

# **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«Перспективные материалы с иерархической структурой  
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

1

DOI: 10.17223/9785946217408/266

**СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ПОКРЫТИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ  
ОБРАЗЦОВ ИЗ НИКЕЛИДА ТИТАНА, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ  
ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО РАСПЫЛЕНИЯ**

Кашин О.А., Круковский К.В., Лотков А.И., Гирсова С.Л., Шулепов И.А.  
*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия*

Структура и свойства покрытий на основе кремния, которые широко применяются в технике и медицине, в значительной мере определяются методом и технологическими параметрами нанесения покрытий. С одной стороны, это позволяет варьировать физико-механические характеристики получаемых материалов с покрытиями, однако, с другой стороны, для обеспечения воспроизводимости свойств требуется подробное исследование закономерностей формирования таких покрытий в зависимости от условий их получения. Одним из перспективных методов получения покрытий на основе кремния толщиной до нескольких микрон является метод электронно-лучевого распыления [1, 2].

В настоящей работе для получения покрытия из кремния применяли метод электронно-лучевого распыления на установке ЭЛУ9. Рабочее давление в вакуумной камере установки составляло  $1.3 \times 10^{-3}$  Па, значение ускоряющего напряжения – 30 кВ. Для распыления использовали кремний высокой чистоты (99,999). В качестве подложки использовали модельные образцы из никелида титана размером  $10 \times 20$  мм и толщиной 1 мм. Расстояние между электронно-лучевой пушкой и образцом составляло 630 мм. Напыление покрытия проводили в два этапа. На первом этапе расфокусированным электронным пучком разогревали модельный образец до температуры 700-800 °С для обеспечения хорошей адгезии с покрытием. На втором этапе сфокусированным электронным пучком расплавляли кремний, находящийся в графитовом тигле. Основным варьируемым параметром в процессе обработки было время распыления кремния. Были получены образцы с покрытиями, время распыления для которых составляло 2, 3, 4 и 5 минут. Для исследования микроструктуры и свойств получаемых покрытий использовали методы просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии, микрорентгеноспектрального анализа, оже-электронной спектроскопии, атомной силовой микроскопии, интерференционной профилометрии, скретч-тестирования.

При использованных технологических режимах на поверхности образцов из никелида титана были получены многослойные покрытия. Внешний слой толщиной около 80 нм состоит из аморфного кремния. Под этим слоем находится слой толщиной около 300 нм, предположительно состоящий из оксида титана. Более глубокий слой толщиной около 0,8 мкм представляет собой сплав никеля с титаном с сильным обеднением по никелю относительно эквивалентного никелида титана. В этом слое хорошо различаются зёрна приблизительно микронного размера, и по морфологии этот слой похож на переплавленный. При проведении скретч-тестирования для всех исследованных режимов покрытие начинало растрескиваться при нагрузках около 20 Н, однако отслоения не происходило даже при нагрузках 70 Н, что свидетельствует о достаточно высокой адгезии покрытия к подложке из никелида титана.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, направление III.23.

**Литература**

1. Иванов А., Смирнов Б. Электронно-лучевое напыление: технология и оборудование // Наноиндустрия. 2012. №6/36. С. 28-34.
2. Ключева В.А. Обзор методов нанесения кремниевых покрытий // Молодой учёный. 2016. № 10 (114) С. 236-245.