

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

Величина макронапряжений в покрытии тем больше, чем меньше средний поперечный размер нанокристаллических столбчатых зерен. Предварительная обработка ионным пучком титана поверхности подложки приводит к увеличению сжимающих макронапряжений сжатия в ней, а увеличение длительности обработки – к изменениям в микроструктуре покрытия: уменьшению доли аморфной составляющей, образованию фазы $Ti_{1-x}Al_xN$ с переменным параметром кристаллической решетки, уменьшению среднеквадратичного смещения атомов в фазе $Ti_{1-x}Al_xN$, уменьшению поперечных размеров столбчатых зерен, увеличению макро и микронапряжений в фазе $Ti_{1-x}Al_xN$ вблизи поверхности и к их уменьшению на границе раздела покрытие – подложка. При увеличении длительности ионной обработки подложки до 12 мин. между покрытием и аустенитной сталью образуется прослойка феррита.

Литература:

1. Сергеев В.П., Федорищева М.В., Воронов А.В., Сергеев О.В., Яновский В.П., Псахье С.Г. Трибомеханические свойства и структура нанокompозитных покрытий $Ti_{1-x}Al_xN$. Известия Томского политехнического университета, 2006, т.309, №2, с.149-153.

РОЛЬ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЙ АНИЗОТРОПИИ NiTi В ФОРМИРОВАНИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ПРИ ИОННО-ПЛАЗМЕННОМ ЛЕГИРОВАНИИ

Полетика Т.М.¹, Мейснер Л.Л.^{1,2}, Гирсова С.Л.¹,
Мейснер С.Н.^{1,2}, Шулепов И.А.³.

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

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия,

³Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия
poletm@ispms.tsc.ru

Уникальные механические свойства сплавов NiTi обеспечивает его использование в качестве функциональных материалов в медицине. Актуальной остается задача создания на поверхности NiTi защитных слоев с целью улучшения эксплуатационных свойств и предотвращения высвобождения токсичного для организма Ni. Перспективным путем решения ее решения является ионно-плазменная обработка поверхности. Многофакторность происходящих при этом явлений не позволяет до конца понять природу процессов, происходящих в структуре поверхностных слоев при ионно-плазменном воздействии. В последнее время в связи с проблемами эксплуатации малоразмерных систем медицинского назначения привлекает внимание фактор кристаллографической анизотропии NiTi. Целью работы: выявить роль кристаллографической ориентации в формировании сложной градиентной структуры поверхностных и приповерхностных слоев материала, с помощью экспериментов на монокристаллах

Исследования проводили на моно- и поликристаллах Ti-50,6 ат.% Ni. Использовали образцы монокристаллов с «мягкими» [111] B2 и «жесткими» [001] B2 ориентациями относительно направления ионно-плазменного пучка, совпадающего с нормалью к поверхности образца. Для ионно-плазменного легирования Si и Ta использовали установку «ДИАНА-3» с применением импульсных однокомпонентных пучков ионов с флюенсом $D = 6 \times 10^{17} \text{ см}^{-2}$. Структурные исследования (ПЭМ, РЭМ, ДОЭ) проводили на оборудовании ЦКП «НАНОТЕХ» ИФПМ СО РАН. Для послойного элементного анализа поверхности образцов использовали метод Оже-электронной спектроскопии в НИТПУ.

Установлено, что после ионно-плазменной обработки в поверхностных слоях моно- и поликристаллов NiTi формируется модифицированный слой, в котором выделены два основных подслоя: оксидный слой и аморфный слой. Исследование наружного оксидного слоя показало, что он является нанокompозитной керамикой, содержащей смесь наноксидов TiO_2 и SiO_2 при облучении ионами Si, либо TaO_2 в случае ионов Ta. Относительное содержание различных оксидов определяется характером распределения легирующего элемента по глубине, который зависит от геометрии ионно-плазменного воздействия.

