

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

**ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ
ОБРАБОТКИ НА ЗАКОНОМЕРНОСТИ КРАТЕРООБРАЗОВАНИЯ
И МОРФОЛОГИЮ ОБЛУЧАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ В СПЛАВАХ
TiNi С МНОГОУРОВНЕВОЙ ИЕРАРХИЧЕСКИ-
ОРГАНИЗОВАННОЙ СТРУКТУРОЙ ПРОКАТКИ**

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

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

²*Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск, Россия,*

³*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия,*

⁴*Томский государственный педагогический университет, Россия*

llm@ispms.tsc.ru

В настоящее время низкоэнергетические (10-30 keV) сильноточные (10-25 kA) электронные пучки (НСЭП) используют для улучшения поверхностных свойств медицинских эндохирургических металлических имплантатов и микроинструментария. Расчеты и эксперименты показывают, что при использовании кратковременных (1-5 мкс) импульсных НСЭП толщина слоя, в котором концентрируется энергия электронного пучка может составлять от ~1 мкм до ~10 мкм. При последующем сверхбыстром охлаждении (~10⁹ К/с) в поверхностном объеме формируются многоуровневые иерархически структуры, самоорганизованные на различных (нано-, субмикро- и микро-) масштабных уровнях. Важной особенностью импульсной (~10⁻⁸–10⁻⁴ с) термообработки металлических материалов электронным пучком является формирование микрократеров на облучаемой поверхности. Экспериментально показано, что причинами кратерообразования на поверхности металлических материалов являются сегрегации атомов или частицы вторых фаз. Образование микрократеров приводит к повышению шероховатости поверхности, созданию в поверхностном слое локальных неоднородностей микроструктуры, что оказывает отрицательное влияние на свойства материалов, зависящие от состояния поверхности (коррозионные свойства, смачиваемость, прочность). Анализ опубликованных результатов исследований показал, что закономерности и природа кратерообразования не до конца понятны.

Сплавы TiNi с поверхностными слоями, модифицированными электронно-пучковым воздействием с плотностями энергии 3÷15 Дж/см² и малом числе импульсов, демонстрируют одновременно высокую твердость и достаточную пластичность, затрудняется распространение трещин в объем образца, повышается их коррозионная стойкость, тогда как функциональные свойства (сверхэластичность и эффект памяти формы) остаются на высоком уровне. Процессы кратерообразования на поверхности сплавов TiNi до сих пор малоизучены, а специфика их

5. Тонкие пленки и многослойные покрытия как иерархически организованные структуры

эндохирургического приложения требует поиска решений, связанных с подавлением кратерообразования на их поверхности.

В докладе представлены результаты исследований влияния структурного состояния основной фазы (наномасштабный уровень), текстуры (субмикромасштабный уровень) и характера распределения вторых фаз (микромасштабный уровень) в образцах TiNi с двумя различными типами многоуровневой иерархически-организованной структуры прокатки, на закономерности кратерообразования при изменении плотности энергии (E_s) и/или числа импульсов (N) при электронно-пучковых воздействиях на поверхность никелида титана.

Перед облучением проводили очистку поверхности образцов: (1) химическим травлением, (2) электролитической полировкой, (3) в ультразвуковой ванне с раствором поверхностно-активного вещества, а затем – в дистиллированной воде. Облучение НСЭП поверхности образцов TiNi проводили на электронно-пучковой машине РИТМ-СП (ИСЭ СО РАН, ООО «Микросплав», Россия) в 2-х режимах: (1) при постоянной плотности энергии ($E_s = 3,9$ Дж/см²) и изменении числа импульсов ($N = 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128$) и (2) при различных плотностях энергии (от 1,7 до 7 Дж/см²) и постоянном числе импульсов $N = 2$.

Исследования проводили на оборудовании центра коллективного пользования «Нанотех» ИФПМ СО РАН. Элементный состав частиц и основных фаз определяли с помощью волнодисперсионного спектрометра Oxford Instruments Wave 500 на растровом электронном микроскопе EVO 50 (Цейсс, Германия), металлографический анализ поверхности – на оптическом микроскопе Axiovert 200MAT (Цейсс, Германия), лазерную профилометрию – на профилометре-интерферометре New View (Zygo, США).

Установлено, что количество кратеров, их размеры и характер распределения по поверхности образца TiNi коррелируют с фазовым составом, характером распределения частиц (Ti₂Ni, TiNi₃) и типом текстуры прокатки исходных образцов. В обоих типах образцов, наибольшая плотность кратеров (18÷26 % площади образца) наблюдается при минимальном числе импульсов ($N = 2$) и быстро падает до (2÷4%) при $N = 8$. При дальнейшем увеличении числа импульсов плотность кратеров не увеличивается, а поверхность выглаживается, что видно в оптическом микроскопе и на 2D-, 3D-изображениях, полученных методом лазерной профилометрии.

Показано, что закономерности кратерообразования на поверхности в результате НСЭП определяются особенностями структуры прокатанных образцов TiNi на мезомасштабном уровне – текстурой прокатки и характером распределения частиц вторых фаз.

Работа поддержана грантом Российского научного фонда (проект №15-13-00023).