

Wybrane właściwości mechaniczne powłok AlCrN otrzymanych metodą katodowego odparowania łukowego

Selected mechanical properties of AlCrN coatings deposited using cathodic arc evaporation method

ADAM GILEWICZ
BOGDAN GOLUCH
ZBIGNIEW KUKLIŃSKI
BOGDAN WARCHOLIŃSKI *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.5-6.75
Międzynarodowa Konferencja IMT 2016

W pracy porównano wybrane właściwości mechaniczne powłok decydujące o ich odporności na zużycie: twardość i przyczepność do podłoża. Powłoki AlCrN otrzymywano w szerokim zakresie ciśnień azotu z katod AlCr o składzie 70:30 i 50:50. Badano także szybkość nanoszenia powłok i chropowatość ich powierzchni.

SŁOWA KLUCZOWE: powłoka, PVD, AlCrN, twardość, adhezja

In paper the selected mechanical properties of coatings which determine their wear resistance, i.e. hardness and adhesion to the substrate were compared. AlCrN coatings were obtained using cathode composition of AlCr 70:30 and 50:50 in a wide range of nitrogen pressure. The coating deposition rate and the surface roughness were also investigated.

KEYWORDS: coating, PVD, AlCrN, hardness, adhesion

Powłoki azotku chromu znalazły szerokie zastosowania przemysłowe dzięki dobrym właściwościom mechanicznym i tribologicznym oraz odporności na korozję [1, 2]. Stosunkowo niewielka twardość, jak na powłoki azotków metali przejściowych, ogranicza jednak obszar ich aplikacji. Poprawę ich właściwości, w tym zwiększenie twardości, zapewnić może wprowadzenie do dwuskładnikowej powłoki Cr-N pierwiastków metalicznych i niemetali [2-6]. Związek trójskładnikowy CrN z glinem charakteryzuje się unikalnymi właściwościami. Jedną z zalet takiego układu jest występowanie regularnej fazy AlN, nawet w stężeniach glinu do 75%, w CrN [3, 6]. Powoduje to wzrost odporności na utlenianie, w porównaniu do powłok CrN, TiN i TiAlN oraz stabilność twardości aż do temperatury 800 °C [2]. Ze wzrostem zawartości glinu w powłoce AlCrN tworzy się faza heksagonalna h-AlN i maleje twardość powłoki [7]. Faza h-AlN jest bardziej stabilna od fazy regularnej, zatem przekształcenie c-AlN → h-AlN zachodzi samoistnie. W warunkach pracy narzędzia z powłoką w podwyższonej temperaturze może nastąpić przemiana fazowa i pogorszą się właściwości mechaniczne powłoki.

Wyniki badań AlCrN prezentowane przez różnych autorów są często rozbieżne, stąd konieczność dalszych systematycznych badań.

Celem pracy było wytworzenie i porównanie twardości i przyczepności powłok AlCrN wytworzonych metodą katodowego odparowania łukowego z użyciem katod AlCr 70:30 i 50:50.

Część doświadczalna

■ **Nanoszenie powłok.** Powłoki AlCrN nanoszono metodą katodowego odparowania łukowego w półprzemysłowym urządzeniu TINA 900M na podłoża ze stali HS6-5-2. Stosowano katody stopowe AlCr (70:30) i (50:50) o czystości 99,99% at. i średnicy 100 mm. Opis przygotowania podłoży i nakładania powłok przedstawiono w pracy [8].

■ **Metody badawcze.** Pomiary twardości wykonano mikrotwardościomierzem FISHERSCOPE® HM2000 z oprogramowaniem WIN-HCU®. Mikrotwardość wyznaczano dla głębokości wnikania węgelnika w powłokę równą 0,3 μm. Przed pomiarami zastosowano procedurę przygotowania powierzchni próbek opisaną w pracy [4].

