

УДК 621.78

РАЗРАБОТКА МЕДИЦИНСКОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ НИКЕЛИДА ТИТАНА ДЛЯ МАЛОИНВАЗИВНОЙ ХИРУРГИИ

Илья Михайлович Федюк

Студент 4 курса, бакалавриат

кафедра «Материаловедение и технологии новых материалов»

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана

Научный руководитель: Р. С. Фахуртдинов,

кандидат технических наук, доцент кафедры «Материаловедение»

Никелид титана является одним из самых известных представителей материалов с эффектом памяти формы (ЭПФ), использующихся для производства имплантатов медицинского назначения [1-3]. Особенности сплава являются высокая прочность при хороших показателях пластичности, а имплантаты из никелида титана показывают хорошие характеристики формозапоминания, сверхэластичности, а также подчиняются закону запаздывания.

Важную роль играет качество производства никелида титана. Из-за наличия титана в сплаве возможно присоединение кислорода и азота. Для предотвращения этого используют вакуумирование. Наличие в сплаве токсичного для человеческого организма никеля обуславливает необходимость повысить коррозионную стойкость никелида титана и улучшить его биосовместимость [4]. Исследования показывают, что качество поверхности никелида титана определяет его коррозионную стойкость, во внешнем слое должно быть минимальное количество повреждений и загрязнений.

Для изменения эксплуатационных свойств никелида титана применяют различные методы [5-7]. Например, легирование Fe, Mn, Ni, Al, Cr, V, Co, Zr, Ta, Nb, однако использование в качестве легирующих первых четырех элементов из списка незначительно снижает коррозионную стойкость. Пористость не изменяет коррозионную стойкость. Исследования подтверждают, что термическая обработка (необходимая для стабилизации структуры и формы изделия) непосредственно влияет на все свойства никелида титана. Из основных термообработок применяют отжиг, закалку, старение после закалки и термоциклирование. Тонкие оксидные слои предпочтительнее, так как они имеют большую гибкость и могут подстраиваться под нагрузки. При этом оксид титана является коррозионно-стойкой и биосовместимой фазой. Таким образом, после термообработки стоит удалять толстый оксидный слой и пассивировать поверхность. Также для придания сплаву высокой коррозионной стойкости и биосовместимости возможно создание специальных покрытий и поверхностных слоев. Например, для модификации поверхностного слоя никелида титана применяется азотирование.

Целью данной работы являлось исследование процессов формирования оксидных и нитридных поверхностных слоев на никелиде титана и их влияния на механические свойства сплава.

В соответствии с этой целью были поставлены задачи по разработке методов получения оксидных и нитридных поверхностных слоев различной протяженности на никелиде титана методами отжига и азотирования.

Термическая обработка для всех режимов проводилась в муфельной печи серии LOIP LF, модель 7/13-G2 со встроенным программным обеспечением для выполнения нагрева, закалки, отжига различных материалов в воздушной среде при температурах от +100 до +1300 °С. Перед проведением термической обработки печь нагревалась до

заданной температуры отжига. Затем в неё помещались образцы и выдерживались при постоянной температуре выбранное время. При этом в печи поддерживалась постоянная температура $T_{отж}$. После этого проводилась нормализация. Отжигу подвергались проволоки в исходном состоянии (после волочения) или после механической обработки поверхности, когда проволоки в исходном состоянии подвергали последовательной шлифовке поверхности наждачной бумагой зернистостью от 180 до 1000 grit и конечной обработке пастой ГОИ до зеркальной поверхности.

Азотирование никелида титана проводилось в графитовой печи горячего прессования HP20-3560-20. Модель позволяет работать как в вакууме, так и в инертной атмосфере. При температуре 1150 °С и скорости подъема температуры 10 град/мин проводилась химико-термическая обработка двух образцов никелида титана в среде азота. Первый образец нагревался вместе с печью до температуры 1150 °С, после охлаждался вместе с печью. Второй образец дополнительно выдерживался при той же температуре 5 минут и также охлаждался вместе с печью.

Была показана возможность получения оксидных и нитридных поверхностных слоев различной протяженности на никелиде титана методами отжига и азотирования на воздухе.

Литература

1. *Zabolotnyi V.T., Belousov O.K., Palii N.A., Goncharenko B.A., Armaderova E.A., Sevost'yanov M.A.* Materials science aspects of the production, treatment, and properties of titanium nickelide for application in endovascular surgery // Russian metallurgy (Metally). 2011. Т. 2011. № 5. С. 437-448.
2. *Севостьянов М.А., Федотов А.Ю., Колмаков А.Г., Заболотный В.Т., Баринов С.М., Гончаренко Б.А., Комлев В.С., Баикин А.С., Сергиенко К.В., Тетерина А.Ю., Насакина Е.О., Леонова Ю.О., Леонов А.В.* Механические свойства композиционного материала «наноструктурный нитинол — хитозан» // Материаловедение, 2014. - № 3. - С. 34 – 37
3. *Баикин А.С., Насакина Е.О., Севостьянов М.А., Сергиенко К.В., Каплан М.А., Конушкин С.В., Колмаков А.Г., Парфенов А.А., Симаков С.В.* Механические свойства наноструктурного сплава NiTi медицинского назначения // Деформация и разрушение материалов. 2016. № 2. С. 26–30
4. *Насакина Е.О., Севостьянов М.А., Гончаренко Б.А., Леонова Ю.О., Колмаков А.Г., Заболотный В.Т.* Методы исследования и повышения коррозионной стойкости медицинского сплава с эффектом памяти формы NiTi. Исследование коррозионной стойкости и биосовместимости нитинола // Перспективные материалы. 2014. № 7. С. 37–49.
5. *Nasakina E.O., Baikin A.S., Sevost'yanov M.A., Kolmakov A.G., Zabolotnyi V.T., Solntsev K.A.* Properties of nanostructured titanium nickelide and composite based on it // Theoretical Foundations of Chemical Engineering, 2014. - V.48. №.4. - P.477–486.
6. *М. А. Севостьянов, А. Ю. Федотов, Е. О. Насакина, А. Ю. Тетерина, А. С. Баикин, К. В. Сергиенко, А. Г. Колмаков, В. С. Комлев, В. Е. Иванов, О. Э. Карп, С. В. Гудков, С. М. Баринов К.А.* Кинетика высвобождения антибиотиков из биodeградируемых биополимерных мембран на основе хитозана // Доклады Академии наук, 2015, том 465, № 2, с. 194-197
7. *Насакина Е.О., Севостьянов М.А., Демин К.Ю., Михайлова А.Б., Гольдберг М.А., Колмаков А.Г., Заболотный В.Т.* Использование способа ионно-атомного осаждения для создания одномерных композитов // Материаловедение, 2015, № 1, с. 47-51