

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**

19 - 23 сентября 2016 г.

Томск, Россия

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

5. Деградации тонких пленок и многослойных покрытий как иерархически организованных структур

технологии. - М.: Техносфера, 2010. – 528 с.

3. Савостиков В.М., Потекаев А.И., Табаченко А.Н. Физико-технологические основы создания градиентно-слоистых поверхностей многокомпонентного состава совмещением методов ионно-диффузионного насыщения, магнетронного и вакуумно-дугового осаждения // Известия вузов. Физика. – 2011. – Т. 54, № 7. – С. 26–34.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки (задание №2014/223, код проекта: 727)

РЕНТГЕНОВСКИЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ СОСТОЯНИЙ ПОКРЫТИЙ И ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ НА ОСНОВЕ Ti-Ta и TiNi, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННО-ИОННО- ПЛАЗМЕННЫХ МЕТОДОВ

Мейснер Л.Л.^{1,2}, Миронов Ю.П.¹, Мейснер С.Н.¹, Марков А.Б.³,
Ротштейн В.П.^{1,4}, Озур Г.Е.³, Яковлев Е.В.³

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

²НИ Томский государственный университет, Томск, Россия,

³Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск, Россия,

⁴Томский государственный педагогический университет, Томск, Россия
mup@ispms.tsc.ru

Сплавы на основе TiNi, испытывающие термоупругие мартенситные превращения (МП), благодаря комплексу свойств (эффект памяти формы, сверхэластичность, высокая коррозионная стойкость), являются уникальными металлическими биоматериалами. Два основных фактора ограничивают применение этих сплавов в медицине: (i) опасность выделения токсичного Ni в биоткани и (ii) недостаточно высокий уровень усталостных характеристик TiNi сплавов. Степень влияния этих факторов определяется структурой и свойствами поверхностных слоев материала. Поэтому для уменьшения/устранения этого влияния используются различные, в том числе физические (ионная имплантация, PVD и др.), методы поверхностной обработки.

В докладе представлены результаты рентгенодифракционного и микрорентгеноспектрального анализа структурно-фазовых состояний покрытий и поверхностных слоев на основе Ti-Ta и TiNi, полученных с использованием электронно-ионно-плазменных методов с целью изучения перспектив использования комбинированных ионно-плазменных и электронно-пучковых обработок для создания тонких (толщиной 1-2 мкм) барьерных поверхностных слоев из безникелевых сплавов со свойствами сверхэластичности на поверхности никелида титана.

Электронно-пучковая установка РИТМ-СП (Микросплав, Россия) в комбинации с магнетронной установкой из 2-х магнетронов была использована для формирования поверхностного сплава на основе Ti-Ta на принципе аддитивных технологий путем наплавки тонких (~50 нм) Ti-Ta слоев до формирования интегрального слоя толщиной ~ 1 мкм заданного состава Ti~30 ат.%Ta.

Химический и фазовый состав поверхностных слоев композиционного сплава Ti-Ta/TiNi, в том числе реализуемые в них структурно-фазовые состояния, были исследованы с использованием методов ЭОС (Шхуна, Россия), РЭМ/ЭДС/ДОРЭ (EVO 50, Zeiss, Германия) и РД (ДРОН-7, Буревестник, Россия) на оборудовании ЦКП «Нанотех» ИФПМ СО РАН (Томск).

Установлено, что состав покрытия Ti-Ta (толщиной ~1 мкм), полученного путем одновременного магнетронного распыления однокомпонентных мишеней из титана и тантала на подложку TiNi, соответствует запланированному (Ti~30 ат.%Ta) с минимальным содержанием газовых компонентов остаточной атмосферы. Покрытие

5. Деградации тонких пленок и многослойных покрытий как иерархически организованных структур

характеризуется однофазной столбчатой ОЦК–структурой (ось текстуры текстуру $\langle 110 \rangle$ перпендикулярна поверхности покрытия) с параметром решетки $a=3.310 \text{ \AA}$, близким к параметрам ОЦК-решёток тантала ($a=3.3058 \text{ \AA}$) и β -Ti ($a=3.3065 \text{ \AA}$). Согласно данным РД в покрытии имеют место остаточные напряжения 1-го и 2-го рода, которые приводят к значительным макро- и микродеформациям решетки растягивающего типа: $\varepsilon_{\perp}^I \approx 1.1\%$, $\varepsilon^{\text{II}} \approx 1\%$, соответственно.

Обнаружено, что в наплавленном слое соотношение Ti:Ta составляет 65:35, а содержание никеля не превышает 10 ат.%. Этот слой характеризуется смешанной аморфно-нанокристаллической структурой, что проявляется как в виде двух сильно размытых диффузных линий с центрами тяжести, соответствующими межплоскостным расстояниям $d^{(1)} \approx 0.224 \text{ нм}$ и $d^{(II)} \approx 0.134 \text{ нм}$, так и в виде интенсивных четких гало на электронных микродифракционных картинах. Качественная оценка размеров областей когерентного рассеяния (ОКР) при учете вклада в уширение микродеформации решетки ε^{II} кристаллической компоненты (фазы) в наплавленном слое показала: $D_{\text{ОКР}} \approx 4 \text{ нм}$ и $\varepsilon^{\text{II}} \approx 4.7\%$. Обсуждаются фазовый состав и механизмы формирования выявленных структурно-фазовых состояний в наплавленном слое, а также в переходной зоне и прилежащем к ней «поверхностном» слое исходного TiNi сплава.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантом РФФИ №15-13-00023 (18.05.2015).

РОЛЬ КРИВИЗНЫ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ПЛЕНКА/ПОДЛОЖКА В ДЕФОРМАЦИИ И РАЗРУШЕНИИ ТОНКИХ ПЛЕНОК И ПОКРЫТИЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Шугуров А.Р.

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия
shugurov@ispms.tsc.ru

Кривизна границы раздела пленка/подложка является одним из ключевых факторов, оказывающих влияние на развитие и распределение напряжений в тонких пленках и покрытиях, а также на зарождение и распространение трещин в системе пленка-подложка. Изучение ее роли в процессах деформации и разрушения пленок и покрытий весьма важно для повышения их надежности, особенно, учитывая необходимость их осаждения на гибкие подложки, а также детали сложной формы. С этой целью необходимо сопоставление результатов исследования механического поведения твердых пленок на мягкой подложке и мягких пленок на твердой подложке при различных внешних воздействиях. В данной работе исследовано влияние кривизны границы раздела на механизмы разрушения металлических пленок (Al, Ag, Au, Ti, Cu) и керамических покрытий (Al-Si-N, Ti-Al-N) при механическом и термическом нагружении.

Показано, что кривизна поверхности и внутренних границ раздела является движущей силой массопереноса, обуславливающего распад тонких пленок, перераспределение легирующих элементов и образование новых фаз при повышенных температурах. Так, распределение напряжений и деформаций вдоль волнистой границы раздела пленка/подложка контролирует перераспределение Mg и фазовые превращения в системе оксидная пленка-алюминиевый сплав AMg₂ и 01570. Предложена модель, связывающая характер распределения силицидов в тонких пленках Cu на подложке Si с промежуточным подслоем Cr с периодическим распределением напряжений вдоль волнистой границы раздела пленка/подложка.