Grubość powłok wyznaczano metodą Kalotest. Adhezję mierzono metodą rysy wykorzystując urządzenie Revetest® firmy CSEM Szwajcaria z węgelnikiem diamentowym typu C Rockwella z promieniem krzywizny 0,2 mm. Siłę krytyczną L_{c2} określano jako siłę, przy której następuje całkowite odebranie powłoki od podłoża.

Chropowatość powierzchni powłok wyznaczano, stosując profilograf Hommel Werke T2000. Test prowadzono pięciokrotnie dla każdej z próbek.

Wyniki badań i dyskusja

Grubość powłok nanoszonych z targetu AlCr (70:30) wyznaczona metodą Kalotest zawiera się w przedziale od 3,3 do 4,3 μm w zależności od parametrów procesu [8]. Powłoki nanoszone z użyciem targetu AlCr (50:50) charakteryzowały się nieco większą grubością, 4,2-5,3 μm. Zastosowanie wyższego napięcia polaryzacji podłoża powoduje zmniejszenie grubości powłoki. Wyniki te są zgodne z danymi prezentowanymi w pracy [4].

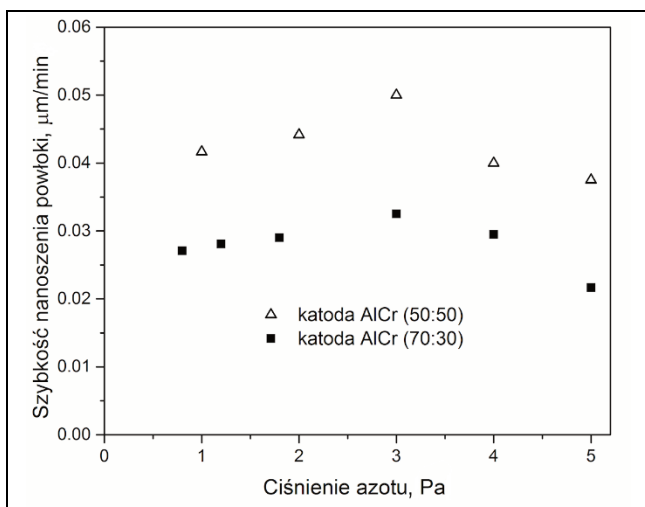
Szybkość nakładania powłoki (rys. 1) zależna jest od składu chemicznego katody. Katoda z większą zawartością chromu charakteryzuje się większą (około 20-30%) szybkością nanoszenia. Mniejsza grubość powłok nanoszonych przy wyższym ciśnieniu azotu wynikać może z większego rozpraszania jonów wskutek zderzeń z cząstkami gazu.

Na powierzchni otrzymanych powłok zaobserwowano dużą ilość makrocząstek o różnych rozmiarach. Ich ilość maleje ze wzrostem ciśnienia azotu podczas formowania powłok, co skutkuje zmniejszeniem parametru chropowatości Ra (rys. 2). Stosunkowo wysoka wartość Ra jest zbieżna z wynikami prezentowanymi w pracy [9]. Stwierdzono tam, że chropowatość powłok AlCrN otrzymanych metodą katodowego odparowania łukowego wynosi około 0,3 μm.

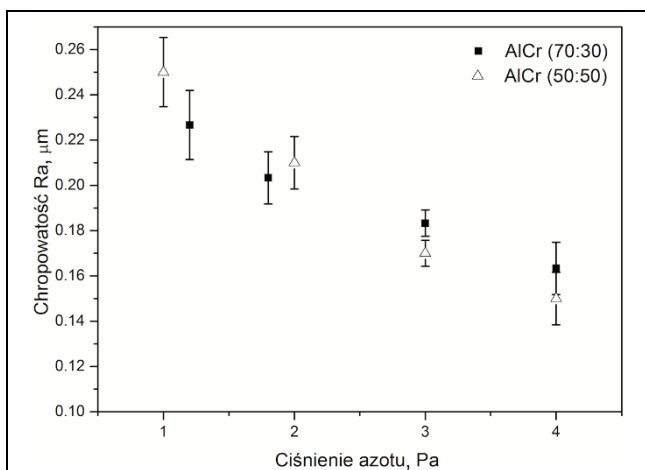
Powłoki formowane w ciśnieniu azotu do 2 Pa charakteryzują się stosunkowo niewielką twardością (rys. 3).