Для монокристаллов установлена зависимость распределения легирующего элемента, компонентов сплава и примесей по глубине модифицированного слоя от ориентации поверхности образцов относительно ионно-плазменного пучка. В поверхностных слоях образца [111] NiTi наблюдается локализованное и неоднородное распределение элементов, в то время как для образца [001] NiTi характерно равномерное и более глубокое проникновение внедряемых ионов и примесей.

Обнаружено влияние кристаллографической анизотропии на специфические эффекты взаимодействия облучения с поверхностью монокристаллов: 1) ориентационная зависимость коэффициентов распыления и 2) возникновение эффекта каналирования для [001] NiTi. Установлена ориентационная зависимость структуры аморфных ионно-модифицированных слоев. В аморфном слое кристалла [001] NiTi в условиях каналирования наблюдается: увеличение толщины в $1.5 \div 2$ раза по сравнению с кристаллом [111]; сдерживание локализации имплантируемых элементов и примесей за счет их более глубокого проникновения вглубь кристалла; формирование более совершенной аморфной структуры.

Обнаружена ориентационная зависимость эффекта дальнего действия. Так, для «мягкой» ориентации характерна реализация прямых и обратных $B2 \leftrightarrow B19'$, либо $B2 \leftrightarrow R$ превращений. В наиболее трудных для мартенситных и дислокационных превращений кристаллах [001] NiTi возникают коллективные эффекты, проявляющиеся в формировании полос переориентации и реализации ротационной деформации.

Установлена зависимость эффекта дальнего действия для поликристаллического NiTi после ионного легирования Si, позволяющая говорить о зависимости деформационного отклика зерен на нагружение (степень фрагментации зерен) от кристаллографического направления высокоэнергетического ионно-плазменного воздействия.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №15-13-00023)

**ВЫСОКОПРОЧНЫЕ СУБМИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ
 α - И $(\alpha+\beta)$ - ТИТАНОВЫЕ СПЛАВЫ С АМОРФНО-
НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИМ АНТИФРИКЦИОННЫМ
ИЗНОСОСТОЙКИМ ПОКРЫТИЕМ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ
В УСЛОВИЯХ СУХОГО ТРЕНИЯ**

Потекаев А.И., Табаченко А.Н., Савостиков В.М., Дударев Е.Ф.,
Скосырский А.Б., Бакач Г.П.

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия
potekaev@spti.tsu.ru*

Для α - и $(\alpha+\beta)$ – титановых сплавов характерна высокая удельная прочность при повышенной пластичности, высокая жаростойкость и коррозионная стойкость во многих агрессивных средах. Это обеспечило их широкое применение в авиационной и космической технике, судостроении и химической промышленности. Вместе с тем этот класс сплавов имеет высокий коэффициент трения и низкую износостойкость, что не позволяет использовать их для изготовления кинематических и других триботехнических сопряжений, работающих в условиях сухого трения.

Цель настоящей работы – одновременно повысить прочность и существенно улучшить триботехнические свойства α - и $(\alpha+\beta)$ – титановых сплавов. Для достижения этой цели предложен и использован для титана VT1-0 и сплавов Ti-Al-V (марки VT6) и Ti-Al-V-Mo (марки VT14) двухстадийный технологический цикл получения материала. На первой стадии образец подвергается интенсивной пластической деформации при повышенных температурах, в процессе которой формируется субмикрокристаллическая структура, обеспечивающая повышение прочности на 25–30 % при сохранении вязкого механизма разрушения. На второй стадии проводится структурно-фазовая модификация поверхностного слоя, чтобы существенно улучшить триботехнические свойства поверхностного слоя, но при этом не изменить параметры субмикрокристаллической структуры в объеме образца.

Разработан способ формирования градиентного аморфно-нанокристаллического покрытия с использованием ионно-плазменной технологии и многокомпонентной мишени для магнетронно-плазменного распыления. При этом способе объединены в единый цикл процессы