

Badania stanowiskowe rozptyłu ciepła w płytce skrawającej z powłoką narzędziową

Investigation of heat distribution in indexable tool insert with tool coating

MARTA BOGDAN-CHUDY
PIOTR NIESŁONY *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.410

W artykule przedstawiono wyniki oceny zmian temperatury w płytce wieloostrowej z węgliką spiekane go z powłoką TiAlN dla przypadków źródła ciepła stykającego się z powłoką i bezpośrednio z substratem płytki.

SŁOWA KLUCZOWE: rozptył ciepła, powłoka narzędziowa, ochrona ostrza

The article presents results of temperature changes in an indexable cemented carbide tool insert coated with TiAlN coating in cases where the heat source contact with the coating and directly with substrate plate.

KEYWORDS: heat distribution, tool coating, tool protection

Węglik spiekane typu WC-Co są jednymi z najczęściej stosowanych materiałów na ostrza skrawające, zwłaszcza w operacjach toczenia i frezowania. Szacuje się, że ok 80% wszystkich płytek skrawających jest wykonanych z pokrywianego węgliku spiekane go [1]. Powszechne zastosowanie zawdzięczają korzystnym właściwościom skrawnym i wytrzymałościowym [2, 3].

Aktualnie na większość ostrzy skrawających wykonanych z węglików spiekanych nanoszone są powłoki ochronne. Najczęściej stosowaną powłoką na narzędzia skrawające przeznaczone do obróbki trudnoskrawalnych stopów lotniczych jest powłoka TiAlN nakładana metodą PVD. Powłoka tego typu wpływa na zwiększenie trwałości ostrza, głównie poprzez ograniczenie intensywności wnikania ciepła do materiału narzędzia [3]. Jej zastosowanie może również przyczynić się do zmniejszenia tarcia, a tym samym ograniczenia lub zminimalizowania tribologicznych efektów zachodzących podczas obróbki skrawaniem.

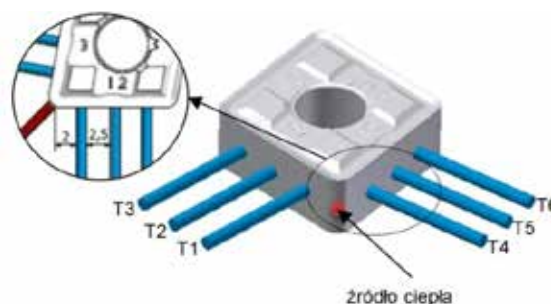
Cel i metodyka badań

Celem badań doświadczalnych było określenie zmian temperatury w stałych punktach płytki wieloostrowej dla przypadków ustalenia źródła ciepła na styku z powłoką TiAlN oraz z jej pominięciem, czyli bezpośrednio w kontakcie z substratem węglkowym. Badania przeprowadzono na autorskim stanowisku badawczym umożliwiającym pomiar temperatury za pomocą termopar typu K w tych samych punktach na bocznych powierzchniach płytki. Usytuowanie termopar oraz źródła ciepła przedstawiono na rys. 1. Do testów wykorzystano płytkę skrawającą typu CNMG 120412-UP KC5010 firmy Kennametal wykonaną z węgliku spiekane go typu WC-6%Co pokrytego w procesie PVD powłoką TiAlN o średniej grubości 5 μm przeznaczoną do obróbki m.in. stopów tytanu.

Przejęto, że źródło ciepła ma stałą temperaturę 380°C, odpowiadającą średniej temperaturze z zakresu tem-

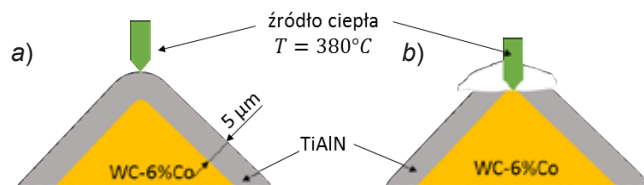
peratur w strefie skrawania dla wybranych warunków obróbki [4].

Badania stanowiskowe prowadzono w temperaturze otoczenia 20°C.



Rys. 1. Schemat punktów pomiarowych na płytce skrawającej

Testy przeprowadzono dla dwóch przypadków kontaktu źródła ciepła z płytką. W pierwszym przypadku źródło ciepła styka się z powłoką TiAlN (rys. 2a), a w drugim – ciepło dostarczane jest bezpośrednio do substratu płytki (rys. 2b), pomijając barierę termiczną, jaką stanowi powłoka narzędziowa.



