

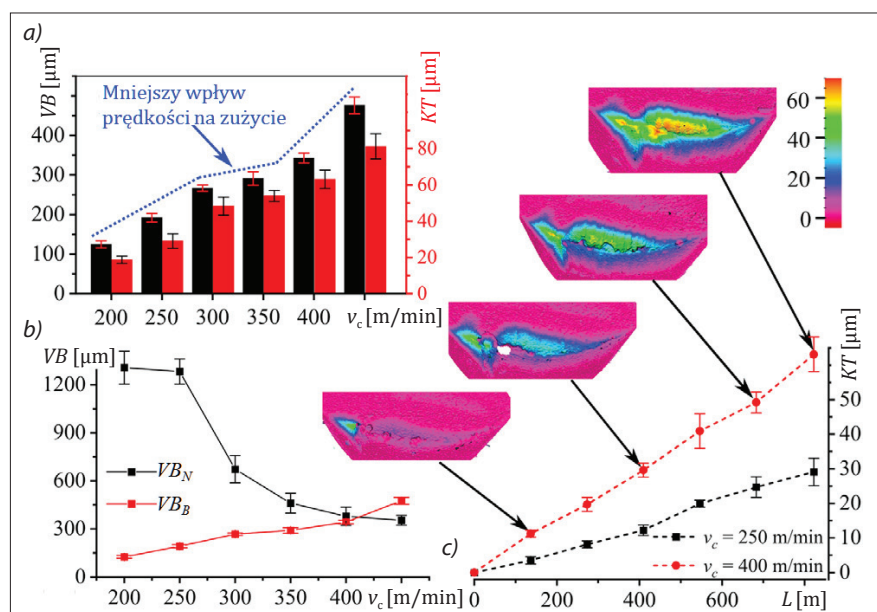
Mechanizm zużycia ostrza z PcBN podczas obróbki stopu Inconel 718

Narzędzia z PcBN są ostatnio z powodzeniem wprowadzane do obróbki superstopów na bazie niklu, jednak wiedza na temat mechanizmów ich zużycia pozostaje ograniczona. W artykule przedstawiono wyniki dogłębnego badania zużycia narzędzia z PcBN i powodujących je mechanizmów podczas szybkościowej obróbki stopu Inconel 718.

W badaniach wykorzystano narzędzia Seco Tools CDJNL3225P11 z płytkami ISO DNGN110308 o promieniu zaokrąglenia krawędzi skrawającej $r_n = 2 \mu\text{m}$ z CBN170 o 65% obj. zawartości cBN, ze spoiwem ceramicznym (TiCN z niewielką domieszką Al_2O_3) wzmocnionym whiskerami SiC. Toczone wzdłużnie starzony Inconel 718 (HRC 45,1) ze stałym posuwem $f = 0,15 \text{ mm/obr}$ i głębokością skrawania $a_p = 0,25 \text{ mm}$ przy prędkościach skrawania wynoszących $v_c = 200 \div 450 \text{ m/min}$.

Na rys. 1 przedstawiono przebiegi zużycia powierzchni przyłożenia (VB_B), zużycia skoncentrowanego (VB_N) i krateru (KT). Na rys. 1a pokazano zużycie po stałej drodze skrawania 820 m. Zgodnie z oczekiwaniami wzrost prędkości skrawania intensyfikuje zużycie powierzchni przyłożenia i krateru, jednak wpływ ten nie jest stały. Widać, że przy prędkościach w zakresie od $v_c = 300 \div 350 \text{ m/min}$ obserwuje się zmniejszenie wpływu prędkości skrawania i dalsze przyspieszenie, zwłaszcza przy $v_c = 450 \text{ m/min}$. Natomiast zużycie skoncentrowane VB_N zmniejsza się wraz ze wzrostem prędkości skrawania i staje się współmierne do zużycia powierzchni przyłożenia już przy $v_c = 400 \text{ m/min}$ (rys. 1b).

Zużycie kraterowe (KT) zwiększa się liniowo wraz z drogą skrawania (rys. 1c), co wskazuje na stabilne mechanizmy ciągłego zużycia. Tylko przy najwyższych prędkościach nadmierny krater (rys. 1c) prowadził do pęknięcia i odpryskiwania krawędzi skrawającej.



Rys. 1. (a) Zużycie powierzchni przyłożenia dla badanych prędkości skrawania. (b) Porównanie zużycia powierzchni przyłożenia VB_B i skoncentrowanego VB_N w funkcji drogi skrawania i odpowiednie obrazy 3D zużycia ostrza. (c) Rozwój krateru w funkcji drogi skrawania i odpowiednie obrazy 3D zużycia ostrza.

Pogłębiona analiza mechanizmów zużycia wykazała istotną rolę dyfuzyjnego rozpuszczania cBN. Przy dużych prędkościach skrawania równie ważnym mechanizmem stało się utlenianie cBN. Udokumentowano dyfuzyjną utratę węgla ze spoiwa TiCN, jednak spoiwo jako całość było mniej podatne na dyfuzję niż faza cBN. Stwierdzono, że zużycie adhezyjne jest aktywne na powierzchni przyłożenia, powodując mikroskopijne usuwanie zarówno cBN, jak i spoiwa. Odkryto również zjawiska ograniczające zużycie narzędzi. Utlenianie Inconelu 718 spowodowało powstanie spineli $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ i $(\text{Al,Cr,Ti})_3\text{O}_4$, które osadzały się na powierzchni natarcia. Dyfuzyjny strumień azotu na zewnątrz powodował reakcję chemiczną w stanie stałym z utworze-

niem $(\text{Ti,Nb,Cr})\text{N}$ nad ziarnami cBN. Tworzy to warstwową warstwę ochronną dla narzędzia, składającą się z dolnej $(\text{Ti,Nb,Cr})\text{N}$ i górnej powłoki $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ na cBN, tworzącej się w sposób ciągły w miarę postępującego zużycia narzędzia. Taka ochrona w czasie pracy umożliwiła zrównoważenie mechanizmów zużycia narzędzi i osiągnięcie wysokiej wydajności PcBN w obróbce skrawaniem.

LITERATURA

Bushlya V., Lenrick F., Bjerke A. "Tool wear mechanisms of PcBN in machining Inconel 718: Analysis across multiple length scale". *CIRP Annals - Manufacturing Technology*. 70 (2021): 73-78, <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2021.04.008>.

Opracował:
prof. dr hab. inż. Krzysztof Jemielniak