

Nowatorska technika chłodzenia w obróbce wysoko produktywnej

Stop tytanu Ti6Al4V charakteryzuje się niską przewodnością cieplną oraz wysoką wytrzymałością i reaktywnością chemiczną. Z tych powodów narzędzie do jego obróbki musi być efektywnie chłodzone. Nowatorskie podejście, polegające na podawaniu cieczy obróbkowej schłodzonej do temperatury poniżej 0°C, okazuje się skuteczniejsze niż chłodzenie zalawowe i kriogeniczne.

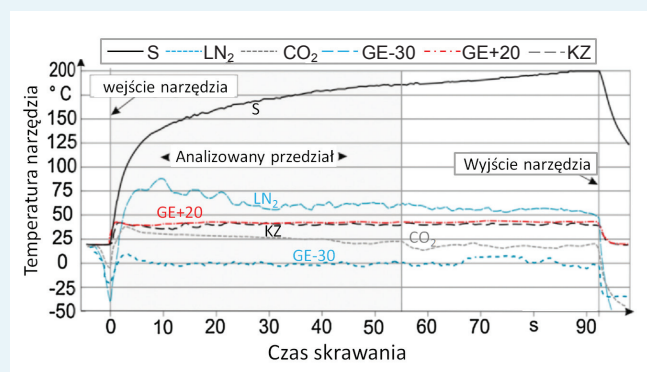
W badaniach wykorzystano glikol etylenowy (GE), którego temperatura zamarzania wynosi -49°C, z dodatkami inhibitorów korozji i fosforanów organicznych zwiększających zwilżalność. Zastosowano sześć technik chłodzenia: na sucho (S), kriogeniczne ciekłym azotem (LN₂), śniegiem CO₂, konwencjonalne, zalawowe estrem 8% (KZ) oraz glikolem etylenowym schłodzonym do -30°C (GE-30) i w temperaturze 20°C (GE+20). Parametry chłodzenia zestawiono w tabelicy.

TABLICA. Parametry chłodzenia przyjęte podczas obróbki

	S	LN ₂	CO ₂	KZ	GE-30	GE+20
Temperatura cieczy, °C	-	-196	-78,5	20	-30	20
Wydatek, kg/min	-	1,1	1,75	11,1	11,1	11,1
Ciśnienie, bar	-	2	~60	12	12	12
Ciepło właściwe, J/g · K	-	-	4,1	4,1	3,3	3,3

Podczas obróbki na sucho przestrzeń obróbkowa była wypełniona CO₂, co miało zapobiec zapłonowi lub wybuchowi pyłu tytanowego.

Na rys. 1 przedstawiono przebiegi temperatury mierzonej pod płaską płytką skrawającą z niepowlekanego węgla K313 podczas toczenia stopu Ti6Al4V. Chłodzenie włączano na 3 s przed rozpoczęciem skrawania, co powodowało spadek temperatury ostrza poniżej 0°C w przypadku LN₂, CO₂ i GE-30. Efekt był najsilniejszy w przypadku LN₂ ze względu na bardzo niską temperaturę tego medium.

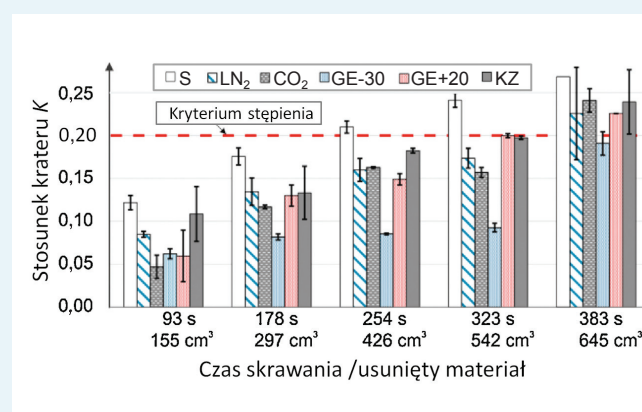


Rys. 1. Zależność temperatury ostrza od czasu skrawania i warunków chłodzenia

W czasie skrawania na sucho temperatura osiągała 200°C. Nowa ciecz obróbkowa podawana w temperaturze otoczenia (GE+20) oddziaływała niemal identycznie jak chłodzenie konwencjonalne (KZ). Warto podkreślić, że najmniej skuteczne było chłodzenie LN₂.

Wynika to z efektu Leindenfosta: ze względu na bardzo dużą różnicę temperatury między ciekłym azotem a gorącą strefą skrawania powstaje warstewka gotującego się azotu, utrudniająca oddawanie ciepła. Zjawisko to nie występuje przed rozpoczęciem skrawania, gdy różnica temperatury jest dużo mniejsza, ok. 160°C.

Najniższą temperaturę ostrza w czasie skrawania uzyskano dzięki schłodzonemu do -30°C glikolowi etylenowemu (GE-30), który okazał się skuteczniejszy niż CO₂ (-78,5°C) dzięki wyższej przewodności cieplnej i zwilżalności.



Rys. 2. Stosunek krateru w funkcji czasu skrawania

Efektywność chłodzenia poszczególnymi technikami odbija się na zużyciu ostrza. Na rys. 2 przedstawiono uzyskane wartości stosunku głębokości krateru na powierzchni natarcia do odległości maksimum głębokości od krawędzi skrawającej, w funkcji technik i czasu skrawania.

Opracował: prof. dr hab. Krzysztof Jemielniak

LITERATURA

Kirsch B., Basten S., Hasse H., Aurich J.C. "Sub-zero cooling: A novel strategy for high performance cutting". *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. 67, 1 (2018): s. 95–98. ■