

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
9 - 13 октября 2017 года
Томск, Россия

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Томск – 2017

**БИОСОВМЕСТИМОСТЬ И РЕНТГЕНОКОНТРАСТНОСТЬ
СПЛАВОВ Ti-Ni-Ta, СФОРМИРОВАННЫХ НА TiNi ПОДЛОЖКЕ
АДДИТИВНЫМ МЕТОДОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА**

^{1,4}Гудимова Е.Ю., ^{1,4}Мейснер Л.Л., ¹Мейснер С.Н., ²Марков А.Б.,
²Яковлев Е.В., ^{1,4}Шабалина О.И., ³Матвеева В.А., ³Матвеев А.Л.,
⁵Бощенко А.А., ⁵Баев А.Е., ⁵Винтизенко С.И.

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия,

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск, Россия,

³Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН, Новосибирск, Россия,

⁴Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия,

⁵Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук» «Научно-исследовательский институт кардиологии», Томск, Россия
egu@ispms.tsc.ru

В настоящее время широкое применение в лечении сердечно-сосудистых заболеваний приобрели методы малоинвазивной хирургии с использованием миниатюрных имплантатов и инструментов. Дополнительным, часто принципиально важным, требованием к этим изделиям является их уровень рентгеноконтрастности, достаточный для визуализации при установке эндоскопическими методами во внутренние органы человека. С другой стороны, при контакте с кровью металлический материал должен обладать высокими параметрами не только биосовместимости, но и гемосовместимости. Модификация изделия с использованием пучков электронов и потоков плазмы может улучшить упомянутые свойства за счет изменения топографии, микроструктуры и химического состава на поверхности. Цель данной работы – исследовать влияние состояния металлической поверхности и изменение ее физико-химических характеристик с помощью электронно-пучковых обработок, на параметры гемо- и клеточной совместимости и свойства рентгеноконтрастности.

В работе исследовались плоские образцы TiNi листового проката марки ТН1 (ООО «Промышленный центр МАТЭК-СПФ»): в исходном состоянии (Серия 1); после обработки их поверхности низкоэнергетическим сильноточным электронным пучком в режиме импульсного плавления (Серия 2); с Ti-Ta поверхностным сплавом толщиной ~ 1 мкм, сформированным 20-кратным чередованием магнетронным осаждением покрытия (50 нм) Ti₇₀Ta₃₀ (ат.%) и последующим плавлением системы пленка (Ti-Ta)/подложка (TiNi) с помощью НСЭП (Серия 3). Оценка

4. Научные основы разработки материалов с многоуровневой иерархической структурой, в том числе для экстремальных условий эксплуатации

свойств рентгеноконтрастности проводилась на проволоки из TiNi сплава диаметром 150 мкм до и после легирования ее поверхностных микронных слоев танталом. Поверхностные обработки с использованием электронного пучка осуществляли на установке «РИТМ-СП» (ИСЭ СО РАН, г. Томск). Исследования на гемо- и биосовместимость образцов TiNi проводили «in vitro» на культивируемых тромбоцитах и эритроцитах крови человека и мезенхимальных стволовых клетках костного мозга крысы (МСК КМК) в ИХБФМ СО РАН (г. Новосибирск).

При инкубировании эритроцитов крови человека в течение одного часа при 37°C в присутствии образцов TiNi не выявлено гемолитического действия металлического материала на эритроциты как до, так и после модификации поверхности образцов. Процент лизиса эритроцитов человека, независимо от типа обработки поверхности, составляет ~ 3.9 % и сопоставим с процентом лизиса эритроцитов человека отрицательного контроля. Иными словами, исследуемые образцы не оказывают лизирующего действия на эритроциты человека.

Согласно результатам лазерной сканирующей микроскопии, через 3 часа инкубирования образцов всех трех серий с тромбоцит-обогащенной плазмой крови, обнаружены неактивированные тромбоциты человека. В образцах серии (2) и (3) количество прикрепившихся неактивированных тромбоцитов, приходящихся на 1 мм² поверхности, уменьшается относительно значения на поверхности до облучения (серия (1)), что говорит об увеличении тромборезистентности модифицированной поверхности.

Установлено, что пролиферативная активность МСК КМК, культивируемых на поверхности образцов TiNi, независимо от типа обработки поверхности, увеличивается по сравнению со значением в контрольной лунке культивирования (без образцов), что указывает на отсутствие токсического действия образцов на биоклеточную среду.

Теоретически обосновано и экспериментально показано, что наличие слоя толщиной ~ 2 мкм из сплава на основе Ti-Ta на поверхности проволоки (диаметром 150 мкм) из TiNi сплава приводит к повышению ее рентгеноконтрастности на ~10 %.

Исследования исходных образцов сплава TiNi проводились в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы (проект 23.2.1), а образцов после предварительной НСЭП обработки и с Ti-Ta поверхностным сплавом – при финансовой поддержке грантом РФФИ №15-13-00023 (от 18.05.2015).