



11th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
ACHIEVEMENTS IN MECHANICAL & MATERIALS ENGINEERING

Własności mechaniczne wielowarstwowych powłok CVD na podłożu z narzędziowej ceramiki azotkowej

L.A. Dobrzański^{a,*}, D. Pakuła^{a,*}, M. Pancialejko^b, A. Kříž^{c,*,#}

^aZakład Technologii Procesów Materiałowych i Technik Komputerowych w Materiałoznawstwie, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Politechnika Śląska
ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice, Poland

^bKatedra Inżynierii Materiałowej, Politechnika Koszalińska
ul. Raławicka 15-17, 75-620 Koszalin, Poland

^cWydział Nauki o Materiałach i Metalurgii, Uniwersytet Zachodnio-Czeski
ul. Uniwersytecka 22, 306 14 Pilzno, Czech Republic

W pracy porównano własności mechaniczne wielowarstwowych powłok CVD na podłożu z narzędziowej ceramiki azotkowej. Przedstawiono wyniki badań przyczepności naniesionych powłok do podłoża oraz wyniki mikrotwardości i chropowatości.

1. WPROWADZENIE

Ceramika azotkowa Si_3N_4 wykazuje w różnych zastosowaniach prawie idealne własności w szerokim zakresie temperatury. Zaletą jej jest duża wytrzymałość, duża twardość i odporność na utlenianie, dobra przewodność cieplna i odporność na szoki termiczne. Obok tych niewątpliwych zalet, ceramika ta jednak obarczona jest pewnymi wadami. Niekorzystnym czynnikiem ceramiki na bazie azotka krzemu jest skłonność do zużycia chemicznego w wysokiej temperaturze, zwłaszcza podczas skrawania stali tworzącej wiór wstęgowy. Wówczas powstający w temperaturze około 1470K krzemek żelaza prowadzi do bardziej wzmożonego zużycia chemicznego i w końcu do szybkiego stępienia ostrza przy skrawaniu stali [1,2].

Aby zapobiec temu niekorzystnemu zjawisku, występującemu podczas obróbki bogatych w żelazo stopów, płytki z ceramiki Si_3N_4 poddano procesom nakładania wielowarstwowych powłok. Do najczęściej stosowanej metody w pokrywaniu tej ceramiki zalicza się wysokotemperaturowe CVD pozwalające na uzyskanie kombinacji warstw $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{TiN}$. Termodynamicznie stabilne warstwy Al_2O_3 są barierą dyfuzyjną pomiędzy narzędziową płytką a spływającym po niej wiórem, co w efekcie zwiększa odporność płytki na zużycie [1-3].

* Autorzy uczestniczą w realizacji projektu CEEPUS No PL-013/02-03 kierowanego przez Prof. L.A. Dobrzańskiego.

Autor uczestniczy w projekcie badawczym Nr MSM 232100006.

Celem niniejszej pracy jest zbadanie własności mechanicznych wielowarstwowych powłok CVD na podłożu z narzędziowej ceramiki azotkowej oraz porównanie ich z odpowiadającymi pokryciami komorecyjnymi.

2. PRZEBIEG BADAŃ

Badania przeprowadzono na płytkach wielostrzowych wykonanych, z ceramiki azotkowej Si_3N_4 , nie pokrywanych oraz pokrytych w procesie CVD cienkimi pokryciami. Płytki z Si_3N_4 pokryto wielowarstwowo w wysokotemperaturowym procesie CVD (określanym skrótem HT-CVD) kombinacją powłok TiC, Ti(C,N), Al_2O_3 i TiN, które następnie porównano z komercyjnymi płytkami różnych producentów oferujących kombinację pokryć typu Al_2O_3 +TiN. Charakterystykę badanych materiałów przedstawiono w tabelicy 1.

Tablica 1
Charakterystyka badanej ceramiki azotkowej Si_3N_4

Typ materiału	Pokrycie	Grubość pokrycia, μm	Rodzaj procesu
ceramika azotkowa Si_3N_4	Ti(C,N)+TiN	4,2	CVD
	Ti(C,N)+ Al_2O_3 +TiN	9,5	CVD
	TiC+TiN	5,4	CVD
	TiC+Ti(C,N)+ Al_2O_3 +TiN	7,8	CVD
	TiN+ Al_2O_3 +TiN	3,8	CVD (1)*
	Al_2O_3 +TiN	2,6	CVD (2)*
	Al_2O_3 +TiN	1,7	CVD (3)*
	TiN+ Al_2O_3 +TiN+ Al_2O_3 +TiN	4,5	CVD (4)*

*(1) do (4) płytki komercyjne różnych producentów

Oceny przyczepności pokryć na badanych płytkach wielostrzowych dokonano metodą zarysowania na urządzeniu REVETEST firmy CSEM, w wyniku przesuwania diamentowego penetratora po badanej powierzchni próbki, obciążanego stopniowo wzrastającą siłą nacisku. Badania wykonano przy następujących parametrach: zakres siły nacisku 0-100 N, szybkość wzrastającej siły nacisku (dL/dt) 100 N/min., prędkość przesuwu penetratora (dx/dt) 10 mm/min., czułość detektora emisji akustycznej 1. Obciążenie krytyczne L_c , przy którym następuje utrata przyczepności pokryć określono na podstawie zarejestrowanej wartości emisji akustycznej AE.

