

## Właściwości skrawne narzędzi powlekanych metodą PVD z wykorzystaniem filtrowanego łuku

Nowa odmiana fizycznego osadzania z fazy gazowej PVD (*physical vapour deposition*), polegająca na zastosowaniu filtrowanego łuku FAD (*filtered arc deposition*), umożliwia uzyskanie powłok o bardzo małej chropowatości, bez kropelek. Otrzymane warstwy wykazują bardzo dużą twardość i lepsze właściwości skrawne przy szybkościowym frezowaniu wstępnie hartowanej stali nierdzewnej.

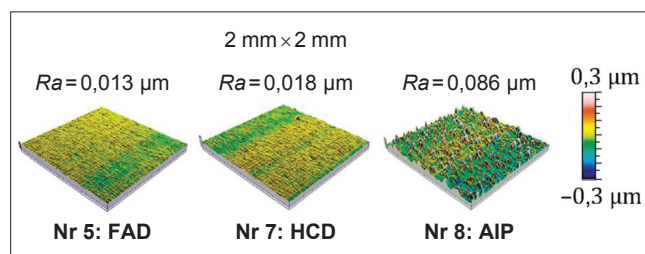
W badaniach wykorzystano osiem frezów palcowych dwuostrzowych o średnicy  $\varnothing 6$  mm z superdrobnoziarnistych węglików spiekanych powlekanych TiN/TiCN, przy czym sześć z tych narzędzi miało powłoki nałożone nową metodą FAD, a dwa (dla porównania) – metodami konwencjonalnymi HCD (*hollow cathode discharge*) i AIP (*arc ion plating*). Uzyskane grubości powłok zestawiono w tabelicy.

TABLICA. Powłoki narzędzi wykorzystanych w badaniach

Narzędzie	1	2	3	4	5	6	7	8
Proces	FAD						HCD	AIP
Grubość powłoki, $\mu\text{m}$	2,09	2,16	2,44	2,81	1,97	1,98	2,36	3,08

Na rys. 1 przedstawiono typowe profile 3D otrzymanych powierzchni. Narzędzie nr 7, z powłoką nałożoną metodą HCD, ma chropowatość niewiele gorszą niż narzędzie nr 5, powleczone metodą FAD, natomiast narzędzie nr 8, z powłoką naniesioną metodą AIP, ma liczne dziurki i występy.

Badania twardości i naprężeń resztkowych wykazały, że najlepsze właściwości mechaniczne spośród narzędzi powlekanych metodą FAD miały te o numerach 5 i 6 – właśnie je wykorzystano w procesie frezowania współbieżnego na sucho z prędkością skrawania  $v_c = 100$  m/min, posuwem na ostrze  $f_z = 0,015$  mm/ostrze oraz głębokością skrawania osiową  $a_p = 4$  mm i promieniową  $a_e = 0,6$  mm. Obrabianym materiałem była wstępnie hartowana stal nierdzewna X30Cr13. Próby prowadzono na pionowym centrum frezarskim wyposażonym w siłomierz frezarski.

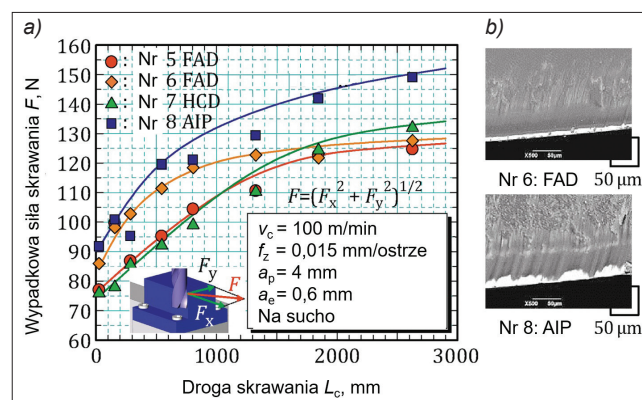


Rys. 1. Typowe profile 3D powierzchni powlekanej TiCN

Zmienność wypadkowej siły skrawania w funkcji drogi skrawania przedstawiono na rys. 2a. W przypadku wszystkich frezów siła rośnie wraz z drogą skrawania  $L_c$ , co widać zwłaszcza dla frezów powlekanych metodami

konwencjonalnymi HCD i AIP. Dla frezu powlekanego metodą FAD siła pod koniec próby, czyli po obrobie odcinka  $L_c = 2600$  mm, jest niższa ze względu na mniejsze zużycie ostrza.

Na rys. 2b przedstawiono zdjęcia stanu powierzchni natarcia po zakończeniu prób, wykonane za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM) z detektorem elektronów wstecznie rozproszonych (BSE). Biały rejon odpowiada węglikowi spiekaniu, a szare elementy – materiałowi obrabianemu przypawanemu do narzędzia (adhezja). Zużycie powierzchni natarcia i przyłożenia narzędzi powlekanych metodą FAD było dość równomierne, podczas gdy na narzędziach powlekanych metodami HCD i AIP występowały liczne nieregularne obszary z dużą ilością przypawanego materiału. Jest to efekt zrywania kropelek powłoki w procesie skrawania i tworzenia porów w tych miejscach.



Rys. 2. Zależność wypadkowej siły skrawania od drogi skrawania podczas frezowania frezami palcowymi, powlekanych TiN/TiCN różnymi metodami (a) oraz zdjęcia SEM-BSE powierzchni natarcia (b)

Powierzchnie po obróbce narzędziami powlekanych metodą FAD miały chropowatość  $R_a$  w granicach  $0,08 \mu\text{m}$  i były znacznie gładziej w porównaniu z powierzchniami obrabianymi narzędziami powlekanych konwencjonalnie. Wynikało to z mniejszego zużycia ostrzy powlekanych metodą FAD.

Opracował: prof. dr hab. inż. Krzysztof Jemielniak

### LITERATURA

Hosokawa A., Hoshino G., Koyano T., Ueda T. "Cutting characteristics of PVD-coated tools deposited by filtered arc deposition (FAD) method". *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. 67, 1 (2018): 83–86. ■