

СИНТЕЗ ОКСИДНО-КОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА МАГНИЕВОМ СПЛАВЕ МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННО- ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ОКСИДИРОВАНИЯ

А. В. Куницкий

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,
220030, г. Минск, Беларусь, che.kunickiy@bsu.by*

*Научный руководитель — Карпушенкова Лариса Степановна,
кандидат химических наук*

Синтез оксидно-композитных покрытий проводили методом плазменно-электролитического оксидирования в электролитах на основе фосфата и алюмината натрия. Изучено влияние режима оксидирования и состава электролита на формирование ПЭО покрытий, их морфологию и состав. Определены оптимальные параметры ПЭО обработки магниевого сплава AZ61, состав и концентрация электролита.

Ключевые слова: оксидно-композиционное покрытие; плазменно-электролитическое оксидирование; магниевый сплав AZ61; режимы оксидирования.

ВВЕДЕНИЕ

Магний и его сплавы – одни из самых легких известных на данный момент конструкционных материалов, основным недостатком которых является подверженность коррозии [1]. Надежную защиту магния и его сплавов от коррозии обеспечивают неорганические покрытия [2]. Одним из перспективных способов получения таких покрытий является метод плазменно-электролитического оксидирования (ПЭО), позволяющий сформировать покрытия с хорошей адгезией, износо- и коррозионной-стойкостью [3]. Механизм формирования ПЭО-покрытия является достаточно сложным и протекает при относительно высоких напряжениях (300-600 В) с одновременным протеканием электрохимических, плазмохимических и термических реакций [1]. Целью данной работы было определение условий формирования антикоррозионных оксидно-композитных ПЭО покрытий на поверхности магниевого сплава AZ61.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Образцы магниевого сплава AZ61 размером 20x25x1 мм оксидировали при плотности тока от 50 до 200 мА/см² и напряжениях до 550 В с использованием источника питания постоянного тока ЕА-PSI 9750-12 2U. Соотношение времени импульсов протекающего тока (вкл/выкл, мс) составляло $t_{\text{on}}:t_{\text{off}} = 2:6$. Синтез покрытий проводили в течение 1-15 мин в

стеклянной ячейке объемом 1 л (рис. 1а). В качестве электролитов использовали водные растворы: 2 г/л NaOH, 10 г/л Na₃PO₄; 2 г/л NaOH, 8 г/л NaAlO₂; 0.5 г/л NaOH, 5.5 г/л Na₂SiO₃, 5.5 г/л Na₄P₂O₇.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

При проведении ПЭО обработки магниевого сплава было установлено, что равномерные покрытия формировались только в алюминатном электролите в течение 5 мин при плотности тока 100 мА/см² в интервале напряжений от 400 до 450 В (рис. 1). Данный электролит и был выбран для дальнейшего синтеза ПЭО покрытий и определения оптимальных параметров оксидирования.

