

УДК 621.794.61

DOI: 10.17223/00213411/64/5/60

М.Б. СЕДЕЛЬНИКОВА, А.В. УГОДЧИКОВА, П.В. УВАРКИН, В.В. ЧЕБОДАЕВА,  
Т.В. ТОЛКАЧЕВА, Д. ШМИДТ, Ю.П. ШАРКЕЕВ

**СТРУКТУРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И АДГЕЗИОННЫЕ СВОЙСТВА  
КАЛЬЦИЙФОСФАТНЫХ ПОКРЫТИЙ, СФОРМИРОВАННЫХ НА МАГНИЕВОМ  
СПЛАВЕ МЕТОДОМ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОЛИТЕ,  
СОДЕРЖАЩЕМ ДИСПЕРСНЫЕ ЧАСТИЦЫ \***

Изучены закономерности формирования кальцийфосфатных покрытий методом микродугового оксидирования (МДО) в анодном потенциостатическом режиме на сплаве Mg0.8Ca в электролите, содержащем дисперсные частицы  $\beta$ -трикальцийфосфата ( $\beta$ -ТКФ). В результате плазмохимических реакций взаимодействия компонентов электролита и магниевой подложки при варьировании напряжения процесса МДО в диапазоне 350–500 В формируется пористое керамикоподобное покрытие с частицами  $\beta$ -ТКФ на поверхности. Установлено влияние структурно-морфологических свойств покрытий, полученных при разных напряжениях, на их адгезионные свойства. Наиболее высокой адгезионной прочностью при значении критической разрушающей нагрузки, равном 19 Н, обладают покрытия с толщиной 80 мкм, шероховатостью 8 мкм, поверхностной пористостью 23% и средним размером пор 5.9 мкм, нанесенные при напряжении процесса МДО 500 В. Разрушение таких покрытий завершается на границе раздела покрытия и промежуточного оксидного слоя между покрытием и магниевой подложкой.

**Ключевые слова:** микродуговое оксидирование, кальцийфосфатное покрытие, частицы  $\beta$ -трикальцийфосфата, адгезионная прочность.

### Введение

В современной медицине нержавеющая сталь и титановые сплавы являются основными материалами, используемыми для изготовления имплантатов, в том числе различных фиксаторов [1]. Применение фиксаторов из биоинертных металлов при остеосинтезе требует повторных оперативных вмешательств, направленных на удаление выполнивших свою роль металлических имплантатов [2]. Кроме того, хотя титан и его сплавы обладают высокой прочностью, сопротивлением к износу и коррозионной стойкостью, их недостатком является высокое значение модуля упругости  $\sim 105$  ГПа (для титана), в то время как модуль упругости кортикального слоя кости составляет 20–40 ГПа. Это приводит к возникновению эффекта экранирования кости от нагрузки, дегенерации кости и к остеопорозу [3]. Использование биоразлагаемых имплантатов из магния и его сплавов, способных метаболизироваться в человеческом организме, вызывает большой интерес [4, 5]. Сплавы магния имеют модуль упругости около 45 ГПа, что более соответствует модулю упругости кости. Магний и продукты его коррозии имеют отличную биосовместимость, многие исследования показывают положительное воздействие продуктов биодегенерации магния на остеогенез [5]. Однако проблемой, ограничивающей применение сплавов магния в качестве материалов для медицинских имплантатов, является их быстрая биорезорбция в организме человека. При этом происходит интенсивное выделение водорода и повышение pH среды в зоне имплантации [6, 7]. Модификация поверхности магниевого сплава защитным антикоррозийным покрытием является удачным решением этой проблемы. Кроме того, покрытие может не только замедлять скорость растворения, но и усиливать процессы остеоинтеграции имплантата и образования новой кости [8, 9].

Существует множество способов формирования биопокровов, таких, как иммерсионный метод, гидротермальный синтез, золь-гель-метод, плазменное осаждение, ВЧ-магнетронное распыление [10]. Перспективным высокотехнологичным методом модификации поверхности магниевых сплавов является метод микродугового оксидирования (МДО) [11]. Главные преимущества данного метода состоят в возможности модификации и функционализации металлических подложек сложной формы, обеспечении эффективного химического барьера против выхода ионов металла подложки и увеличении коррозионной стойкости металлических сплавов [12]. Уникальность ме-

\* Работа выполнена в рамках госзадания ИФПМ СО РАН, проект № FWRW-2021-0007. Исследования выполнены на экспериментальном оборудовании ЦКП «Нанотех» ИФПМ СО РАН.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала  
**«Известия высших учебных заведений. Физика»**  
осуществляется на платформе  
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU  
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>