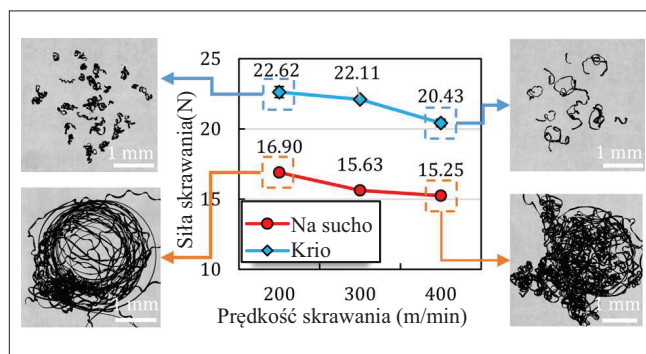


Wpływ lepkosprężystości PEEK na tworzenie wióra, chropowatość i dokładność geometryczną

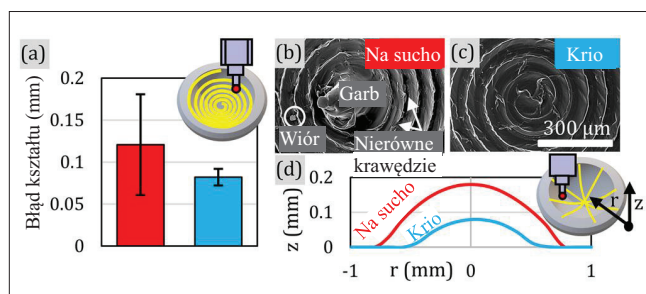
PEEK jest szeroko stosowany w implantologii, gdzie kluczowe są jakość powierzchni i dokładność wymiarowa. Autorzy pracy przeanalizowali zachowanie tego polimeru podczas toczenia na sucho i w warunkach kriogenicznych, wiążąc wyniki obróbki z jego właściwościami lepkosprężystymi.

W trakcie toczenia PEEK na sucho powstają długie, ciągłe wióry, które utrudniają odprowadzanie ciepła i sprzyjają powstawaniu defektów powierzchni. W warunkach kriogenicznych materiał staje się sztywniejszy, a jego lepkosprężystość ulega silnemu ograniczeniu, co prowadzi do powstawania krótkich, łamliwych wiórów i wzrostu siły skrawania (rys. 1). Jednocześnie kriogeniczne chłodzenie poprawia jakość powierzchni – zmniejsza chropowatość S_a o ok. 23% względem obróbki na sucho. Zależność ta wynika z odmiennego wpływu temperatury i szybkości odkształcenia na mechanizm deformacji: przy wyższych prędkościach skrawania PEEK w warunkach suchych staje się mniej podatny na odkształcenia lepkosprężyste, natomiast w warunkach kriogenicznych zachowuje się niemal czysto sprężyste.

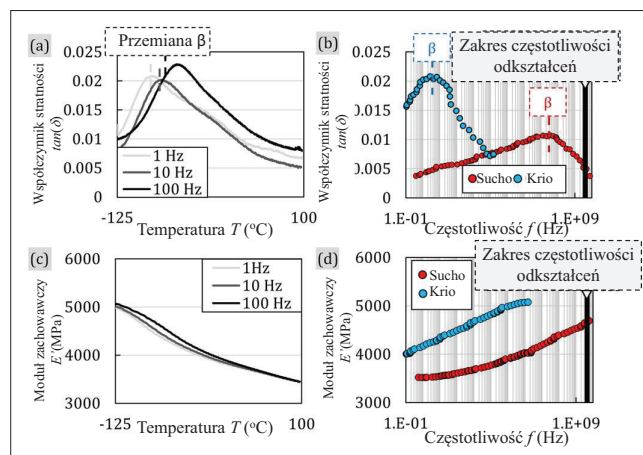
Analiza dokładności geometrycznej wykazała, że obróbka na sucho prowadziła do powstawania ciągłych wiórów, które zakłócały proces i powodowały lokalne przegrzewanie, skutkując większym błędem kształtu oraz charakterystycznym „garbem” w centrum powierzchni. Zastosowanie chłodzenia kriogenicznego



Rys. 1. Siły skrawania i morfologia wiórów dla różnych warunków skrawania



Rys. 2. (a) Błąd kształtu, (b–c) obrazy SEM wewnętrznych powierzchni wkładki po obróbce na sucho i kriogenicznie, (d) średnie profile promieniowe wkładki



Rys. 3. (a) Współczynnik stratności PEEK, (c) moduł zachowawczy, (b, d) krzywe wzorcowe w funkcji częstotliwości odkształcenia i temperatury

ograniczyło ten efekt o 58%, a błąd kształtu zmniejszył się z 0,12 do 0,08 mm (rys. 2). Wynika to z większej sztywności PEEK przy niskiej temperaturze oraz z ograniczenia ruchliwości segmentów łańcuchów polimerowych, co poprawia powtarzalność procesu.

W celu określenia właściwości lepkosprężystych PEEK autorzy przeprowadzili analizę DMA, w której materiał poddawany jest oscylacyjnemu sinusoidalnemu odkształceniu o zmiennej częstotliwości. Wyznaczano współczynnik stratności oraz moduł zachowawczy w funkcji częstotliwości odkształcenia i temperatury. Pozwoliło to na zbudowanie krzywych wzorcowych metodą superpozycji czas–temperatura, czyli opis zachowania PEEK w szerokim zakresie efektywnych częstotliwości (rys. 3).

Pełne zrozumienie zachowania PEEK podczas obróbki wymaga uwzględnienia jego lepkosprężystości, a nie tylko temperatury w odniesieniu do temperatury zeszklenia T_g . Kriogeniczne chłodzenie, poprzez tłumienie efektów lepkosprężystych, umożliwia uzyskanie lepszej jakości powierzchni, stabilnej fragmentacji wióra i wyższej dokładności geometrycznej elementów biomedycznych.

LITERATURA

R. Bertolini et al., The role of PEEK viscoelasticity in chip formation, surface finish and geometrical accuracy, CIRP Annals – Manufacturing Technology 74 (2025) 765-769, <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2025.04.002>

Opracował: prof. dr hab. Krzysztof Jemielniak