



## Z DZIAŁALNOŚCI CIRP

The International Academy for Production Engineering  
Międzynarodowa Akademia Inżynierii Produkcji

### Poprawa jakości warstwy wierzchniej dzięki chłodzeniu kriogenicznemu

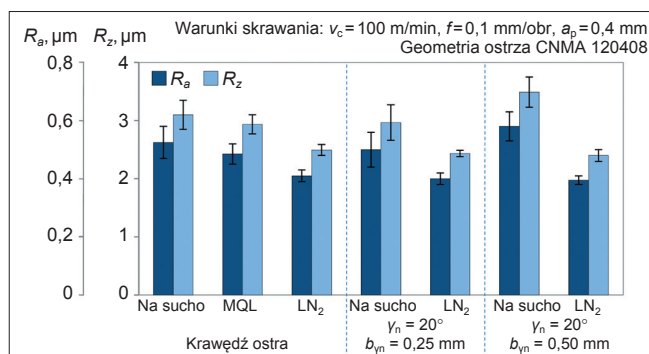
Najważniejszą korzyścią, jaką przynosi chłodzenie ciekłym azotem ( $LN_2$  – od *liquid nitrogen*) przy obróbce skrawaniem, jest poprawa jakości warstwy wierzchniej obrabianego przedmiotu. Liczne współczesne badania prowadzone na wielu materiałach konsekwentnie wykazały poprawę mikrostruktury i przemian fazowych, utwardzenie na powierzchni i pod nią oraz tworzenie warstwy silnie odkształconej plastycznie, w której występują resztkowe naprężenia ściskające. Badania te zostały obszernie omówione w cytowanym artykule (patrz: literatura), tu przedstawiano jedynie przykładowe wyniki.

Zastosowanie chłodzenia kriogenicznego w trakcie toczenia stopów tytanu z glinem  $\gamma$ -TiAl przyczynia się do wyraźnej redukcji chropowatości powierzchni w porównaniu z obróbką na sucho oraz z chłodzeniem minimalnym MQL, zarówno w przypadku narzędzi z ostrą, jak i sfazowaną krawędzią skrawającą (rys. 1). Podczas skrawania na sucho wraz ze zużywaniem się ostrza występują: znaczny wzrost sił skrawania, pogarszanie się chropowatości oraz pęknięcie powierzchni. Takich zjawisk nie obserwowano przy chłodzeniu ciekłym azotem, kiedy zużycie ostrza było znacznie mniejsze.

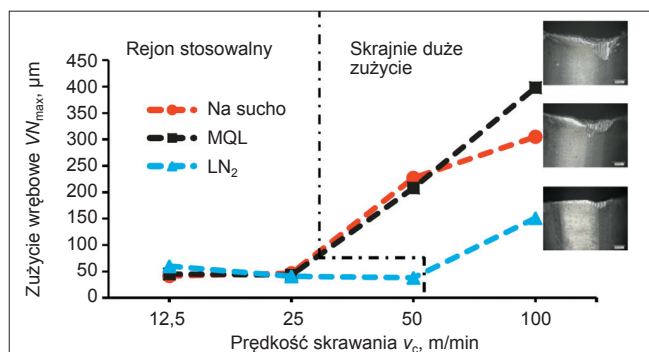
Przy frezowaniu Inconelu 718 zauważono, że pod wpływem chłodzenia  $LN_2$  siły skrawania wzrastały ze względu na większą wytrzymałość materiału w obniżonej temperaturze. Z drugiej strony konwencjonalne chłodzenie nie było w stanie wystarczająco szybko usunąć ciepła powstającego w strefie ścinania i podwyższona temperatura powodowała odkształcenia plastyczne zmiękzonego materiału obrabianego.

Do toczenia stopu tytanu Ti-6Al4V zastosowano specjalne narzędzia z otworem w płytce skrawającej, co pozwoliło na skierowanie  $LN_2$  bezpośrednio na strefę skrawania. W porównaniu z chłodzeniem zalewowym uzyskano obniżenie: chropowatości o 36%, sił skrawania o 35–42%, a zużycia ostrza o 27–39%.

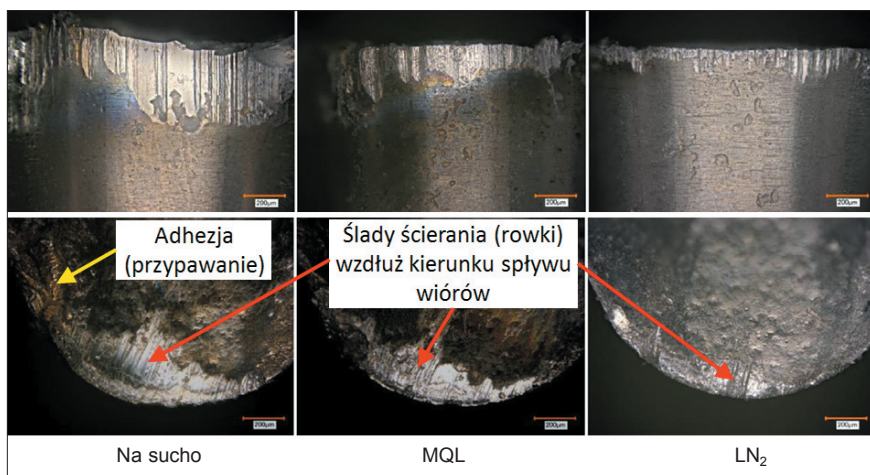
Intensywne badania kriogenicznej obróbki stopu z pamięcią kształtu NiTi także wykazały znaczną poprawę jakości warstwy wierzchniej, ograniczenie zmienności siły skrawania w czasie oraz redukcję zużycia ostrza przy wysokich prędkościach skrawania (rys. 2).



Rys. 1. Chropowatość powierzchni przy obróbce stopu Ti-45Al-8Nb-0.2C-0.2B,  $Y_n$ ,  $b_{Yn}$  – wymiary sfazowania krawędzi skrawającej



Rys. 2. Porównanie przebiegu zużycia skoncentrowanego przy toczeniu stopu z pamięcią kształtu NiTi: na sucho, ze smarowaniem minimalnym (MQL) i kriogenicznym ( $LN_2$ ); posuw  $f = 0,05$  mm/obr, głębokość skrawania  $a_p = 0,5$  mm



Rys. 3. Porównanie zużycia na powierzchni przyłożenia i natarcia przy toczeniu stopu z pamięcią kształtu NiTi: na sucho, ze smarowaniem minimalnym (MQL) i kriogenicznym ( $LN_2$ ); posuw  $f = 0,05$  mm/obr, głębokość skrawania  $a_p = 0,5$  mm, prędkość skrawania  $v_c = 25$  m/min

Na rys. 3 przedstawiono porównanie zużycia na powierzchni przyłożenia i natarcia w rejonie naroża po 3 min pracy na sucho, ze smarowaniem minimalnym oraz kriogenicznym. Wyraźnie widać przewagę tej ostatniej metody.

Opracował:  
prof. dr hab. Krzysztof Jemielniak

#### LITERATURA

Jawahir I.S., Attia H., Biermann D., Duflou J., Klocke F., Meyer D., Newman S.T., Pusavec F., Putz M., Rech J., Schulze V., Umbrello D. "Cryogenic manufacturing processes". *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. Vol. 65 (2016): pp. 713–736. ■