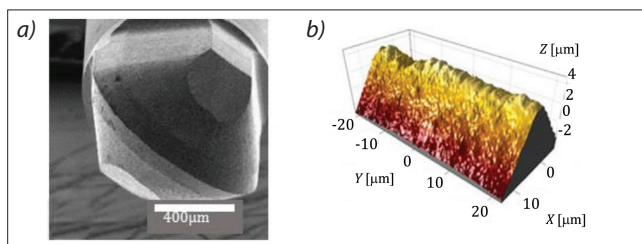


Wpływ mikrogeometrii krawędzi skrawających na kształtowanie powierzchni frezem kulistym

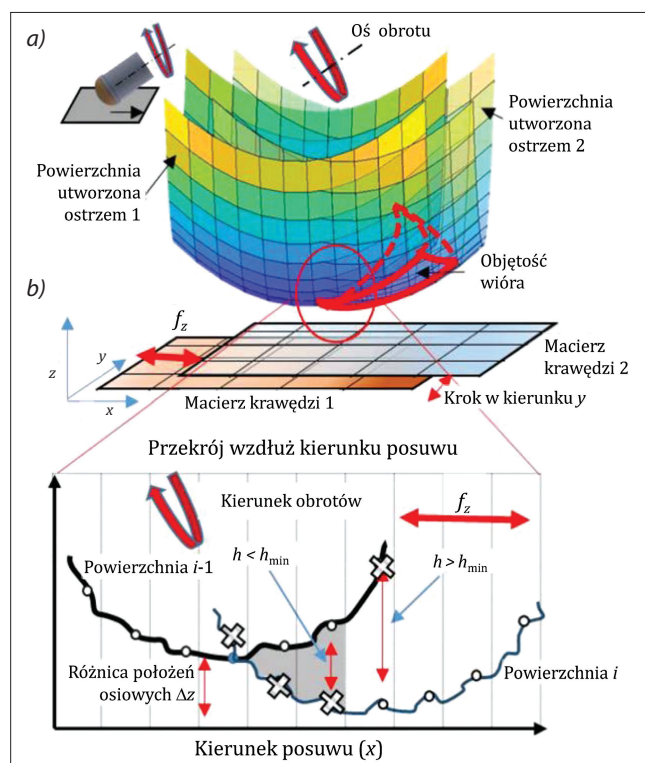
Kształtowanie powierzchni podczas obróbki skrawaniem jest wynikiem złożonego oddziaływania między krawędzią skrawającą i materiałem obrabianym, co sprawia, że rzeczywista topografia powierzchni różni się znacznie od teoretycznej. W artykule przedstawiono model takiej interakcji, pozwalający na wiarygodne przewidywanie topografii powierzchni frezowanej frezem kulistym.

Idealna powierzchnia frezowana może być zamodelowana jako wynik geometrycznego przecinania się nominalnej trajektorii krawędzi skrawającej z powierzchnią obrabianą. Pomija się przy tym niedoskonałości krawędzi, błędy jej ruchu oraz odkształcenia materiału obrabianego.

W mikroskali krawędź skrawająca nigdy nie jest doskonale ostra (rys. 1). Gdy chwilowa grubość warstwy skrawanej h jest mniejsza niż minimalna (h_{\min}), materiał nie jest usuwany, lecz odkształcany na powierzchni sprężysto lub plastycznie (rozmazywany) – rys. 2.



Rys. 1. Zdjęcie SEM frezu z cBN (a) i obraz krawędzi z mikroskopu konfokalnego (b)

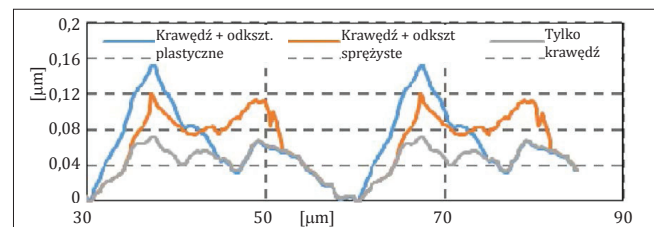


Rys. 2. Reprezentacja 3D powierzchni obrabianej dwoma ostrzami (a) i przekrój powierzchni obrabianej (b)

Ponadto różne zużycie i błędy położenia kolejnych krawędzi skrawających w kierunku promieniowym razem z biciem frezu i wrzeczona oraz odkształcenia frezu generują błędy położenia osiowego krawędzi (Δz) i różne zaangażowanie krawędzi.

Zaproponowany model opiera się na zmierzonej geometrii krawędzi (rys. 1b) zaimportowanej do programu MatLab w postaci chmury punktów i użytej do stworzenia cyfrowej reprezentacji krawędzi dokładnie zlokalizowanych w trójwymiarowej przestrzeni. Każdy element obrobionej powierzchni jest generowany przez przejścia dwóch kolejnych ostrzy i odkładany wzdłuż toru narzędzia (rys. 2). Położenia punktów krawędzi wzdłuż osi Z są porównywane – te oznaczone krzyżykami są odrzucane, a oznaczone kropkami definiują generowaną powierzchnię. Uwzględniane są ugięcia i odkształcenia plastyczne przy $h < h_{\min}$ – na rys. 3 porównano profile powierzchni frezowanej z osobnym uwzględnieniem odkształceń plastycznych, sprężystych i wynikających z geometrii krawędzi.

Weryfikację modelu przeprowadzono podczas frezowania stali i miedzi, a przykładowe wyniki przedstawiono w tabeli.



Rys. 3. Porównanie profili powierzchni frezowanej z uwzględnieniem odkształceń plastycznych, sprężystych i wynikających z samej geometrii krawędzi

Materiał	Parametry [mm]				Chropowatość powierzchni S_a [nm]			
	f_z	a_e	a_p	Promienie krawędzi	Teoretyczna	Z profilu	Pełen model	Eksperyment
Stal	10	10	15	1,92±2,26	8	141	155	136 ±14
Stal	25	100	25	2,8±2,48	715	727	701	711 ±53
Miedź	15	50	15	2,40±2,07	146	173	214	211 ±5
Miedź	15	15	15	1,16±1,73	19	93	138	123 ±3

Opracował: prof. dr hab. inż. Krzysztof Jemielniak

LITERATURA

Biondani F.G., Bissacco G. G. "Effect of cutting edge micro geometry on surface generation in ball end milling". *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. 68 (2019): 571–574, <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.04.017>.