ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

**Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»,**

**посвященная 90-летию со дня рождения
основателя и первого директора ИФПМ СО РАН
академика Виктора Евгеньевича Панина**

в рамках

**Международного междисциплинарного симпозиума
«Иерархические материалы: разработка и приложения
для новых технологий и надежных конструкций»**

**5–9 октября 2020 года
Томск, Россия**

Томск
Издательство ТГУ
2020

DOI: 10.17223/9785946219242/244

**СТРУКТУРА И СВОЙСТВА МИКРОДУГОВЫХ КАЛЬЦИЙФОСФАТНЫХ
ПОКРЫТИЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОЧАСТИЦАМИ ОКСИДА ЦИНКА**

¹Чебодаева В.В., ¹Седельникова М.Б., ²Бажанова В.С., ¹Бакина О.В., ¹Ложкомоев А.С.,
^{1,3}Шаркеев Ю.П.

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

²*НИ Томский государственный университет, Томск*

³*НИ Томский политехнический университет, Томск*

Модифицирование поверхности биоматериалов для придания им новых физико-химических и эксплуатационных свойств является одним из наиболее перспективных направлений в современном материаловедении. Для повышения биоактивности имплантатов из биоинертных сплавов на их поверхность наносят кальцийфосфатные (КФ) покрытия на основе гидроксиапатита, который является основной компонентой минеральной составляющей костной ткани [1]. Перспективным для формирования таких покрытий является метод микродугового оксидирования (МДО), позволяющий наносить на поверхность металлов вентильной группы пористые биопокртия с варьируемыми толщиной, пористостью, химическим составом и другими свойствами [2]. Такая структура покрытий позволяет вводить в их состав модифицирующие добавки для улучшения антибактериальных и биоактивных свойств.

Известно, что зарядовое состояние материала оказывает существенное влияние на процессы пролиферации и остеоинтеграции клеток [2]. С точки зрения применения в медицине перспективными являются низкоразмерные наноструктуры на основе оксидов цинка, поскольку они обладают высокой антимикробной способностью [3]. Кроме того, благодаря наличию наноразмерных частиц, увеличивается активная площадь поверхности покрытия. Цинк входит в состав более четырехсот ферментов в организме, осуществляющих каталитические функции, и принимает участие в важнейших биологических функциях организма, таких как обмен белков, жиров, нуклеиновых кислот, углеводов и синтез гормонов [3]. В водных средах наночастицы ZnO приобретают положительный заряд, поэтому введение в пористое покрытие наночастиц оксида цинка позволит не только придать ему антимикробный эффект, но и изменить зарядовое состояние, поскольку имплантат с покрытием в организме будет контактировать с биологическими жидкостями. Так как большинство клеток обладают противоположным, отрицательным зарядом, это может способствовать усилению адгезии клеток на поверхность имплантатов, содержащих такие наночастицы [4].

Целью данной работы являлось исследование структуры и свойств микродуговых кальцийфосфатных покрытий, модифицированных наночастицами оксида цинка.

Для нанесения покрытий изготавливали подложки – пластинки с размерами $10 \times 10 \times 1$ мм³ из «чистого» титана марки ВТ1-0. КФ покрытие формировали методом МДО на установке «MicroArc-3.0» в электролите на основе водного раствора ортофосфорной кислоты, карбоната кальция и гидроксиапатита [5]. Морфологию и элементный состав КФ покрытий исследовали методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) на микроскопе «LEO EVO-50» с приставкой «INCA-350» для энергодисперсионного микроанализа (ЦКП ИФПМ СО РАН «Нанотех», г. Томск). Шероховатость измеряли на профилометре 296 (ИФПМ СО РАН, г. Томск). Рентгенофазовый состав покрытий определяли методом рентгенофазового анализа с использованием CoK α -излучения (ДРОН-07, ЦКП ИФПМ СО РАН «Нанотех», г. Томск). Наночастицы ZnO вводили в пористые покрытия путем их пропитки в суспензии порошка ZnO с предварительным ультразвуковым (УЗ) диспергированием порошка длительностью в диапазоне 10-60 мин [5].

Исследования, что КФ покрытия обладают развитой морфологией поверхности. На РЭМ изображениях покрытий (рис.1) наблюдаются сферические структурные элементы с порами. В состав таких покрытий входят кальций (4 ат.%), фосфор (15 ат.%), кислород (69

Секция 6. Иерархически организованные материалы и низкоразмерные структуры для биомедицинских приложений

ат.%) и титан (11 ат.%), а также цинк (до 1 ат.%). На поверхности сферических структурных кальцийфосфатных элементов и между ними присутствуют скопления из наночастиц ZnO (рис. 1. наночастицы выделены красными эллипсами). На изображении поперечного излома модифицированного покрытия видно, что наночастицы проникают внутрь покрытия через сквозные поры (рис. 1.б).

Объемная пористость таких покрытий достигает 43 % за счет разрушения сферических структурных элементов из-за воздействия ультразвуковых колебаний и как следствие увеличения количества пор и межструктурных пространств. С увеличением длительности ультразвукового воздействия на суспензии порошка ZnO размер агломератов с наночастицами ZnO уменьшается от 4,5 до 1,2 мкм, а распределение данных агломератов становится более равномерным.

(а)

(б)

Рис. 1. РЭМ-изображения поверхности (а) излома (б) КФ покрытия на титане с наночастицами оксида цинка, введенными после 60-ти минутного УЗ диспергирования. Агломераты наночастиц ZnO выделены красными эллипсами.

Покрытия с наночастицами оксида цинка являются аморфно-кристаллическими, что подтверждается наличием областей диффузного рассеяния на рентгенограммах и наличием дифракционных максимумов, принадлежащих соединению ZnO.

Таким образом, на поверхности титана были сформированы пористые микродуговые КФ покрытия методом МДО и модифицированы с помощью наночастиц ZnO. Покрытия обладают развитым рельефом поверхности с равномерно распределенными на их поверхности и внутри покрытий наночастицами ZnO. В дальнейшем планируются исследования зарядового состояния и антибактериальных свойств модифицированных покрытий.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН (проект III.23.2.5) и проекта РФФИ № 15-03-07659.

1. Chebodaeva V., Sedelnikova M., Bazhanova V., Lerner M., Pervikov A., Sharkeev Yu. Influence of Metal Based Nanoparticles on Properties of Micro-arc Calcium Phosphate Coatings // AIP Conference proceedings. 2019. Vol. 2167. P. 020049 (1-4).
2. Khlusov I. A., Dekhtyar Y., Sharkeev Y. P., Pichugin V. F. et. al Nanoscale electrical potential and roughness of a calcium phosphate surface promotes the osteogenic phenotype of stromal cells// Materials. 2018. Vol. 11. P. 978.
3. Ibrahim E. J. Biosynthesis of Zinc Oxide Nanoparticles and Assay of Antibacterial Activity merican // Journal of Biochemistry and Biotechnology. 2017. Vol. 13. P. 63-69.
4. Metwally S., Stachewicz U. Surface potential and charges impact on cell responses on biomaterials interfaces for medical application // Materials Science & Engineering C Materials for Biological Application. 2019. Vol. 104. P. 109883.