

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения
Российской академии наук

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**Перспективные материалы
с иерархической структурой
для новых технологий
и надежных конструкций**

21 - 25 сентября 2015 г.

Томск, Россия

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

3. Неустойчивость и локализация деформации и разрушения в материалах с иерархической структурой

В субмикроструктурном сплаве Zr-1Nb локализация деформации на макроуровне развивается в две стадии. Первоначально формируется хорошо выраженная шейка, образование которой совпадает с началом стадии падающего напряжения на кривой растяжения. Затем, по мере развития деформации в области шейки, одна за другой появляются полосы локализованной пластической деформации шириной 0,2–0,3 мм под углом $\sim 120^\circ$ друг к другу. На кривой растяжения появление макрополос локализованной деформации соответствует увеличению скорости падения напряжения.

Присутствие в субмикроструктурном сплаве Zr-1Nb водорода в твердом растворе до 0,22 мас.% подавляет развитие локализации пластической деформации на мезоуровне и повышает устойчивость сплава к локализации деформации на макроуровне. Выделение водорода из твердого раствора в виде гидридов способствует локализации деформации и трещинообразованию в сплаве в процессе растяжения.

Зависимость коэффициента деформационного упрочнения от истинной деформации для субмикроструктурного сплава Zr-1Nb-0,22H в случае присутствия водорода в твердом растворе становится подобной зависимости коэффициента деформационного упрочнения от истинной деформации для сплава в мелкозернистом состоянии с содержанием водорода 0,002 мас.%, деформация которого осуществляется путем движения дислокаций. Такое изменение указанной зависимости, как и повышение устойчивости к локализации деформации, свидетельствует об активизации дислокационного механизма деформации в субмикроструктурном сплаве Zr-1Nb-0,22H в присутствии водорода в твердом растворе.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты №15-08-03823_a и №13-02-98007_p-сибирь_a).

СТРУКТУРА, ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ В МОНОКРИСТАЛЛАХ НИКЕЛИДА ТИТАНА ПОСЛЕ УДАРНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Сурикова Н.С.¹, Панин В.Е.¹, Власов И.В.¹, Миронов Ю.П.¹, Суриков Н.Ю.², Толмачев А.И.¹

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия,

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия
surikova@ispms.tsc.ru

Не ослабевает интерес к деформационным методам структурно-фазовой модификации поверхностных слоев в конструкционных материалах, в том числе в сплавах никелида титана, обладающих эффектом памяти формы (ЭПФ) и сверхэластичности (СЭ) [1, 2]. Несмотря

3. Неустойчивость и локализация деформации и разрушения в материалах с иерархической структурой

на то, что сплавы TiNi изначально имеют высокие прочностные и антикоррозионные свойства, часто требуется увеличить прочность, износостойкость и химическую инертность поверхности медицинских имплантов из никелида титана. Установлено, что после дробеструйной [2] и ударной [1] ультразвуковой поверхностной обработки (УУПО) никелида титана новая поверхность характеризуется повышенным уровнем микротвердости, связанным с фрагментацией материала при интенсивной пластической деформации, образованием наноструктуры и частичной аморфизацией материала. Однако до сих пор не исследовано влияние УУПО на проявление эффектов памяти формы и сверхэластичности, на стадийность кривых деформации сплавов TiNi. Не достаточно изучены структуры и фазы, определяющие высокие прочностные свойства поверхности после УУПО.

В данной работе методами оптической и электронной просвечивающей микроскопии, рентгеноструктурного анализа, наноиндентирования, определения величины износа, механических испытаний на одноосное растяжение исследовано влияние УУПО на тонкую структуру и механические характеристики поверхностных слоев монокристалла TiNi(Fe, Mo) и деформационное поведение объемных образцов. В исходном состоянии монокристалл имел структуру B2 фазы и температуры мартенситных $B2 \leftrightarrow B19'$ превращений: $M_n = 266$ К, $M_k = 249$ К, $A_n = 271$ К и $A_k = 299$ К. При нагружении ($T_{ком}$), разгрузке и последующем нагреве монокристалл проявлял ЭС и ЭПФ.

