

УДК 67.03

ИЗМЕРЕНИЕ УСИЛИЙ ВОЛОЧЕНИЯ ПРОВОЛОКИ НИКЕЛИДА ТИТАНА С НАНЕСЕННЫМ СЛОЕМ НИТРИДА ТИТАНА

MEASUREMENT OF THE TITANIUM NITRIDE COATED TITANIUM NICKELIDE WIRE DRAWING FORCE

Д. А. Багрец.

Государственное научное учреждение Институт технической акустики Национальной академии наук Беларуси, Республика Беларусь, Витебск, e-mail: ita@vitebsk.by

Ю. В. Новиков, В. Ю. Новиков.

Учреждение образования Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь, Витебск, e-mail: nov_u_vik@mail.ru

В статье представлены результаты исследования проволоки никелида титана (TiNi), покрытой нитридом титана (TiN), на растяжение до и после рекристаллизационного отжига, а также результаты измерений усилия волочения проволоки без смазки и со смазкой для различных переходов.

Ключевые слова: волочение, проволока, покрытие, растяжение, отжиг, смазка, усилие.

The article presents the results of research titanium nickelide (TiNi) wire titanium nitride (TiN) coated in tension before and after recrystallization annealing, and the results of measurements of the force of the wire drawing without greases and with grease for various transitions.

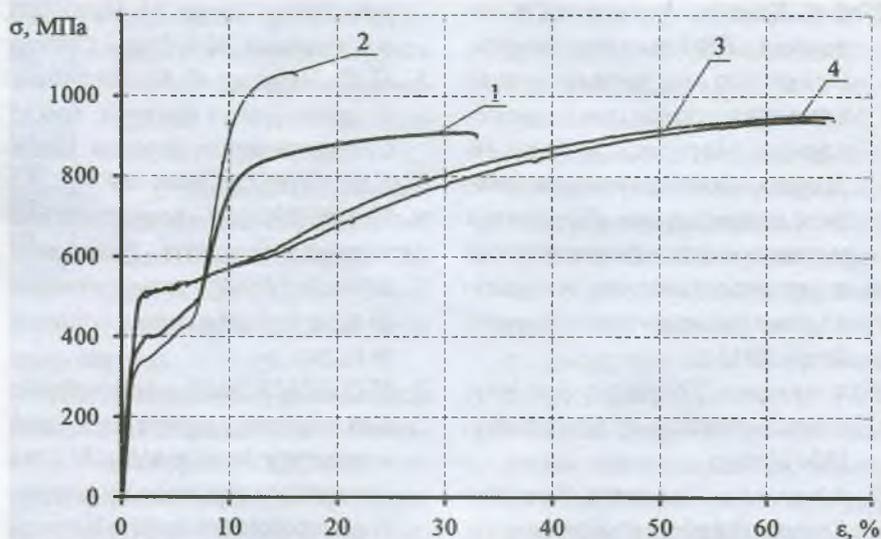
Key words: drawing, wire, coating, tension, annealing, grease, force.

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 [1,2,3]. 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 исследования являлось измерение усилий волочения проволоки никелида титана с нанесенным методом ионно-плазменного осаждения тонким барьерным слоем нитрида титана.

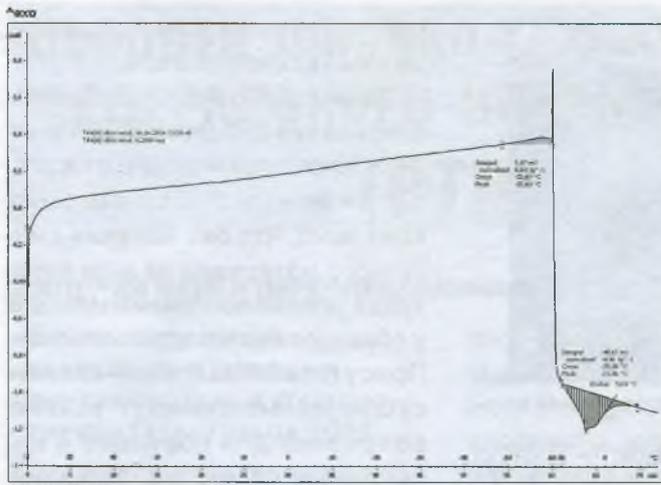
В качестве образцов использовали проволоку TiNi эквиатомного состава диаметром 0,6 мм. Покрытия из нитрида титана наносили методом ионно-плазменного осаждения на установке «Булат-6», оснащенной сепаратором плазменного потока, при условии вращающегося подложкодержателя. Перед загрузкой в вакуумную камеру 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 $0,8 \pm 1$ 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 (рис. 1). При этом предел прочности



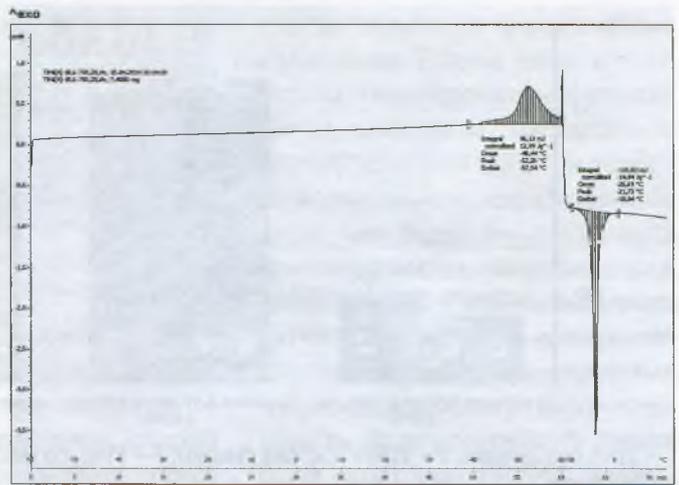
1 – в условиях поставки; 2 – с TiN покрытием; 3 – после рекристаллизационного отжига; 4 – с TiN покрытием после рекристаллизационного отжига

