

6-1-2020

ABOUT THE INFLUENCE OF THE STRUCTURAL-PHASE STATE ON THE FUNCTIONAL PROPERTIES OF TITANIUM NICKELIDE

N.U. Abduraimova

National University of Science and Technology MISiS

Yu.N. Mansurov

Tashkent Institute of Railway Engineers, Tashkent, 100167, Uzbekistan, ulbarsm@mail.ru

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/tashiit>



Part of the [Transportation Engineering Commons](#)

Recommended Citation

Abduraimova, N.U. and Mansurov, Yu.N. (2020) "ABOUT THE INFLUENCE OF THE STRUCTURAL-PHASE STATE ON THE FUNCTIONAL PROPERTIES OF TITANIUM NICKELIDE," *Journal of Tashkent Institute of Railway Engineers*: Vol. 16 : Iss. 2 , Article 23.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/tashiit/vol16/iss2/23>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Journal of Tashkent Institute of Railway Engineers by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

УДК (UDC) 849.5

ABOUT THE INFLUENCE OF THE STRUCTURAL-PHASE STATE ON THE FUNCTIONAL PROPERTIES OF TITANIUM NICKELIDE

Абдураимова Н.У.¹ Мансуров Ю.Н.²
Abduraimova N.U.¹, Mansurov Y.N.²

¹ – Национальный Исследовательский Технологический Университет (НИТУ)
«МИСиС» (Москва, Россия)

² – Ташкентский Государственный Транспортный Университет (Ташкент, Узбекистан)

Abstract: For inducing form memory effects of FMEs, at least one deformation of the alloy is required. Traditionally, it is carried out at room temperature or in liquid nitrogen. The influence of the initial phase composition on different schemes of FME and OEPF guidance has been studied.

The evolution of reversible and complete reversible deformation, depending on the induced deformation, has an extreme character, while the position of the maximum depends on the structural state: for an equiatomic alloy Ti-50.0 at.% Ni - range $\epsilon_t = 12-15\%$; for Ti-50.7 at.% Ni.

Key words: form memory alloys, titanium nickelide, nanostructures, phase transformations.

О ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА НИКЕЛИДА ТИТАНА

Abstract: Для наведения эффектов памяти формы ЭПФ необходимо по крайней мере однократная деформация сплава. Традиционно ее осуществляют при комнатной температуре, либо в жидком азоте. Изучено влияние исходного фазового состава на разных схемы наведения ЭПФ и ОЭПФ.

Эволюция обратимой и полной обратимой деформации в зависимости от наводимой деформации носит экстремальный характер, при этом положение максимума зависит от структурного состояния: для эквиатомного сплава Ti-50.0 at.% Ni – диапазон $\epsilon_t = 12-15\%$; для сплавов Ti-50.7 at.% Ni.

Key words: сплавы с памятью формы, никелид титана, наноструктуры, фазовые превращения.

Введение. Сплавы с памятью формы (СПФ) на основе никелида титана околоэквиатомных составов наиболее востребованы в качестве функциональных материалов, обладающих уникальным комплексом свойств. Сфера их применения чрезвычайно широка – от медицинских имплантатов до интеллектуальных конструкций космической техники. При фундаментальных исследованиях и разработке разного рода конструкций внимание исследователей и разработчиков направлено на обеспечение высокого уровня наиболее важных функциональных свойств (ФС): температурного интервала восстановления формы, реализации эффектов памяти формы (ЭПФ) – обратимой и полностью обратимой деформации, обратимого ЭПФ (ОЭПФ) и сверхупругости (псевдоупругости).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для изучения фазового состава сплава были предложены оригинальные схемы, охватывающие все фазовые состояния и их комбинации, присущие исследуемому сплаву Ti-50.7at.% Ni 5 схем изотермических, предполагающих деформирование и разгрузку при одной температуре, привязанной к конкретному фазовому состоянию, и 3 схемы неизотермических, предполагающих нагружение в B2 или R-фазе с последующим охлаждением под нагрузкой (рис.1.). Полученные закономерности классифицированы по преимущественному вкладу

упругой (сверхупругой) отдачи и обратимой деформации в различных исходных фазовых состояниях.

Установлено, что схемы наведения ЭПФ с вовлечением B2→R→B19' и в большей степени R→B19'-превращения в процессе нагружения обеспечивают максимальный вклад обратимой деформации в формовосстановление (до 14.7%) в сплаве со смешанной наноструктурой, (рис.2.).