* Dr inż. Adam Gilewicz (adam.gilewicz@tu.koszalin.pl), mgr inż. Bogdan Goluch (bogdan.goluch@tu.koszalin.pl), mgr inż. Zbigniew Kukliński (zbigniew.kuklinski@tu.koszalin.pl), dr hab. inż. Bogdan Warcholiński (bogdan.warcholinski@tu.koszalin.pl) – Wydział Technologii i Edukacji, Politechnika Koszalińska

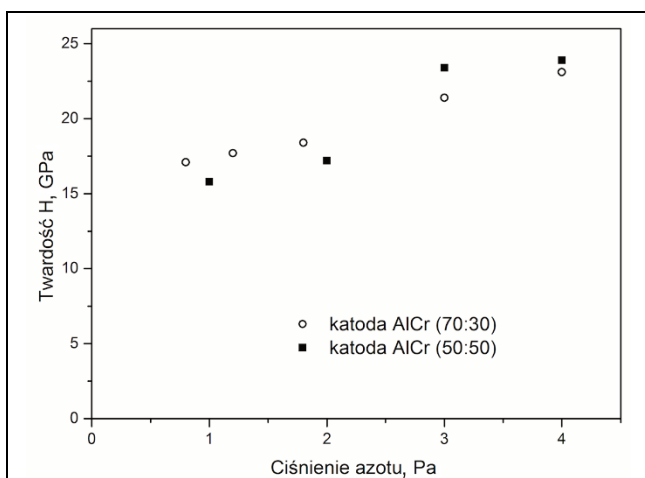
Jest to związane prawdopodobnie z występowaniem fazy α -Cr o małej twardości w mieszaninie α -Cr i heksagonalnej fazy Cr₂N. Ze wzrostem ciśnienia azotu formuje się regularna faza CrN. Niska twardość może być także spowodowana ziarnami o względnie dużych wymiarach oraz dużą liczbą defektów powodującą mało zwartą budowę powłoki [10].



Rys. 1. Szybkość nanoszenia powłoki AlCrN z katod AlCr (50:50) i (70:30). Parametry procesu: temp. podłoża 350 °C, $U_B = -100$ V



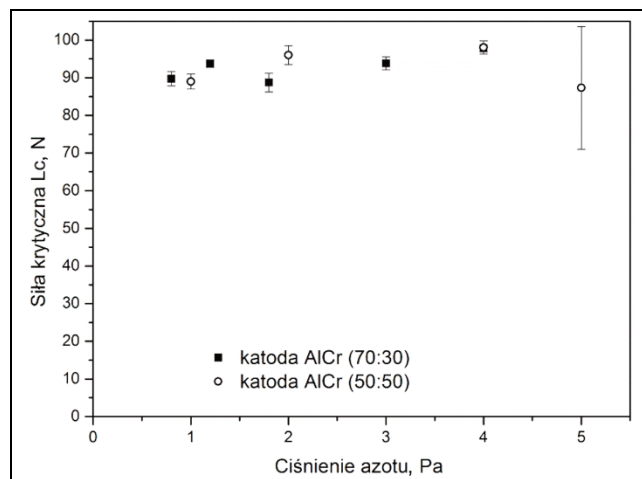
Rys. 2. Parametry chropowatości R_a powłoki AlCrN formowanych w $U_B = -100$ V i temp. 350 °C w zależności od ciśnienia



Rys. 3. Twardość powłoki AlCrN formowanych w temp. 350 °C i $U_B = -100$ V w zależności od ciśnienia azotu

Przyczepność powłoki do podłoża jest jedną z najważniejszych właściwości systemu powłoka-podłoże. Zauważyć można wysoką (około 90 N) i niemal niezależną od ciśnienia

azotu wartość siły krytycznej powłok formowanych przy napięciu polaryzacji podłoża -100 V (rys. 4).



