

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОСАЖДЕНИЯ НАНОРАЗМЕРНОГО БЕМИТА НА СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННЫХ МИКРОДУГОВЫХ КАЛЬЦИЙФОСФАТНЫХ ПОКРЫТИЙ

М.А. ЖИГАЛЬЦОВА¹, В.В. ЧЕБОДАЕВА^{2,3}

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: marxmadnessreturn@gmail.com

В настоящее время разработка новых материалов для замены поврежденных или дефектных участков ткани является актуальной. Увеличивается область исследований, связанных с влиянием электрического заряда имплантационных материалов на повышение характеристик их биоактивности. Широкое применение получили кальций-фосфатные (КФ) покрытия на основе гидроксиапатита (ГА), характеризующегося биологической совместимостью с тканями организма, сформированные методом микродугового оксидирования (МДО). Для придания электрических свойств КФ биопокрытию возможно использование наночастиц бемита, обладающих положительным зарядом и высокой адсорбционной способностью к микроорганизмам [1]. Для дезагрегации исходных нанопорошков эффективным способом является ультразвуковое воздействие (УЗ) в водной среде. Длительность ультразвуковой обработки суспензии для получения наночастиц бемита может существенно повлиять на морфологию модифицируемых покрытий.

Целью данной работы являлось изучение влияния параметров осаждения наноразмерного бемита на свойства модифицированных микродуговых КФ покрытий.

В качестве подложек применялись образцы из технически чистого титана марки ВТ1-0 в виде пластинок с размерами 10×10×1 мм³. КФ покрытие формировалось методом МДО на установке MicroArc-3.0 при следующих параметрах: длительность нанесения покрытия 5 мин, электрическое напряжение – 200 В [2]. Морфологию поверхности КФ покрытий исследовали методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) на электронном микроскопе «LEO EVO-50» (ЦКП «НАНОТЕХ»). Шероховатость измеряли на профилометре 296 по параметру *Ra*.

Для осаждения наночастиц бемита образцы с КФ покрытием помещались в водную суспензию с AlN, подвергнутую предварительной УЗ обработке при частоте 35 кГц. Длительность УЗ обработки варьировалась от 20 до 60 мин. Для более равномерного распределения частиц порошка AlN на поверхности КФ покрытия проводилась дополнительная УЗ обработка образцов в суспензии в течение 5 мин. Для инициализации реакции гидролиза суспензия нагревалась до 80-90°C. В результате реакции, на поверхности КФ покрытия формировались наночастицы бемита.

Установлено, что длительность предварительной УЗ обработки суспензии с AlN оказывает значительное влияние на формирование частиц бемита и их распределение на поверхности КФ покрытий. Морфология КФ микродуговых покрытий после формирования наноразмерных структур и реакции гидролиза представлена сфероидальными образованиями, некоторые из которых были разрушены после УЗ обработки. В покрытии наблюдаются неравномерно распределенные агрегаты размером до 180 мкм, представляющие собой скопления более мелких частиц размером порядка 100 нм. Элементный анализ показал высокую концентрацию алюминия (Al) в данных областях (16,7 ат.%). Также в покрытии содержатся следующие элементы: фосфор (21,5 ат.%), кальций (7,8 ат.%), кислород (26,2 ат.%) и материал подложки – титан (23,6 ат.%). Последовательное увеличение длительности предварительной УЗ обработки суспензии с AlN от 20 до 60 мин приводит к уменьшению размеров характерных областей с высоким содержанием Al,

образующихся на поверхности КФ покрытий и к более равномерному распределению данных областей в покрытии.

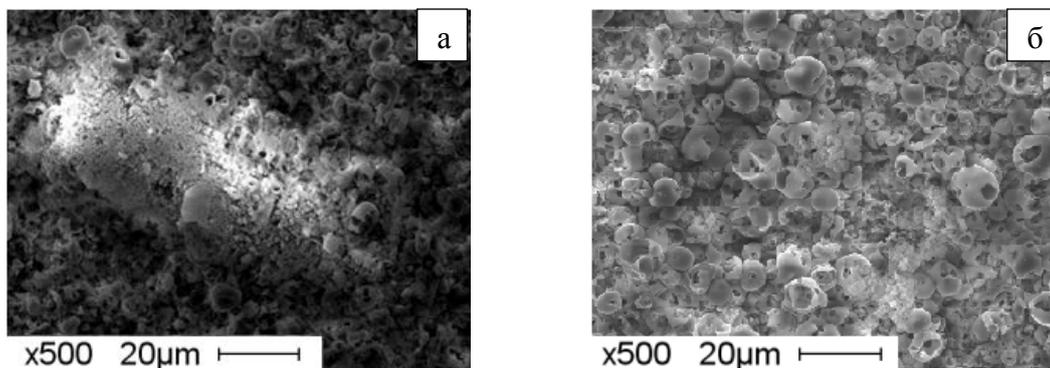


Рисунок 1 - РЭМ-изображения КФ покрытий, модифицированных наночастицами бёмита с длительностью предварительной УЗ обработки : *a*-20 мин, *б*-60 мин.

Исследование шероховатости КФ покрытий после осаждения наночастиц бёмита показало, что с ростом длительности УЗ обработки суспензии с порошком AlN шероховатость КФ покрытий незначительно растёт с 2,32 мкм до 2,49 мкм. При этом дзета-потенциал биопокрытий увеличивается с -43,00 мВ до -26,40 мВ с ростом длительности УЗ обработки от 20 до 60 мин (таблица 1).

Таблица 1 – Дзета-потенциал модифицированных КФ покрытий.

| № образца | Режим МДО | Режим осаждения наночастиц бёмита (длительность УЗ обработки, мин) | Шероховатость, R_a , мкм | Дзета-потенциал, мВ |
|-----------|--------------|--|----------------------------|---------------------|
| 1 | 200В, 5 мин, | 20 мин | 2,32 | -43,00 |
| 2 | 200В, 5 мин, | 60 мин | 2,49 | -26,40 |

Из проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. С увеличением длительности предварительной УЗ обработки суспензии AlN, происходит более тщательное разбиение исходного порошка. В результате этого наночастицы бёмита более равномерно распределяются по всей площади поверхности КФ покрытий.
2. Дзета-потенциал модифицированных микродуговых покрытий увеличивается при более длительной УЗ обработке суспензии AlN. Такое изменение электрических свойств может привести к повышению адсорбционной способности КФ биопокрытий.

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

Список литературы

1. Глазкова Е.А., Бакина О.В., Ложкомоев А.С. и др. Гидролиз нанопорошков алюминитридной композиции // Нанотехника. – 2010. – №4(24). – С.51–56.
2. Komarova E., Chebodaeva V., Sharkeev Yu., Sedelnikova M. Effect of surface topography and chemical composition on wettability of calcium phosphate coatings formed on Ti-40Nb alloy // Key Engineering Materials. – 2016. – V. 683. – P. 370–376.