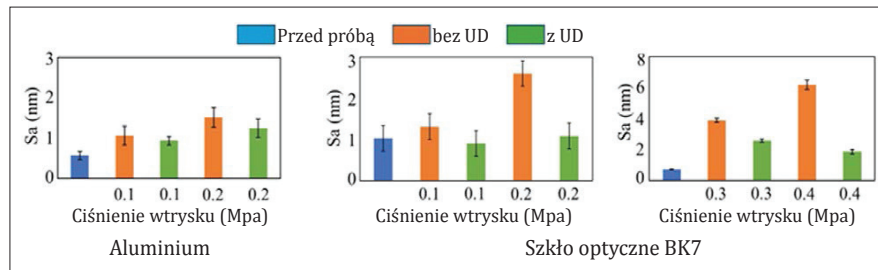


## Nanopiaskowanie ściernie wspomagane ultradźwiękowo

Nanopiaskowanie ściernie jest obiecującą metodą wykańczania powierzchni ultraprecyzyjnych, jednak jego skuteczność ogranicza aglomeracja bardzo drobnych ziaren ściernych. Wspomaganie procesu ultradźwiękami stanowi jeden ze sposobów przezwycięzenia tej bariery.

Celem przeprowadzonych badań była weryfikacja koncepcji wspomaganie ultradźwiękowo nanopiaskowania ściernego, w celu poprawy jednorodności strumienia ścierniwa i jakości obrabianej powierzchni. Punktem wyjścia była analiza problemów klasycznych metod strumieniowych, w których ziarna ściernie o rozmiarach submikrometrowych i mikrometrowych mają silną tendencję do tworzenia aglomeratów, prowadzących do nieregularnego oddziaływania na powierzchnię (rys. 1).

Aby ograniczyć to zjawisko, zaprojektowano stanowisko badawcze wyposażone w komorę mieszania sprzężoną z generatorem ultradźwiękowym o częstotliwości 20 kHz (rys. 2). Pole ultradźwiękowe generuje strumieniowanie



Rys. 3. Wyniki polerowania elementu aluminiowego i ze szkła optycznego bez ultradźwięków (bez UD) oraz ze wspomaganie ultradźwiękowym (z UD)

akustyczne, które skutecznie rozbijają aglomeraty ziaren ściernych jeszcze przed ich wylotem z dyszy. W porównaniu z układem konwencjonalnym uzyskano bardziej jednorodny strumień cząstek oraz stabilniejsze warunki oddziaływania z powierzchnią obrabianą.

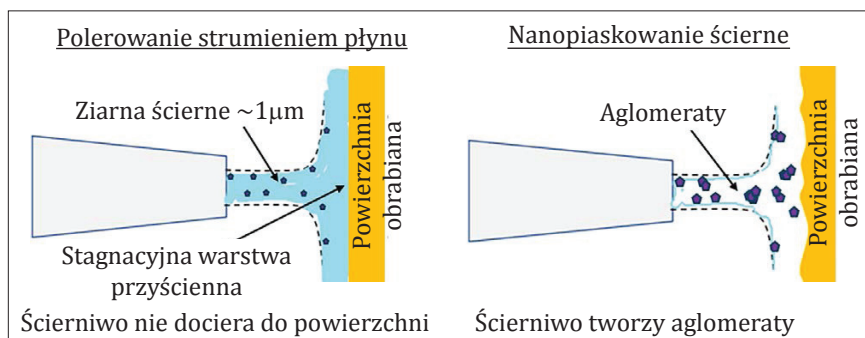
Skuteczność metody zweryfikowano doświadczalnie w obróbce

aluminium oraz szkła optycznego BK7. Przykładowe wyniki przedstawiono na rys. 3. W przypadku aluminium zastosowanie ultradźwięków pozwoliło obniżyć chropowatość powierzchni do około 26% wartości uzyskiwanej bez wspomaganie. Jeszcze wyraźniejszy efekt zaobserwowano dla szkła BK7 – przy ciśnieniu wtrysku 0,4 MPa chropowatość  $S_a$  zmniejszyła się z 6,1 do 2,0 nm, co odpowiada redukcji o 67%. Jednocześnie zachowany został izotropowy charakter obróbki, bez kierunkowych śladów oddziaływania strumienia.

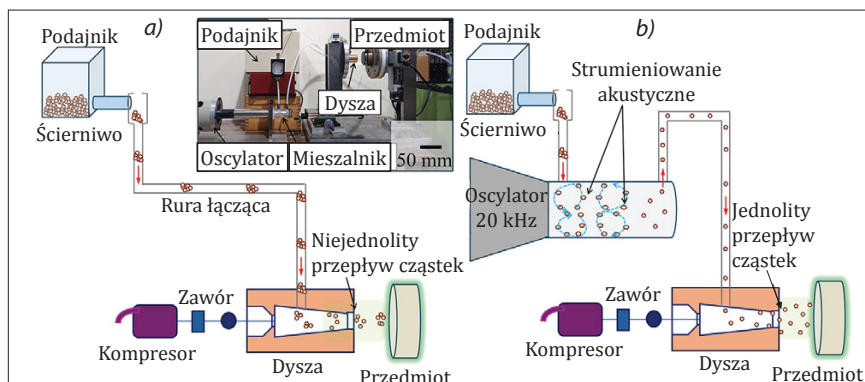
Podsumowując: nanopiaskowanie ściernie wspomagane ultradźwiękowo umożliwia skuteczną deaglomerację drobnych ziaren ściernych i znaczną poprawę jakości wykończenia powierzchni. Metoda ta stanowi atrakcyjną alternatywę dla bardziej złożonych i kosztownych technik obróbki ultraprecyzyjnej, szczególnie w zastosowaniach optycznych i mikroinżynierskich

### LITERATURA

A. Pratap et al., Ultrasonic assisted abrasive nano-blasting, *CIRP Annals – Manufacturing Technology* 74 (2025) 459–463, <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2025.04.056>



Rys. 1. Schemat oddziaływania strumienia w polerowaniu strumieniem płynu oraz w nanopiaskowaniu ściernym



Rys. 2. Stanowiska badawcze: a) do tradycyjnego nanopiaskowania ściernego, b) do nanopiaskowania wspomaganego ultradźwiękami

Opracował:

prof. dr hab. Krzysztof Jemielniak