Рис. 1. Диаграммы растяжения TiNi проволоки



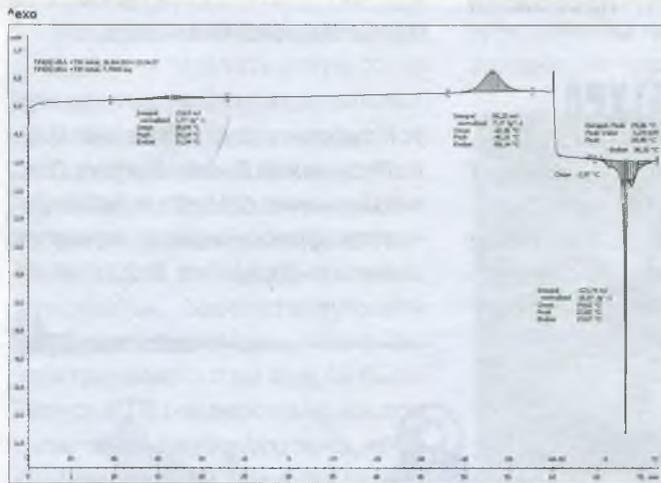
Lab: METTLER

STAR SW 9.10



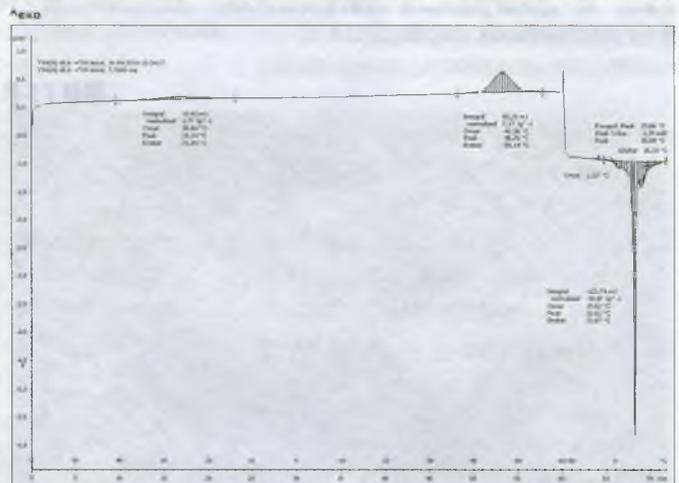
Lab: METTLER

STAR SW 9.10



Lab: METTLER

STAR SW 9.10



Lab: METTLER

STAR SW 9.10

1 – в условиях поставки; 2 – с TiN покрытием

Рис. 2. Кривые с дифференциально-сканирующего калориметра

1 – после рекристаллизационного отжига;

2 – с TiN покрытием после рекристаллизационного отжига

Рис. 3. Кривые с дифференциально-сканирующего калориметра

образца с покрытием (рис. 1, кривая 2) выше по сравнению с TiNi проволокой в условиях поставки (рис. 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 (рис. 2). Проволоку из TiNi в условиях поставки и после осаждения TiN покрытия подвергали рекристаллизационному отжигу при температуре 700 °C в течении 20 мин с закалкой на воздухе. Для исключения

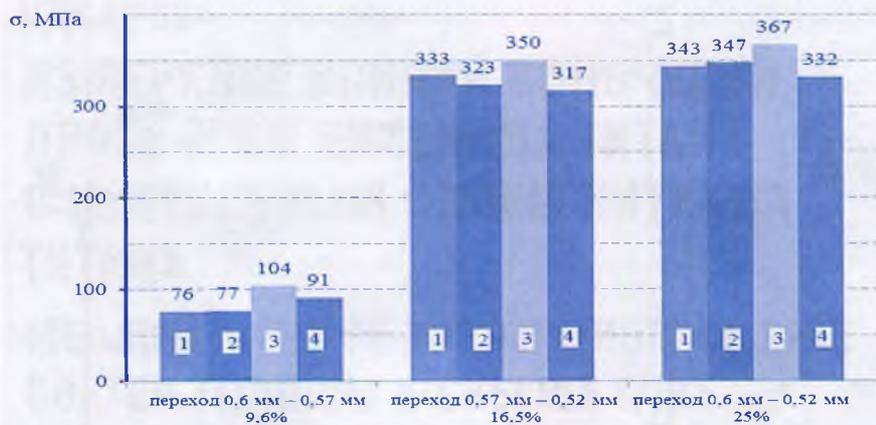
окисления поверхности образцов нагрев, выдержку и охлаждение осуществляли в среде аргона.

В результате исследований были получены образцы, имеющие одинаковое фазовое состояние (рис. 3) и механические характеристики (рис. 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 (рис. 4, столбцы 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 (рис. 4, столбцы 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



1 – TiNi, без смазки; 2 – TiNi+TiN, без смазки; 3 – TiNi, со смазкой; 4 – TiNi+TiN, со смазкой

Рис. 4. Диаграмма напряжений волочения TiNi проволоки для различных переходов

волочения ниже, чем у образцов без нанесенного слоя.

Таким образом, 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.

Дата принятия 07.08.2012



Вы лучший – станьте нашим автором!

Приглашаем к сотрудничеству метрологов-практиков, стремящихся реализовать свои знания, опыт и потенциал, в качестве автора профессионального издания.

ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ
МЕТРОЛОГИЯ

**Пишите
и задавайте вопросы**

на нашем сайте www.rsk-k.ru
в разделе **“ВОПРОС в РЕДАКЦИЮ”**