Rys. 4. Siła krytyczna L_{c2} powłok formowanych z katod AlCr (70:30) i (50:50) przy różnych ciśnieniach azotu i $U_B = -100$ V

Podsumowanie

Analiza wyników badań powłok AlCrN otrzymanych z katod AlCr (70:30) i (50:50) wskazuje, że ze wzrostem ciśnienia azotu w komorze podczas formowania zwiększa się ich twardość. Powłoki charakteryzują się bardzo dobrą przyczepnością do podłoża, siła krytyczna L_{c2} wynosi około 90 N. Chropowatość powłok maleje ze wzrostem ciśnienia azotu. Powyższe wielkości są zbliżone dla obu katod zastosowanych w procesie formowania powłok. Zaobserwowano znacząco większą szybkość nanoszenia powłoki z katody (50:50).

LITERATURA

1. Mayrhofer P.H., Willmann H., Mitterer C. „Oxidation kinetics of sputtered Cr-N hard coatings”. *Surface and Coatings Technology*. Vol. 146-147 (2001): pp. 222-228.
2. Chim Y.C., Ding X.Z., Zeng X.T., Zhang S. „Oxidation resistance of TiN, CrN, TiAlN and CrAlN coatings deposited by lateral rotating cathode arc”. *Thin Solid Films*. Vol. 517, No. 7 (2009): pp. 4845-4849.
3. Reiter A.E., Derflinger V.H., Hanselmann B., Bachmann T., Sartory B. „Investigation of the properties of Al_{1-x}Cr_xN coatings prepared by cathodic arc evaporation”. *Surface and Coatings Technology*. Vol. 200, No. 7 (2005): pp. 2114-2122.
4. Romero J., Gómez M.A., Esteve J., Montalà F., Carreras L., Grifol M., Lousa A. „CrAlN coatings deposited by cathodic arc evaporation at different substrate bias”. *Thin Solid Films*. Vol. 515, No. 1 (2006): pp. 113-117.
5. Benlatreche Y., Nouveau C., Aknouche H., Imhoff L., Martin N., Gavoille J., Rousselot C., Rauch J.Y., Pilloud D. „Physical and Mechanical Properties of CrAlN and CrSiN Ternary Systems for Wood Machining Applications”. *Plasma Processes and Polymers*. Vol. 6, No. Supplement 1 (2009): pp. S113-S119.
6. Sabitzer C., Paulitsch J., Kolozsvári S., Rachbauer R., Mayrhofer P.H. „Influence of bias potential and layer arrangement on structure and mechanical properties of arc evaporated Al-Cr-N coatings”. *Vacuum*. Vol. 106 (2014): pp. 49-52.
7. Forsén R., Johansson M.P., Odén M., Ghafoor N. „Effects of Ti alloying of AlCrN coatings on thermal stability and oxidation resistance”. *Thin Solid Films*. Vol. 534 (2013): pp. 394-402.
8. Gilewicz A., Warcholiński B. „Właściwości powłok AlCrN otrzymanych metodą katodowego odparowania łukowego”. *Inżynieria Powierzchni*. Nr 4 (2015): s. 11-18.
9. Reiter A.E., Mitterer C., Rebelo de Figueiredo M., Franz R. „Abrasive and Adhesive Wear Behavior of Arc-Evaporated Al_{1-x}Cr_xN Hard Coatings”. *Tribology Letters*. Vol. 37, No. 3 (2010): pp. 605-611.
10. Wang Y.X., Zhang S., Lee J.-W., Lew W.S., Li B. „Influence of bias voltage on the hardness and toughness of CrAlN coatings via magnetron sputtering”. *Surface Coatings Technology*. Vol. 206, No. 24 (2012): pp. 5103-5107.