

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФАЗОВО-СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ ТУГОПЛАВКИХ МАТЕРИАЛОВ Ti-W-V И Ti-W-C СИСТЕМ

Шовкопляс О.А., Соболев О.В.⁽¹⁾

Сумский государственный университет, ул. Римского-Корсакова, 2, 40007, Сумы, Украина, sana@mss.sumdu.edu.ua

⁽¹⁾Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт”, ул. Фрунзе, 21, 61002, Харьков, Украина, sool@kpi.kharkov.ua

Еще сравнительно недавно основной метод нанесения покрытий состоял в испарении и конденсации веществ в высоком вакууме. Из-за относительно невысоких скоростей нанесения метод использовался в основном для получения тонкопленочных объектов. Создание установок и разработка технологий получения покрытий распылением в аномально тлеющем разряде (ионно-плазменные технологии) позволили значительно увеличить скорости нанесения покрытий из тугоплавких боридов и карбидов, что сделало технологичным их использование в качестве защитных и износостойких материалов. Получение ионно-плазменных покрытий является сложным многофакторным процессом: взаимодействие ионов плазмы с мишенью, взаимодействие плазмы с распыленными и отраженными атомами и действие распыленных и отраженных от мишени атомов на фазовый состав, структуру и напряженное состояние формируемого покрытия. Сложность моделирования этих факторов делает необходимым определение закономерностей процесса и их систематизации в зависимости от параметров осаждения. Особенную актуальность приобретает получение конденсатов с предварительно заданными свойствами, что имеет в виду установление общих закономерностей структурных изменений в материале покрытия в зависимости от технологических параметров их нанесения (температуры осаждения, вакуумных условий, толщины покрытия).

В работе систематизированы результаты анализа влияния условий формирования ионно-плазменных покрытий систем Ti-W-V и Ti-W-C на их фазовый состав, структурно-напряженное состояние и определяемые методом наноиндентирования механические характеристики (твердость и модуль упругости). Покрытия осаждались при относительно невысоких температурах подложки (350...970) К, чем

обеспечивалась неравновесность процесса осаждения и стабилизация неупорядоченного твердорастворного состояния. Проведенные исследования показали существенное расширение возможных фазовых (образование высокотемпературной β -WC фазы, создание пересыщенных твердых растворов), структурных (текстура, анизотричность зерен-кристаллитов) и субструктурных состояний при неравновесных условиях получения материала ионно-плазменными методами по сравнению с его макрокристаллическим состоянием. Установлено, что при используемых температурах осаждения наблюдается начальная стадия концентрационного расслоения, которое проходит без формирования двухфазного состояния с некогерентной границей.

Обнаружена анизотричность кристаллитов. Она заключается в увеличении размера зерен в направлении, перпендикулярном плоскости поверхности (т.е. в направлении падения частиц) как с увеличением толщины покрытия, так и с повышением температуры подложки. На основе полученных результатов предложена модель, согласно которой на начальных стадиях роста при относительно небольших температурах происходит формирование кристаллитов без значительной анизотричности зерен. С увеличением температуры при осаждении и толщины под действием фактора минимизации напряженно-деформированного состояния появляется анизотричность в размерах зерен. Уменьшение отношения Ti/W приводит к ослаблению этого эффекта.

Наличие составляющих с сильной ковалентной связью, таких как TiC в системе TiC-WC и TiB₂ в системе TiB₂-WB₂ при их содержании более 50 мол.% позволяет в покрытиях достичь сверхтвердого состояния (с твердостью, превышающей 40 ГПа).