

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ, СФОРМИРОВАННЫХ КОМБИНАЦИЕЙ МЕТОДОВ МДО И ВЧМР ДЛЯ БИМЕДИЦИНСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ

А.О. Воробьев, А.Ю. Федоткин, А.И. Козельская
Научный руководитель – к.ф.-м.н., н.с. А.И. Козельская

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, alexandr.vorobyev13@gmail.com

Для улучшения качества восстановления функций опорно-двигательного аппарата и фиксации имплантатов применяется модифицирование поверхности имплантатов путем нанесения биоактивных покрытий. В работе на поверхности титановых подложек с помощью двух традиционных технологий модифицирования поверхности (МДО и ВЧМР) сформированы композиционные кальций-фосфатные (КФ) покрытия и исследованы их физико-химические свойства. Использование двух технологий для формирования покрытий позволило объединить достоинства каждого метода и нивелировать их недостатки. Это позволило получить покрытия, обладающие необходимым набором свойств для эффективного восстановления костной ткани.

Сформированные композиционные покрытия состоят из двух слоев: нижний слой (толщиной до ~35 мкм), сформирован с помощью МДО, верхний слой (толщиной до ~1 мкм) – методом ВЧМР. Все покрытия наносились в одинаковых режимах. Для формирования КФ покрытий методом МДО использовали электролит на основе фосфорной кислоты (H_3PO_4) с плотностью $\rho = 1,87$ г/см³ с добавлением порошка СаО (30 г/л) гидроксиапатита (10 г/л) (ГАП).

Формирование покрытий методом ВЧМР проводили с помощью распыления порошковых мишеней следующего состава: мишень из чистого трикальцийфосфата (β -ТКФ), мишень из Mg-замещенного β -ТКФ и мишень из Sr-за-

щечного β -ТКФ. Добавление в состав распыляемых мишеней Mg и Sr приводит к изменению скорости осаждения покрытий. Так добавление Sr увеличивает скорость осаждения, а Mg – напротив, незначительно ее уменьшает.

СЭМ выявила, что поверхность КФ покрытий, сформированных методом МДО представлена структурными элементами сфероидальной формы (сферолиты) со сквозными порами. В процессе формирования КФ покрытий, из-за действия высокотемпературных микроплазменных разрядов происходит частичное растрескивание сферолитов. Нанесение на поверхность МДО-покрытий тонкого слоя КФ методом ВЧМР не приводит к значительным изменениям морфологии поверхности на макромасштабе.

Состав покрытий соответствует составу КФ электролита и распыляемых мишеней и представлен следующими элементами Са, Р, О. В случае формирования поверхностного слоя с помощью распыления Sr и Mg-замещенных мишеней из β -ТКФ в покрытиях присутствуют элементы Sr и Mg (таблица 1). МДО-покрытия характеризуются низким соотношением Са/Р, что обусловлено спецификой данного метода формирования покрытий. Нанесение на поверхность МДО-покрытий тонкого слоя методом ВЧМР мишеней различного состава приводит к увеличению соотношения Са/Р в поверхностном слое композиционных покрытий.

Таблица 1. Элементный состав покрытия, ат%

Покрытие	О	Са	Р	Ti	Al	Si	Mg	Ca/P
Подложка Ti	–	–	–	99,25±0,15	0,75±0,15	–	–	–
МДО	77,02±0,25	4,25±0,22*	12,99±0,15	5,12±0,14	0,62±0,03	–	–	0,3
МДО + β -ТКФ	74,11±0,06*	10,03±0,23*	13,00±0,07	2,54±0,12*	0,30±0,03*	–	–	0,76*
МДО + Mg- β -ТКФ	74,33±0,10*	11,87±0,45*	11,67±0,28*	1,80±0,60*	0,10±0,01*	0,28±0,02*	–	1*
МДО + Sr- β -ТКФ	74,73±1,32*	7,19±0,84*	12,15±0,22*	2,69±0,41*	1,49±2,00	–	1,76±0,09*	0,6*

* $p < 0,05$ относительно образца с МДО-покрытием.

XRD-анализ показал, что МДО-покрытия и композиционные покрытия с поверхностным слоем, сформированным ВЧ-магнетронным распылением мишени являются полностью рентгеноаморфными.