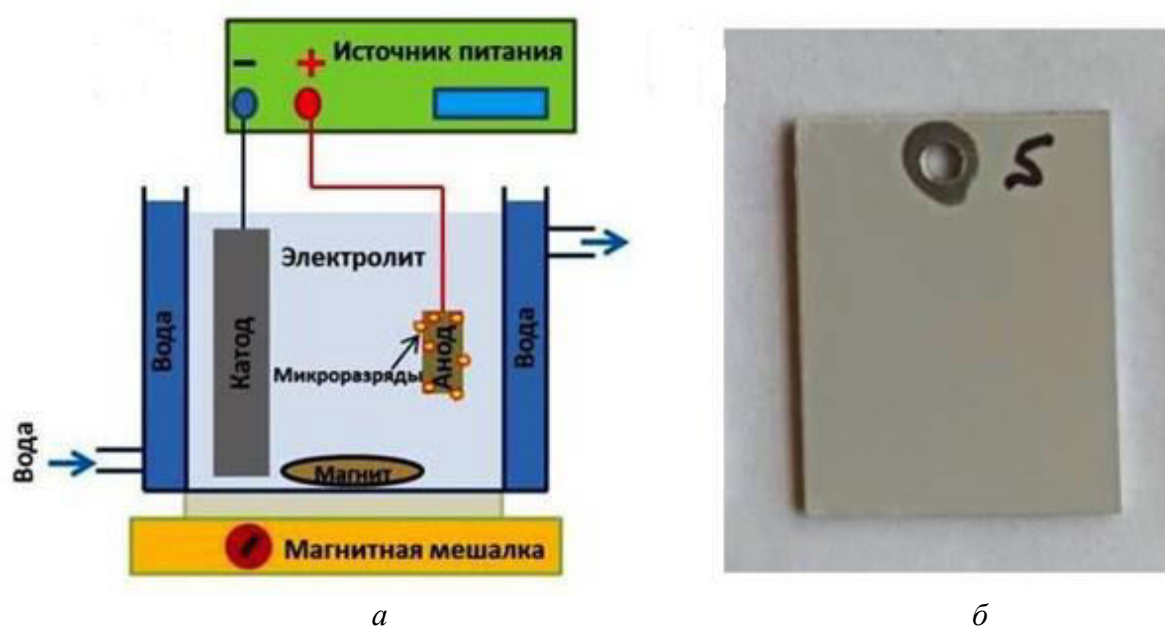


Рис. 1. Схема установки для ПЭО обработки (а) и вид поверхности ПЭО покрытия (б)

Процесс ПЭО характеризуется несколькими стадиями [1-2]: стадия обычного анодирования (I), стадия мелкого искрения (II), стадия среднего и крупного искрения (III) и стадия дуговых разрядов (IV). В данной работе диапазон ПЭО обработки также разделили на четыре режима. На рисунке 2а представлена зависимость напряжения ПЭО обработки от времени и изображения вида искровых разрядов, соответствующих каждому режиму (рис. 2б). Из полученных данных были определены три оптимальных усредненных значения напряжения искрового оксидирования: 400, 425 и 450 В, соответствующие искровым режимам II, III и IV.

Экспериментально установлено (рис. 3а,б), что чем ниже значение заданного напряжения оксидирования, тем быстрее процесс ПЭО переходит из режима постоянного тока в режим постоянного напряжения (40, 60 и 180

с, для 400, 425 и 450 В, соответственно). Следует отметить, что при достижении максимального напряжения плотность тока резко снижается, что создает условия для формирования ПЭО покрытий с плотной структурой и, как следствие, с большей коррозионной стойкостью [2].

На рисунке 3(в-д) представлен вид морфологии поверхности покрытий, сформированных в трех режимах искровых разрядов. Характер и размер разрядов определяют морфологию поверхности покрытия. В режиме мелких искр (II), формируется покрытие с большим количеством мелких пор (1-5 мкм). При переходе к III режиму происходит изменение морфологии поверхности покрытия с образованием мелких (1-5 мкм) и более крупных пор (10-15 мкм). В режиме IV на снимке видны в основном крупные поры (15-25 мкм), возникающие после горения микродуг.

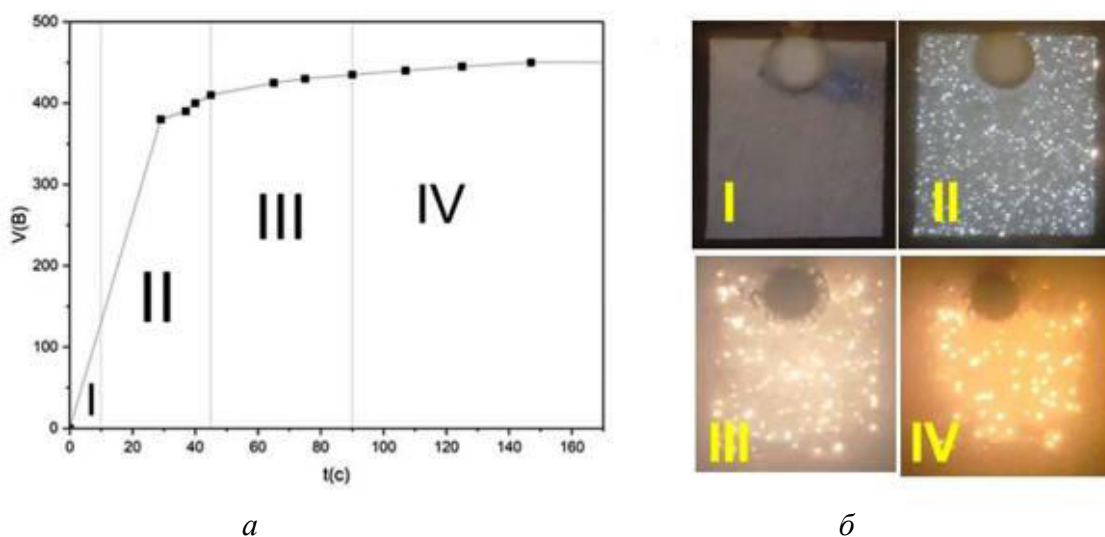


Рис. 2. Зависимость изменения напряжения от времени оксидирования и вид искровых разрядов в каждом режиме оксидирования

