów niezależnie od zmienności charakterystyki głosu. W prezentowanych badaniach została ona zmodyfikowana i zintegrowana z algorytmem uczenia maszynowego w celu przewyższenia wymienionych we wstępie trudności. Wyodrębniane cechy sygnału mają wysoką czułość na zużycie narzędzia, ale niską czułość na parametry skrawania. Cechy te są wykorzystywane w strukturze klasyfikacji liniowej analizy dyskryminacyjnej (LDA), aby zmaksymalizować separację pomiędzy tymi cechami na podstawie stanu narzędzia.

Przeprowadzono 582 próby z użyciem 12 narzędzi o różnych średnicach i promieniach naroża oraz stanach ostrza, przy różnych prędkościach skrawania, posuwach oraz osiowych i promieniowych głębokościach skrawania. Próby podzielono na dwa zestawy. W pierwszym zastosowano frezowanie rowków pełną średnicą frezu w celu zbadania i walidacji systemu przy różnych geometriach narzędzi. Drugi zestaw testów pozwolił na zbadanie skuteczności metody w szerokim zakresie warunków frezowania współbieżnego i przeciwbieżnego, o różnych cechach geometrycznych, co widać na rys. 1a.

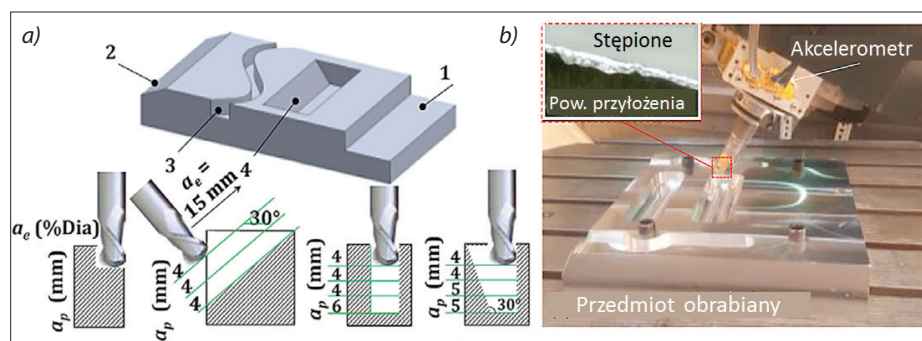
W badaniach wykorzystano 5-osiowe centrum obróbkowe DMU 100P duoBlock z miniaturowym trójosiowym akcelerometrem PCB typu 356A71 zamontowanym na głowicy wrzeciona, aby zniwelować zależności sygnału od toru ruchu narzędzia oraz minimalizować ingerencję w przestrzeń roboczą.

Na rys. 2 przedstawiono przykładowy przypadek wykrywania zmian stanu narzędzia T32F3R33



Rys. 2. Wykrywanie zmian stanu narzędzia T32F3R33 przy  $n = 500$  obr/min;  $f_z = 0,12$  mm/ostrze;  $a_e = 24$  mm;  $a_p = 5$  mm

w całym okresie trwałości. Pierwszy stan narzędzia („ostre”) został dokładnie wykryty podczas pierwszych 290 sekund czasu skrawania, po których  $VB$  przekroczyło 0,2 mm, co wyznacza środkowy odcinek okresu trwałości narzędzia („przydatne”). Przez 9 sekund okresu przejściowego między pierwszym a środkowym odcinkiem ( $0,18 \text{ mm} < VB \leq 0,2 \text{ mm}$ ) system wykrył nakładające się zdarzenia każdego z tych dwóch warunków, po czym wykrywano stan przydatności do użytku zgodnie ze zmierzonym  $VB$ . W 440. sekundzie rozpoczął się trwający 3 sekundy okres przejściowy między stanem „przydatne” a „stępione”, mieszczący się w przedziale  $0,42 \text{ mm} < VB \leq 0,45 \text{ mm}$ . Następnie system stale wykrywał stan stępienia narzędzia dla  $VB > 0,45 \text{ mm}$  aż do końca procesu, gdy po 540 sekundach osiągnięto  $VB = 0,78$ . System stosuje algorytm logiczny, który odrzuca odstające błędne klasyfikacje wśród konsekwentnie wykrywanego stanu narzędzia. Osiągnięto dokładność 98% w przypadku wszystkich testów walidacyjnych.



Rys. 1. Schematy zabiegów (a) i stanowisko badawcze (b)

Opracował: prof. dr hab. inż.  
Krzysztof Jemielniak

### LITERATURA

Hassan M., Sadek A., Attia M.H. "Novel sensor-based tool wear monitoring approach for seamless implementation in high speed milling applications". *CIRP Annals - Manufacturing Technology*. 70, 1 (2021): 87-90, <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2021.03.024>.