

Литература:

1. Устойчивость цилиндрической оболочки, односторонне взаимодействующей с винклеровским основанием / В.А. Баженов [и др.] // Прикладная механика. – 1981. – Т. 17, № 6. – С. 71-75.
2. Пастернак, П.Л. Основы нового метода расчета фундаментов на упругом основании при помощи двух коэффициентов постели / П.Л. Пастернак. – М. : Стройиздат, 1954. – 56 с.
3. Товстик, П.Е. Локальная устойчивость пластин и пологих оболочек на упругом основании / П.Е. Товстик // Изв. РАН. МТТ. – 2005. – №1. – С. 147-160.

УДК 621.77

ВОЛОЧЕНИЕ ПРОВОЛОКИ НИКЕЛИДА ТИТАНА С НАНЕСЕННЫМ СЛОЕМ НИТРИДА ТИТАНА

¹НОВИКОВ В.Ю., лаборант, ²БАГРЕЦ Д.А., заведующий лабораторией,
¹НОВИКОВ Ю.В., доцент

¹Витебский государственный технологический университет,
²Институт технической акустики НАН Беларуси,
г. Витебск, Республика Беларусь

Ключевые слова: волочение, никелид титана, барьерный слой, нитрид титана.

Реферат: методом ионно-плазменного осаждения выполнено нанесение тонкого барьерного слоя нитрида титана на проволоку никелида титана. Получены кривые растяжения образцов исследуемой проволоки нитрида титана: в условиях поставки, с TiN покрытием, после рекристаллизационного отжига, с TiN покрытием после рекристаллизационного отжига. Исследуемые проволоки были приведены к одному фазовому составу. Измерены усилия волочения TiNi проволоки для различных переходов.

Сплавы на основе никелида титана (TiNi) являются перспективными материалами медицинского назначения. Основным препятствием для массового внедрения никелида титана в медицину является выход из материала на поверхность ионов никеля (Ni), которые оказывают токсическое воздействие на биологические ткани [1-3]. Уменьшить диффузию ионов металла в окружающую среду можно за счет нанесения барьерного слоя на поверхность сплава никелида титана методом ионно-плазменного осаждения [4]. Наиболее изученными являются пленки нитрида титана (TiN), традиционно используемые в качестве защитно-декоративных, упрочняющих и износостойких покрытий.

Целью работы являлось измерение усилий волочения проволоки никелида титана с нанесенным методом ионно-плазменного осаждения тонким барьерным слоем нитрида титана.

В качестве образцов использовали проволоку TiNi эвклиатомного состава диаметром 0,6 мм. Покрытия из нитрида титана наносили методом ионно-плазменного осаждения на установке «Булат-6», оснащенной сепаратором плазменного потока, при условии вращения подложкодержателя. Перед загрузкой в вакуумную камеру образцы подвергали ультразвуковой очистке в среде Нефрас С2–80/120. Нанесение TiN покрытий осуществлялось, когда ток дуги составлял около 110 А, напряжение смещения на подложке 100 В, давление азота 0,3 Па. Время напыления около 15 минут обеспечивало толщину нанесенного слоя $0,8 \div 1$ мкм. После окончания процесса, образцы охлаждали в вакуумной камере до температуры 100°C.

В результате ионно-плазменного осаждения покрытия из TiN на поверхность никелида титана происходит изменение свойств основы, выражающееся в уменьшении величины фазового предела текучести с 400 МПа до 350 МПа (рисунок 1). При этом предел прочности образца с покрытием (рисунок 1, кривая 2) выше по сравнению с TiNi проволокой в условиях поставки (рисунок 1, кривая 1).

Процесс осаждения TiN покрытия приводит к существенным изменениям кинетики мартенситных превращений в никелиде титана [5], т.е. после напыления TiNi сплав имеет отличные от состояния поставки характеристические температуры, фазовый состав, физико-механические свойства (рисунок 2, кривые 1,2). Проволоку из TiNi в условиях поставки и после

осаждения TiN покрытия подвергали рекристаллизационному отжигу при температуре 700 °С в течении 20 мин с закалкой на воздухе. Для исключения окисления поверхности образцов нагрев, выдержку и охлаждение осуществляли в среде аргона.

