

**ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ И РЕЛЬЕФА КАЛЬЦИЙФОСФАТНЫХ БЕМИТ-СОДЕРЖАЩИХ БИОПОКРЫТИЙ**

В.С. Бажанова, В.В. Чебодаева

Научный руководитель: профессор, д.т.н. М. Б. Седельникова

Томский государственный университет, Россия, г. Томск, пр. Ленина 36, 634050

E-mail: [ronforce@yandex.ru](mailto:ronforce@yandex.ru)

**RESEARCH OF MORPHOLOGY AND RELIEF OF CALCIUMPHOSPHATE BEMIT-CONTAINING BIOCOATINGS.**

V.S. Bazhanova, V.V. Chebodaeva

Scientific Supervisor: Prof., Dr. M.B. Sedelnikova

Tomsky State University, Russia, Tomsk, 36 Lenin Str., 634050

E-mail: [ronforce@yandex.ru](mailto:ronforce@yandex.ru)

***Abstract.** In this work, the influence of boehmite nanoparticles deposition on the calcium phosphate microarc coatings properties (morphology, porosity and elemental composition) was studied. Experimental results show that the introduction of boehmite nanoparticles effects on the surface morphology and porosity of the coating. After boehmite deposition porosity of the calcium phosphate coatings decrease from 16.3 % до 6.7 %.*

**Введение.** В настоящее время широко применяются методы лечения переломов и заболеваний костной ткани с помощью установки имплантатов. Замещающий костную ткань компонент должен обладать определенными физико-химическими (развитая морфология, пористость, близкий по составу к костной ткани химический состав) и биологическими свойствами (отсутствие отторжения, консолидация с костной тканью, стимулирование остеоинтеграции). В современной медицине в качестве материала имплантата используют титан и его сплавы, благодаря его биосовместимости и коррозионной стойкости. В качестве биоактивного слоя часто наносят кальцийфосфатные покрытия. Наиболее известным и востребованным материалом на основе фосфатов кальция является гидроксиапатит  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  (ГА).

Для усиления адгезивной способности и придания электрических свойств покрытие модифицируют различными методами, такими как электризация в условиях коронного разряда, радиоэлектризация с воздействием электрического поля и без. Также перспективным методом является модифицирование наночастицами бемита ( $\text{AlOOH}$ ), обладающими электроположительным зарядом. [1]- Целью данной работы являлось исследование морфологии и рельефа кальцийфосфатных бемит-содержащих биопокрытий.

В качестве подложки в эксперименте использовали пластины размерами  $10 \times 10 \times 1$  мм<sup>3</sup> из технически чистого титана марки ВТ1-0. КФ покрытие формировали методом МДО на установке MicroArc-3.0 в электролите на основе 30% водного раствора ортофосфорной кислоты, карбоната кальция и гидроксиапатита [2]. Нанесение покрытия проводили в анодном режиме при напряжении процесса 200 В и длительности нанесения 5 мин. Морфологию поверхности КФ покрытий исследовали методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) на электронном микроскопе «LEO EVO 50» (ЦКП «Нанотех») с приставкой для энергодисперсионного микроанализа INCA X-act. Шероховатость измеряли

по параметру  $R_a$  на профилометре 296 (ИФПМ СО РАН, Томск). Пористость оценивалась металлографическим методом, как отношение суммарной длины отрезков, попадающих на поры, к общей длине секущих линий [3]. Наночастицы бемита осаждались на готовые КФ покрытия с помощью реакции гидролиза с предварительной ультразвуковой (УЗ) обработкой порошка алюмонитридной композиции AlN для его диспергирования [2]. Длительность предварительной УЗ обработки составляла 30 мин (Рис.1).

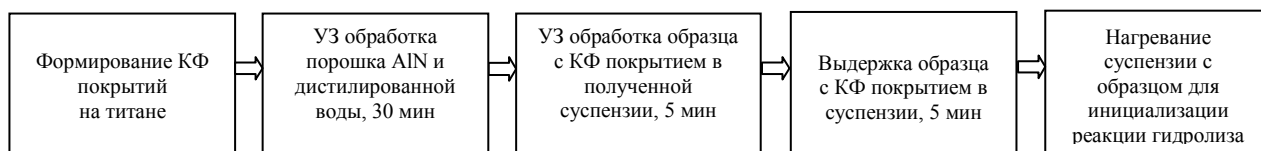


Рис. 1. Схема осаждения наночастиц бемита на поверхность КФ покрытия

Морфология КФ покрытий до и после модифицирования наночастицами бемита представлена на рисунке 2. КФ покрытие до нанесения наночастиц бемита представлено сфероидальными образованиями со сквозными порами (Рис.2а). Поверхность КФ покрытия после осаждения наноразмерного бемита представлена целыми и частично разрушенными в процессе УЗ обработки сфероидальными образованиями. Также на поверхности данного покрытия неравномерно распределены агломераты, представляющие собой скопление наночастиц бемита с максимальным содержанием алюминия (16,7 ат.%). Элементный анализ показал, что в КФ покрытии после осаждения наночастиц бемита содержится алюминий (2,44 ат.%). Также в покрытии присутствуют кальций (4,81 ат.%), фосфор (16,39 ат.%), кислород (66,56 ат.%) и титан (9,79 ат.%). Шероховатость покрытий после модифицирования наночастицами бемита увеличилась от  $R_a=2,25$  мкм до  $R_a=2,35$  мкм.

