УДК 621.794.61

СТРУКТУРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОКРЫТИЙ НА МАГНИЕВОМ СПЛАВЕ AZ31B ПРИ ВЫСОКОЧАСТОТНОМ МИКРОДУГОВОМ ОКСИДИРОВАНИИ

А. Ю. КОРОЛЁВ, В. С. НИСС, В. А. КУЧИНСКИЙ
Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»
Минск, Беларусь

В регенеративной медицине и травматологии особое место занимают металлические материалы, способные временно функционировать в контакте с биологическими средами. Наиболее востребованными среди них являются магний и его сплавы, обладающие способностью к безопасному растворению в физиологических жидкостях (биодеградации). Данное свойство позволяет использовать их для создания временных имплантатов (стентов, винтов, пластин).

Ключевой проблемой применения магниевых сплавов при этом является обеспечение необходимого уровня несущей способности и функциональных свойств имплантатов в течение периода регенерации тканей. Так, скорость их биодеградации должна быть согласована с темпами восстановления поврежденной ткани: высокая скорость приводит к преждевременной потере несущей способности имплантата, а замедленная – снижает преимущество временной имплантации.

Одним из перспективных подходов к замедлению биодеградации магниевых имплантатов является формирование на их поверхности защитных оксидных покрытий методом микродугового оксидирования (МДО). Однако применение традиционного МДО при промышленной частоте тока имеет ряд недостатков. К ним относятся высокая энергия отдельных микродуговых разрядов, формирование покрытий с развитой пористой структурой и локальными дефектами, значительная неоднородность толщины, а также ограниченные возможности управления соотношением толщины, плотности и проницаемости покрытия и, соответственно, скоростью деградации магниевого имплантата.

Для решения указанных проблем нами предложен метод высокочастотного МДО с частотой до 4 000 Гц. Увеличение частоты при соответствующем регулировании длительности и амплитуды импульсов позволяет изменять энергетические характеристики микродуговых разрядов и условия формирования оксидного слоя. Это, в свою очередь, обеспечивает более эффективное управление структурно-морфологическими характеристиками покрытия, включая его толщину, плотность, пористость и степень дефектности, что в конечном итоге создает предпосылки для согласования кинетики биодеградации имплантата с периодом восстановления поврежденных тканей и обеспечения необходимого уровня сохранения его жесткости в течение периода функциональной эксплуатации.

Выполнены исследования влияния частоты следования импульсов на структуру и морфологию формируемых МДО-покрытий на примере образцов из магниевого сплава AZ31B. Обработку образцов выполняли в силикатно-щелоч-

ном электролите с общей концентрацией компонентов 15 г/л при значениях частоты 50, 200, 400, 2 000 и 4 000 Гц. Установлено, что при частоте 50 Гц диаметр отдельных пор достигает 30 мкм (рис. 1, *а*). С увеличением частоты средний размер пор уменьшается, а их количество на единицу площади поверхности существенно возрастает (табл. 1). Одновременно с уменьшением среднего размера пор при повышении частоты следования импульсов наблюдается уменьшение размеров трещин, формирующихся в оксидном покрытии.

а) *б*) *в*)

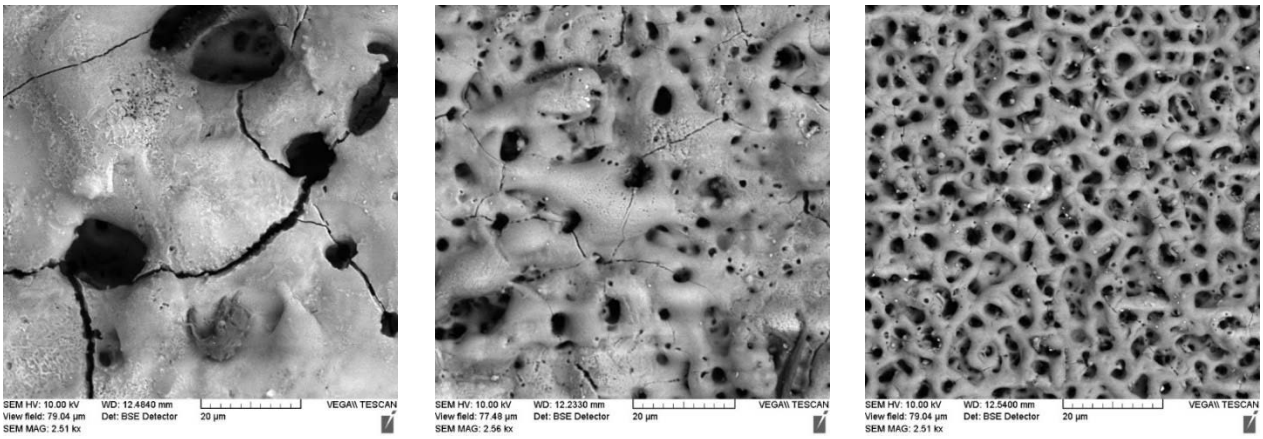

Рис. 1. СЭМ-изображения МДО-покрытий на сплаве AZ31B при различных значениях частоты следования импульсов: *а* – 4 000 Гц; *б* – 200 Гц; *в* – 50 Гц

Табл. 1. Пористость МДО-покрытий, полученных при различных значениях частоты следования импульсов

Частота обработки, Гц	Средний размер пор, мкм	Максимальный размер пор, мкм	Процент площади, занимаемый порами
50	6,6	30	5,9
200	2,1	10	6,4
400	1,8	6	8,1
2 000	2,0	6	9,6
4 000	2,2	4,5	12,3

Полученные результаты свидетельствуют о возможности управления структурно-морфологическими характеристиками МДО-покрытий путем изменения частоты импульсного воздействия, что позволяет регулировать их проницаемость и защитные свойства. Установленные высокочастотные режимы МДО могут быть использованы для формирования функциональных покрытий на магниевых имплантатах с регулируемыми характеристиками поверхности и, как следствие, для управления процессами их коррозионной деградации в биологической среде.