

Struktura, morfologia i właściwości mechaniczne powłok AlCrN otrzymanych metodą katodowego odparowania łukowego

Adam Gilewicz, Roman Jędrzejewski, Piotr Myśliński, Bogdan Warcholiński

1. WPROWADZENIE

Powłoki azotku chromu są wszechstronnie stosowane w obróbce metali ze względu na dobre właściwości mechaniczne i tribologiczne oraz odporność na zużycie i korozję. Rosnące wymagania przemysłu związane z wydajnością i szybkością procesów obróbki powodują, że problem trwałości i niezawodności narzędzi skrawających staje się niezwykle istotny. Nie wszystkie materiały powłokowe spełniają te wymagania. Prowadzone są prace mające na celu jej zwiększenie, a jednocześnie poprawę właściwości mechanicznych i tribologicznych. Jednym ze sposobów jest domieszkowanie CrN pierwiastkami metalicznymi lub niemetalicznymi, takimi jak np. Ti, Si, Ta, Al, Nb, C, B.

Jednym z najbardziej obiecujących układów trójskładnikowych jest AlCrN. Powłoki AlCrN wykazują bardzo wysoką twardość w podwyższonej temperaturze i odporność na zużycie w warunkach ekstremalnych naprężeń mechanicznych. Istotną jest tu koncentracja aluminium. Poniżej 75 % Al w CrN tworzy się regularna faza c-AlN. Powłoki Al-Cr-N, w porównaniu do CrN, TiN i TiAlN, charakteryzują się odpornością na utlenianie do 850-900°C i prawie stałą twardością aż do temperatury 800°C. Podwyższenie koncentracji aluminium sprzyja powstawaniu fazy heksagonalnej h-AlN i obniżaniu twardości powłok. Faza heksagonalna AlN jest bardziej stabilna od fazy regularnej, zatem przekształcenie fazy regularnej w heksagonalną zachodzi samoistnie. Tak więc, w podwyższonej temperaturze, gdzie jest wystarczająca ilość energii dla przemiany fazowej c-AlN → h-AlN właściwości mechaniczne będą się pogarszać.

2. PREPARATYKA PRÓBEK I METODY BADAWCZE

2.1. Technologia

Wieloróżdowy układ PVD „TINA 900M” →

- katodowe odparowanie łukowe,
- podłoża – HS6-5-2, hartowane, szlifowane i polerowane do $R_a \sim 0,02$ mm,
- czyszczenie podłoży – chemicznie i trawienie jonami metalu w argonie - 0,5 Pa, napięcie polaryzacji – 600 V, czas 10 min,
- grzanie podłoży do 350 °C,
- środowisko: azot, ciśnienie od 1 Pa do 5 Pa,
- napięcia polaryzacji podłoża: -50 V, -100 V, -150 V
- prąd łuku: 80 A.

