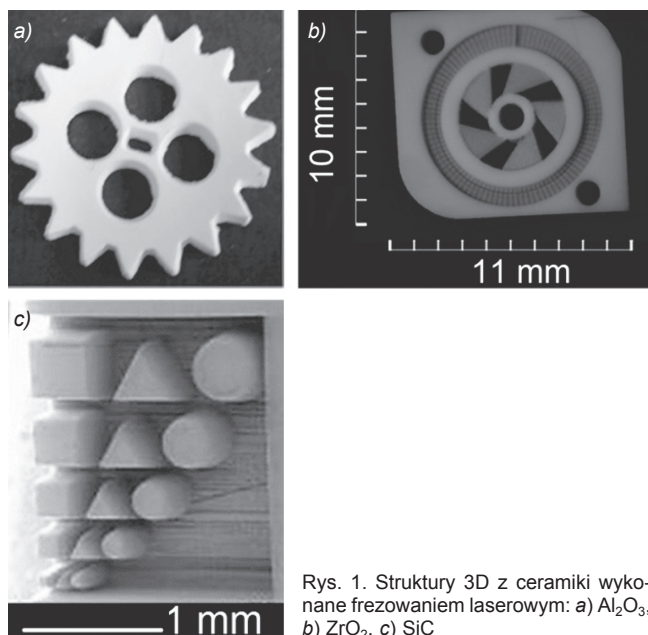


## Laserowa obróbka materiałów ceramicznych

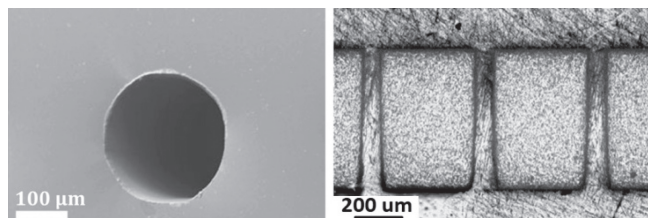
Dzięki korzystnej kombinacji bardzo dobrych właściwości mechanicznych, termicznych i chemicznych materiały ceramiczne znajdują coraz szersze zastosowanie w nowoczesnym przemyśle. Ich intensywne wykorzystanie jest jednak ograniczone z powodu kosztownego przetwarzania. Konkurencyjnym sposobem kształtowania ceramiki jest obróbka laserowa.

Stosowane są różne typy laserów, np. gazowe ( $\text{CO}_2$ ), neodymowe (Nd:YAG), ekscymerowe, tytanowo-szafirowe oraz wykorzystujące włókno szklane do wzmocnienia wiązki. Lasery mogą pracować w trybie ciągłym lub impulsowym i ten drugi typ – o krótkich impulsach – jest preferowany ze względu na większą możliwość kontrolowania strefy oddziaływania ciepła i mniejsze uszkodzenia termiczne powierzchni. Urządzenia te wykorzystuje się do obróbki 1D (wiercenie), 2D (przecinanie) oraz 3D (frezowanie) – rys. 1.



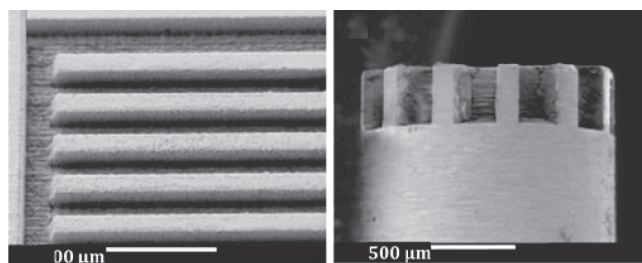
Rys. 1. Struktury 3D z ceramiki wykonane frezowaniem laserowym: a)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , b)  $\text{ZrO}_2$ , c)  $\text{SiC}$

Podczas wiercenia otworów w  $\text{Al}_2\text{O}_3$  laserem  $\text{CO}_2$  średnica wylotowa zwiększa się proporcjonalnie do czasu trwania impulsów, podczas gdy średnica wlotowa nie zależy od tego czasu. Przy ultrakrótkich, femtosekundowych impulsach materiał jest bardzo szybko nagrzewany i odparowuje z pominięciem fazy płynnej (ablacja). Uzyskuje się otwory wysokiej jakości, wolne od pęknięć, przetopień i delaminacji, o stożkowości ok.  $2,5^\circ$  (rys. 2).



Rys. 2. Otwory wykonane w ceramice  $\text{Al}_2\text{O}_3$  laserem tytanowo-szafirowym z femtosekundowymi impulsami

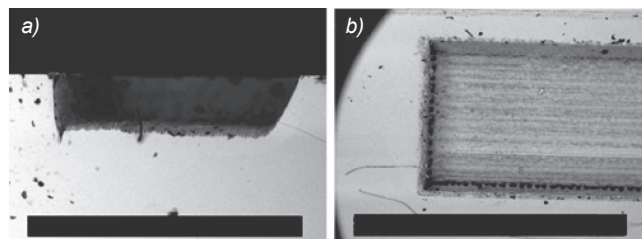
Podczas laserowej obróbki ceramiki  $\text{Si}_3\text{N}_4$  rozkłada się ona na płynny krzem i gazowy azot. Na rys. 3 przedstawiono dwa przykłady mikrostruktur 3D wykonanych laserem Nd:YAG z impulsami nanosekundowymi w ceramice  $\text{Si}_3\text{N}_4$ . Chropowatość powierzchni wzrastała wraz gęstością energii i nakładaniem się impulsów. Zastosowanie próżni pozwoliło na dwukrotne obniżenie chropowatości w porównaniu z obróbką w powietrzu.



Rys. 3. Mikrostruktury z ceramiki  $\text{Si}_3\text{N}_4$  otrzymane w atmosferze ochronnej; czas trwania impulsów 10 ns, długość fali 355 nm, częstość 1 kHz

Podobnie jak w przypadku  $\text{Al}_2\text{O}_3$  i  $\text{Si}_3\text{N}_4$  ceramika  $\text{SiC}$  pod wpływem impulsów laserowych podlega kombinacji topienia, rozkładu chemicznego i odparowania.

Wydajne usuwanie materiału uzyskano podczas obróbki tetragonalnego polikrystalicznego tlenku cyrkonu stabilizowanego itrem (Y-TZP) nanosekundowym (60 ns) laserem Nd:YAG w temperaturze pokojowej – rys. 4. Również inne rodzaje ceramiki, jak  $\text{TiC}$  oraz  $\text{AlN}$ , mogą być obrabiane z użyciem laserów.



Rys. 4. Ceramika Y-TZP obrabiana nanosekundowym laserem Nd:YAG: a) przekrój, b) widok z góry

Opracował: prof. dr hab. inż. Krzysztof Jemielniak

### LITERATURA

Ferraris E., Vleugels J., Guo Y., Bourell D., Kruth J.P., Lauwers B. "Shaping of engineering ceramics by electro, chemical and physical processes". *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. 65 (2016): s. 761–784.