Механические испытания монокристаллов на растяжение показали, что в образцах после УУПО, увеличивается напряжение мартенситного превращения (на ~20 %) и общая деформация до разрушения, на кривых σ – ϵ исчезает линейная стадия, связанная со stress-induced мартенситным превращением, изменяется соотношение между величинами ЭПФ и СЭ.

При наноиндентировании установлено, что УУПО приводит к упрочнению поверхностного слоя монокристалла, сопровождающемуся увеличением микротвердости в 2,3 раза, повышением доли упругой составляющей работы индентирования и увеличением эффективного предела текучести.

Трибологические исследования показали, что после УУПО коэффициент трения пары никелид титана–сапфир и коэффициент интенсивности износа уменьшаются, также свидетельствуя об упрочнении и повышении вязкости разрушения приповерхностных слоев.

Электронно-микроскопические исследования тонкой структуры в приповерхностных слоях после УУПО выявили основные механизмы фрагментации – механическое двойникование в B2 фазе и мартенситное превращение под напряжением. Формирование дефектной структуры приводит к упрочнению и изменению точек фазовых переходов материала. Однако даже на обработанной поверхности, как показал

3. Неустойчивость и локализация деформации и разрушения в материалах с иерархической структурой

рентгеноструктурный анализ, в материале не наблюдается нанокристаллического состояния, в отличие от поликристаллов TiNi [1, 2], что связано с отсутствием границ зерен в исходных образцах.

Важную роль в упрочнении приповерхностных объемов играет образование оксидных фаз TiO₂ и Ni₅TiO₇, а также субоксида Ni₁₆Ti₁₆O₄, формирование которого связано с упорядочением кислорода по междоузлиям матрицы.

Литература:

1. Лотков А.И., Батулин А.А., Гришков В.Н. и др. Дефекты структуры и мезорельеф поверхности никелида титана после интенсивной пластической деформации ультразвуковым методом. //Физическая мезомеханика. – 2005. – Т. 8. – Спец. выпуск. – С. 109-112.
2. Hu T., Wen C.S., Sun G.Y. and others. Wear resistance of NiTi alloys after surface mechanical attrition treatment. // Surface and coatings technology. – 2010. – V. 205. – P. 506-510.

РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ НА ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЯХ И МАСШТАБНЫЕ ЭФФЕКТЫ ОБРАЗЦОВ ИЗ НИЗКОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ

Копаница Д.Г.¹, Устинов А.М.¹, Потекаев А.И.², Клопотов А.А.^{1,2}

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет, Россия,

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия
artemustinov@mail.ru

Изучению эволюции структурных элементов деформации на поверхности кристаллических твердых тел при различных воздействиях посвящено достаточно много внимания [1]. В [2] показано, во-первых, что поверхностные слои в кристаллических твердых телах проявляют себя как примеры мезоскопических уровней пластической деформации при внешних механических нагрузках и, во-вторых, на различных масштабных уровнях проявляются разные механизмы деформации. Все это приводит к тому, что твердое тело под нагрузкой проявляет себя как сложная иерархическая система элементов из разных масштабных уровней, которая эволюционирует в зависимости от внешней приложенной нагрузки, распределения внутренних полей напряжений и взаимодействия структурных элементов деформации на разных масштабных уровнях. Все это приводит к тому, что перераспределение структурных элементов деформации на поверхности твердых тел и их эволюция должна зависеть от формы и размеров образца.

Цель настоящей работы представить результаты исследований перераспределения пространственных структурных элементов деформации в приповерхностных слоях при *in situ* наблюдения деформации сжатием стальных образцов разной геометрической формы с использованием цифровой оптической системы Vic-3D.