

POLITECHNIKA ŚLĄSKA W GLIWICACH

Wydział Mechaniczny Technologiczny



mgr Rafał Dziwis

PRACA DOKTORSKA

Wykorzystanie metod eksperymentalnych i symulacji komputerowych do wyznaczania wybranych własności mechanicznych powłok uzyskiwanych w procesie PVD na spiekanych materiałach narzędziowych

Promotor:

dr hab. inż. Waldemar Kwaśny prof. PŚ

Gliwice, 2023

STRESZCZENIE PRACY

W pracy przedstawiono wyniki badań struktury i własności tlenkowej ceramiki narzędziowej $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{ZrO}_2$, $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{TiC}$, $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{SiC}$ i cermetali narzędziowych niepokrywanych oraz pokrytych w procesie katodowego odparowania łukowego PVD jedno i wielowarstwowymi powłokami typu: TiN, (Ti,Al)N, TiN+(Ti,Al,Si)N, TiN+(Ti,Al,Si)N+(Al,S,Ti)N, TiN+(Ti,Al,Si)N+TiN. Przeprowadzono pomiary grubości powłok, chropowatości, mikrotwardości, oceny przyczepności do materiału podłoża, badania rentgenowskie (skład fazowy, pomiar naprężeń, analiza tekstury), obserwacje topografii powierzchni oraz badania dyfrakcyjne i spektroskopowe.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że powłoki naniesione na badane materiały podłoża charakteryzują się jedno-, dwu- lub wielowarstwową strukturą w zależności do zastosowanego rodzaju powłoki, a poszczególne warstwy szczelnie przylegają zarówno do siebie jak i do podłoża. Stwierdzono, że analizowane powłoki TiN oraz Ti(Al,N) charakteryzują się strukturą kolumnową natomiast w przypadku powłoki TiN+(Ti,Al,Si)N nawet przy maksymalnych zastosowanych powiększeniach, nie ujawniono granic ziarn, co świadczy o jej drobnoziarnistej strukturze. Na podstawie jakościowej analizy tekstury stwierdzono, że jest ona relatywnie słaba ze względu na wyróżnioną płaszczyznę wzrostu powłoki oraz stopień stekstrowania, mierzoną wysokością maksimów występujących w pobliżu środka projekcji figur biegunowych odpowiadających wyróżnionej płaszczyźnie. W warstwie wierzchniej analizowanych powłok występują korzystne naprężenia ściskające wpływające na twardość oraz ich przyczepność do materiału podłoża. Odpowiednio najwyższą oraz najniższą wartość naprężeń ściskających wynoszących około -3300 MPa i -550 MPa uzyskano dla powłoki TiN+(Ti,Al,Si)N uzyskanej na podłożu z cermetalu oraz tlenkowej ceramiki narzędziowej $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{ZrO}_2$. Wartość obciążenia krytycznego L_c charakteryzująca przyczepność powłok do podłoża zawiera się w przedziale od 30 do około 130 N w zależności od zastosowanego rodzaju materiału podłoża i powłoki.

Następnie w pracy, do celów symulacji komputerowej mikrotwardości oraz naprężeń własnych w powłokach uzyskiwanych w procesach PVD opracowano model z wykorzystaniem metody elementów skończonych MES. Opracowanie modelu wymaga znajomości własności materiałowych takich jak: moduł Younga, liczba Poissona,

współczynnik rozszerzalności cieplnej i daje możliwość wyznaczenia naprężeń w poszczególnych warstwach powłok, co nie zawsze jest możliwe eksperymentalnie w warunkach laboratoryjnych.

Opracowany model narzędzi pokrytych powłokami w procesie PVD poddano weryfikacji dokonując porównania wyników badań eksperymentalnych pomiarów mikrotwardości i naprężeń z wynikami uzyskanymi metodą elementów skończonych. Procedura weryfikacyjna polegała na ocenie istotności korelacji wyników symulacji komputerowej i pomiarów eksperymentalnych, wykazując ich zgodność.