

МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ МИКРОДУГОВЫХ КАЛЬЦИЙФОСФАТНЫХ БИОПОКРЫТИЙ НАНОЧАСТИЦАМИ БЕМИТА

В.В. Чебодаева^{1,2}, М.Б. Седельникова²

Научный руководитель: профессор, д. ф.-м. н. Ю.П. Шаркеев^{1,2}

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет

²Институт физики прочности и материаловедения СОРАН

E-mail: vtina5@mail.ru

Свойства поверхности биоматериалов играют важную роль во многих биомедицинских приложениях, поскольку оказывают влияние на биологическую реакцию, тканевую совместимость и адгезию биологических клеток и биомолекул. Электризация поверхности стоматологических и ортопедических костных имплантатов, конструкция которых состоит из металлической биоинертной основы и диэлектрического биоактивного покрытия, представляет большой практический интерес. В такой системе зарядовое состояние может возникнуть лишь в покрытии, толщина которого меняется в пределах 20–200 мкм. Следовательно, заряд будет иметь небольшую величину, в отличие от заряда целого диэлектрического изделия, и сохраняться в материале в течение нескольких недель. В качестве диэлектрического слоя целесообразно использовать биоактивные кальцийфосфатные покрытия (КФ), обеспечивающие идеальную биосовместимость, активно стимулируя остеогенез и восстановление костной ткани. Для нанесения КФ покрытий на металлические имплантаты перспективным является метод микродугового оксидирования (МДО), позволяющий создавать покрытия с пористой структурой и развитой морфологией поверхности [1], а также вводить в покрытие модифицирующие добавки [1, 2].

Перспективным может стать создание электрического заряда в диэлектрическом покрытии путем осаждения наноразмерных частиц бёмита. Наноструктурный оксигидроксид алюминия (бёмит, $\text{AlO}(\text{OH})$) обладает электроположительным зарядом поверхности, следовательно, и высокими сорбционными свойствами, в том числе и по отношению к микроорганизмам [3].

Целью работы являлось получение КФ покрытия с наночастицами бёмита путём введения алюмонитридной композиции AlN в сформированное методом МДО покрытие и изучение влияния длительности предварительной ультразвуковой (УЗ) обработки порошка AlN на формирование и свойства КФ биопокрытия с наночастицами бёмита.

В эксперименте использовали образцы из технически чистого титана марки ВТ1-0 в виде пластинок с размерами $10 \times 10 \times 1$ мм³. КФ покрытие формировали методом МДО на установке MicroArc-3.0 при следующих параметрах: длительность нанесения покрытия 5 мин, электрическое напряжение – 200 В. Исследования покрытий на смачиваемость проводили на установке Kruss Easy Drop DSA1 [2].

Наночастицы бёмита осаждали на КФ покрытия следующим образом. Образцы титановых пластинок с КФ покрытием помещали в водную суспензию с AlN , подвергнутую предварительной УЗ обработке при частоте 35 кГц. Длительность УЗ обработки варьировали от 20 до 60 мин. Для равномерного распределения наноразмерных структур AlN на поверхности КФ покрытия проводили дополнительную УЗ обработку образцов в суспензии в течение 5 мин. Формирование наночастиц бёмита на поверхности КФ покрытия осуществлялось в ходе реакции гидролиза нитрида алюминия, активируемой путём подогрева суспензии с образцами. После прохождения реакции гидролиза образцы высушивали на воздухе.

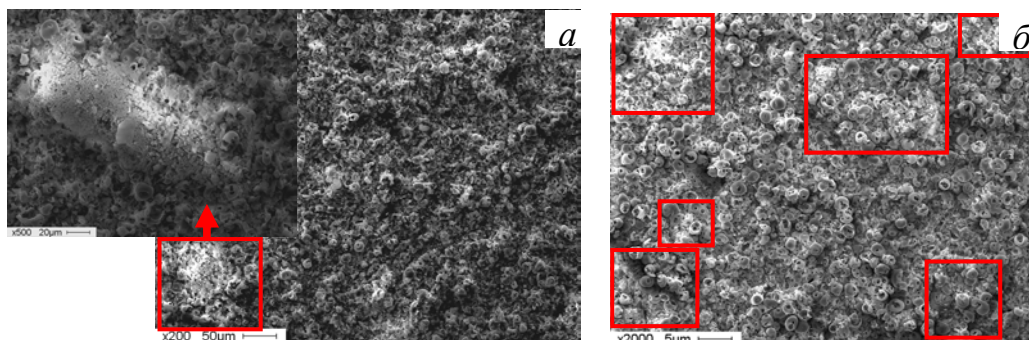


Рис. 1. РЭМ-изображения КФ покрытий, модифицированных наночастицами бёмита с длительностью предварительной УЗ обработки: а) 20 мин; б) 60 мин. Красным выделены области с высоким содержанием Al

