

В.Р. Мукаева, М.В. Горбатков, Р.Г. Фаррахов, Е.В. Парфенов
(г.Уфа, Уфимский государственный авиационный технический университет)

ДИАГНОСТИКА ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЯ В ХОДЕ ПЭО МАГНИЕВОГО СПЛАВА AZ31

DIAGNOSTICS OF COATING THICKNESS DURING PEO OF MAGNESIUM ALLOY AZ31

Рассмотрен вопрос разработки способа определения толщины покрытия в ходе ПЭО магниевого сплава AZ31 по электрическим параметрам с преимуществами точной диагностики на начальном этапе технологического процесса.

The issue of coating thickness control during plasma electrolytic oxidation by electrical parameters with the advantages of accurate diagnostics at the initial stage of the technological process is considered.

Ключевые слова: оксидирование, магний, косвенное измерение толщины.

Keywords: oxidation, magnesium, indirect thickness measurement.

Магний и его сплавы имеют применение в различных отраслях промышленности, например, в аэрокосмической и автомобильной. Также биосовместимые магниевые сплавы вызывают интерес для изготовления биорезорбируемых имплантатов [1]. Но существуют необходимость улучшения коррозионных свойств поверхности магниевых сплавов за счет формирования на поверхности оксидного покрытия. Для этого могут применяться различные методы химической и электрохимической обработки. В данной работе был исследован перспективный, экологичный и производительный процесс плазменного электролитического оксидирования (ПЭО). Однако, ПЭО сложный и нелинейный процесс, поэтому для повышения точности и воспроизводимости результатов обработки требуются системы автоматизированного управления с идентификацией свойств покрытия в ходе обработки. Исследование посвящено изучению процесса модификации поверхности на начальном этапе технологического процесса, который является ответственным для формирования физико-химических свойств покрытия.

ПЭО образцов сплава AZ31 проводилось на автоматизированной технологической установке с одновременной регистрацией значений тока и напряжения в водном силикатно-щелочном электролите в импульсном униполярном режиме. Частота импульсов составляла 3000-3500 Гц. После запуска установки в течение 45 с производился выход на рабочий режим обработки: амплитуда импульсов напряжения повышалась линейно от 0 до напряжения 460 В, далее амплитуда поддерживалась на постоянном уровне. Исследовались длительности обработки 20 с, 30 с, 40 с, 1 мин, 5 мин и 10 мин.

После обработки измерялась толщина покрытия вихретоковым толщиномером Defelsko Positector 6000.

Был проведен анализ электрических параметров, который показал, что среднее значение напряжения U_{cp} , зарегистрированное в ходе ПЭО отличается от расчетных средних значений идеальных прямоугольных импульсов той же амплитуды $U_{имп}$. Скорость роста U_{cp} выше при выходе на рабочий режим, и при установке рабочего напряжения U_{cp} продолжает увеличиваться достигая постоянного значения приблизительно после 6 минут обработки. Это связано с тем, что уже при выходе на рабочий режим оксидное покрытие проходит стадии роста при выделении кислорода, возникновении искровых и микродуговых разрядов в соответствии с ВАХ. Покрытие обладает электрическим сопротивлением и емкостью и вызывает переходные процессы в сигнале напряжения, искажая форму идеальных импульсов, поэтому $U_{cp} > U_{имп}$ и чем толще покрытие, тем больше величина U_{cp} . Данные величины могут быть связаны функциональной зависимостью. Для корректного косвенного измерения толщины покрытия h при росте напряжения предлагается использовать разность $(U_{cp} - U_{имп})$ по формуле:

$$h = k(U_{cp} - U_{имп}),$$

где $k = 0,64$ мкм/В – градуировочный коэффициент, рассчитанный по измеренным датчиком значениям толщины покрытия.

Данная закономерность справедлива и после достижения рабочего напряжения. Допущением формулы является то, что удельное сопротивление покрытия принято постоянной во всем объеме покрытия. Коэффициент детерминации модели $R^2 = 0,94$. На начальном этапе обработки точность разработанного способа выше, чем у способа, описанного в статье [2]

Таким образом, получено, что в рассматриваемых условиях обработки прирост покрытия на 50-60% от возможной достигаемой толщины происходит на начальном этапе при 45 с при плавном повышении напряжения до рабочих 460 В. Получена зависимость, позволяющая контролировать толщину покрытия в ходе ПЭО магниевого сплава AZ31 при изменяющейся амплитуде импульсов напряжения.

Исследование ПЭО магниевых сплавов осуществляется в рамках работы по программе Стипендии Президента РФ СП-1962.2019.4.

Список литературы

1. Zheng, Y.F. Biodegradable metals / Y.F. Zheng, X.N. Gu, F. Witte // Mater Sci Eng R Rep. - 2014. - № 77 P. 1-34.
2. Mukaeva, V.R. Diagnostics of the thickness of a plasma electrolytic oxidation coating on a nanostructured Mg-Sr alloy / V.R. Mukaeva, O.B. Kulyasova, R.G. Farrakhov, E.V. Parfenov, Y.F. Zheng // IOP Conf Ser: Mater Sci and Engineering. - 2018. - Vol. 292 (1). - № 134405.

Материал поступил в редколлегию 09.10.20.