

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ЭЛАСТОКАЛОРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В [001]-МОНОКРИСТАЛЛАХ НИКЕЛИДА ТИТАНА, СОДЕРЖАЩИХ НАНОРАЗМЕРНЫЕ ЧАСТИЦЫ Ti_3Ni_4 *

Н.Ю. Суриков, Е.Ю. Панченко, Ю.И. Чумляков

*Сибирский физико-технический институт им. В.Д. Кузнецова
Томского государственного университета, г. Томск, Россия*

Проведены исследования температурной зависимости эластокалорического эффекта и получены экспериментальные значения величины адиабатического охлаждения ΔT_{ad} в циклах нагрузка/разгрузка до 13.3 К в закаленных и 16.4 К в состаренных при 573 К, 1 ч монокристаллах сплава $Ni_{50.6}Ti_{49.4}$ (ат.%) при деформации сжатием. В состаренных кристаллах обнаружена особенность температурной зависимости эластокалорического эффекта (рост величины ΔT_{ad} выше температуры $T_R = 273$ К), которая связана со сменой последовательности мартенситного превращения под нагрузкой с $R-B19'$ на $B2-B19'$. Обсуждаются факторы (величина рассеянной энергии в рабочем цикле, величина коэффициента деформационного упрочнения при развитии превращения под нагрузкой), влияющие на закономерности проявления эластокалорического эффекта. Показано, что состаренные монокристаллы обладают высокой величиной коэффициента производительности SOP до 31, характеризующего эффективность преобразования механической энергии в тепловую, и являются перспективными для технологий твердотельного охлаждения.

Ключевые слова: мартенситные превращения, сверхэластичность, эластокалорический эффект, старение, монокристаллы.

Введение

В последнее время в сплавах с эффектами памяти формы (ЭПФ) большое внимание уделяется исследованиям эластокалорического эффекта (ЭКЭ), который связан с обратимым изменением энтропии или температуры твердого тела в процессе развития мартенситных превращений (МП) под нагрузкой в изотермических или адиабатических условиях соответственно. Эластокалорическое охлаждение, основанное на ЭКЭ, становится одной из наиболее многообещающих экологически чистых альтернатив широко используемой технологии пароконденсационного охлаждения, которая является относительно неэффективной и использует газообразные хладагенты, наносящие вред окружающей среде [1–3]. Среди различных калорических эффектов в твердых телах (магнитокалорический, электрокалорический, барокалорический, ЭКЭ) наиболее перспективным считается ЭКЭ, поскольку за счет него можно достигать гигантского изменения температуры до 30 К за рабочий цикл и относительно легко создать условия для его проявления [3, 4].

Никелид титана является одним из сплавов, характеризующихся высокими значениями изменения энтальпии и энтропии при развитии $B2-B19'$ МП, и, следовательно, адиабатического изменения температуры ΔT_{ad} при развитии МП под нагрузкой. К настоящему времени большинство исследований проведено на проволоках и тонких пленках никелида титана, близкого к эквиатомному составу, и получены значения адиабатического охлаждения ΔT_{ad} до 16.4–23.7 К в цикле нагрузка/разгрузка при проявлении ЭКЭ [5–7]. На монокристаллах никелида титана выполнено всего несколько работ [8]. Так, на монокристаллах сплава $Ni_{50.4}Ti_{49.6}$, ориентированных вдоль [148]-направления, показано, что адиабатическое изменение температуры ΔT_{ad} составляет 18.2 К при растяжении и 17.9 К при сжатии, и ЭКЭ проявляется в температурном интервале 70 К [9].

Микроструктура и химический состав сплавов $TiNi$ могут определять величину адиабатического охлаждения, характер температурной зависимости ЭКЭ и его циклическую стабильность. Известно [9], с одной стороны, что максимальное изменение энтальпии при развитии $B2-B19'$ МП и, соответственно, теоретические значения ΔT_{ad} до 30–34 К наблюдаются в сплавах, близких к эквиатомному составу. С другой стороны, в закаленных однофазных сплавах $TiNi$, близких к эквиатомному составу, даже после дополнительных термомеханических обработок наблюдаются узкий температурный интервал проявления и значительная деградация сверхэластичности (СЭ) при циклических испытаниях, что и определяет температурный интервал и стабильность ЭКЭ [9, 10]. Од-

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-38-90107.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>