Исследования показали, что длительность предварительной УЗ обработки суспензии с AlN оказывает значительное влияние на формирование частиц бёмита и их распределение на поверхности КФ покрытий. Морфология КФ микродуговых покрытий после формирования наноразмерных структур и реакции гидролиза

представлена сфероидальными образованиями, целыми и частично разрушенными. В покрытии наблюдаются неравномерно распределенные агрегаты размером до 20 мкм, а также области скопления более мелких частиц размером порядка 100 нм.

Элементный анализ показал высокую концентрацию алюминия (Al) в данных областях (16,7 ат.%). Это позволяет предположить, что новообразования представляют собой частицы бемита. Следует отметить, что Al присутствует и в покрытии, но в меньшем количестве (2,1 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.

Исследование смачиваемости микродуговых КФ покрытий с осажденными наночастицами бемита при разной длительности предварительной УЗ обработки суспензии с AlN показало, что повышение длительности УЗ обработки от 20 до 60 мин приводит к линейному уменьшению краевых углов смачивания КФ покрытий водой от 50 до 10° и глицерином от 60 до 35°, что указывает на повышение их гидрофильных свойств (рис. 2). При этом поверхностная энергия КФ покрытий увеличивается от 50 до 110 мН/м.

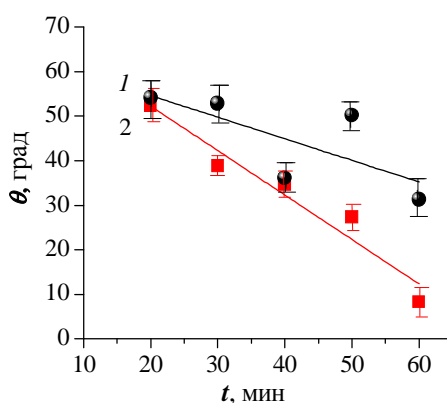


Рис. 2. Графики изменения смачиваемости КФ покрытий, модифицированных наночастицами бемита, в зависимости от длительности предварительной УЗ обработки суспензии с AlN (1 – глицерин, 2 – вода)

Таким образом, длительность предварительной УЗ обработки суспензии с AlN влияет на морфологию и смачиваемость КФ покрытий. Увеличение длительности УЗ обработки от 20 до 60 мин приводит к более равномерному распределению областей с наночастицами бемита по поверхности КФ покрытий и уменьшению их размеров. Кроме того, при увеличении длительности предварительной УЗ обработки суспензии с AlN до 60 мин, уменьшается краевой угол смачивания покрытий водой и глицерином до 10 и 35 град, соответственно и увеличивается поверхностная энергия КФ покрытий до 110 мН/м. Это свидетельствует об улучшении гидрофильных свойств покрытий и изменении характера химических связей в КФ покрытиях.

В заключение авторы выражают благодарность заведующему лабораторией физики высокодисперсных материалов ИФПМ СО РАН Лернеру М.И. и сотрудникам лаборатории Глазковой Е.А. и С.О. Казанцеву за предоставление порошка AlN и проведение исследований.

Работа выполнена по государственному заданию ИФПМ СО РАН на 2015-2017 г., проект 23.2.5.

Список литературы

1. Комарова Е., Чебодаева В., Шаркеев Ю. и др. Effect of surface topography and chemical composition on wettability of calcium phosphate coatings formed on Ti-40Nb alloy // Key Engineering Materials. – 2016. – Vol. 683. – P. 370–376.
2. Комарова Е.Г. Шаркеев Ю.П., Седельникова М.Б. и др. Структура и свойства микродуговых кальций-фосфатных покрытий на основе цинк и медь замещенного гидроксиапатита // Известия вузов. Физика. – 2015. – Т. 58. – С. 117–121.
3. Глазкова Е.А., Бакина О.В., Ложкомоев А.С. и др. Гидролиз нанопорошков алюминитридной композиции // Нанотехника. – 2010. – № 4(24). – С. 51–56.