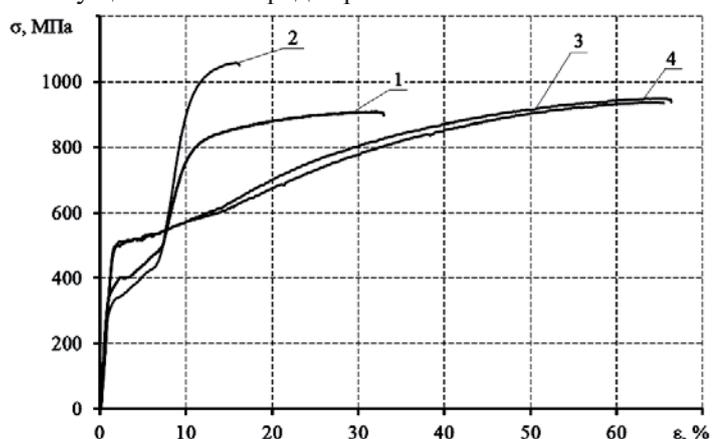


Рисунок 1 – Диаграммы растяжения TiNi проволоки: 1 – в условиях поставки; 2 – с TiN покрытием; 3 – после рекристаллизационного отжига; 4 – с TiN покрытием после рекристаллизационного отжига

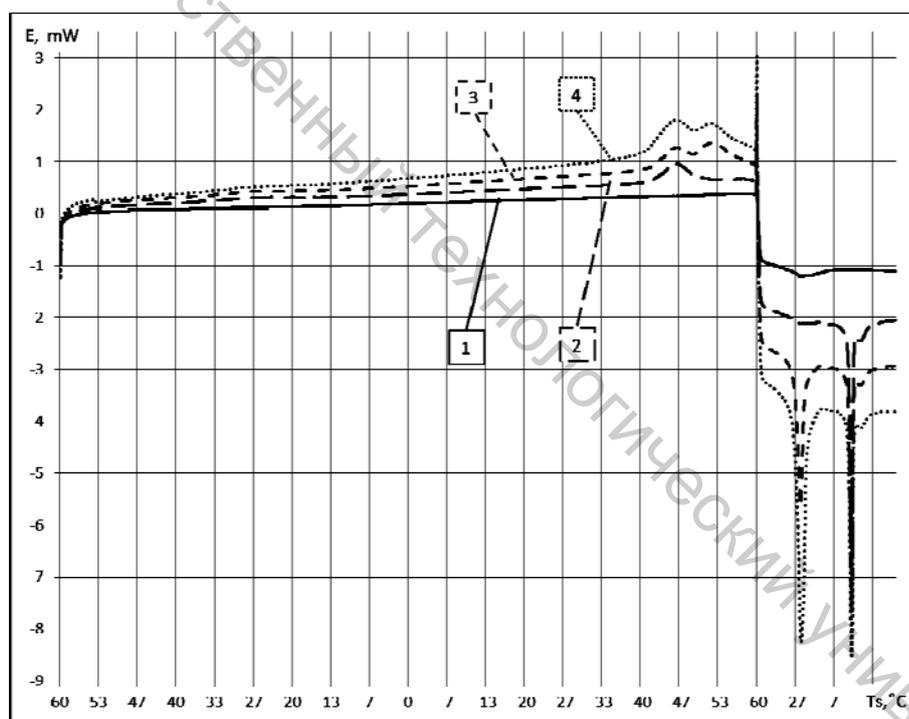


Рисунок 2 – Калориметрические зависимости: 1 – в условиях поставки; 2 – с TiN покрытием; 3 – после рекристаллизационного отжига; 4 – с TiN покрытием после рекристаллизационного отжига

В результате исследований были получены образцы, имеющие одинаковое фазовое состояние (рисунок 2, кривые 3,4) и механические характеристики (рисунок 1, кривые 3,4). На образцах проводились измерения усилий волочения по маршрутам: 0,6 → 0,57 → 0,52 с единичными обжатиями 9,7 % на первом переходе и 16,7 % на втором; 0,6 → 0,52 с обжатием 25 %. Скорость волочения составляла около 20 мм/мин, в качестве смазочного материала использовалось масло М-8.

