

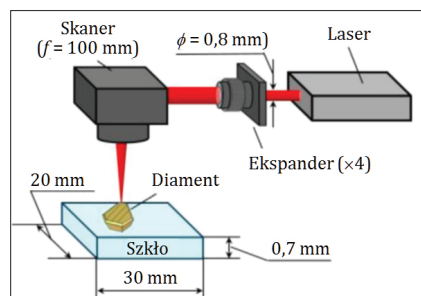
Obróbka diamentu monokrystalicznego laserem pikosekundowym

Diament ma szerokie zastosowanie ze względu na swoją twardość, przewodnictwo cieplne i obojętność chemiczną. Jednak te właściwości sprawiają jednocześnie, że trudno jest go kształtować. Jednym ze sposobów na to jest obróbka laserowa. Z powodu dużej przezroczystości optycznej diamentu dla światła laserowego konieczne jest stosowanie impulsów o wysokiej energii, które mogą uszkadzać powierzchnię. Dobłą jakość tej powierzchni można uzyskać, jeśli zastosuje się laser pikosekundowy.

Na rys. 1 przedstawiono stanowisko badawcze z laserem 12,5 ps o długości fali 1064 nm. Promień polaryzowany kołowo o średnicy $\varnothing 0,8$ mm był czterokrotnie rozszerzany i skanował powierzchnię przedmiotu obrabianego dzięki precyzyjnemu skanerowi galwanometrycznemu. Obróbkę prowadzono w powietrzu, bez gazu osłonowego. Obrabiano diament monokrystaliczny typu Ib o orientacji krystalicznej warstwy wierzchniej (111), przyklejony do płytki szklanej. Warunki obróbki zestawiono w tabelicy.

TABLICA. Główne parametry obróbki laserowej

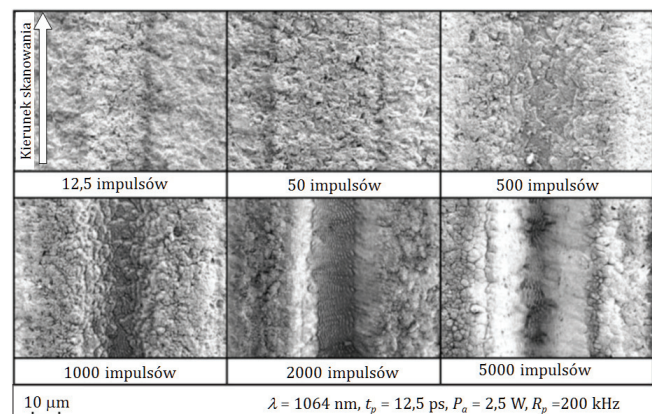
Długość fali λ	1064 nm
Polaryzacja	kołowa
Długość impulsu t_p	12,5 ps
Średnica plamki	25 mm
Częstotliwość impulsów R_p	200 kHz
Średnia moc P_a	2,0 ÷ 4,0 W
Liczba impulsów N	12,5 ÷ 5000



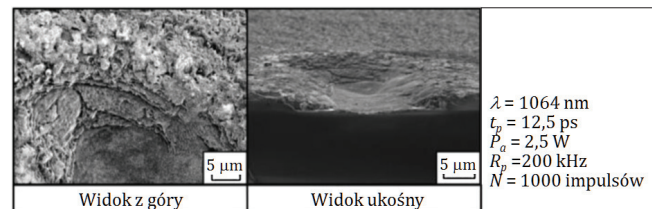
Rys. 1. Stanowisko badawcze

Liczba impulsów była zmieniana dzięki różnej prędkości skanowania promieniem lasera. Na rys. 2 przedstawiono obrazy SEM dla różnych liczb impulsów, przy tej samej mocy 2,5 W. Dla 12,5 i 50 impulsów zaobserwowano nieznaczną modyfikację powierzchni, a rowek był formowany przy $N > 500$.

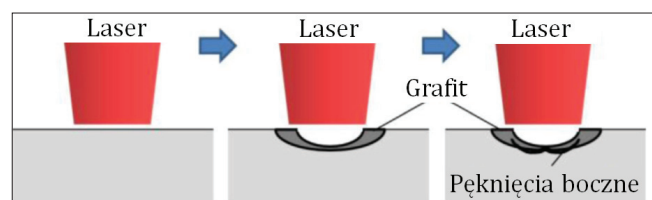
Na rys. 3 pokazano koniec rowka, który powstał po nagłym przerwaniu obróbki. Od góry widać gładkie dno rowka i warstwowe struktury na froncie usuwania materiału. Widok ukośny (pod kątem 40°) pokazuje niemal płaską powierzchnię dna rowka, równoległą do powierzchni zewnętrznej diamentu. Świadczy to o propagacji pęknięć równoległych do orientacji krystalograficznej (111). Gdy energia lasera jest absorbowana przez diament, jest on usuwany dzięki kombinacji ablacji i grafityzacji, co pokazano na rys. 4.



Rys. 2. Zdjęcia SEM powierzchni poddanej obróbce laserowej z różnymi liczbami impulsów



Rys. 3. Wyniki pomiarów różnicy sił $F_T - F_V$ oraz wartości średnie wszystkich sił



Rys. 4. Schemat powstawania pęknięć równoległych do powierzchni podczas laserowej obróbki diamentu

Gęstość grafitu to ok. 3/5 gęstości diamentu, dlatego grafityzacja powoduje wzrost objętości. Proces ten zachodzi stopniowo, stąd naprężenia między obszarami grafitu i diamentu prowadzące do pęknięć równoległych do powierzchni. Ten nowy proces nie tylko pozwala na uzyskanie gładkiej powierzchni, lecz także pozostawia niemal nienaruszoną strukturę diamentu.

Opracował: prof. dr hab. inż. Krzysztof Jemielniak

LITERATURA

Y. Okamoto et al., "High surface quality micro machining of monocrystalline diamond by picosecond pulsed laser". *CIRP Annals - Manufacturing Technology*. 68 (2019): 197-200. ■