Badania mikrotwardości pokryć przeprowadzono na ultramikrotwardościomierzu DUH 202 firmy SHIMADZU. Pomiarów dokonano przy obciążeniu 0,03 N, eliminując wpływ podłoża na otrzymany wynik pomiaru. Grubość pokryć określono na podstawie pomiarów zagłębienia utworzonego w trakcie „kalotestu”. Parametr chropowatości R_a powierzchni bez powłok oraz pokrytych powłokami określono na profilometrze Surftec 3+ firmy RankTaylor Hobson przy długości pomiarowej $l = 0,25$ mm i dokładności pomiaru 0,01 μm .

3. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Oceny przyczepności naniesionych pokryć CVD na badany materiał Si_3N_4 dokonano na podstawie wartości obciążeń krytycznych L_c (AE), przy których następuje utrata

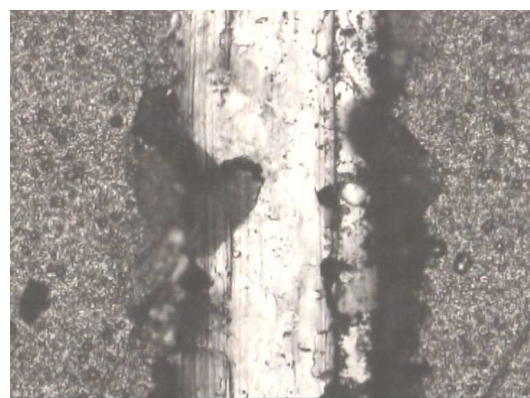
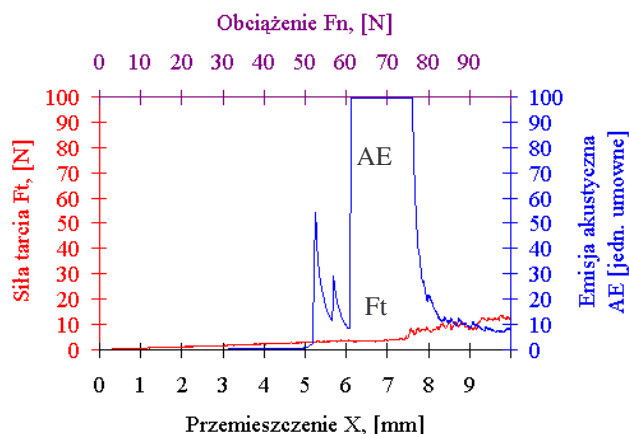
przyczepności powłoki do podłoża (tablica 2). Na podstawie określonych wartości L_c (AE) (rys.1) oraz w wyniku obserwacji metalograficznych powstałych uszkodzeń (rys.2) stwierdzono, że badane dwuwarstwowe powłoki typu Ti(C,N)+TiN oraz TiC+TiN charakteryzują się bardzo

Tablica 2

Sumaryczne zestawienie wyników badań pokrywanej ceramiki azotkowej Si_3N_4

Typ materiału	Pokrycie	Chropowatość Ra, μm	Twardość, HV _{0,03}	Obciążenie krytyczne L_c , N
ceramika azotkowa Si_3N_4	–	0,06	1950	–
	Ti(C,N)+TiN	0,15	2700	52,15
	Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	0,28	2500	26,71
	TiC+TiN	0,25	2450	67,24
	TiC+Ti(C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN	0,27	2400	32,17
	TiN+Al ₂ O ₃ +TiN*	0,13	2900	47,78
	Al ₂ O ₃ +TiN*	0,25	2300	44,60
	Al ₂ O ₃ +TiN*	0,23	2600	26,53
	TiN+Al ₂ O ₃ +TiN+Al ₂ O ₃ +TiN*	0,60	2700	40,52

