

**ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ
ПОВЕРХНОСТНЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ХРОМА
НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ СИЛЬНОТОЧНЫМ
ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ***

Е.В. Яковлев¹, А.В. Соловьев², А.Б. Марков^{1,2},
Е.А. Пестерев^{1,2}, В.И. Петров¹

¹ *Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, Россия*

² *Томский научный центр СО РАН, г. Томск, Россия*

Представлены результаты исследований по трещинообразованию в Cr–Zr-поверхностном сплаве, сформированном низкоэнергетическим сильноточным электронным пучком. Исследована морфология и элементный состав поверхностного сплава в местах образования трещин. Показано, что трещины распространяются по поверхности вне зависимости от расположения ямок и бороздок, что свидетельствует о зависимости трещинообразования от внутренних напряжений и, в меньшей степени, от шероховатости или других структурных особенностей. Установлено, что на трещинообразование поверхностного сплава влияет распределение элементов: элементный состав в местах образования трещин близок к эквИАтомному.

Ключевые слова: *низкоэнергетический сильноточный электронный пучок, поверхностный сплав, трещинообразование, остаточные напряжения.*

Введение

Хромовое покрытие рабочих поверхностей материалов и конструкций получило широкое распространение, так как отличается высокой износостойкостью, твердостью, прочностью, химической и термической устойчивостью. В настоящее время сплавы различного состава на основе хрома рассматриваются в качестве защитных покрытий основных конструкционных материалов в ядерной и химической промышленности, в частности, для разработки усовершенствованных компонентов реактора с упором на оболочки ТВЭЛов в концепции отказоустойчивого топлива (АТФ) в ядерной энергетике [1].

Использование интенсивных импульсных электронных пучков является универсальным способом модификации материала. Во-первых, перед магнетронным осаждением пленки имеется возможность произвести низкоэнергетическим сильноточным электронным пучком (НСЭП) обработку поверхности подложки для очистки и гомогенизации, что дает дополнительные положительные эффекты при нанесении покрытия [2]. Во-вторых, воздействие НСЭП на систему пленка/подложка формирует высокоадгезионный поверхностный сплав с переходным градиентным слоем взаимопроникновения и перемешивания элементов пленки и подложки [3]. Этот переходный слой сглаживает скачок теплофизических свойств, что предотвращает отслаивание поверхностного сплава при тепловых и механических деформациях. Однако и этот метод не лишен недостатков. При импульсном воздействии электронным пучком в формируемом покрытии возникают термоупругие напряжения, которые могут приводить к растрескиванию поверхности. Проблеме возникновения трещин и их влияния на функциональные свойства покрытий в последнее время уделяется особое внимание [4–6]. Трещинообразование может возникать как следствие остаточных напряжений в покрытии после его формирования, так и во время эксплуатации под действием внешних нагрузок. Несмотря на то, что трещины по своей природе являются центрами окислительных процессов, экспериментальные данные [6] показывают, что даже умеренно поврежденное, потрескавшееся покрытие способно продолжать выполнять свои защитные функции.

Цель данной работы – исследование морфологических особенностей трещинообразования Cr–Zr-поверхностных сплавов для возможности минимизации этих процессов при формировании поверхностных сплавов на основе хрома с помощью НСЭП.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российской Федерации в лице Министерства науки и высшего образования (проект № 075-15-2021-1348) в рамках мероприятия № 1.1.17.

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>