

СРАНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ МИКРОДУГОВЫХ КАЛЬЦИЙФОСФАТНЫХ ПОКРЫТИЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОРАЗМЕРНЫМ ОКСИГИДРОКСИДОМ АЛЮМИНИЯ

В.С. БАЖАНОВА, В.В. ЧЕБОДАЕВА

¹Томский государственный университет, Россия, г. Томск, пр. Ленина 36, 634050

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

³Институт физики прочности и материаловедения СОРАН,
г. Томск, пр. Академический 2/4, 634021

E-mail: ronforce@yandex.ru

В настоящее время в медицинском материаловедении остается нерешенной проблема отторжения биоматериалов. Первостепенную роль при взаимодействии искусственных материалов с биологической тканью играет поверхность имплантата. Поэтому перспективным направлением в области имплантологии является разработка биосовместимых покрытий. Многие исследователи [1,2] используют покрытия на основе фосфатов кальция, наиболее известным и востребованным материалом этого класса материалов является гидроксиапатит $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ (ГА). Для формирования биопокрытий целесообразно использовать метод микродугового оксидирования (МДО), т.к. он позволяет создавать покрытия с развитой морфологией и пористой поверхностью. Для придания электрических свойств покрытию может стать перспективным использование наноразмерного оксигидроксида алюминия (бемита). Важными факторами, определяющими остеоинтеграцию костной ткани в имплантат, является рельеф поверхности (шероховатость), химический состав и смачиваемость поверхности, т.к. адгезия клеток, пролиферация и дифференцировка усиливаются на гидрофильной поверхности.

Целью работы является сравнительное исследование поверхностных свойств микродуговых кальцийфосфатных покрытий, модифицированных бемитом.

В работе образцы из технически чистого титана марки ВТ1-0 нарезались в виде пластинок размерами $10 \times 10 \times 1$ мм³. Кальций фосфатное (КФ) покрытие формировали методом МДО на установке MicroArc-3.0 в электролите на основе водного раствора ортофосфорной кислоты, карбоната кальция и ГА. Морфологию поверхности КФ покрытий исследовали методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) на электронном микроскопе «LEO EVO-50» (ЦКП «НАНОТЕХ»). Исследование шероховатости проводили на профилометре 296 по параметру R_a . Исследования по смачиваемости покрытий проводили на установке Kruss EasyDrop DSA1, измеряя краевые углы с тестовыми жидкостями по профилю лежащей капли [2]. Наночастицы бемита осаждались на готовые КФ покрытия с помощью реакции гидролиза с предварительной ультразвуковой (УЗ) обработкой порошка алюмонитридной композиции AlN для его диспергирования.

На рисунке 1а представлены РЭМ изображения КФ покрытий без наночастиц бемита. Морфология таких покрытий представлена сфероидальными образованиями со сквозными порами. В покрытии содержатся следующие элементы: фосфор (19,37%), кальций(6,59%), кислород (56,15%) и материал подложки – титан (17,89%). Морфология КФ покрытия при режиме осаждения наночастиц с УЗ обработкой длительностью 30 мин представлена целыми и частично разрушенными сфероидальными образованиями (рисунок 1б). На поверхности покрытия неравномерно распределены «островки», представляющие собой скопление агломератов. В результате элементного анализа было выявлено наличие алюминия (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.

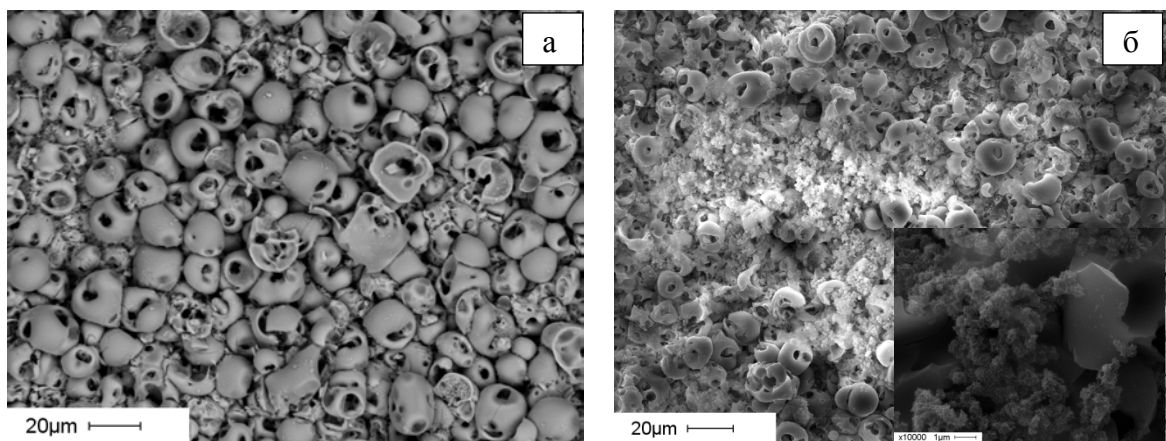


Рисунок 1 – кальций - фосфатные покрытия: а) без наночастиц бемита; б) модифицированные наночастицами бемита

Исследование смачиваемости показало, что все микродуговые покрытия являются гидрофильными. Краевые углы смачиваемости КФ покрытий без частиц с водой и глицерином составляют 20° и 45° , соответственно. После осаждения наночастиц бемита краевые углы увеличиваются до 40° с водой и 55° с глицерином. Данный результат связан с изменением морфологии поверхности модифицированных покрытий.

Выводы:

1. Введение наночастиц бемита в КФ покрытие привело к изменению морфологии покрытия. На поверхности модифицированных покрытий неравномерно распределены области, содержащие алюминий. Шероховатость таких покрытий незначительно увеличилась (от $R_a=2,25$ мкм до $R_a=2,35$ мкм).
2. Энергодисперсионный микроанализ показал, что максимально содержание алюминия сконцентрировано в «островках», в самом покрытии содержание алюминия меньше (2,44 ат.%), что свидетельствует о распределении наночастиц бемита по всей площади покрытия.
3. Выявлено, что КФ покрытия с наночастицами бемита и без них являются гидрофильными, что может способствовать высокой адгезии клеток, их пролиферации и дальнейшей дифференцировке. Краевые углы с водой и глицерином не превышают 55° .

В заключение авторы выражают благодарность заведующему лабораторией физики высокодисперсных материалов ИФПМ СО РАН Лернеру М.И. за предоставление AlN и обсуждение результатов исследований.

Список литературы

1. М.В. Sedelnikova, Yu.P. Sharkeev, E.G. Komarova, I.A. Khlusov, V.V. Chebodaeva, Structure and properties of the wollastonite–calcium phosphate coatings deposited on titanium and titanium–niobium alloy using microarc oxidation method, *Surface & Coating Technology*. – 2016 – V. 307. – P. 1274–1283.
2. Комарова Е. Г. Шаркеев Ю. П., Седельникова М.Б., Чайкина М.В., Чебодаева В.В Структура и свойства микродуговых кальций-фосфатных покрытий на основе цинк и медьзамещенного гидроксиапатита, *Известия вузов. Физика*. – 2015 – Т. 58 – С. 117-121.