

Morfologia powłok TiCN nanoszonych techniką fizycznego osadzania z fazy gazowej (PVD)

dr hab. inż. M. Madej prof. PŚk, prof. dr hab. inż. D. Ozimina,
mgr inż. J. Kowalczyk, mgr inż. K. Pawelec

W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczących morfologii powłok węglikoazotku tytanu TiCN uzyskanych w procesie fizycznego osadzania z fazy gazowej PVD na stali narzędziowej HS6-5-2C. Pomiaru grubości powłoki dokonano przy użyciu kompaktowego urządzenia Calotest CATc oraz mikroskopu optycznego. Obserwacje struktury i analizę składu chemicznego wykonano skaningowym mikroskopem elektronowym JSM 7100F wyposażonym w analizator EDS. Twardość zmierzono twardościomierzem INNOVATEST. Na podstawie rezultatów badań stwierdzono, że cechy morfologiczne badanych powłok spełniają potrzeby wynikające z ich potencjalnych zastosowań, a więc na ostrzach narzędzi skrawających i na elementach pracujących w trudnych warunkach (duże obciążenie, wysoka temperatura).

Wprowadzenie

Elementy maszyn pracujące w trudnych warunkach, np. przy dużych wartościach wymuszeń siłowych, w podwyższonych temperaturach, ulegają szybkiemu zużyciu. Warunki takie występują na przykład w strefie obróbki podczas obróbki skrawaniem, stąd też reprezentatywnym przykładem elementów pokrywanych powłokami przeciwtarciowymi są ostrza narzędzi skrawających. W przypadku narzędzi obrotowych, używanych w operacjach wiercenia i gwintowania – rys. 1, szczególnie istotna jest dobra adhezja powłoki do podłoża [9].

Proces zużycia prowadzi do zmian struktury zarówno powłoki jak i materiału podłoża, a w konsekwencji do zmiany właściwości powierzchni roboczej. W celu ograniczenia tych niekorzystnych procesów dąży się do zwiększania trwałości i niezawodności elementów roboczych maszyn i narzędzi, m.in. poprzez nanoszenie powłok.

Przeciwdziałanie zużyciu powierzchni powinno rozpoczynać się już na etapie projektowania i musi być kontrolowane przez cały okres eksploatacji. Kluczowym problemem jest odpowiednie dobranie materiałów do warunków eksploatacji.

Obecnie dużym zainteresowaniem cieszą się cienkie powłoki uzyskiwane w procesach chemicznego (CVD) i fizycznego (PVD) osadzania z fazy gazowej, implantacji jonowej oraz osadzania warstw atomowych (ALD) [4, 9, 11]. Wynika to z faktu, że cienkie, twarde powłoki jednocześnie zdecydowanie poprawiają parametry użytkowe pokrytego elementu oraz nie zwiększają jego objętości i nie powodują zmian strukturalnych materiału podłoża [2].



Rys. 1. Narzędzia obrotowe z powłokami przeciwtarciowymi: a) monolityczne wiertło kręte, b) wiertło z wymiennymi ostrzami, c) gwintownik z rowkiem śrubowym [7]

Ze względu na swoją budowę, powłoki można podzielić na [8]:

– proste – jednowarstwowe, jak sama nazwa wskazuje składające się z jednego materiału, np. metalu: Al, Cr, Cu, lub fazy: TiN, TiC,

– złożone – wielowarstwowe, tworzone z azotków, węglików, węglikoazotków oraz tlenków różnych pierwiastków.

Należy przy tym zauważyć, że powłoki wielowarstwowe są bardziej wytrzymałe, charakteryzują się także lepszą odpornością na pękanie [3, 5].

Jednym z trendów obserwowanych w inżynierii powierzchni są badania cienkich powłok węglikoazotku tytanu uzyski-



Tabela 1. Parametry i właściwości powłok TiCN [3]

Najczęściej stosowana metoda nanoszenia	Budowa powłoki	Twardość HV0,05	Maksymalna temperatura pracy	Współczynnik tarcia na sucho ze stalową kulą	Zalety	Przykładowe zastosowanie powłoki na ostrza narzędzi do obróbki wiórowej
PVD	Gradientowa	3000	400°C	0,4	Duża twardość i dobra wytrzymałość mechaniczna	Narzędzia ze stali szybko tnących i węglików spiekanych do gwintowania stali (< 52 HRC; w tym nierdzewnych), stopów niklu, mosiądzu i brązu; narzędzia do frezowania z chłodzeniem, np. stalowych kół zębatych

wanych w procesach PVD. W pracy [3] zestawiono najważniejsze parametry i właściwości powłok TiCN – Tabela 1. Powłoki TiCN charakteryzują się dużą twardością, małymi: naprężeniami własnymi, współczynnikiem tarcia oraz odpornością na zużycie.

