

05;12

Влияние размерного фактора на мартенситные превращения и эффекты памяти формы в сплавах на основе TiNi

© В.Э. Гюнтер, В.В. Овчаренко, А.А. Клопотов

Научно-исследовательский институт медицинских материалов и имплантатов с памятью формы, Томск

Поступило в Редакцию 7 октября 1999 г.

Представлены результаты исследований физико-механических свойств тонких и сверхтонких проволочных образцов сплава на основе никелида титана марки ТН-10. Установлено, что с уменьшением диаметра образцов происходит смещение температурных интервалов проявления мартенситных превращений в область низких температур. Наличие окисной пленки на поверхности тонких образцов приводит к ухудшению параметров формоизменения при эффекте памяти формы.

Уникальные физико-механические свойства сплавов на основе никелида титана, обладающие эффектом памяти формы (ЭПФ), позволяют их использовать при решении ряда практических задач. Многие конструкции в медицине и технике изготавливаются из тонких (диаметром порядка 1 mm) и сверхтонких (диаметром менее 0.5 mm) проволочных элементов [1]. В литературе практически нет работ, посвященных сравнительному анализу свойств различных по размеру образцов сплавов на основе никелида титана. Поэтому в данной работе поставлена задача исследовать влияние размерного фактора (диаметра проволочных образцов) на мартенситные превращения (МП) и ЭПФ в сплаве на основе никелида титана марки ТН-10. Выбранный сплав ТН-10 обладает хорошим комплексом физико-механических свойств, имеет удобный для использования в медицинской практике температурный интервал и параметры восстановления формы, а также обладает хорошими технологическими характеристиками.

Из слитков была получена проволока с различным диаметром протяжкой через фильеры с промежуточными отжигами. Затем проволочные образцы отжигались в вакууме при 850°C (1 h). В процес-

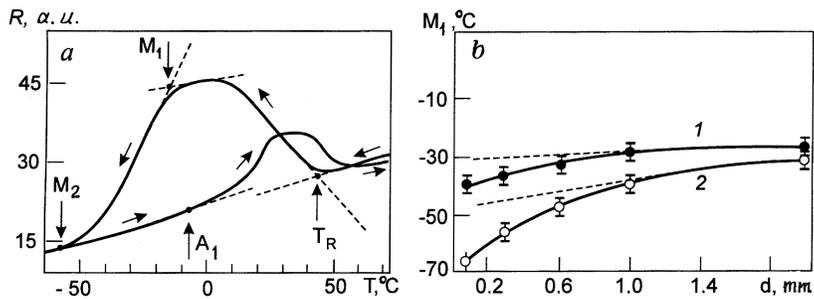


Рис. 1. Температурная зависимость электросопротивления проволочных образцов сплава марки ТН-10 диаметром 1.8 mm (а) и зависимость температуры начала МП (M_1) от диаметра проволочных образцов (b) (1 — без окисной пленки, 2 — с окисной пленкой).

се изготовления образцов на их поверхности образовывался окисный слой [1]. Для снятия этого слоя применяли химическое травление. Исследования МП (методом измерения температурной зависимости электросопротивления) и ЭПФ (под постоянной нагрузкой) в условиях изменения критических напряжений мартенситного сдвига осуществляли в специально сконструированном для этой цели испытательном комплексе.

Температурные зависимости электросопротивления позволяют определить характеристические температуры МП в сплавах на основе TiNi [1]. На рис. 1, а представлены температурные зависимости изменения удельного электрического сопротивления отожженного проволочного образца диаметром 1.8 mm сплава ТН-10. Начало подъема на кривой $R(T)$ при охлаждении соответствует температуре T_R начала перехода $B2 - R$, начало снижения значений электросопротивления при понижении температуры в области максимума — температуре начала M_1 мартенситного превращения $R - B19'$. Температура M_2 характеризует завершение МП $R - B19'$ (рис. 1, а) [1]. Исследование влияния диаметра проволочных образцов на характеристические температуры МП показало, что с уменьшением диаметра образцов как с оксидной пленкой, так и без нее происходит смещение температурных интервалов проявления МП в область низких температур (рис. 1, b). Наличие оксидной пленки на поверхности тонких проволочных образцов приводит к более значитель-

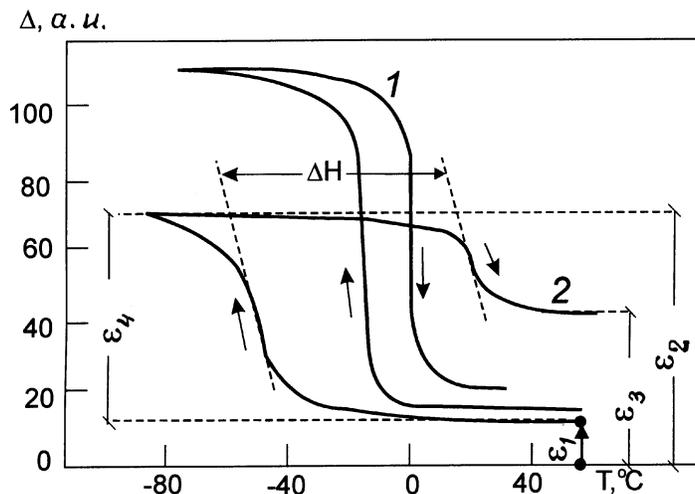


Рис. 2. Эффект памяти формы (накопление и возврат деформации) в сплаве ТН-10 проволоочного образца диаметром 0.6 mm без окисной пленки (кривая 1) и с окисной пленкой (кривая 2).

ному снижению температуры M_1 по сравнению с образцами без окисной пленки. Это обусловлено самой природой тонких проволоочных образцов: толщина оксидной пленки соизмерима с поперечными размерами тонких образцов. Оксидная пленка на поверхности образцов, не участвуя в МП, оказывает заметное влияние на перестройку кристаллической решетки при фазовом переходе (служит препятствием для движения межфазных границ).

При определенном критическом значении диаметра проволоочных образцов (менее 1.0 mm) поперечный размер начинает оказывать существенное влияние на МП: наблюдается заметное отклонение от линейной зависимости на кривых $M_1 = f(d)$ (рис. 1, b). При этом интенсивность уменьшения M_1 увеличивается по мере уменьшения диаметра образцов.

Влияние размерного фактора особенно отчетливо проявляется на эффекте памяти формы. Действительно, параметры, характеризующие ЭПФ (ε_1 — деформация нагружения; ε_2 — обратимая деформация при

нагреве под нагрузкой; ε_3 — остаточная деформация после восстановления формы при нагреве; ε_4 — накопленная деформация при охлаждении; ε_5 — общая накопленная деформация; ΔH — ширина петли гистерезиса; $\varepsilon_5 = \varepsilon_4 + \varepsilon_1 = \varepsilon_2 + \varepsilon_3$) изменяются при изменении диаметра образцов (рис. 2). При уменьшении диаметра ширина петли гистерезиса увеличивается, величина накопленной деформации уменьшается, уровень остаточной деформации растет, т.е. параметры ЭПФ, используемые на практике, ухудшаются.

Таким образом, установлено влияние размерного фактора на мартенситные превращения и эффекты памяти формы в проволочных образцах сплавов на основе TiNi. Наличие окисной пленки на поверхности тонких образцов приводит к существенному смещению температурных интервалов мартенситных превращений в область низких температур и ухудшению параметров формоизменения при эффекте памяти формы.

Список литературы

- [1] Гюнтер В.Э., Дамбаев Г.Ц., Сысолятин П.Г. и др. Медицинские материалы и имплантаты с памятью формы. Томск: ТГУ, 1998. 486 с.