

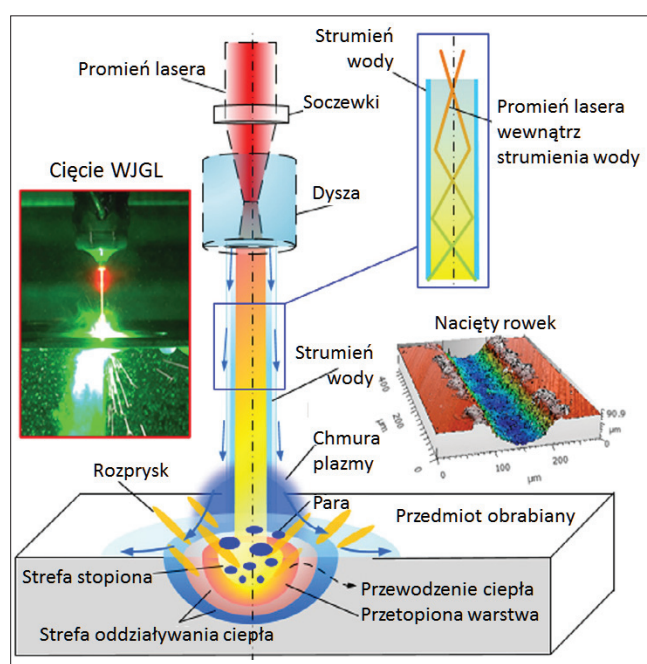
Mechanizm formowania powierzchni stopów na bazie niklu przy obróbce laserowej prowadzonej strumieniem wody

Cięcie wiązką laserową prowadzoną strumieniem wody (*waterjet guided laser* – WJGL) jest stosunkowo nową techniką precyzyjnej obróbki materiałów trudnoobrabialnych. Ma ona pewne cechy szczególne wynikające z interakcji między laserem, strumieniem wody i przedmiotem obrabianym. Tu omówiono formowanie powierzchni przy obróbce tą techniką stopu na bazie niklu.

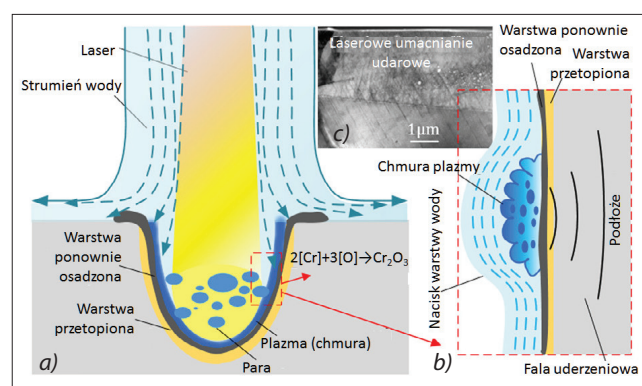
Cięcie laserowe jest uważane za obiecującą metodę obróbki wielu materiałów, zwłaszcza trudnoobrabialnych. Jednak ze względu na rozogniskowanie i rozpraszanie ciepła w przedmiocie konwencjonalne cięcie laserowe prowadzi zwykle do znacznych defektów warstwy wierzchniej i pochylenia szczeliny. W WJGL wiązka lasera jest skupiana w dyszy strumienia wody i kierowana przez ten strumień, w którym ulega całkowitemu wewnętrznemu odbiciu na granicy woda/powietrze, co prowadzi do dużej odległości roboczej bez rozogniskowania wiązki (rys. 1).

W badaniach cięto płytę z materiału Inconel 718 o grubości 6 mm w wielu przejściach z posuwem 120 mm/min. Cięcie wykonano laserem impulsowym Nd:YAG o średniej mocy 90 W, częstotliwości 12 kHz i czasie trwania impulsu 250 ns ($1,5 \text{ GW/cm}^2$), prowadzonym w strumieniu wody o średnicy 50 μm , podawanym pod ciśnieniem 40 MPa.

Wiązka lasera przechodzi przez laminarny strumień wody i naświetla materiał, prowadząc do topienia, waporyzacji i jonizacji. Wyższa gęstość i lepkość wody



Rys. 1. Zasada usuwania materiału przy obróbce laserowej prowadzonej strumieniem wody



Rys. 2. Mechanizm usuwania materiału przy cięciu WJGL (a), wtórny efekt laserowego umacniania udarowego (b-c)

ogranicza rozszerzanie się chmury plazmy i tlenków, która jest następnie osadzana na górnej warstwie materiału z dużą szybkością chłodzenia, gdzie tworzy amorficzną strukturę (rys. 2). Jednocześnie, z powodu zamknięcia wody, rozszerzająca się smuga plazmy pod wysokim ciśnieniem formuje falę uderzeniową, która oddziałując na podłoże, tworzy mechaniczne bliźniaki. Ponieważ większość ciepła jest pochłaniana przez strumień wody, pozostały materiał szybko się zestala i tworzy warstwę przetopioną.

Na obrabianej powierzchni znaleziono białą warstwę z płytkim, ale z wysokim rozciągającym naprężeniem szczątkowym wynikającym z efektu ogrzewania. Analiza krystalograficzna wykazała, że warstwa biała składa się z przetopionej i ponownie osadzonej warstwy. Testy zmęczeniowe wykazały niską wytrzymałość wysokocyklową ze względu na wysokie naprężenie szczątkowe rozciągające (1100 MPa), ale wyjątkowo dużą wytrzymałość niskocyklową, dzięki wzmacniającemu wpływowi struktury bliźniaków mechanicznych.

Opracował: prof. dr hab. inż. Krzysztof Jemielniak

LITERATURA

Zhirong Liao, Dongdong Xu, Dragos Axinte, Jeremie Diboine, Anders Wretland. "Surface formation mechanism in waterjet guided laser cutting of a Ni-based superalloy". *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. 70 (2021): 155–158, <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2021.03.007>.