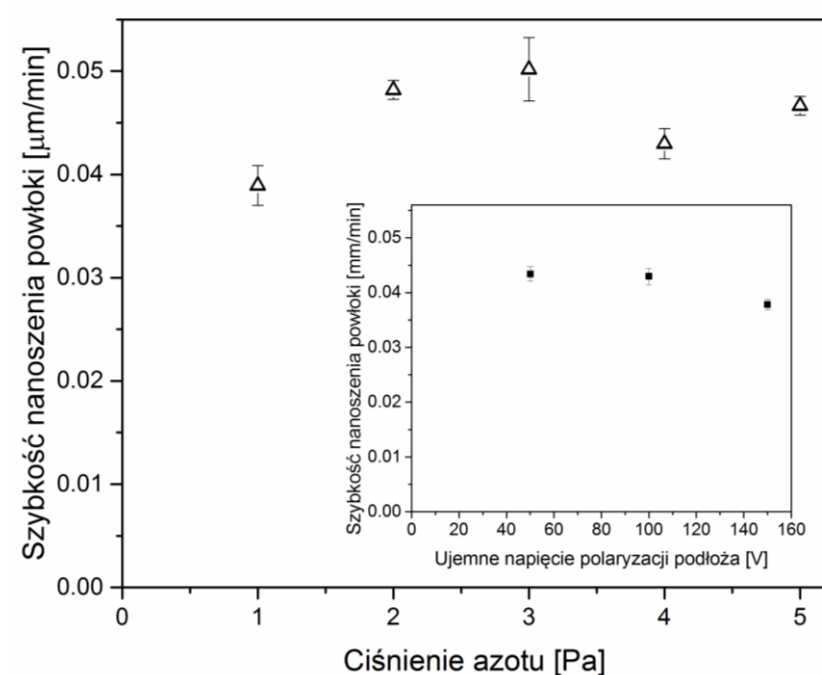


2.2 Metody badawcze

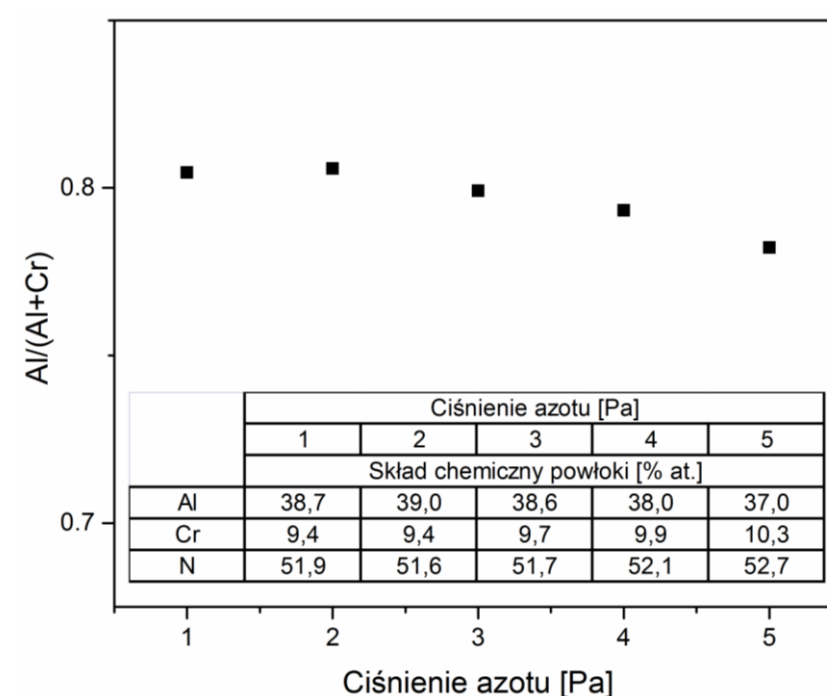
- struktura powłok – dyfrakcja rentgenowska (Cu-K α), X'Pert PANalytical
- grubość – Kalotester,
- morfologia powierzchni – SEM (Jeol JSM5500), mikroskopia optyczna (Nikon Eclipse MK200), Hommelwerke T8000
- skład chemiczny – EDS (Oxford LINK ISIS 300)
- twardość – Fischerscope® HM2000,
- adhezja – REVETEST CSM

3. WYNIKI BADAŃ

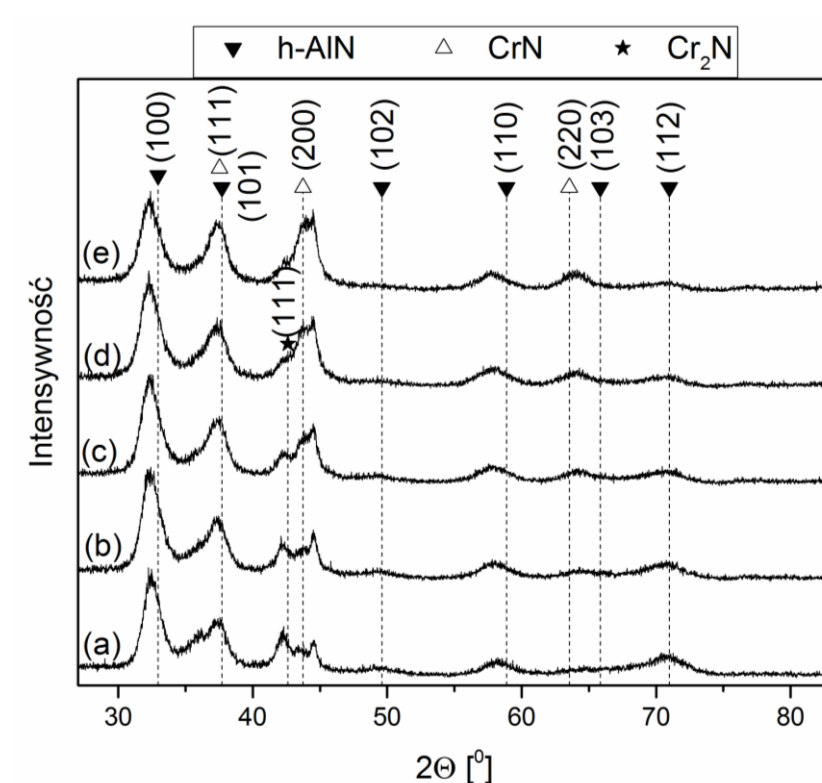
3.1. Szybkość nanoszenia, skład chemiczny i fazowy powłok