По данным рентгенофазового анализа, все три типа ПЭО покрытий содержат мелкокристаллическую фазу алюмината магния $MgAl_2O_4$, т.е. имеют оксидно-композитную структуру смеси мелкокристаллических оксидов магния и алюминия с рентгеноаморфной составляющей.

Согласно [1,2] ПЭО покрытия, сформированные в условиях так называемого «мягкого искрения» (режим II) являются хорошей основой для последующей химической обработки и инкорпорирования различных соединений с коррозионной защитой или каталитической активностью. Режим смешанного искрения (III) позволяет формировать ПЭО покрытия с включением нерастворимых частиц из электролита, которые придают поверхности обрабатываемого сплава магния дополнительные функциональные свойства.

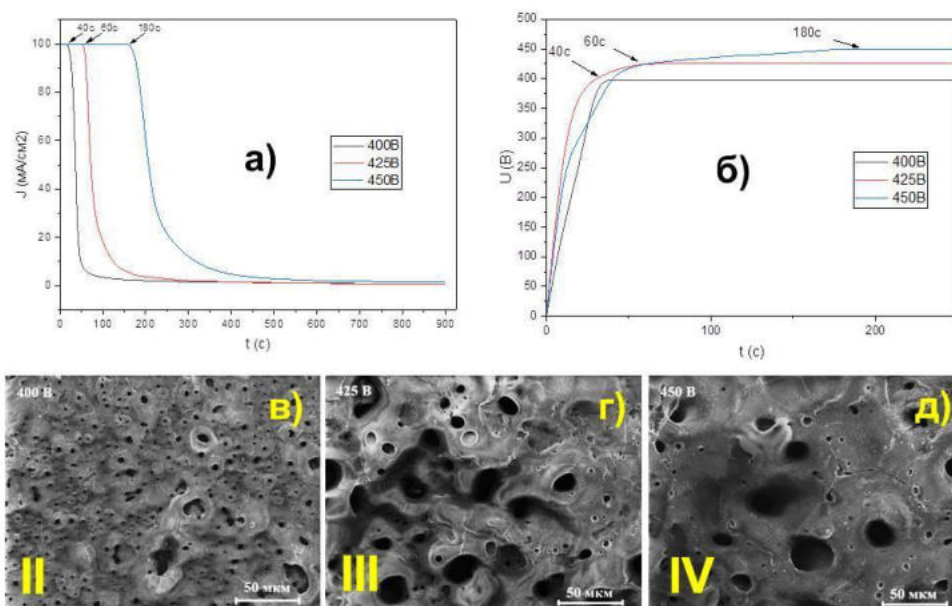


Рис. 3. Зависимость напряжения (а) и плотности тока (б) от ПЭО обработки; микрофотографии поверхности (СЕМ) ПЭО покрытий в трех режимах ПЭО процесса (в,г,д)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной работы на поверхности магниевого сплава AZ61 в алюминатно-щелочном электролите синтезированы оксидно-композитные покрытия с характерной развитой морфологией поверхности, для синтеза которых определены алюминатный состав электролита и три оптимальных режима искровых разрядов. Установленные режимы ПЭО обработки могут использоваться для синтеза и дальнейшей модификации ПЭО покрытий на поверхности магниевого сплава AZ61 с различными функциональными добавками с целью получения новых функциональных композиционных материалов с заданными свойствами.

Библиографические ссылки

- 1.Applications of Magnesium and Its Alloys: A Review / Jovan Tan, Seeram Ramakrishna // applied science. A. 2021. Vol. 11, № 6861.
- 2.Mechanical properties and applications of Magnesium alloy – Review / S. Jayasathyakawin, M. Ravichandran et al. // Materials Today: Proceedings. A. 2020. Vol. 27, № 2. P. 909-913.
3. Excellent plasma electrolytic oxidation coating on AZ61 magnesium alloy under ordinal discharge mode / Weiye Zhang, Yunhui Du et al. // Journal of Magnesium and Alloys. A. 2022. Vol. 10, № 9. P. 2460-2474.