

УДК 621.793:66.088

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ
НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И УГЛЕРОДНЫХ МАТРИЦ

Е. В. ОВЧИННИКОВ¹, Н. М. ЧЕКАН²,Г. А. КОСТЮКОВИЧ³, И. П. АКУЛА², А. В. ПОПРУКАЙЛО³

¹Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
Гродно, Беларусь

²Физико-технический институт НАН Беларуси

Минск, Беларусь

³ОАО «Белкард»

Гродно, Беларусь

В настоящее время используется достаточно большое количество технологических приемов для синтеза неорганических и органических покрытий в вакууме путем конденсации или парофазной реакции на поверхности подложек различной природы. Данные технологии не включают операции термической или термохимической диффузии, происходящие фактически в воздушной среде, но включают ионную имплантацию, т. к. данный процесс модифицирования поверхности происходит в вакууме. Согласно классическим представлениям, общие ограничения почти всех методов физического осаждения из паровой фазы (PVD) заключаются в следующем: создание достаточно тонких ($10^{-7} \dots 10^{-4}$ м) слоев, при этом химическое осаждение из газовой фазы (CVD) применяется как для тонких слоев, так и для слоев с толщиной более 1 мм [1–3]. Благодаря своей стойкости к изнашиванию и коррозии такие покрытия очень удобны для модифицирования инженерных изделий и конструкций, что очень важно для использования в различных инженерных приложениях. Кроме того, данные покрытия находят широкую область применения в электронных и оптических устройствах, при изготовлении украшений и в дизайнерских решениях, применяемых в архитектуре. В связи с этим были достигнуты большие успехи во всех аспектах деятельности человека, поскольку каждое приложение имеет собственные требования, различные методы комбинируются для создания новых технологий. Действительно, такое большое совпадение методов PVD и CVD подразумевает, что их полное разделение и различие затруднены. Коммерческий успех многих технологических вариаций этих двух основных процессов осаждения покрытий в вакууме является достаточно условным, т. к. характеристики получаемых покрытий не были полностью воспроизводимыми, и в связи с этим возникают трудности

при продвижении данных инновационных продуктов на рынке технологий и материалов.

Применение многослойных вакуумных покрытий, получаемых методом PVD и его комбинациями, является перспективным направлением в области создания барьерных терморассеивающих покрытий, используемых в том числе в авиационной и космической технике. Наибольший эффект применения данных покрытий достигается при создании нескольких разделительных слоев, содержащих в своей структуре нанодисперсные фазы или частицы. Другим направлением развития данного подхода является не только создание «sandwich»-структур из разделительных слоев с различными свойствами и структурой, но и формирование градиентных покрытий с постепенным плавным изменением структуры, физических, химических и трибологических характеристик. Данный подход к строению термобарьерных покрытий позволяет также эффективно рассеивать тепло. Таким образом, показана перспективность применения многофункциональных покрытий на основе сочетания металлической матрицы и других компонентов, формируемых из плазменных потоков многокомпонентной среды. В результате физического осаждения многослойных покрытий в вакуумной среде формируются покрытия, различающиеся по морфологии в зависимости от условий осаждения. Показано, что слои алмазоподобных покрытий закрывают исходные дефекты, присутствующие в электроискровых покрытиях, использующихся в качестве подслоев при формировании многофункциональных покрытий. Проведенные исследования методами растровой электронной микроскопии показали возможность формирования наноразмерных фаз и частиц при создании многослойного покрытия, сочетающего в себе методы электроискрового легирования и вакуумного осаждения. Установлена зависимость формирования нанокпозиционных структур в покрытиях в зависимости от вида материала подслоя, режимов формирования покрытий. Структура, морфология формируемых многослойных, многофункциональных вакуумных покрытий оказывают существенное влияние на значения удельной поверхностной энергии. Проведенные исследования показали корреляцию между значениями удельной поверхностной энергии и значениями динамической твердости и микротвердости. Таким образом, исследование многослойных покрытий на базе разделительных слоев, полученных методом электроискрового легирования и вакуумного осаждения методом PVD, существенно отличаются по морфологии, механическим характеристикам от базовых покрытий, т. е. наблюдается синергический эффект при формировании многослойных, многофункциональных покрытий из магнитоуправляемых потоков многокомпонентной реакционной среды.