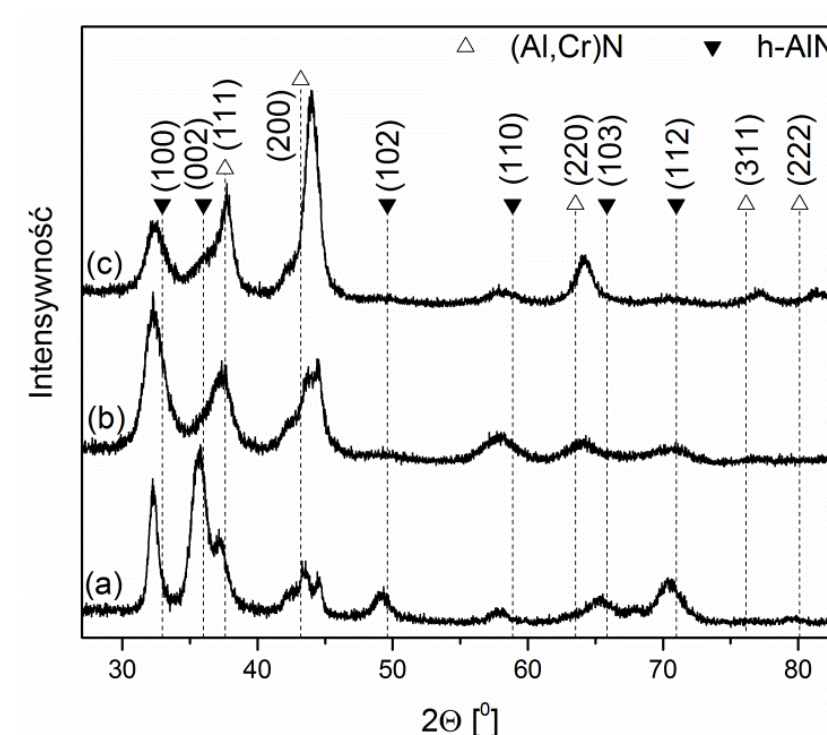
Szybkość nanoszenia powłok AlCrN w zależności od ciśnienia azotu. Wewnątrz - szybkość nanoszenia powłok w zależności ujemnego napięcia polaryzacji podłoża



Skład chemiczny powłok oraz zmiana udziału aluminium Al/(Al+Cr) w powłokach formowanych w różnych ciśnieniach azotu

