

ВОЛОЧЕНИЕ ТИТАН-НИКЕЛЕВОЙ ПРОВОЛОКИ С ПОКРЫТИЕМ ИЗ НИТРИДА ТИТАНА

Новиков В.Ю.^{1,2}, Клубович В.В.¹, Рубаник В.В.^{1,2}, Рубаник В.В. мл.^{1,2},
Багрец Д.А.¹

¹ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси», Витебск, Беларусь

²УО «Витебский государственный технологический университет», Витебск Беларусь
ita@vitebsk.by

Сплавы на основе никелида титана (TiNi) являются одними из наиболее перспективных материалов медицинского назначения. Одной из помех для массового внедрения никелида титана в медицину считается возможность выхода из материала на поверхность ионов никеля, которые оказывают токсическое воздействие на живые ткани [1-3]. Уменьшить диффузию ионов металла в окружающую среду можно за счет модификации поверхности TiNi сплава. Среди разнообразных видов обработки поверхности часто используют нанесение тонких барьерных слоев методом ионно-плазменного осаждения [4, 5]. Наиболее изученными являются пленки нитрида титана (TiN), традиционно используемые в качестве защитно-декоративных, упрочняющих или износостойких покрытий.

Целью работы являлось исследование процесса 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 осуществляли при токе дуги 110 А, напряжении смещения на подложке 100 В, давлении азота 0,3 Па. Время напыления составляло 15 минут, что обеспечивало толщину пленки $0,8 \pm 1$ мкм. По окончании процесса образцы охлаждали в вакуумной камере до 100°C.

В результате ионно-плазменного осаждения TiN покрытия 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

временное сопротивление на разрыв образца с покрытием (кривая 2) выше по сравнению с TiNi проволокой в условиях поставки (кривая 1).

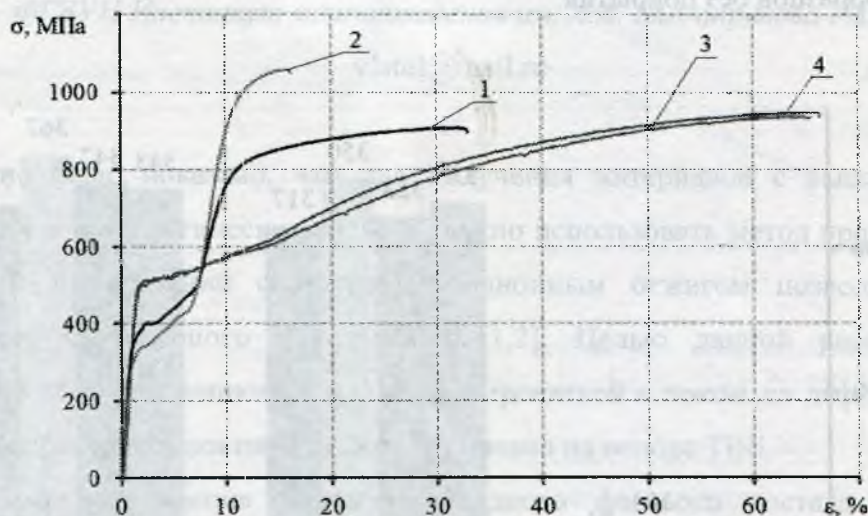


Рисунок 1. Диаграммы растяжения TiNi проволоки: 1 – в условиях поставки; 2 – с TiN покрытием; 3 – после рекристаллизационного отжига; 4 – с TiN покрытием после рекристаллизационного отжига

В работе [6] было показано, что процесс осаждения TiN покрытий приводит к существенным изменениям кинетики мартенситных превращений в никелиде титана, т.е. после напыления TiNi сплав имеет отличные от состояния поставки характеристические температуры, фазовый состав и, как следствие, физико-механические свойства. Поэтому TiNi проволоку в условиях поставки и после осаждения TiN покрытия подвергли рекристаллизационному отжигу при 700 °С в течение 20 мин с закалкой на воздухе. Для исключения окисления поверхности образцов нагрев, выдержку и охлаждение осуществляли в среде аргона.

