

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА, ПОДВЕРГНУТОГО НАСЫЩЕНИЮ БОРОМ АДДИТИВНЫМ МЕТОДОМ*

Ю.Ф. Иванов, В.В. Шугуров, Е.А. Петрикова,
Н.А. Прокопенко, А.Д. Тересов, О.С. Толкачев

Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, Россия

Электронно-ионно-плазменным аддитивным методом осуществлено насыщение бором пленки высокоэнтропийного сплава, сформированной на подложке (сталь 12Х18Н10Т) осаждением в вакууме из газо-металлической плазмы, созданной одновременным независимым вакуумно-дуговым испарением катодов выбранных элементов в режиме с плазменным ассистированием. Выявлено легирование ВЭС атомами бора, кислорода, а также атомами подложки. Показано, что многоцикловое модифицирование пленки ВЭС сопровождается формированием наноструктурного многофазного слоя толщиной 5–7 мкм, содержащего включения боридов и оксидов химических элементов ВЭС и подложки. Установлено, что модифицирование пленки ВЭС приводит к многократному (в 18 раз) снижению параметра износа материала.

Ключевые слова: бориды, вакуумно-дуговой плазменно-ассистированный метод, многоцикловая обработка, напыление, фазовый состав, структура, микротвердость, износостойкость.

Введение

Последние два десятилетия ознаменовались активным исследованием структуры и свойств так называемых высокоэнтропийных сплавов (ВЭС), впервые представленных в работах [1, 2]. Новый класс материалов, названный ВЭС, как отмечалось в [3], обладает практически безграничным количеством сплавов, что было успешно продемонстрировано в работе [4] методами компьютерного моделирования. В многочисленных работах экспериментального и теоретического плана демонстрируются уникальные свойства ВЭС и прогнозируется их скорое широкое применение в различных областях промышленности [5–8]. В качестве дальнейших шагов, направленных на расширение сферы использования материалов с высокой энтропией, были предложены нитридные покрытия на основе ВЭС [7, 9]. Эти материалы, как отмечено в работе [10], являются металлоподобными соединениями, в которых металлические связи между атомами металлов сосуществуют с ионно-ковалентными связями между атомами металла и неметалла. Перспективным является насыщение ВЭС атомами бора. В настоящее время используют различные методы борирования ВЭС: с применением наноразмерных борирующих порошков [11, 12], плазменное борирование [13], борирование с использованием лазерных технологий [14] и технологий плазменного искрового спекания [15], а также некоторые другие.

Цель настоящей работы – выявление закономерностей формирования структуры и свойств высокоэнтропийного сплава, подвергнутого насыщению бором аддитивным электронно-ионно-плазменным методом.

Материал и методика

Материалом исследования являлись пленки высокоэнтропийного сплава химического состава Ti–Al–Cu–Zr–Nb толщиной 5 мкм, изготовленные ионно-плазменным методом. Пленки были напылены на подложки, изготовленные из стали 12Х18Н10Т и твердого сплава ВК8. Насыщение ВЭС атомами бора осуществляли, используя многоцикловый (три цикла) метод обработки. Один цикл воздействия состоял, во-первых, в напылении на пленку ВЭС пленки (бор + хром) толщиной 1 мкм и, во-вторых, в облучении сформированной системы «пленка (Cr+B)/(ВЭС, напыленный на сталь 12Х18Н10Т) подложка» интенсивным импульсным электронным пучком. Формирование

* Подбор режимов и формирование пленки ВЭС выполнено при финансовой поддержке Российской Федерации в лице Министерства науки и высшего образования (проект № 075-15-2021-1348) в рамках мероприятий № 2.1.5, 2.1.17 и 2.1.20; исследование структуры и свойств модифицированной пленки ВЭС выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 19-19-00183, <https://rscf.ru/project/19-19-00183/>.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>