

УДК 621.793.182

С.Д. Латушкина, доц., канд. техн. наук; И.Н. Жоглик, научн. сотр.;
(ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси», г. Минск);
Д.В. Куис, доц., канд. техн. наук; О.Ю. Цынкович, инж.;
А.С. Раковец, ассист.; А.С. Кравченко, инж., канд. техн. наук;
И.Е. Григорьев, маг. (БГТУ, г. Минск)

**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ОСАЖДЕНИЯ НА СТРУКТУРУ И ПОКАЗАТЕЛИ
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ
НА ОСНОВЕ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ**

Исследования высокоэнтропийных сплавов показали, что они благодаря образованию твёрдых растворов имеют высокую твёрдость и обладают другими высокими физико-механическими характеристиками. Высокая энтропия смешения элементов в сплаве рассматривается как мера вероятности сохранения их системы в данном состоянии. Это обеспечивает повышенную термическую стабильность фазового состава и структурного состояния, а, следовательно, и свойства сплава – механические, физические, химические. В тоже время высокие значения твердости и жаростойкости в литом состоянии служат гарантией получения существенно более высоких значений физико-механических характеристик в покрытиях из таких сплавов. Известны работы по созданию покрытий из высокоэнтропийных сплавов, а также экспериментальные исследования по формированию нитридов на основе высокоэнтропийных сплавов, но такие работы малочисленны вследствие многофакторности процессов вакуумно-плазменного осаждения покрытий.

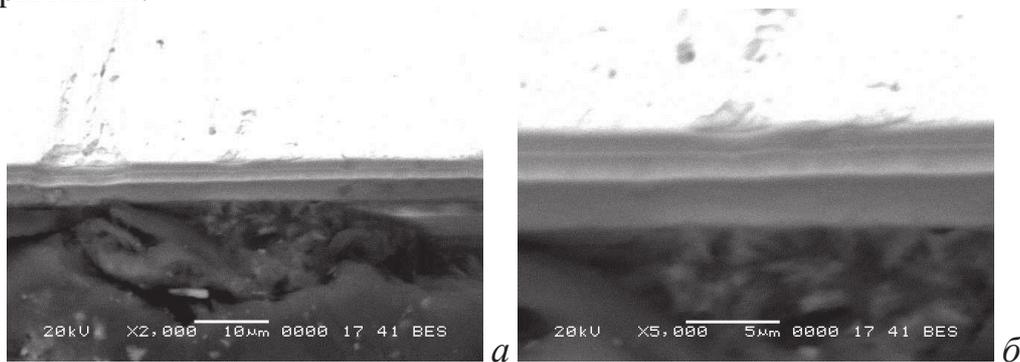
На основе анализа физико-механических свойств материалов и технологических возможностей метода вакуумно-плазменного осаждения выбран состав высокоэнтропийного соединения Ti-Al-Cr-Fe-Ni для формирования покрытия, способного обеспечить улучшенные эксплуатационные свойства деталей, работающих в условиях коррозионно-абразивного износа под действием высоких температур.

В работе для формирования покрытий применялась технология вакуумно-дугового осаждения при сепарации плазменного потока на установке с двухкатодным распылением. Для реализации возможности формирования наноструктурированных многокомпонентных покрытий из выбранного высокоэнтропийного сплава была разработана кон-

струкция составного катода. Материалами катодов являлись титан ВТ1-0 и алюминий А99, вставки изготавливались из стали 08Х18Н10Т.

Как показали эксперименты, применение плазмооптической сепарирующей системы существенным образом повлияло на массоперенос элементов в покрытие. Было установлено, что в покрытии значительно уменьшается содержание как железа, так и никеля по сравнению с их содержанием в катоде. Причем, аналогичного эффекта для хрома не наблюдается. Изменение тока дуги на катодах, в основном, оказывает влияние на содержание титана и алюминия в покрытии. В тоже время влияние потенциала смещения на основе на элементный состав покрытий имеет свои особенности. При изменении потенциала от -80 В до -90 В наибольшие изменения происходят с концентрацией таких элементов, как титан и алюминий. Соотношение между содержанием титана и алюминия уменьшается с 3,27 до 2,19 раз.

Исследованиями поперечных шлифов и изломов установлено, что структура покрытий отличается сплошностью (без микропор и микротрещин), однородностью и отсутствием столбчатой структуры (рисунок 2), характерной для мононитридных покрытий, осаждаемых данным методом. При этом наблюдается четкая граница раздела между покрытием и титановым подслоем. Анализ полученных результатов свидетельствует, что структурное состояние покрытий должно положительным образом сказаться как на уровне адгезионных и механических характеристик, так и на термической стойкости изделий с такими покрытиями.



a – $\times 2000$; *б* – $\times 5000$

Рисунок 1 – Структура покрытия (Ti-Al-Cr-Fe-Ni)N в СЭМ

Исследование микротвердости образцов из твердого сплава Т15К6 с покрытиями (Al, Ti, Fe, Cr, Ni)N показало, что покрытия обеспечивают высокую микротвердость (до 29 ГПа) твердосплавных образцов.

Результаты исследований могут найти применение для упрочнения изделий инструментального назначения, работающих в условиях высоких термомеханических нагрузок и агрессивных коррозионных сред.