

Wyznaczanie dynamicznej charakterystyki mikrofrezu przy wysokiej prędkości obrotowej wrzeciona

Do analizy stabilności podczas frezowania niezbędna jest znajomość dynamicznej charakterystyki frezu. Jej wyznaczenie dla mikrofrezowania jest trudne ze względu na małą średnicę narzędzia. Stąd zaproponowano metodykę opartą na uderzeniu kulką łożyskową wyrzeliwaną sprężonym powietrzem.

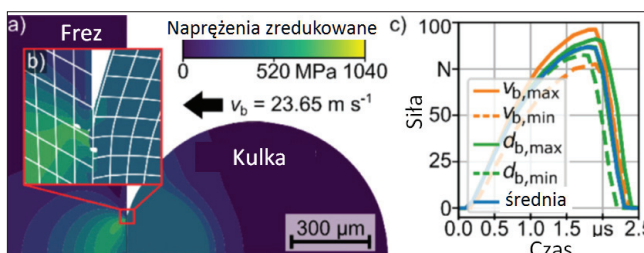
Stanowisko pomiarowe wyposażono w reduktor ciśnienia, zawór magnetyczny i cylinder, przez który wyrzeliwano kulkę w kierunku narzędzia (rys. 1). Drgania narzędzia o średnicy $\varnothing 1$ mm mierzono czujnikiem indukcyjnym, a prędkość kulki oceniano z użyciem szybkiej kamery (rys. 1b).



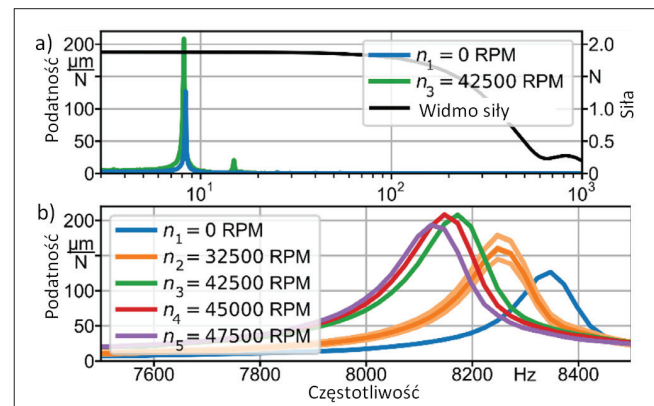
Rys. 1. Stanowisko badawcze

Do określenia przebiegu siły uderzenia wymuszającej drgania frezu wykorzystano symulacje 2D metodą elementów skończonych (rys. 2). Symulacje przeprowadzono dla różnych prędkości v_b i średnic kulki d_b . Maksymalna wartość siły wyniosła $F_p = 88,76$ N, a czas uderzenia $t_c = 2,25$ μ s. Wartości te wykorzystano do wyznaczenia częstotliwościowej funkcji przejścia (FRF) frezu o średnicy $\varnothing 1$ mm (rys. 3). Widmo siły wskazuje możliwość wyznaczania FRF dla częstotliwości do 100 kHz lub wyższych.

Na rys. 3b pokazano zależność tej charakterystyki od prędkości obrotowej wrzeciona. Wzrost prędkości powoduje obniżenie pierwszej częstotliwości własnej (postaci drgań) i jednocześnie zwiększenie podatności. Dla nieobracającego się wrzeciona ($n_1 = 0$ obr/min) częstotliwość ta wyniosła $f_{1,1} = 8338$ Hz, a częstotliwość drugiej postaci drgań $f_{1,2} = 15 419$ Hz. Przy prędkości obrotowej wrzeciona $n_3 = 42 500$ obr/min częstotliwości przesunęły się do $f_{3,1} = 8161$ Hz i $f_{3,2} = 14 913$ Hz, a dalsze przesunięcia obserwowano dla kolejnych prędkości.

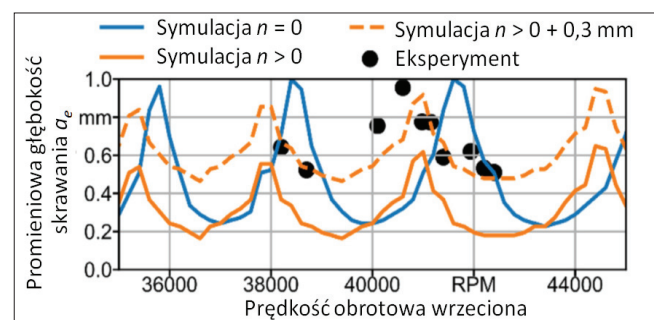


Rys. 2. Dwuwymiarowy model kontaktu kulki i frezu (a-b) i symulowany przebieg siły uderzenia uwzględniający różne prędkości i średnice kulki (c)



Rys. 3. Widmo symulowanego uderzenia kulką i obliczona częstotliwościowa funkcja przejścia (FRF) dla nieruchomego i obracającego się narzędzia (a) oraz przesunięcie FRF w zależności od prędkości obrotowej wrzeciona n [RPM = obr/min] (b)

Wyznaczona charakterystyka FRF może być wykorzystana do przewidywania stabilności obróbki z uwzględnieniem zależności tej charakterystyki od prędkości obrotowej wrzeciona (rys. 4). Wielkość granicznej osiowej głębokości skrawania a_e okazała się zaniżona w stosunku do wyników prób skrawania. Mogło to wynikać chociażby z tłumiącego wpływu zużycia ostrza, nieuwzględnionego w obliczeniach. Dodanie stałego przesunięcia granicy o 0,3 mm w górę zapewnia zgodność z eksperymentem.



Rys. 4. Granica stabilności wyznaczona dla nieruchomego i obracającego się wrzeciona porównana z wynikami eksperymentów

Opracował: prof. dr hab. inż. Krzysztof Jemielniak

LITERATURA

Wiederkehr P., Wilck I., Siebrecht T. "Determination of the dynamic behaviour of micro-milling tools at higher spindle speeds using ball-shooting tests for the application in process simulations". *CIRP Annals - Manufacturing Technology*. 69 (2020): 97-100, <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2020.04.036>. ■