Rys. 2. Schemat kontaktu źródła ciepła Q z powłoką TiAlN (a) oraz bezpośrednio z substratem płytki (b)

Obliczone na podstawie [5] przewodności cieplne λ oraz ciepła właściwe c_p materiału substratu dla temperatury 20 i 380°C przedstawiono w tabl. I. Właściwości cieplne powłoki TiAlN ustalono jedynie dla $T = 20^\circ\text{C}$ na podstawie [6]. Nie znaleziono w literaturze adekwatnych danych odnośnie zmian λ oraz c_p dla tej powłoki.

TABLICA I. Przewodność cieplna i ciepło właściwe materiału powłoki substratu węglkowego

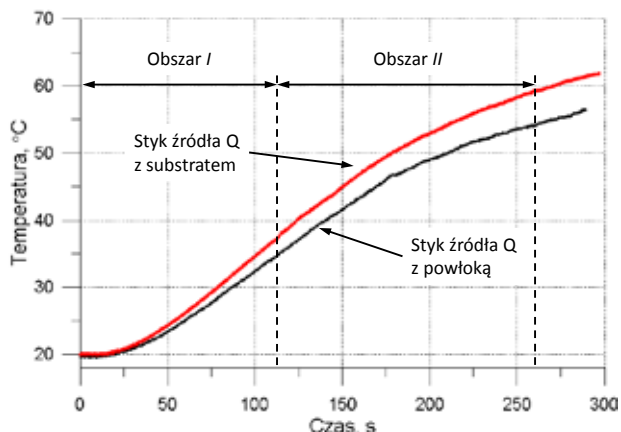
Materiał	Lit.	$T, ^\circ\text{C}$	Przewodność cieplna $\lambda, \text{W/m K}$	Ciepło właściwe $c_p, \text{J/kg K}$
WC-6%Co	[5]	20	33,7	180,1
		380	39,6	237,7
TiAlN	[6]	20	14	129

Można zauważyć, że TiAlN charakteryzuje się małą wartością przewodności cieplnej, przeszło dwa razy mniejszą w porównaniu do materiału substratu. Dodatkowo wraz ze wzrostem temperatury przewodność substratu rośnie. Może to mieć wpływ na transport i wnikanie ciepła do ostrza w zakresie jego wysokich temperatur pracy.

* Mgr inż. Marta Bogdan-Chudy (m.bogdan-chudy@po.opole.pl), dr hab. inż. Piotr Niesłony prof. PO (p.nieslony@po.opole.pl) – Katedra Technologii Maszyn i Automatykacji Produkcji Politechniki Opolskiej

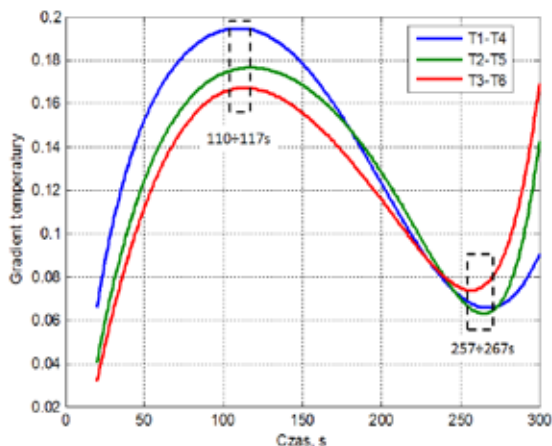
Wyniki badań

Przebieg zmian temperatury podczas nagrzewania płytki skrawającej z powłoką TiAlN dla dwóch przypadków kontaktu źródła ciepła Q z próbką przedstawiono na rys. 3. Charakter zmian temperatury w czasie jest dla obu przypadków podobny. Jednocześnie od samego początku testu szybciej wnikało ciepło do materiału ostrza, podnosząc wartość temperatury w miejscu pomiaru, dla źródła ciepła Q stykającego się bezpośrednio z substratem (rys. 3).



Rys. 3. Przebieg zmian temperatury podczas nagrzewania płytki dla dwóch przypadków kontaktu źródła ciepła Q z próbką dla pary termopar T1-T4

W celu oceny intensywności zmian temperatury w ustalonych punktach pomiaru wyliczono gradient temperatury dla kroku czasu 0,5 s. Przykładowe wykresy zmian gradientów temperatury dla Q stykającego się z powłoką TiAlN przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Przykładowa charakterystyka zmian gradientu temperatury dla źródła ciepła stykającego się z powłoką TiAlN

