

POLITECHNIKA ŚLĄSKA W GLIWICACH

Wydział Mechaniczny Technologiczny



mgr inż. Radosław Szklarek

PRACA DOKTORSKA

*Badanie struktury i własności krzemkowych warstw wytworzonych
na podłożach molibdenowych i niobowych*

Promotor:
dr hab. inż. Tomasz Tański prof. PŚ

Promotor pomocniczy:
dr inż. Marcin Staszuk

Gliwice, 2023

Streszczenie

Prezentowane w pracy doktorskiej badania skupiają się na analizie struktury i własności powłok krzemkowych wytworzonych w wysokotemperaturowym procesie Pack Cementation na podłożu molibdenowym i niobowym. W celach porównawczych wytworzono warstwy krzemkowe o trzech wariantach grubości tj. 50, 70 i 90 μ m zarówno dla podłoża molibdenowego jak i niobowego. Zmierzona wartość twardości wytworzonych warstw krzemkowych jest zbliżona dla obydwu podłoży i wynosi odpowiednio 1180HV_{0,05} i 1230HV_{0,05} dla krzemków niobu i molibdenu. Struktura wytworzonych warstw charakteryzuje się budową kolumnową z widoczną strefą przejściową, wyraźnie oddzielającą warstwę krzemkową i metaliczne podłoże, której grubość zawiera się w zakresie 500÷1250nm, przy czym największe wartości są charakterystyczne dla krzemków niobu. W odróżnieniu od krzemków niobu charakterystyczna dla struktur krzemków molibdenu jest ich gruboziarnistość, za którą odpowiada najprawdopodobniej dłuższy czas krzemowania próbek molibdenowych w porównaniu do niobowych i rozrost ziarna w wyniku zjawiska rekrytalizacji. W wyniku chłodzenia próbek po procesie Pack Cementation zauważono obecność prostopadłych do podłoża pęknięć, występujących we wszystkich zbadanych warstwach krzemkowych. Szerokość tych pęknięć jest zmienna i określona w przedziale od 180 do 2260nm, przy czym największe wartości wyznaczono dla pęknięć w warstwach krzemku molibdenu. Proces powstawania pęknięć jest zainicjowany naprężeniami powstałymi podczas chłodzenia, w wyniku różnicy temperatury oraz wartości współczynnika rozszerzalności cieplnej pomiędzy warstwą krzemkową i podłożem. Prostopadłe pęknięcia występujące w warstwie krzemkowej nie obniżają jednak odporności na utlenianie warstwy w wysokiej temperaturze, tj. powyżej 1400°C, gdzie warstwa ta posiada zdolność do pasywacji w atmosferze tlenowej, dzięki wytworzeniu zwartej bariery dyfuzyjnej w postaci powłoki SiO₂ o grubości w zakresie 300÷1500nm na powierzchni warstwy krzemkowej, w tym również wewnątrz pęknięć. Test wysokotemperaturowego utleniania przeprowadzono na zmodyfikowanym stanowisku do natrysku powłok metodą HVOF co pozwoliło zasymulować warunki panujące w komorze spalania silnika raketowego. W niniejszej pracy, wykorzystując aparat technologiczny i badawczy dowiedziono, że dyfuzyjne warstwy krzemkowe wytworzone metodą Pack Cementation na podłożach molibdenowym i niobowym stanowią skuteczną ochronę przed wysokotemperaturową korozją tlenową.