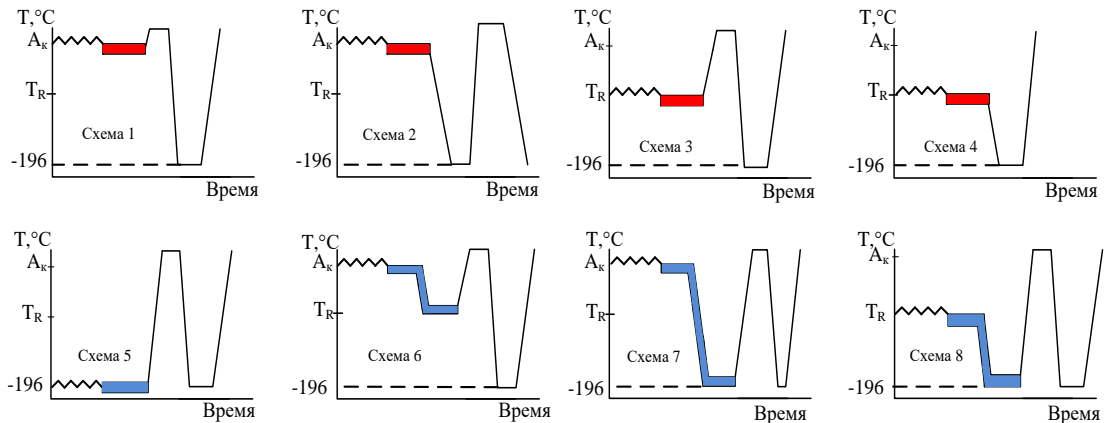
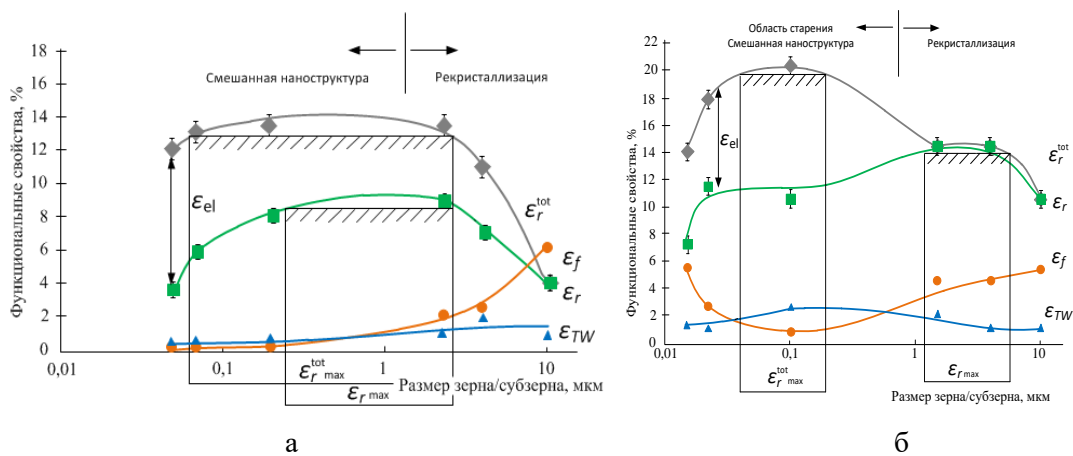


Рисунок 1. Схемы наведения ЭПФ и ОЭПФ: зубчатая линия – процесс деформирования; жирная линия – выдержка под нагрузкой; тонкая линия –нагрев/охлаждение после разгрузки

На рисунке 2 представлены результаты по каждому сплаву. Приведенные диаграммы позволяют определить диапазон размеров структурных элементов, в котором реализуется максимальная обратимая деформация.



а) Ti–50.0 ат.%Ni ($\epsilon_t = 15\text{--}16\%$); б) Ti–50.7ат.%Ni ($\epsilon_t = 19\text{--}21\%$)

Рисунок 2. Эволюция ЭПФ сплавов в зависимости от размера зерна/субзерна на разных стадиях разупрочнения

Эволюция обратимой и полной обратимой деформации в зависимости от наводимой деформации носит экстремальный характер, при этом положение максимума зависит от структурного состояния: для эквиатомного сплава Ti–50.0 ат.% Ni – диапазон $\epsilon_t = 12\text{--}15\%$; для сплавов Ti–50.7 ат.% Ni.

– в эквиатомном сплаве уровень значений обратимой деформации ε_r не выходит за пределы кристаллографического ресурса решетки при мартенситном превращении; при этом уровень значений полной обратимой деформации ε_r^{tot} превышает этот ресурс в 1.5 раза;

– в сплаве Ti–50.7 ат.% Ni максимальный уровень значений обратимой деформации $\varepsilon_r = 15.5\%$, полной обратимой деформации $\varepsilon_r^{tot} = 18.7\%$ и величины ОЭПФ деформации $\varepsilon_{TW} = 4.0\%$ реализуется при наводимой деформации $\varepsilon_t = 19.0\%$;

Полученные результаты позволяют определить диапазон размеров структурных элементов для реализации аномально высоких значений ЭПФ для каждого сплава.

