

## ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА НАНЕСЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ БЕМИТА НА СВОЙСТВА МИКРОДУГОВЫХ КАЛЬЦИЙ-ФОСАФТНЫХ ПОКРЫТИЙ

В.В. Чебодаева<sup>1,2</sup>, М.Б. Седельникова<sup>2</sup>

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. Ю.П. Шаркеев<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

<sup>2</sup>Институт физики прочности и материаловедения СОРАН,  
Россия, г. Томск, пр. Академический 2/4, 634021

E-mail: [vtina5@mail.ru](mailto:vtina5@mail.ru)

В последние годы большой интерес вызывают исследования электрического заряда биоматериалов и его влияние на повышение биосовместимости. Известно, что поверхность живых клеток имеет отрицательный заряд, величина которого зависит от количества адсорбированных на их поверхности молекул или ионов. В зависимости от области применения имплантатов возможны различные способы электризации диэлектрических биоматериалов и покрытий для придания, им заряженного состояния. В частности, для костных челюстно-лицевых имплантатов необходимо создание электротного состояния, которое бы значительно ускорило процессы остеоинтеграции и уменьшило риск воспаления и отторжения.

Перспективным методом создания электроположительного заряда биоактивного кальций-фосфатного (КФ) покрытия на поверхности биоинертных сплавов может стать модифицирование наночастицами бемита. Бемит (AlO(OH)) широко используется в качестве прекурсоров при производстве различной алюмооксидной керамики (мембраны, катализаторы, керамические волокна, керамические покрытия и т.д.). Также наноразмерный бемит обладает большой площадью поверхности и положительным зарядом в водных средах [1].

Таким образом, целью данной работы являлось исследование влияния режима осаждения наночастиц бемита на свойства модифицированных КФ покрытий.

В качестве подложки в эксперименте использовали пластины размерами 10×10×1 мм<sup>3</sup> из технической 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 [2]. Морфологию поверхности КФ покрытий исследовали методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) на электронном микроскопе «Philips SEM 515» (ТРЦКП ТГУ). Шероховатость измеряли на профилометре 296 (ИФПМ СО РАН, Томск). Наночастицы бемита осаждались на готовые КФ покрытия с помощью реакции гидролиза с предварительной ультразвуковой (УЗ) обработкой порошка алюмонитридной композиции AlN для его диспергирования. В работе было предложено 3 метода осаждения наночастиц бемита. В первом методе использовалась суспензия с 25 мл дистиллированной воды и 30 мг порошка AlN. Во втором методе массу порошка AlN увеличили до 60 мг. И третий метод осаждения заключался в пятикратном осаждении наночастиц бемита на КФ покрытие с использованием суспензии с 25 мл дистиллированной воды и 30 мг порошка AlN. Длительность предварительной УЗ обработки во всех 3 методах составляла 30 мин.

На рисунке 1 представлены РЭМ-изображения КФ покрытий, модифицированных наночастицами бемита 3 методами.

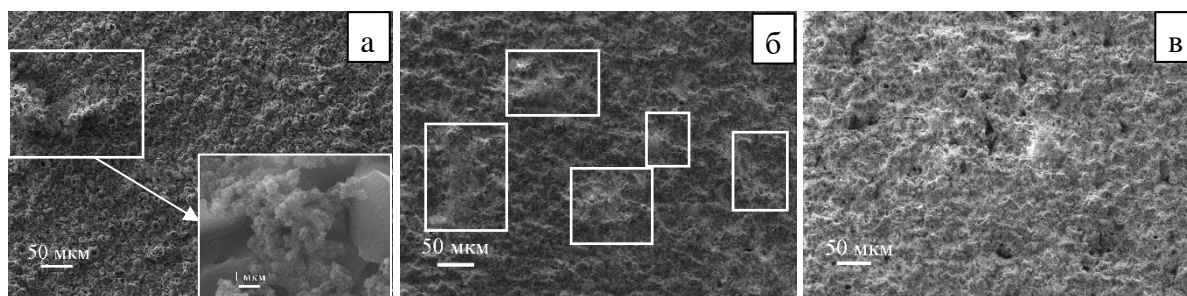


Рис. 1. РЭМ-изображения микродуговых КФ покрытий, модифицированных наночастицами бемита (а – 1 метод, б – 2 метод, в – 3 метод)

Морфология КФ покрытий после осаждения наночастиц бемита первым методом представлена целыми и частично разрушенными сфероидальными образованиями со сквозными порами (рис. 1а). В покрытии неравномерно распределены скопления наноразмерных частиц размером до 130 мкм (на рис.1а,б выделены белыми линиями). В результате элементного анализа данных покрытий было выявлено наличие алюминия (2,44 ат.%, таб. 1). Также присутствуют кальций (4,8 ат.%), фосфор (16,4 ат.%), кислород (66,6 ат.%) и титан (9,8 ат.%). Шероховатость данных покрытий увеличилась от  $R_a=2,20$  до  $R_a=2,35$  мкм.

Увеличение массы исходного порошка AlN до 60 мг привело к более равномерному распределению характерных областей и увеличению их площади (рис. 1 б). При этом шероховатость и содержание алюминия стали равны  $R_a=2,60$  мкм и 2,48 ат.%, соответственно (таб. 1).

Осаждение наночастиц бемита третьим методом привело к формированию пористого покрытия с размерами пор от 2 мкм до 65 мкм, покрытого слоем наночастиц бемита. Данные покрытия обладают максимальными значениями шероховатости и содержанию алюминия (таб. 1).

Таблица 1 - Характеристики модифицированных КФ покрытий

№ группы образцов	Параметры осаждения наночастиц бемита	$R_a$ , параметр шероховатости до осаждения наночастиц бемита, мкм	$R_a$ , параметр шероховатости после осаждения наночастиц бемита, мкм	Содержание алюминия в КФ покрытия, ат.%
1	m (AlN)=30 мг;	2,20	2,35	2,44
2	m (AlN)=60 мг;	2,25	2,60	2,48
3	m (AlN)=30 мг, пятикратное осаждение наночастиц бемита	2,35	3,15	3,61
4	КФ покрытие без наночастиц бемита	2,38	-	-

Таким образом, параметры осаждения наночастиц бемита, такие как масса исходного порошка AlN и число осадений влияют на морфологию и концентрацию алюминия в КФ покрытии. Увеличение массы порошка до 60 мг позволяет получить КФ покрытия с развитым рельефом и более равномерным распределением наночастиц бемита. Однако содержание алюминия в таких покрытиях (2,48 ат.%) незначительно превышало величину, полученную при использовании 30 мг порошка AlN (2,44 ат.%). Пятикратное осаждение наночастиц бемита позволяет сформировать пористые покрытия с наибольшей концентрацией алюминия (3,61 ат.%).

Для установления оптимального метода осаждения наночастиц бемита на КФ покрытия планируются исследования заряда модифицированных покрытий.

В заключение авторы выражают благодарность заведующему лабораторией физики высокодисперсных материалов ИФПМ СО РАН Лернеру М.И., Глазковой Е.А., Казанцеву С.О. за предоставление AlN и обсуждение результатов исследований. Работа выполнена по государственному заданию ИФПМ СО РАН на 2015-2017 г., проект 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. 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 медь замещенного гидроксипатита // Известия вузов. Физика. – 2015. – Т. 58. – С. 117–121.