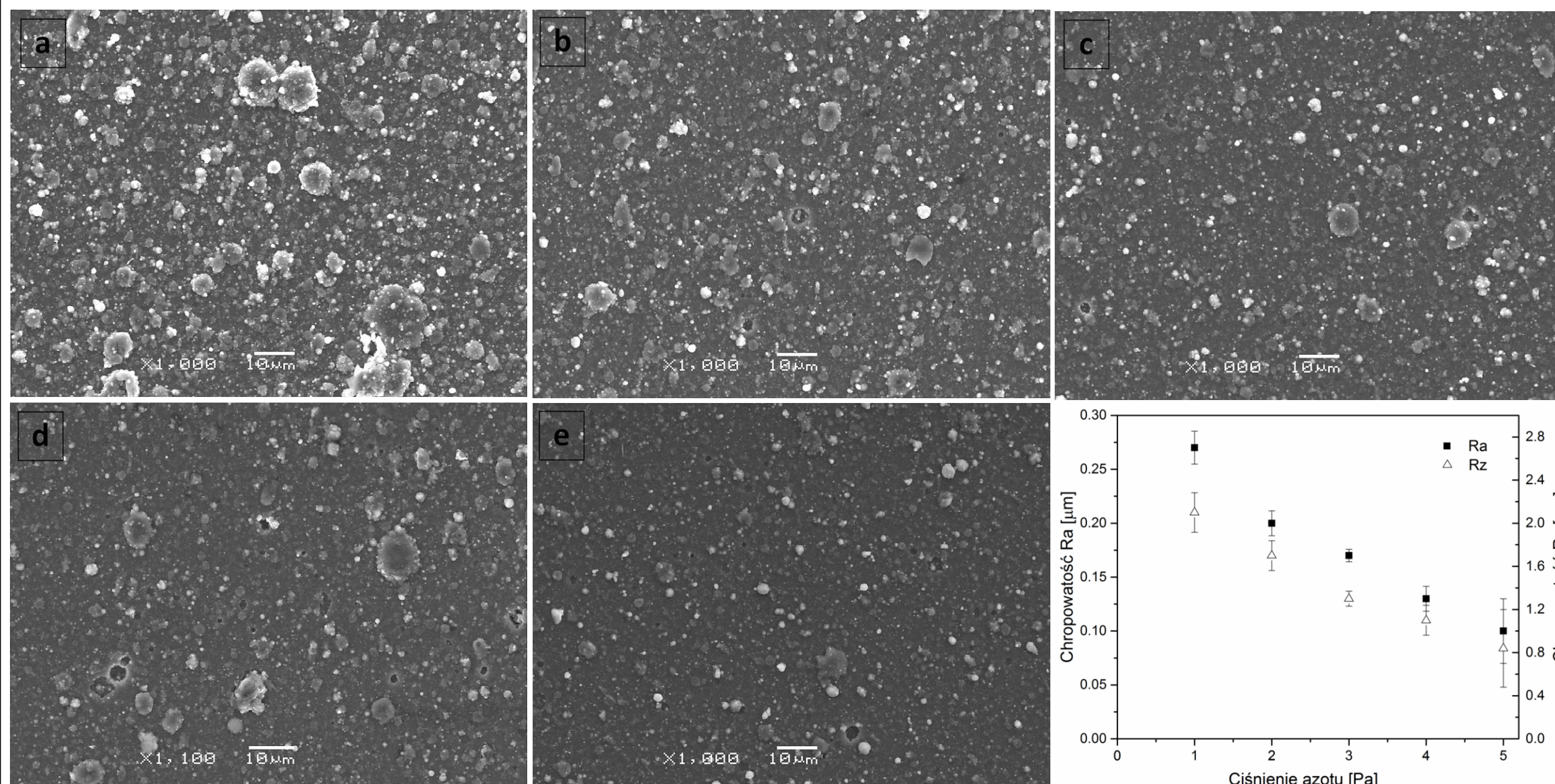


Dyfraktogramy powłok AlCrN nanoszonych przy napięciu polaryzacji podłoża -100 V i ciśnieniu azotu: a) 1 Pa, b) 2 Pa, c) 3 Pa, d) 4 Pa, e) 5 Pa



Dyfraktogramy powłok AlCrN nanoszonych przy ciśnieniu azotu 4 Pa i różnych napięciach polaryzacji podłoża: a) -50 V, b) -100 V, c) -150 V