На ранних стадиях разупрочнения, когда процесс рекристаллизации еще не завершен, вклад упругой/сверхупругой составляющей в формовосстановление максимален. Завершение рекристаллизации сопровождается резким снижением упругой отдачи и увеличением вклада ЭПФ в формовосстановление. Рост размера рекристаллизованного зерна приводит к вовлечению пластической деформации и уменьшением вклада ЭПФ в формовосстановление.

Особый интерес представляет влияние старения на эволюцию ФС сплава Ti–50.7 ат.% Ni [1, 2]. Это влияние неоднозначно и зависит от исходной структуры. В случае исходной холоднодеформированной структуры, когда процессы старения и разупрочнения протекают одновременно, влияние старения на ФС выражено слабо. Увеличение времени отжига с 1 ч до 10 ч сопровождается увеличением обратимой деформации с 12 до 14.6%.

В материале с исходной рекристаллизованной структурой влияние старения выражено явно, но это влияние неоднозначно и зависит от размера зерна В2–аустенита [3] (рис.3):

– наилучший комплекс свойств, реализуется в сплаве Ti–50.7 ат.% с мелкозернистой рекристаллизованной структурой В2–аустенита со средним размером зерна 3–5 мкм в исходном состоянии; последующее старение сплава приводит к деградации функциональных свойств вследствие сближения фазового и дислокационного пределов текучести;

– материал с более крупным зерном 13–15 мкм, обладающий наихудшим сочетанием функциональных свойств в исходном состоянии, напротив, целесообразно подвергать старению.

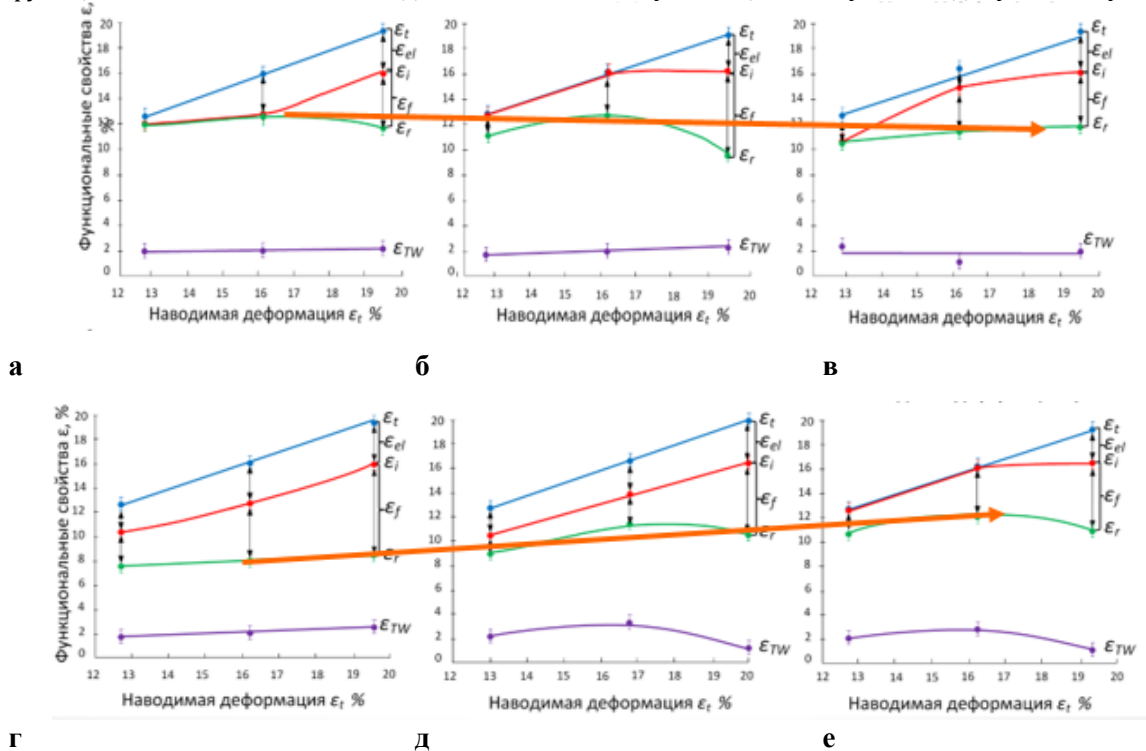


Рисунок 3. Изменение параметров ЭПФ и ОЭПФ в сплаве с разным размером зерна а – 5 мкм; б – 11 мкм; в – 15 мкм (РО + старение 430 °С, 1 ч) г, д, е – рекристаллизационный отжиг + старение 430 °С, 10 ч в зависимости от степени наводимой деформации