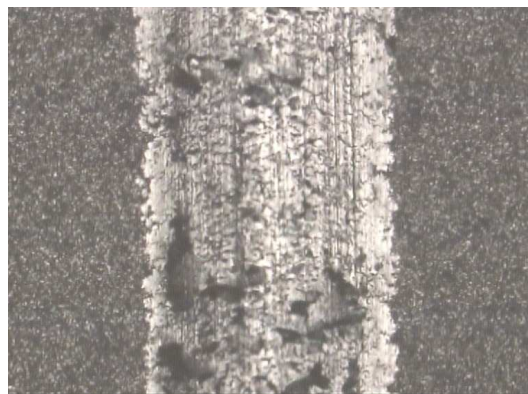
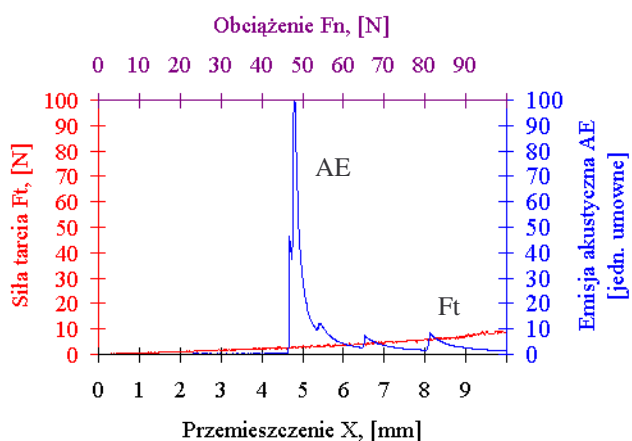
* płytki komercyjne



Rys. 1. Wykres zależności emisji akustycznej (AE) i siły tarcia Ft od wielkości siły obciążającej dla ceramiki azotkowej Si_3N_4 z powłoką Ti(C,N)+TiN Rys. 2. Uszkodzenie powłoki TiC+TiN na ceramice azotkowej Si_3N_4 przy obciążeniu 75N, pow.200x

dobrą przyczepnością do podłoża. W wyniku obserwacji na mikroskopie świetlnym, wzdłuż linii rysy, zauważono typowe niewielkie uszkodzenia naniesionych powłok. Takie same uszkodzenia były także widoczne na płytkach komercyjnych z kombinacją warstw typu Al₂O₃+TiN (rys. 3 i 4). Przy maksymalnej wartości siły obciążenia wynoszącej 100N nie stwierdzono całkowitej delaminacji powłok na wszystkich badanych materiałach.

W wyniku wykonanych pomiarów mikrotwardości (tablica 2) stwierdzono, że ceramika azotkowa Si_3N_4 pokryta wielowarstwowo metodą CVD wykazuje znaczny wzrost twardości. Najwyższą twardość 2700 HV_{0,03} spośród nałożonych powłok wykazuje powłoka dwuwarstwowa Ti(C,N)+TiN, natomiast wśród płytek komercyjnych największą twardością równą 2900 HV_{0,03} charakteryzuje się płytka (1) z pokryciem TiN+Al₂O₃+TiN. Twardość pozostałych powłok CVD na ceramice azotkowej Si_3N_4 mieści się w przedziale od 2400 do 2700 HV_{0,03}.



Rys. 3. Wykres zależności emisji akustycznej (AE) i siły tarcia Ft od wielkości siły obciążającej dla płytki komercyjnej (2) z powłoką Al₂O₃+TiN Rys. 4. Typowe uszkodzenia płytki komercyjnej (2) z powłoką Al₂O₃+TiN przy obciążeniu 45N, pow.200x

Na podstawie pomiarów chropowatości (tablica 2) badanych płytek stwierdzono, że najmniejszą wartością parametru $R_a=0,06 \mu\text{m}$ charakteryzuje się powierzchnia materiału podłoża Si₃N₄ bez naniesionej powłoki. Po nałożeniu powłok CVD na podłoże z ceramiki azotkowej chropowatość warstwy wierzchniej wzrasta i zawiera się w zakresie $R_a=0,15-0,28 \mu\text{m}$. Największą wartość parametru $R_a=0,6 \mu\text{m}$ zaobserwowano dla płytki komercyjnej (4) z powłoką TiN+Al₂O₃+TiN+Al₂O₃+TiN, natomiast pozostałe wartości parametru R_a dla tych płytek mieszczą się w granicach od 0,12 do 0,15 μm .

4. PODSUMOWANIE

Na podstawie wykonanych badań przyczepności powłok do podłoża stwierdzono, że wszystkie pokrycia dwu- i wielowarstwowe charakteryzują się bardzo dobrą przyczepnością do podłoża. W wyniku badań mikrotwardości pokryć stwierdzono, że największą twardością cechuje się płytka komercyjna (1) z pokryciem TiN+Al₂O₃+TiN. Stwierdzono również, że po nałożeniu pokryć metodą CVD chropowatość badanych próbek wzrasta średnio o 0,2 μm .

BIBLIOGRAFIA

1. L.A. Dobrzański, E. Hajduczek, J. Marciniak, R. Nowosielski, Metaloznawstwo i obróbka cieplna materiałów narzędziowych, WNT, Warszawa, 1990.
2. M. Wysiecki, Nowoczesne materiały narzędziowe, WNT, Warszawa, 1997.
3. L.A. Dobrzański, K. Gołombek, Proceedings of the Scientific Conference on the occasion of the 55th Anniversary of the Faculty Mechanical Engineering of the Silesian University of Technology in Gliwice, 2000, 117-122.
4. L.A. Dobrzański, K. Gołombek, D. Pakuła, Proceedings of the Scientific Conference M³E'2000, Gliwice, 2000, 51-54.