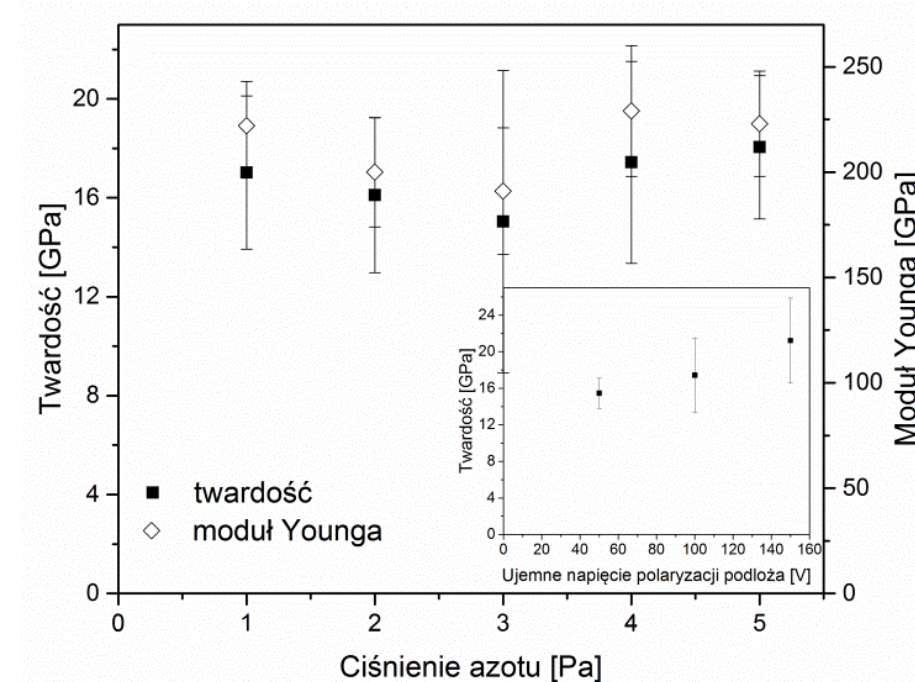
3.2. Morfologia powłok



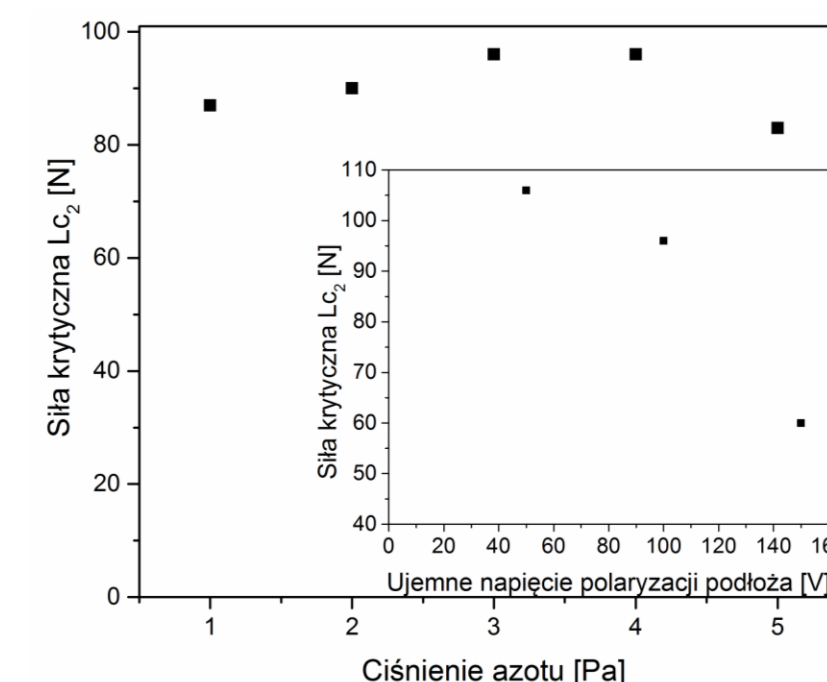
Obrazy SEM powierzchni powłok AlCrN formowanych w ciśnieniu azotu, a) 1 Pa, b) 2 Pa, c) 3 Pa, d) 4 Pa, e) 5 Pa

Parametry chropowatości Ra i Rz powłok AlCrN w zależności od ciśnienia azotu

3.3. Właściwości mechaniczne



Twardość i moduł Younga powłok AlCrN w zależności od ciśnienia azotu. Wewnątrz - twardość powłok w zależności ujemnego napięcia polaryzacji podłoża



Siła krytyczna L_{c2} powłok AlCrN w zależności od ciśnienia azotu. Wewnątrz - siła krytyczna w zależności ujemnego napięcia polaryzacji podłoża

4. PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono wyniki badań powłok AlCrN formowanych metodą katodowego odparowania łukowego z wykorzystaniem katody $Al_{80}Cr_{20}$. Umożliwiły one sformułowanie następujących wniosków:

- największą szybkość nanoszenia powłok uzyskano w środowisku azotu o ciśnieniu 3 Pa. Ze wzrostem ujemnego napięcia polaryzacji podłoża szybkość nanoszenia maleje.
- w powłokach obecne są dwie fazy: heksagonalny azotek aluminium i regularny azotek chromu. W powłokach formowanych w wyższym ujemnym napięciu polaryzacji podłoża maleje intensywność linii dyfrakcyjnych od azotku aluminium a rośnie od azotku chromu.
- parametr chropowatości Ra powierzchni powłok zmniejsza się ze wzrostem ciśnienia azotu podczas ich formowania. Jest to przypuszczalnie związane ze zmniejszaniem się ilości makrocząstek na powierzchni powłoki.
- twardość powłok, uwzględniając niepewność pomiarową, jest niezależna od ciśnienia azotu, ale zwiększa się ze wzrostem ujemnego napięcia polaryzacji podłoża.
- powłoki formowane przy ciśnieniu azotu około 3-4 Pa charakteryzują się najwyższą przyczepnością do podłoża, siła krytyczna wynosi około 95 N. Wzrost ujemnego napięcia polaryzacji podłoża podczas formowania powłoki pogarsza jej przyczepność do podłoża.