По диаграммам, приведенным на рисунке 4 можно проследить эволюцию основных ФС:

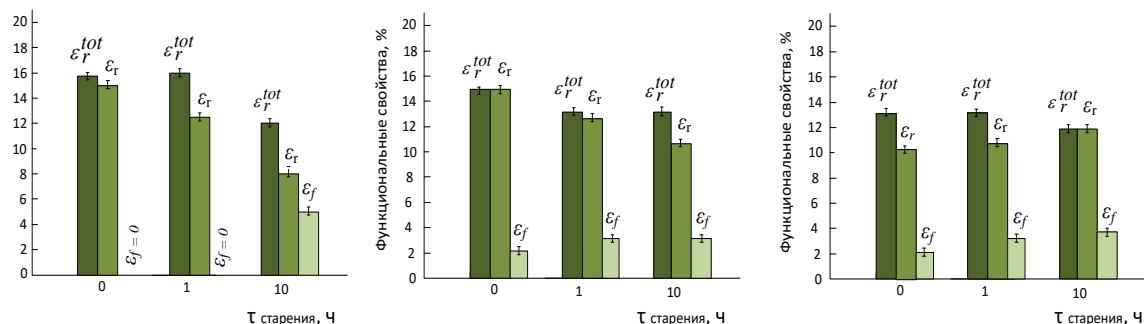


Рисунок 4. Влияние времени старения на основные функциональные сплава Ti-50.7ат.% Ni свойства (в диапазоне значений $\epsilon_t = 16\%$) с разным размером рекристаллизованного зерна В2-аустенита

При анализе полученных закономерностей следует учитывать одновременное влияние ряда конкурирующих факторов на характеристики формовосстановления:

1. Подавление мартенситного превращения вследствие выделения мелкодисперсных частиц фазы Ti_3Ni_4 в результате старения сопровождается снижением характеристик формовосстановления.

2. Старение приводит к повышению дислокационного предела текучести для всех исследуемых режимов обработки, вследствие дисперсионного упрочнения.

3. Величина обратимой деформации определяется разностью между дислокационным (обычным) и фазовым пределами текучести [4]: чем ее значение больше, тем позже в процесс деформации при наведении ЭПФ включается необратимая пластическая деформация по дислокационному механизму.

4. Разница между температурой деформации при наведении ЭПФ и температурой M_n (которая является температурой легкой деформации).

Литература

1. Е.П. Рыклина. Новый подход к управлению структурно-фазовым состоянием и характеристиками формовосстановления никелида титана. Диссертация на соискание ученой степени доктора техн. наук. – М.: 2019. – 370 с

2. K. Polyakova, E. Ryklina, S. Prokoshkin. Thermomechanical response of titanium nickelide on austenite grain/subgrain size Materials Today: Proc. (2017) 4836–4840.

3. Polyakova, K. A., Ryklina, E. P., Prokoshkin, S. D.: Effect of grain size and ageing-induced microstructure on functional characteristics of a Ti-50.7 at.% Ni alloy. Shap. Mem. Superelasticity <https://doi.org/10.1007/s40830-020-00269-z> 2020

4. Shape memory alloys: Fundamentals, Modeling and Applications/Ed. by V. Brailovski, S. Prokoshkin, P. Terriault, F. Trochu., Canada 2003. 851 p.

References:

1. E.P. Ryklina. A new approach to the control of the structural-phase state and characteristics of the form reduction of titanium nickelide. Dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences.- M.: 2019. – 370 p.

2. K. Polyakova, E. Ryklina, S. Prokoshkin. Thermomechanical response of titanium nickelide on austenite grain/subgrain size Materials Today: Proc. (2017) 4836–4840.

3. Polyakova, K. A., Ryklina, E. P., Prokoshkin, S. D.: Effect of grain size and ageing-induced microstructure on functional characteristics of a Ti-50.7 at.% Ni alloy. Shap. Mem. Superelasticity <https://doi.org/10.1007/s40830-020-00269-z> 2020

4. Form memory alloys: Fundamentals, Modeling and Applications/Ed. by V. Brailovski, S. Prokoshkin, P. Terriault, F. Trochu., Canada 2003. 851 p.

Сведения об авторах / Information about the authors

Абдураимова Насиба Урол кизи – магистрант Национального Исследовательского Технологического Университета (НИТУ), Телефон +998-90-377-10-12, titenash@mail.ru

Мансуров Юлбарсхон Набиевич – д.т.н. профессор Ташкентского Государственного Транспортного Университета, Телефон +998-90-952-08-32, ulbarsm@mail.ru