В условиях сухого волочения на всех переходах наблюдается возрастание усилия волочения для образцов с TiN покрытиями (рисунок 3, кривые 1,2). Этот эффект наиболее выражен при

обжатиях 9,7 % и 25 %. Изменение усилия волочения для образца с TiN покрытием и образца без покрытия при этом составило 24÷27 МПа, на втором переходе (16,7 %) – 17 МПа.

При волочении при наличии смазки (рисунок 3, кривые 3,4) для TiNi проволоки без покрытия на всех переходах усилия волочения совпадают (в пределах погрешности измерения) со значениями, полученными без смазки. Для образцов с TiN покрытиями наблюдается снижение усилий волочения, для больших обжатий - усилия волочения ниже, чем у образцов без нанесенного слоя.

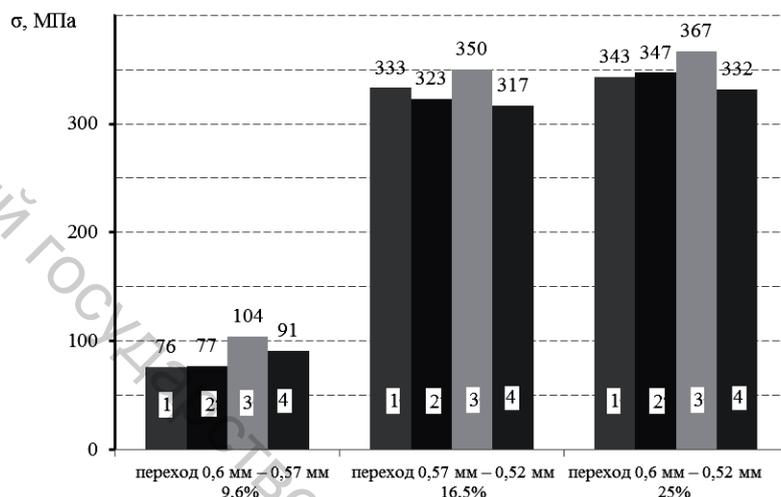


Рисунок 3 – Диаграмма напряжений волочения TiNi проволоки для различных переходов:
 1 – TiNi, без смазки; 2 – TiNi, со смазкой; 3 – TiNi+TiN, без смазки;
 4 – TiNi+TiN, со смазкой

На основе исследования процесса волочения TiNi проволоки после отжига, с осажденным TiN слоем, было выявлено, что без наличия смазочного материала на всех переходах усилия волочения меньше у образцов без нанесенного слоя. Присутствие масляной пленки существенно снижает усилие волочения для образцов с нанесенным слоем, наибольший эффект достигается при максимальной обжатии – 25 %.

Литература:

1. Ryhanen J. // Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies. – 2000. – Vol. 9. – P. 99-107.
2. Гюнтер В.Э., Миргазизов М.З. // Российский вестник дентальной имплантологии. – 2004. – № 1. – С. 52-56.
3. Лотков А.И., Мейснер Л.Л., Гришков В.Н. // ФММ. – 2005. – Т. 99, № 5. – С. 66-78.
4. Yongqing Fu, Hejun Du, Sam Zhang. // Surface and Coatings Technology. – 2003. – Vol. 167. – P. 129-136.
5. Клубович В.В., Рубаник В.В., Рубаник В.В. мл., Багрец Д.А., Милюкина С.Н., Дородейко В.Г. // Материалы, технологии, инструменты. – 2013. – Т. 18, № 2. – С. 47-51.

УДК 621.778: 621.372.8

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

НОВИКОВ В.Ю., лаборант, НОВИКОВ Ю.В., доцент

Витебский государственный технологический университет,
 г. Витебск, Республика Беларусь

Ключевые слова: ультразвук, колебательная система, CAE-система ANSYS.