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

DOI: 10.17223/9785946217408/295

**ИЗМЕНЕНИЕ НЕУПРУГИХ СВОЙСТВ НИКЕЛИДА ТИТАНА
С ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ МОДИФИКАЦИЕЙ ПОВЕРХНОСТИ
В РЕЗУЛЬТАТЕ ТЕРМООБРАБОТОК**

¹Нейман А.А., ^{1,2}Мейснер Л.Л., ³Макаров А.А.

¹*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия*

²*НИ Томский государственный университет, Томск, Россия*

³*НИ Томский политехнический университет, Томск, Россия*

nasa@ispms.ru

Улучшение поверхностных эксплуатационных характеристик материалов и сплавов – является перманентной задачей в условиях постоянно растущих требований, предъявляемых к изделиям. К поверхности изделий медицинского назначения, изготавливаемых в том числе из никелида титана, предъявляются повышенные требования в первую очередь с точки зрения коррозионной стойкости и биосовместимости. Воздействие низкоэнергетическими сильноточными электронными пучками (НСЭП) в режиме плавления позволяет эффективно изменять морфологические, химические и структурные характеристики поверхности и приповерхностных областей. Актуальная задача исследования – формирование при высокоэнергетическом воздействии заданных поверхностных структурно-фазовых состояний и последующее термическое воздействие для восстановления функциональных свойств, поскольку сплавы с эффектом памяти формы должны обладать строго определенными значениями рабочих характеристик.

В работе исследован сплав TiNi после НСЭП воздействия в режиме плавления с последующим отжигом в вакуумной печи для снятия сформированных полей остаточных напряжений. Проведены исследования изменения морфологии поверхности, распределения величины микротвердости по глубине в облученных образцах в зависимости от температурного режима последующего отжига. Проведены механические испытания методом кручения для установления влияния обработок на величины эффектов памяти формы, сверхэластичности, температуры мартенситных превращений.

Образцы приготовили из сплава Ti_{49,5}Ni_{50,5} методом электроэрозионной резки, отожгли 1 час в вакууме при T=1073 К, далее шлифовали до зеркального блеска и электролитически полировали. Воздействие электронным пучком провели на установке «SOLO» (ИСЭ СО РАН): W=10 Дж/см², τ=50мкс, n=10 имп, после чего отожгли в вакуумной печи «СНВЗ 1.3.1.»: давление в печи 10⁻⁴ Па, температуры отжига 673К, 723К, 773К, выдержка при температуре 30 мин, охлаждение с печью.

Основной метод испытаний – кручение был выбран по причине его чувствительности к изменению свойств поверхности исследуемых образцов, поскольку при малых углах закручивания в основном деформированию подвергаются внешние слои материала. В результате испытаний было установлено, что НСЭП воздействие приводит к расширению температурных интервалов мартенситных превращений (рис. 1), вследствие чего наблюдается значительное снижение уровня накопленной обратимой деформации при малых приложенных внешних нагрузках (рис. 2), при сохранении величины формовосстановления на уровне, соответствующем исходному материалу. Последующая термообработка облученных образцов приводит к возврату температур мартенситных превращений, а также восстановлению параметров неупругих свойств до уровня исходного образца. Восстановление свойств тем сильнее, чем выше температура отжига (из представленных в исследовании) облученных образцов.

Проведено исследование микротвердости в поперечном сечении модифицированного слоя TiNi до и после термических воздействий. Установлено, что однородный характер распределения микротвердости (≈2,5 ГПа) в результате НСЭП воздействия сменяется на волнообразный. Минимальная использованная температура отжига оказалась достаточна для выглаживания значения микротвердости по глубине образца вблизи поверхности.

Секция 5. Деградация тонких пленок и многослойных покрытий как иерархически организованных структур

Использование более высоких температур отжига приводит к существенному снижению твердости на глубину до 1 мкм.

Показана эффективность использования термообработки для восстановления свойств никелида титана после воздействия НСЭП: физико-механических при минимальной, и неупругих свойств при максимальной использованной в исследовании температурах отжига.

Рис. 1. Интервалы температур мартенситных превращений в образцах TiNi до облучения, после НСЭП облучения без термообработки и после НСЭП облучения с последующей термообработкой при 673K, 723K, 773K, соответственно.

Рис. 2. Величины восстанавливаемой, предварительно накопленной, деформации в зависимости от приложенной внешней нагрузки в образцах TiNi до облучения, после НСЭП облучения без термообработки и после НСЭП облучения с последующей термообработкой при 673K, 723K, 773K, соответственно.

Рис. 3. Распределение микротвердости по глубине для образцов TiNi до облучения, после НСЭП облучения без термообработки и после НСЭП облучения с последующей термообработкой при 673K, 723K, 773K, соответственно.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных научных исследований РАН на 2013-2020, научное направление III. 23. Часть исследований, связанных с механическими испытаниями образцов проведена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект №18-19-00198 (26.04.2018).