Dzięki powyżej opisanym cechom powłoki te znalazły szerokie spektrum zastosowań w przemyśle narzędziowym, a dzięki nietoksyczności z powodzeniem mogą być one stosowane w przemyśle spożywczym, na elementy mające styczność z wytwarzanym produktem [5].

Celem badań przedstawionych w niniejszym opracowaniu było lepsze poznanie budowy powłok wykonanych z TiCN, gdyż ich cechy morfologiczne determinują oczekiwane własności eksploatacyjne elementów z powłokami.

Aparatura i metodyka badań

Do pomiaru grubości powłoki TiCN wykorzystano kompaktowy moduł Calotest CATc firmy Anton Paar [6] oraz mikroskop optyczny. Na rysunku 2 zaprezentowano widok pierwszego urządzenia oraz schemat jego działania. Pomiar grubości polegał na wytarciu powłoki za pomocą poruszającej się z prędkością 600 obr/min. kuli o średnicy 30 mm, przy czym w miejsce styku próbki z kulą наносzono drobną zawiesinę polerską. Po upływie 150 ± 4 s zmierzono średnicę wytarcia przy użyciu mikroskopu optycznego i na tej podstawie wyznaczono grubość powłoki.

Za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego JSM 7100F zobrazowano topografię powierzchni powłoki, a twardość HV 0,1 badanej powłoki określono przy użyciu twardościomierza INNOVATEST.

Wyniki badań

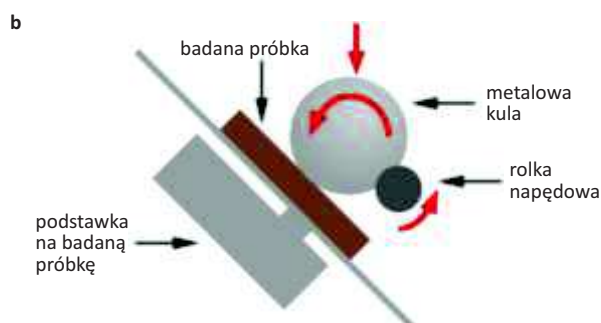
Na rysunku 3 przedstawiono wykonane na skaningowym mikroskopie elektronowym SEM obrazy powierzchni tarczy z naniesioną powłoką TiCN, natomiast analizy punktowe składu pierwiastkowego EDS w charakterystycznych miejscach na tarczy z naniesioną powłoką pokazano na rysunku 4.

Obrazy powierzchni powłoki TiCN uzyskane podczas obserwacji mikroskopowych bez pochylenia powierzchni próbki oraz z pochyleniem pod kątem 30° – rys. 3a i 3b, różnią się nieznacznie między sobą. Przy pochyleniu próbki zaobserwowano zdecydowanie lepiej widoczne wydzielenia w powłoce, natomiast przy braku pochylenia lepiej wyeksponowana jest kierunkowość struktury geometrycznej. Przedstawione na rysunku 4 rezultaty analizy EDS wykazały, że w zaobserwowanych wtrąceniach znajdują się takie pierwiastki jak tytan, azot, węgiel, a w osnowie, oprócz nich zidentyfikowano dodatkowo żelazo pochodzące z podłoża.

