

УДК 669: 675.043.82: 620.172.2: 620.187

РАЗРАБОТКА БИОСОВМЕСТИМОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУРНОГО НИКЕЛИДА ТИТАНА С ПОВЕРХНОСТНЫМ СЛОЕМ ИЗ ТИТАНА

Мария Андреевна Сударчикова

Магистр 2 года,

кафедра «Материаловедение»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: А.Г. Колмаков,

доктор технических наук, член – корреспондент РАН, заместитель директора по научной работе ИМЕТ им. А. А. Байкова РАН

Сплав никелида титана нашел широкое применение для изделий типа «стент» в медицине в области минимально инвазивной технологии благодаря уникальным свойствам: эффекту памяти формы и сверхэластичности, а также подчинению закону запаздывания, который наблюдается в тканях живых организмов [2 - 4]. Формирование композиционного материала на основе никелида титана с помощью магнетронного напыления позволяет защитить организм от выхода ионов токсичного никеля и предотвратить разрушение самого стента [1, 2].

Целью данной научно-исследовательской работы являлось создание композиционного материала на основе никелида титана с поверхностным слоем из титана, проведение испытаний для определения механических и коррозионных свойств полученного композита и материала основы, а также исследование их биосовместимости.

В качестве основы композиционных материалов использовали проволоки никелида титана (55,91 масс. % Ni – 44,03 масс. % Ti) диаметром 280 мкм после последовательной шлифовки поверхности наждачной бумагой зернистостью до 1000 grit и алмазной пастой. Создание металлических композиционных материалов проводилось путем формирования поверхностных слоев из титана с помощью магнетрона на постоянном токе ~ 760 мА при напряжении ~ 400 В в газовой среде аргона при рабочем и остаточном давлении ~ 0,4 и $4 \cdot 10^{-4}$ Па.

Морфологию и послойный элементный состав (в т.ч. с использованием поперечных шлифов) поверхности материалов исследовали на растровом электронном микроскопе (РЭМ) «TESCAN VEGA II SBU», снабженном приставкой для энергодисперсионного анализа «INCA Energy». Механические свойства исследованных образцов определяли в условиях статического растяжения на механической испытательной машине «INSTRON 3382».

Для коррозионных испытаний использовали растворы, кислотность и состав которых совпадал с физиологическими жидкостями. Биосовместимость материалов определялась с помощью стандартных тест-систем *in vitro*. В качестве стандартных клеточных моделей использовали культуры миофибробластов периферических сосудов человека и мезенхимальных стромальных клеток костного мозга человека (МСК). Токсический эффект на молекулярном уровне ионов никеля определялся в 20 мМ фосфатном буфере (рН 6,8) на образование H_2O_2 при прогревании до температуры 37 °С.

Результаты испытаний композиционного материала показали, что формирование металлического поверхностного слоя методом магнетронного напыления незначительно уменьшает пластичность, увеличивает прочность и приводит к началу

перехода аустенит-мартенсит при меньших нагрузках. Отмечена высокая коррозионная стойкость полученного композиционного материала (концентрация ионов никеля в самой кислой среде с композиционным материалом в 10 раз меньше, чем в том же растворе с образцами исходного никелида титана). Морфологический анализ миофибробластов и МСК показал, что на поверхности образцов Ti-NiTi формируется слившийся монослой клеток, а на поверхности образцов NiTi такого формирования не происходит.

Литература

1. *Насакина Е.О., Севостьянов М.А., Демин К.Ю., Михайлова А.Б., Гольдберг М.А., Колмаков А.Г., Заболотный В.Т.* Использование способа ионно-атомного осаждения для создания одномерных композитов // *Материаловедение*. 2015. № 1. С. 47-51.
2. *Насакина Е.О., Ковалева Е.Д., Севостьянов М.А., Михайлова А.Б., Колмаков А.Г., Заболотный В.Т.* Микротвердость наноструктурного композиционного материала // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. 2015. Т. 81. № 3. С. 23-26.
3. *Sevost'yanov M.A., Nasakina E.O., Baikin A.S., Sergienko K.V., Konushkin S.V., Kaplan M.A., Seregin A.V., Leonov A.V., Kolmakov A.G., Simakov S.V., Kozlov V.A., Bunkin N.F., Shkirin A.V., Gudkov S.V.* Biocompatibility of new materials based on nanostructured nitinol with titanium and tantalum composite surface layers: experimental analysis in vitro and in vivo // *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*. 2018. Т. 29. № 3. С. 33.
4. *Sevost'yanov M.A., Fedotov A.Y., Kolmakov A.G., Zabolotnyi V.T., Barinov S.M., Goncharenko B.A., Komlev V.S., Baikin A.S., Sergienko K.V., Teterina A.Y., Nasakina E.O., Leonova Y.O., Leonov A.V.* Mechanical properties of nanostructured nitinol/chitosan composite material // *Inorganic Materials: Applied Research*. 2014. Т. 5. № 4. С. 344-346.