Таким образом, сочетание двух технологий модифицирования поверхности позволяет формировать КФ-покрытия с многоуровневой шероховатостью поверхности и более высоким

соотношением Са/Р (по сравнению с МДО-покрытиями). Вышеотмеченное будет способствовать лучшей адгезии клеток на поверхности покрытий и усилит остеоинтеграцию.

Работа выполнена на средства субсидии на государственную поддержку ведущих университетов Российской Федерации в целях повышения их конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЧАСТОТЫ СЛЕДОВАНИЯ ИМПУЛЬСОВ НА СТРУКТУРУ ПОВЕРХНОСТИ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОКРЫТИЙ, СФОРМИРОВАННЫХ МЕТОДОМ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ

Е.Д. Воронина, Е.А. Солдатова

Научные руководители – к.ф.-м.н., доцент С.И. Твердохлебов; к.т.н., м.н.с. Е.Н. Больбасов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, katena.voronina.2000@mail.ru

Формирование биоактивных кальций-фосфатных (КФ) покрытий методом микродугового оксидирования (МДО) является одним из перспективных методов улучшения свойств поверхности титановых имплантатов [1].

Известно, что частота следования импульсов во многом определяет свойства сформированных покрытий. Однако в настоящее время влияние частоты следования импульсов на свойства сформированных покрытий изучено недостаточно, что определяет цель настоящего исследования.

Исследования влияния частоты следования импульсов проводили при фиксированной длительности 200 мкс и напряжении 320 В. Для исследований применяли электролит, описанный в работе [2]. Покрытия на образцах сплава ВТ1-0

формировали в течение 20 мин при частоте следования импульсов 25, 50, 100 и 200 Гц. Морфологию сформированных покрытий исследовали методом сканирующей электронной микроскопии (JEOL-6000, Япония). Химический состав покрытий изучали методом рентгенофлуорисцентного анализа (Shimadzu XRF 1800, Япония).

На поверхности покрытий, сформированных при частоте 25 Гц (рис. 1, А), наблюдаются открытые сферы диаметром $18,0 \pm 6,1$ мкм и поры диаметром $3,0 \pm 0,5$ мкм. При частотах 50 и 100 Гц не наблюдается достоверное изменение значений среднего диаметра пор и сфер. При частоте 200 Гц (рис. 1, Б) происходит увеличение диаметра сфер до $24,0 \pm 3,0$ мкм, а диаметра пор – до $5,0 \pm 0,7$ мкм.

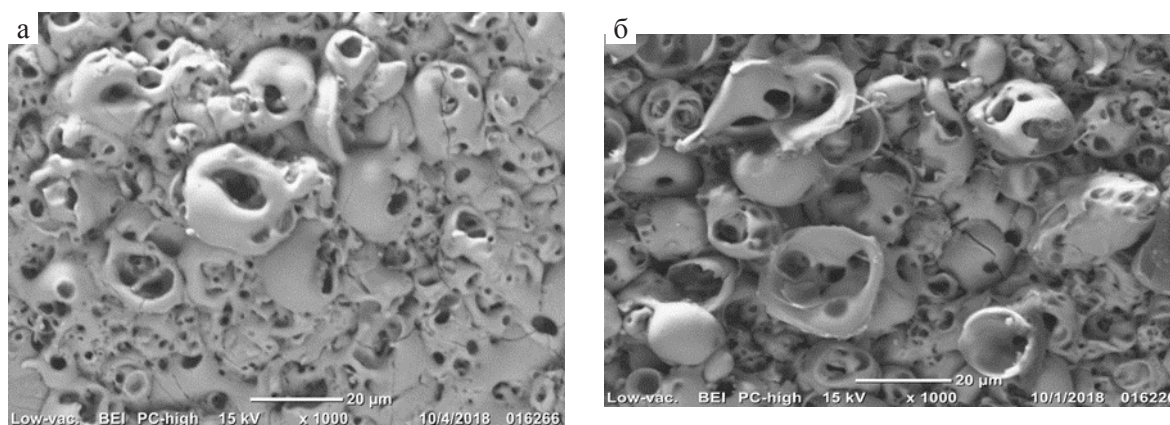


Рис. 1. Изображение поверхности пористых кальций фосфатных покрытий, сформированных методом МДО при длительности импульсов 200 мкс и частоте следования импульсов 25 Гц (А) и 200 Гц (Б)