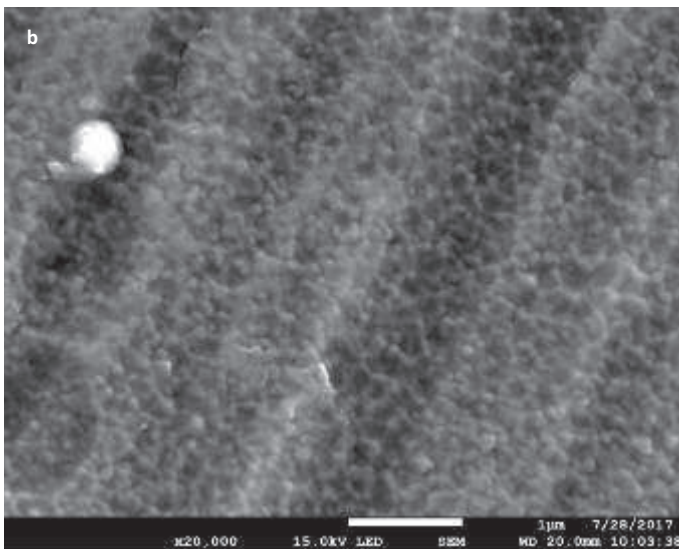
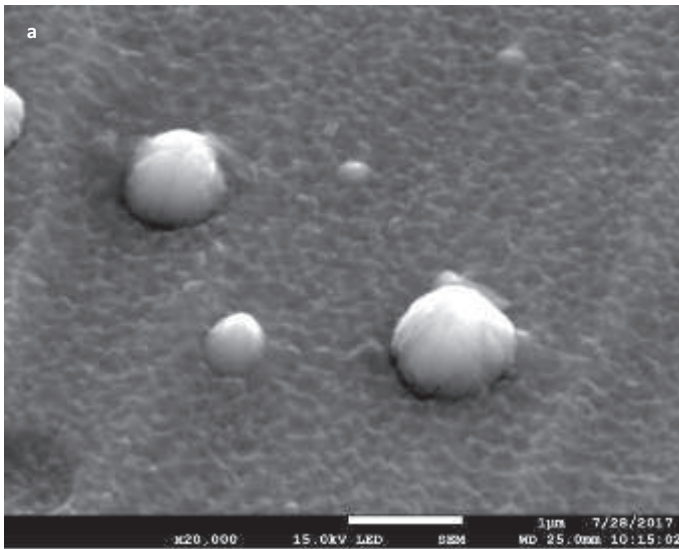
Przy użyciu Calotestu CATc wytarto powłokę TiCN, a za pomocą mikroskopu optycznego zmierzono jej grubość, wynoszącą $1,59 \mu\text{m}$ (rys. 5).

Wykonano 10 pomiarów twardości powłoki TiCN. Wyniki pomiaru w formie graficznej przedstawiono na rysunku 6. Wartość średnia twardości wyniosła 1720 HV.

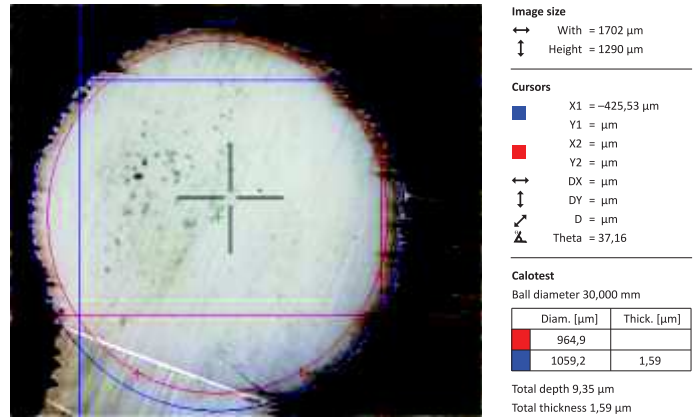
Stwierdzona wartość twardości powłoki jest wyraźnie mniejsza niż wartości podane w literaturze przedmiotu, np. [3]. Taka różnica może wynikać z różnych zastosowanych metod pomiarowych. Wyniki mogą także zależeć od grubości badanej powłoki.



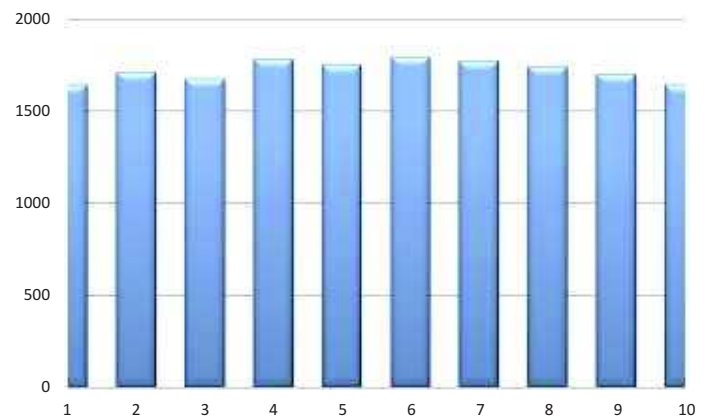
Rys. 2. Kompaktowy moduł badawczy Calotest CATc: a) widok ogólny, b) schemat węzła badawczego [3]