В результате были получены образцы, имеющие одинаковый фазовый состав и механические характеристики (рис. 1, кривые 3,4), для которых проводились измерения напряжения 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 20 мм/мин, в качестве смазки использовали масло М-8.

В условиях сухого волочения на всех переходах наблюдается повышение напряжения волочения для образцов с TiN покрытиями (рис. 2, кривые 1,2). Этот эффект наиболее выражен при обжатиях 9,7 и 25 %. Разница между напряжением волочения для образца с TiN покрытием и образцом без покрытия при этом составляет 24÷27 МПа, на втором переходе (16,7 %) – 17 МПа.

При волочении со смазкой (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 напряжений волочения, при этом для больших обжатий усилия волочения ниже, чем у образцов без покрытия.

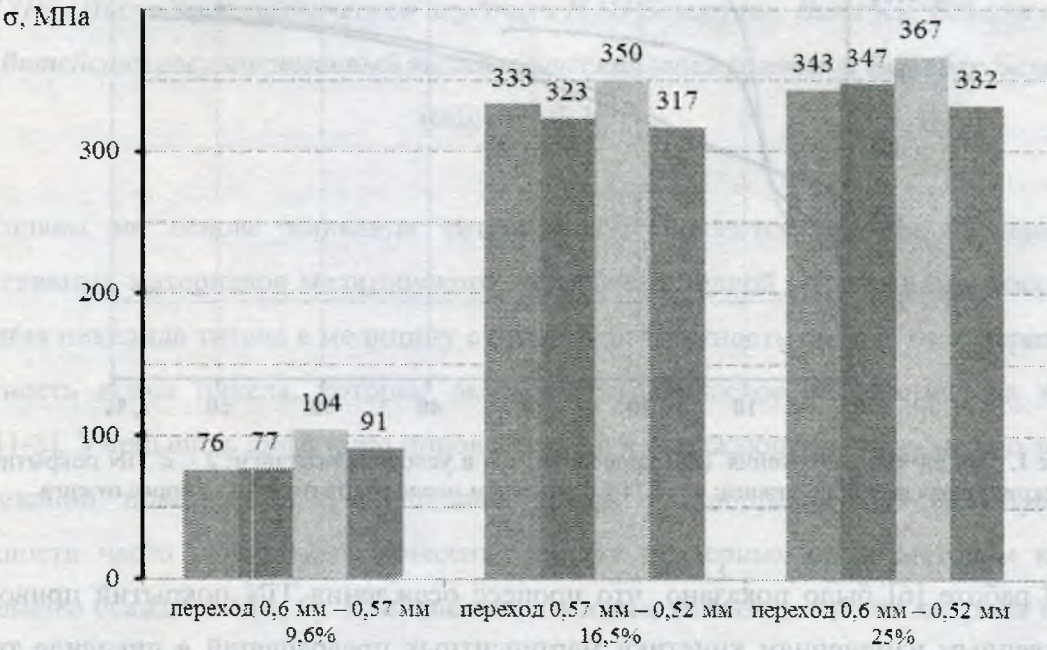


Рисунок 2. Изменение напряжения волочения TiNi проволоки для различных переходов: 1 – TiNi, без смазки; 2 – TiNi+TiN, без смазки; 3 – TiNi, со смазкой; 4 – TiNi+TiN, со смазкой

Таким образом, исследование процесса волочения TiNi проволоки после отжига и с осажденным TiN покрытием показало, что без смазки на всех переходах усилия волочения меньше у образцов без покрытия. Присутствие смазки в большой мере снижает напряжение волочения для образцов с покрытием, достигая наибольшего эффекта при максимальном обжатии – 25%. Для образцов без покрытия влияние смазки на процесс волочения не выявлено.

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. Starosvetsky D., Gotman I. // Biomaterials. – 2001. – Vol. 22. – P. 1853-1859.
6. 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.