

следована кинетика кристаллизации (зарождение и рост) из прототипа ротовой жидкости человека и жидкой фазы зубного налёта при варьировании рН. Отмечено, что модельные системы устойчивы до рН=6,50, с увеличением

рН скорость кристаллизации на обеих стадиях увеличивается, при увеличении рН изменяется фазовый состав осадка.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект мол\_а №16-33-00864.

### Список литературы

1. Marsh Ph. D., Do Th., Beighton D., Devine D.A. // *Periodontology*, 2000.– 2016.– Vol.70.– P.80–92.
2. Bretti C., Cigala R.M., Stefano C.D., Lando G., Sammartano S. // *Chemosphere*, 2016.– Vol.150.– P.341–356.
3. Golovanova O.A., Chikanova E.S. // *Crystallography Reports*, 2015.– Vol.60.– №6.– P.970–978.

## ВОЛЛАСТОНИТ-КАЛЬЦИЙФОСФАТНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНА И СПЛАВА Zr-1%Nb, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ

А.А. Шинжина<sup>1</sup>

Научный руководитель – д.т.н., с.н.с. М.Б. Седельникова<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН  
634021, Россия, г. Томск, пр. Академический 2/4, sh-aiym@mail.ru

Для обеспечения возможности интеграции имплантата с костной тканью на его поверхность различными методами наносят биологически активные покрытия. В качестве материала для таких покрытий используют гидроксиапатит (ГА), являющийся минеральной составляющей костной ткани [1]. Кроме гидроксиапатита высокую биоактивность проявляют биокерамика и биоактивные стекла, к которым относятся и соединения типа CaO-SiO<sub>2</sub> [2, 3]. Также способностью усиливать процесс остеоинтеграции обладает природный волластонит (CaSiO<sub>3</sub>) [4].

В представленной работе покрытия нанесли методом микродугового оксидирования (МДО) на поверхность титана и сплава Zr-1%Nb (Zr-1Nb). Покрытия формировали в электролите на основе 30% водного раствора ортофосфорной кислоты, синтетического ГА. С целью повышения биологической активности и прочностных свойств покрытия в состав электролита добавляли волластонит CaSiO<sub>3</sub>. На изделия подавали импульсное напряжение, под действием которого на поверхности образцов возникали локальные микроплазменные разряды и происходил синтез покрытия. Процесс МДО проводили при следующих параметрах: величина импульсного

напряжения – 150–300 В, длительность импульсов – 100–500 мкс, частота следования импульсов – 50 Гц, длительность процесса – 5–10 мин.

Морфологию поверхности и структуру покрытий исследовали методами растровой (РЭМ) и просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ). Методом рентгенофазового анализа (РФА) определяли фазовый состав покрытий.

В результате проведённых исследований установлено, что основными параметрами, влияющими на структуру и физико-механические свойства покрытий, являются напряжение и длительность процесса нанесения покрытия. Синтез покрытий на поверхности металлических подложек происходит при разных значениях импульсных напряжений, в зависимости от материала основы: для титана напряжение процесса МДО составляет 150–300 В, для сплава Zr-1Nb – от 200 до 300 В.

На поверхности титана и сплава Zr-1Nb при малых напряжениях МДО (150 В) формируются покрытия с тонким кальций-фосфатным (КФ) слоем (толщина покрытия 10–15 мкм). Присутствуют кристаллы волластонита с размерами в интервале 70–150 мкм. При повышении напряжения процесса оксидирования в диапазоне

от 200 до 300 В происходит формирование пористых покрытий толщиной от 40 до 130 мкм, как на поверхности титана, так и сплава Zr-1Nb. Кристаллы волластонита при данных напряжениях оксидирования разрушаются.

Установлено, что толщина, шероховатость и кажущаяся плотность покрытий на титане и на сплаве Zr-1Nb увеличивается с ростом напряжения и длительности процесса оксидирования.

КФ вещество в покрытиях на титане находится в рентгеноаморфном состоянии. Рефлексы, присутствующие на рентгенограммах покрытий, относятся к волластониту и титану

(диффундирующему в покрытие из подложки). Покрытия, нанесённые на поверхность сплава Zr-1Nb, имеют кристаллическую структуру и содержат следующие кристаллические фазы: волластонит  $\text{CaSiO}_3$ ,  $\text{CaZr}_4(\text{PO}_4)_6$ ,  $\text{ZrP}_2\text{O}_7$ ,  $\text{ZrO}_2$ .

В результате проведённых исследований выявлены закономерности формирования структуры и свойств волластонит-КФ покрытий на титане и сплаве Zr-1Nb при различных параметрах процесса МДО. Установлено, что варьирование параметрами процесса МДО способствует формированию покрытий с разными физико-механическими и морфологическими свойствами.

### Список литературы

1. Лясникова А.В., Дударева О.А. // Известия Томского политехнического университета, 2006. – Т.309. – №2. – С.153–158.
2. Liu G.Y., Hu J., Ding Z.K., Wang C. // Materials Chemistry and Physics, 2011. – №130. – P.1118–1124.
3. Легостаева Е.В., Шаркеев Ю.П., Эппле М., Примаков О. // Известия вузов. Физика, 2016. – №56. – P.23–28.
4. Шумкова В.В., Погребенков В.М., Карлов А.В., Козик В.В., Верецагин В.И. // Стекло и керамика, 2000. – №10. – С.18–21.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ СЕВЕРСКОЙ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛИ

Р.В. Ширей-Седлецкий, В.В. Ширей-Седлецкая  
Научный руководитель – к.х.н., доцент Д.А. Горлушко

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, tpu@tpu.ru

Общеизвестно, что золошлаковые отходы (ЗШО) являются источником повышенной экологической опасности, и оказывают негативное воздействие на население (здоровье человека) и окружающую среду, а также являются причиной отчуждения земель, которые практически безвозвратно изымаются из полезного использования. В тоже время ЗШО обладают определенными физико-химическими свойствами, в том числе и вновь приобретенными, которые, при определенных технологических возможностях, можно реально и экономически целесообразно использовать в народном хозяйстве.

Целью исследования был подбор составов для приготовления строительных растворов с различными пропорциями цемента и золошла-

кового материала (ЗШМ).

В качестве объекта исследования был использован золошлаковый материал северской теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) крупностью менее 2 мм.

Зола с таким химическим составом соответствует требованиям [1, 2] к ЗШМ, применяемых для производства различных видов бетонов и строительных растворов.

Содержание оксида кальция не превышает 10%, следовательно, изменение объема при твердении раствора будет равномерным.

Помимо ЗШМ, был использован цемент марки П/А-Ш 32,5Б.

Для проведения серии экспериментов были приготовлены 3 смеси с содержанием цемента в

Таблица 1. Химический состав ЗШМ Северской ТЭЦ

Содержание оксидов, мас. %							
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>
59,3	23,1	3,0	1,8	2,2	8,4	0,3	0,7