

Wytrzymałość zmęczeniowa stopu Ti6Al4V po obróbce w różnych warunkach

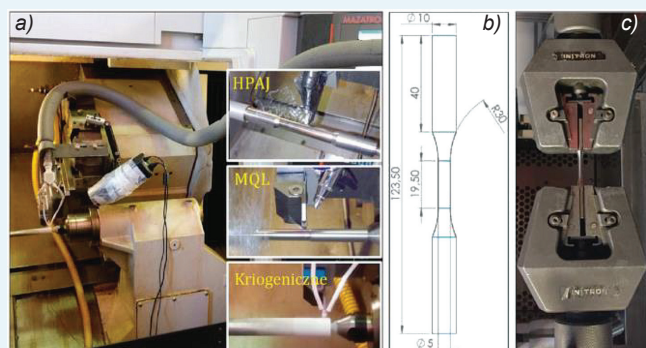
Wytrzymałość zmęczeniowa materiałów stosowanych w przemyśle lotniczym jest szczególnie ważna ze względów bezpieczeństwa. Inicjacja i rozprzestrzenianie się pęknięć w bardzo dużym stopniu zależą od stanu warstwy wierzchniej, który z kolei jest funkcją warunków skrawania.

Celem prezentowanych tu badań było poznanie wpływu prędkości skrawania i warunków chłodzenia w procesie toczenia na wytrzymałość wysokocyklową stopu tytanu Ti6Al4V. Stanowisko badawcze przedstawiono na rys. 1a, a obrabianą próbkę – na rys. 1b. Stosowano cztery metody chłodzenia – na sucho, powietrzem pod wysokim ciśnieniem (HPAJ – *high pressure air jet*), minimalne (MQL, 60 ml/h) i kriogeniczne ciekłym azotem – oraz trzy prędkości skrawania – 30, 50 i 70 m/min z posuwem 0,15 mm/obr i głębokością skrawania 0,05 mm. Obrabiane próbki były obciążane sinusoidalnie (rys. 1c) z częstotliwością 20 Hz w temperaturze pokojowej, przy czym obciążenie było cały czas rozciągające ze stosunkiem $\sigma_{\min}/\sigma_{\max} = 0,1$ zgodnie z ASTM E466. Obciążenie zwiększano po określonej liczbie cykli, aż do pęknięcia próbki.

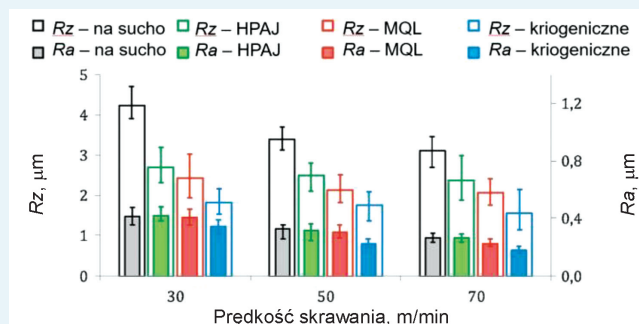
Jak widać na rys. 2, chropowatość powierzchni malała wraz ze wzrostem prędkości skrawania, a chłodzenie kriogeniczne w każdym przypadku przynosiło lepsze efekty. Obróbka na sucho skutkowała najwyższymi wartościami chropowatości, zwłaszcza parametru Rz.

Również warunki skrawania wpływają na wymiar ziarna w warstwie wierzchniej (rys. 3) – wzrost prędkości powoduje mańczenie ziaren, co wynika z rosnących odkształceń plastycznych. Z kolei chłodzenie kriogeniczne nie pozwala na rekryształizację rozdrobnionych ziaren. Potwierdza to korzystne oddziaływanie tego chłodzenia na generowanie twardszej warstwy wierzchniej o mniejszym ziarnie, mniej podatnej na inicjację pęknięć.

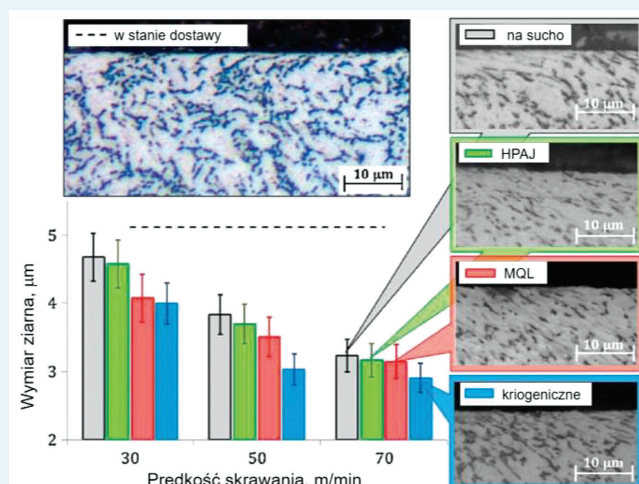
Końcowe efekty badań zestawiono w tabelicy. Przedstawiono w niej zależność wytrzymałości zmęczeniowej od warunków chłodzenia i prędkości skrawania. Oba czynniki wpływają na wytrzymałość, przy czym silniejszy jest wpływ prędkości skrawania. Obróbka z chłodzeniem powietrzem (HPAJ) i minimalnym (MQL) daje lepsze wyniki niż obróbka na sucho, jednak wyraźnie najwyższą wytrzymałość zmęczeniową można uzyskać wtedy, gdy zastosuje się chłodzenie kriogeniczne ciekłym azotem.



Rys. 1. Stanowisko badawcze i ustawienie dysz do chłodzenia: powietrzem pod wysokim ciśnieniem (HPAJ), minimalnego (MQL) i kriogenicznego (a); kształt obrabianej próbki (b); maszyna wytrzymałościowa (c)



Rys. 2. Zależność chropowatości obrabianej powierzchni od warunków chłodzenia i prędkości skrawania



Rys. 3. Zależność wymiaru ziarna i mikrostruktury obrabianej powierzchni od warunków chłodzenia i prędkości skrawania

TABELICA. Zależność wytrzymałości zmęczeniowej od warunków chłodzenia i prędkości skrawania

Chłodzenie \ Prędkość skrawania	Prędkość skrawania		
	30 m/min	50 m/min	70 m/min
na sucho	350,2 MPa	370,0 MPa	370,0 MPa
HPAJ	351,6 MPa	370,1 MPa	370,7 MPa
MQL	352,1 MPa	370,4 MPa	370,8 MPa
kriogeniczne	355,0 MPa	370,7 MPa	372,5 MPa

Opracował: prof. dr hab. inż. Krzysztof Jemielniak

LITERATURA

Umbrellon D., Rotella G. "Fatigue life of machined Ti6Al4V alloy under different cooling conditions". *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. 67, 1 (2018): s. 99–102. ■