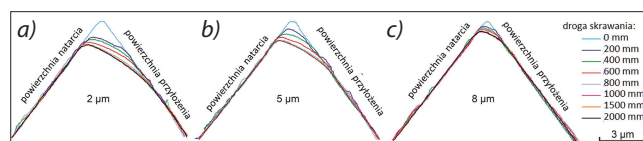


Analiza ilościowa zużycia ultramałych mikrofrezów trzpieniowych

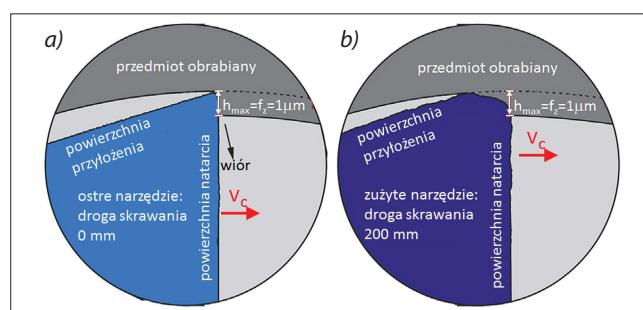
Ultramałe mikrofrezy trzpieniowe bardzo szybko się zużywają, a zaokrąglenie krawędzi skrawającej spowodowane zużyciem pogarsza warunki skrawania. W artykule opisano pomiary zużycia takich frezów za pomocą mikroskopu sił atomowych bezpośrednio na obrabiarce, podczas przerw w obróbce.

Eksperymenty przeprowadzono na centrum frezarskim umożliwiającym pomiary zużycia narzędzia za pomocą mikroskopu sił atomowych (AFM, NaniteAFM, Nanosurf) bez zdejmowania przedmiotu obrabianego lub narzędzia (rys. 1). Zastosowano niepowlekany, jednoostrzowy mikrofrez trzpieniowy o średnicy $\varnothing 50 \mu\text{m}$ z węgla spiekane, którym frezowano próbki z polimetakrylanu metylu (PMMA) o wymiarach $25 \times 20 \times 3 \text{ mm}$ z prędkością wrzecioną: $n = 30\,000 \text{ obr/min}$, osiową głębokością skrawania $a_p = 10 \mu\text{m}$ i posuwem na ostrze $f_z = 1 \mu\text{m}$. Pomiary wykonywano po: 0, 200, 400, 600, 800, 1000, 1500, 2000 mm drogi skrawania.

Zużycie narzędzia zostało ocenione ilościowo, jak pokazano na rys. 2. Na rys. 3 zaprezentowano zmiany geometrii krawędzi skrawającej w czasie w kolejnych punktach pomiarowych, a na rys. 4 – kształtowanie



Rys. 3. Zmiany geometrii krawędzi skrawającej w czasie w kolejnych punktach pomiarowych



Rys. 4. Kształtowanie wióra w zależności od zużycia ostrza

wióra w dwóch stanach zużycia w punkcie pomiarowym $2 \mu\text{m}$.

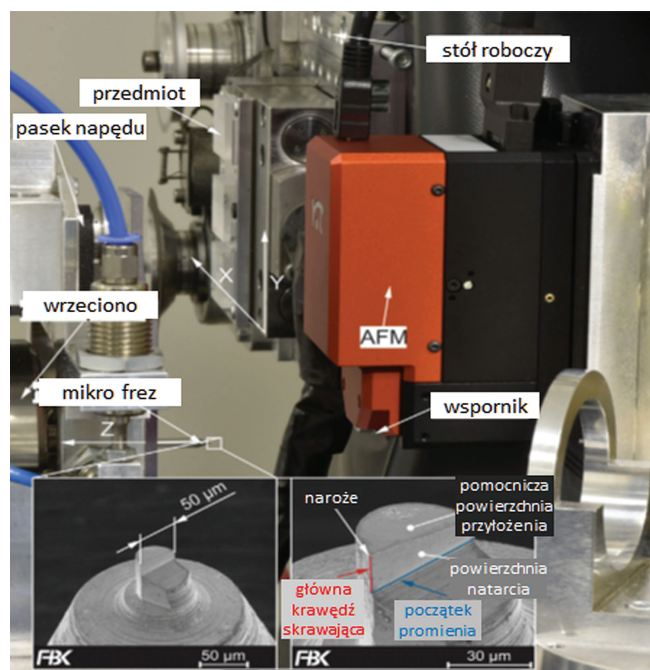
Gdy krawędź skrawająca jest ostra, występuje klasyczne formowanie wiórów niemal bez żadnego kontaktu między powierzchnią przyłożenia a obrabianym przedmiotem (rys. 4a). Z powodu dużych obciążeń ziarna węgla spiekane wyłamują się, co zwiększa promień r_p , dzięki czemu krawędź skrawająca jest bardziej stabilna (rys. 4b). Narzędzie „kalibruje się”, równoważąc ostrość i stabilność krawędzi skrawającej. Mechanizm ten występuje już po pierwszych 200 mm drogi skrawania, z najszybszym zużyciem w punkcie pomiaru $2 \mu\text{m}$ (rys. 3).

Ponieważ promień ma teraz taki sam rozmiar jak grubość wióra h (patrz rys. 3, 200 mm), następuje gniecenie materiału. Wzrost zużycia prowadzi do dalszego pogorszenia warunków kontaktu, a obszar, w którym minimalna grubość wióra nie jest osiągnięta, zwiększa się. Zmierzone wartości promienia r_p (rys. 3c) pokazują, że krawędź skrawająca może się ponownie naostrzyć, jednak towarzyszące temu zużycie VB prowadzi do ujemnych efektywnych kątów przyłożenia. Tworzy to łańcuch przyczynowo-skutkowy zwiększającego się gniecenia materiału/zużycia. Efekt ten występuje najsilniej obok naroża i jest już bardzo duży po bardzo krótkiej drodze skrawania.

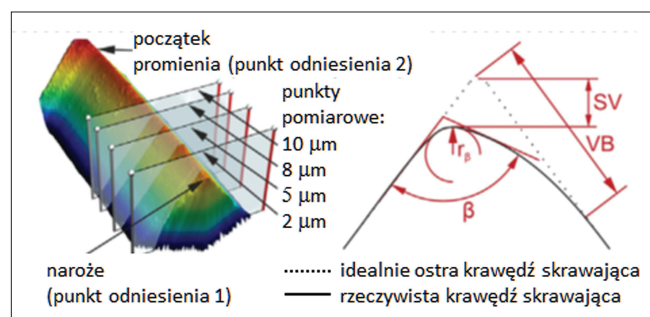
Opracował: prof. dr hab. inż. Krzysztof Jemielniak

LITERATURA

Kieren-Ehse S., Kirsch B., Aurich J.C. *Process intermittent quantitative analysis of the wear of ultra-small micro end mills*. CIRP Annals – Manufacturing Technology. 72 (2023): 61–64, <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2023.04.046>.



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego



Rys. 2. Punkty pomiarowe, punkty odniesienia i mierzone wartości