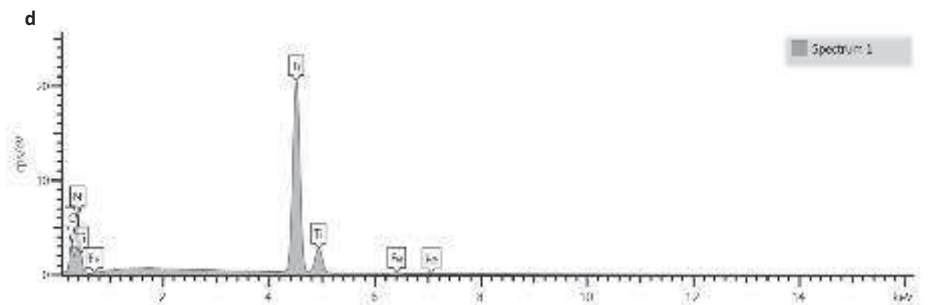
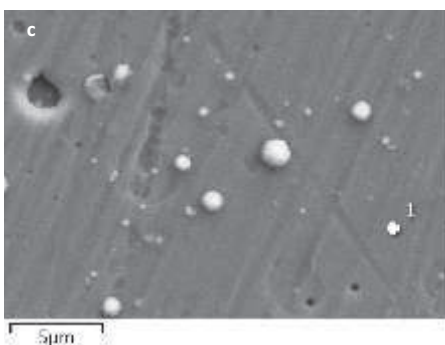
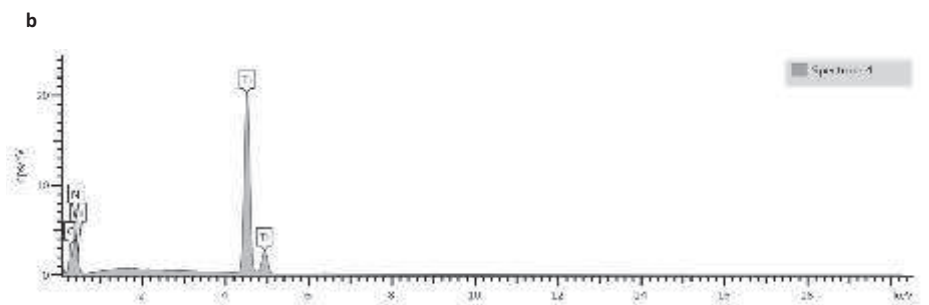
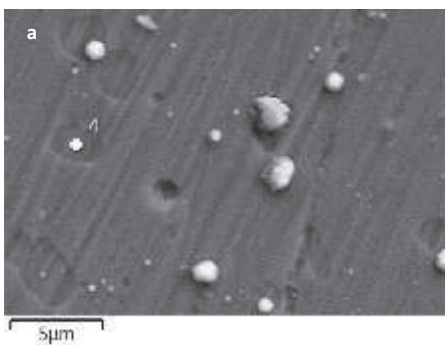
Rys. 3. Obraz SEM powierzchni tarczy z naniesioną powłoką TiCN: a) pod kątem 0°. b) pod kątem 30°



Rys. 5. Widok miejsca wytarcia powłoki z pomiarem wykonanym optycznym systemem pomiarowym



Rys. 6. Pomiary twardości tarczy z naniesioną powłoką TiCN



Rys. 4. SEM: a) widok powłoki TiCN z zaznaczonym punktem pomiarowym 4, b) analiza punktowa składu pierwiastkowego w wydzieleniu, c) widok powłoki TiCN z zaznaczonym punktem pomiarowym, d) analiza punktowa składu pierwiastkowego w osnowie



Wnioski

Stosowanie cienkich, twardych powłok na elementy systemów tribologicznych stanowi stale rozwijający się obszar naukowo-badawczy. Powłoki te mogą być nanoszone na elementy maszyn oraz na ostrza narzędzi stosowanych w przemyśle. Na podstawie przedstawionych w niniejszej pracy badań sformułowano następujące wnioski:

1. Obserwacje mikroskopowe pokazały, że powłoka TiCN składa się z dwóch faz: osnowy, w której oprócz pierwiastków stanowiących komponenty powłoki zidentyfikowano również żelazo oraz wtrąceń, w których znajdowały się tylko pierwiastki takie jak: tytan, azot i węgiel.
2. Wyznaczona przy użyciu aparatu Calotest CATc i mikroskopu optycznego grubość powłoki wynosiła $1,59 \mu\text{m}$.
3. Zmierzona twardość analizowanej powłoki TiCN jest znacznie mniejsza od danych literaturowych o ponad 40% i kształtuje się na poziomie 1720 HV 0,1. Może to wynikać z jej grubości, testy należałoby wykonać na nanotwardościomierzu, aby wyeliminować wpływ penetracji w materiał podłoża.

Cechy powłok TiCN jakie zidentyfikowano w powyższych badaniach potwierdzają ich przydatność działaniach mających na celu zmniejszanie intensywności procesu zużywania narzędzi i elementów maszyn pracujących w węzłach ciernych.

Literatura

1. Burakowski T.: Areologia. Wyd. ITE-PIB, Radom, 2007.
2. Burakowski T., Wierchoń T.: *Inżynieria powierzchni metali*. WNT, Warszawa, 1995.
3. Czechowski K.: Wpływ nanostrukturalnych powłok wielowarstwowych na właściwości użytkowe narzędzi. *Mechanik* nr 1/2017, s. 28-33.
4. Dobrzański L. A.: *Kształtowanie struktury i własności powierzchni materiałów inżynierskich i biomedycznych*. International OCSCO World Press, Gliwice, 2009.
5. Holmberg K., Ronkainen H., Matthews M.: Tribology of thin coatings. *Ceram. Int.*, vol. 26, 2000, pp. 787–795.
6. <http://www.anton-paar.com/pl-pl/produkty/grupa/pomiar-grubosci-powloki>.
7. Katalogi firm produkujących narzędzia (Fonar, Gühring, Iscar, Mitsubishi, Pafana, Sandvik Coromant, Seco Tools,)
8. Madej M.: The effect of TiN and CrN interlayers on the tribological behavior of DLC coatings. *Wear*, No. 317/2014, pp. 179–187.
9. Michalczewski R., Piekoszewski W., Szczerek M., Tuszyński W.: The lubricant-coating interaction in rolling and sliding contacts. *Tribology International*, vol. 42, 2009. pp. 554-560.
10. Ozimina D.: *Eksploatacja systemów tribologicznych*, M 48, Wyd. PŚk, Kielce, 2013.
11. Piekoszewski W.: Wpływ powłok na zmęczenie powierzchniowe smarowanych stalowych węzłów tarcia. Wyd. ITE-PIB, Radom, 2011. ■

reklama



© 2017 SCHUNK GmbH & Co. KG

SCHUNK®
Superior Clamping and Gripping

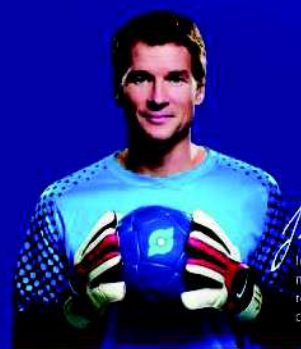
**300% dłuższa
żywołność narzędzia***

Wysokowydajny program dla ciężkiej obróbki.
Sprawdzona od 1978.
TENDO - oryginalna hydrauliczna oprawka
narzędziowa SCHUNK. Łatwa obsługa i wymiana
narzędzi w ciągu kilku sekund.

Moment obrotowy do **2 000 Nm**

TENDO E compact
Najwydajniejsza dla początkujących

* Na podstawie badań przeprowadzonych w Instytucie Inżynierii Produkcji w Karlsruhe Institute of Technology (KIT).



Jens Lehmann
Jens Lehmann, legendarny bramkarz
niemiecki, od 2012r. ambasador marki SCHUNK,
reprezentuje bezpieczne i precyzyjne
chwytanie i trzymanie.

TOOLEX Sosnowiec, 03-05 października 2017r.
Zapraszamy na stoisko 215 w hali A