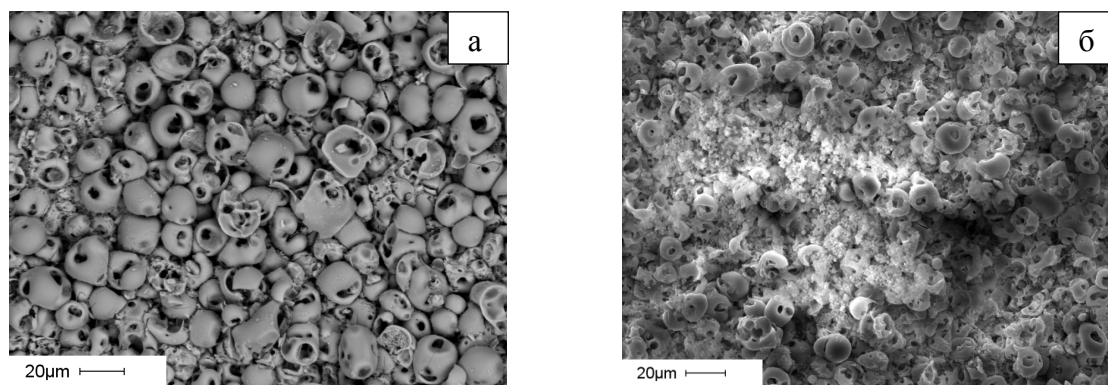


Рис.2. РЭМ-изображения кальцийфосфатных покрытий: а) без наночастиц бемита; б) с наночастицами бемита

Исследование пористости показало, что осаждение наночастиц бемита приводит к уменьшению пористости модифицированных КФ покрытий. До осаждения наноразмерного бемита на поверхность КФ покрытий пористость таких покрытий составляла 16,3 % (Рис.3а).

Общая пористость модифицированных КФ покрытий уменьшилась до 10,3 %, что связано с осаждением наночастиц бемита и попаданию их в поры на поверхности покрытия (Рис.2б).

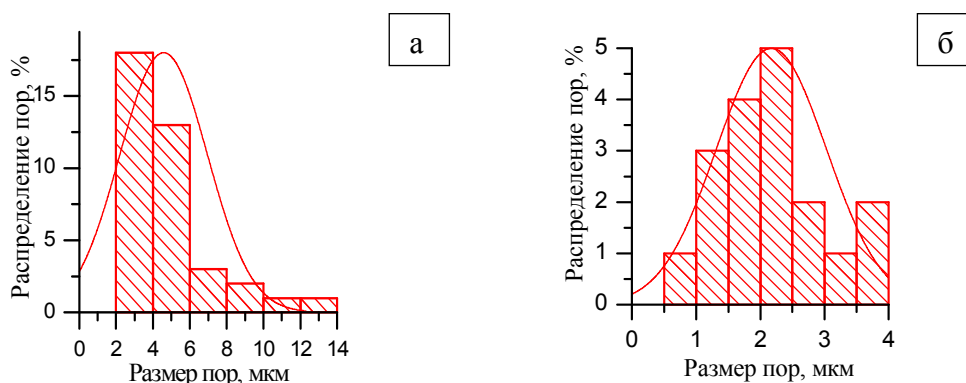


Рис. 3. Гистограммы распределение размера пор кальцийфосфатных покрытий без наночастиц бемита (а) и с наночастицами бемита (б)

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Введение наночастиц бемита привело к изменению морфологии поверхности КФ покрытия. На поверхности модифицированных покрытий распределены области, содержащие алюминий (16,7%). Однако в самом покрытии содержание алюминия меньше (2,44 ат.%). Шероховатость КФ покрытий после модифицирования незначительно увеличилась от  $R_a=2,25$  мкм до  $R_a=2,35$  мкм.
2. Исследование пористости показало, что осаждение наночастиц бемита приводит к уменьшению пористости модифицированных КФ покрытий (с 16,3% до 10,3%) в результате частичного попадания наночастиц в поры КФ покрытия.

В заключение авторы выражают благодарность заведующему лабораторией физики высокодисперсных материалов ИФПМ СО РАН Лернеру М.И. за предоставление порошка AlN и обсуждение результатов. Работа выполнена при финансовой поддержке программы фундаментальных исследований СО РАН на 2013-2016 гг., проекта III 23.2.5.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лернер М.И., Горбиков И.А., Бакина О.В., Казанцев С.О. Деагломерация наноструктур оксигидроксида алюминия при ударно-волновом воздействии электрогидравлического разряда // Физика и химия обработки материалов – 2016. – № 3. – С. 73-80.
2. V.V. Chebodaeva, Y.P., Sharkeev, M.B. Sedelnikova Influence of Nanoparticles Deposition Conditions on the Microarc Coatings Properties, AIP conference proceedings, 1882, 020012, pp. 020012-1-020012-4, 2017, doi: 10.1063/1.5001591.
3. Биоконпозиты на основе кальцийфосфатных покрытий, наноструктурных и ультрамелкозернистых биоинертных металлов, их биосовместимость и биодegradация / Под ред. Н.З. Ляхов. – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2014. – 596 с.