Zaobserwowano, że niezależnie od miejsca pomiaru termoparami (T1-T4 czy np. T3-T6) do czasu 110÷117 s gradienty rosły, osiągając maksymalne wartości średnio 0,18°/s. Na rys. 3 oznaczono ten okres jako Obszar I. Następnie nastąpił monotoniczny spadek gradientów do czasu pomiaru 257÷267 s – Obszar II na rys. 3. W tym przypadku skrajną wartością gradientu jest 0,07°/s. W podobny sposób układają się charakterystyki gradientu dla kontaktu Q bezpośrednio z substratem. W celu porównania wartości temperatur w punktach kontrolnych postanowiono dokonać oceny dla czasu odpowiadającego końcowi Obszaru II ($t=260$ s), gdzie osiągnięto najniższe wartości gradientu. Odpowiednie dane zebrano w tabl. II. Na podstawie wyników zebranych w tabl. II można ocenić, że generalnie

TABLICA II. Zarejestrowane wartości temperatury podczas nagrzania płytki dla czasu $t = 260$ s

	Źródło ciepła Q stykające się z:	
	powłoką	substratem
T1-T4	54,7 °C	60,0 °C
T2-T5	52,2 °C	56,1 °C
T3-T6	49,1 °C	55,9 °C

wyższe temperatury na powierzchni płytki skrawającej uzyskano dla źródła ciepła Q stykającego się z substratem.

W tym przypadku strumień ciepła, wnikając do węgliku spiekane, nie musiał przenikać przez powłokę narzędziową i pokonywać obszaru styku TiAlN z WC. Dla Q stykającego się z powłoką strumień musi dwa razy pokonać barierę termiczną związaną z powłoką TiAlN. To spowodowało, że wartości temperatury w punktach pomiaru są średnio o 5° niższe.

W większości publikacji [7÷8] ocenie właściwości cieplnych podlega jedynie sama powłoka lub substrat. Jednak dla przypadku związków chemicznych nanoszonych metodami PVD lub CVD, gdzie zachodzi chemiczna interakcja powłoki z materiałem substratu, istotnego znaczenia może nabierać zjawisko synergii. Wydaje się więc racjonalne podejście naukowe, w którym ocena funkcjonowania takiej powłoki będzie dokonywana w skojarzeniu z materiałem substratu, na którym została naniesiona, wraz z zachowaniem warunków jej wytworzenia.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania stanowiskowe rozprywu ciepła w węglkowej płytce skrawającej z powłoką narzędziową potwierdziły istnienie bariery cieplnej na styku powłoka–substrat. Zbudowane stanowisko badawcze, o znanej konfiguracji elementów pomiarowych, pozwala na uzyskanie danych eksperymentalnych do wyznaczenia właściwości termofizycznych powłoki narzędziowej. Wstępnie ustalono, że na podstawie testów będzie można wyliczyć metodą inżynierii odwrotnej, korzystając z klasycznych zależności termofizycznych, właściwości cieplne powłoki z uwzględnieniem efektu synergetycznego. Dane te pozwolą na lepsze określenie oddziaływań cieplnych w strefie skrawania podczas modelowania tego procesu metodami numerycznymi.

LITERATURA

- Kupczyk M.J. „Inżynieria powierzchni. Powłoki przeciwzuzyciowe na ostrza skrawające”. Poznań: Wyd. Polit. Poznańskiej, 2008.
- Siwak P., Garbiec D., Chwalczuk T. „Badania własności technologicznych płytek skrawających z węglików spiekanych typu WC-6CO wytwarzanych metodą impulsowo-plazmową”. *Mechanik*. Nr 8–9 (2015): s. 113÷122.
- Cichosz P. „Narzędzia skrawające”. Warszawa: WNT, 2006.
- Niesłony P., Grzesik W., Habrat W. “Experimental and simulation investigations of face milling process of Ti-6Al-4V titanium alloy”. *Adv. Manuf. Sci. Technol.* No. 39 (2015): pp. 39÷52.
- Niesłony P. „Modelowanie przepływu ciepła i rozkładu temperatury w strefie skrawania dla ostrzy z twardymi powłokami ochronnymi”. Opole: Oficyna Wyd. Politechniki Opolskiej, 2008.
- Ding X.Z., Samani M.K., Chen G. “Thermal conductivity of PVD TiAlN films using pulsed photothermal reflectance technique”. *Applied Physics A: Materials Science and Processing*. No. 101 (2010): pp. 573÷577.
- García-González L., Granica-Romo M.G., Hernández-Torres J., Espinoza-Beltrán F.J. “A study of TiAlN coatings prepared by rf co-sputtering”. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. Vol. 24, No. 2 (2007): pp. 249÷257.
- Samani M.K., Ding X.Z., Khosravian N., Amin-Ahmadi B., Yang Yi, Chene G., Neyts E.C., Bogaerts A., Tay B.K. “Thermal conductivity of titanium nitride/titanium aluminum nitride multilayer coatings deposited by lateral rotating cathode arc”. *Thin Solid Films*. No. 578 (2015): pp. 133÷138.