

цветных металлов. Появляется возможность использования его для производства чугуна при соблюдении соответствующих требованиях технологии.

3. Основываясь на результатах анализа состава песка из месторождения Бахарлы, можно сделать вывод, что данный песок может быть использован не только для формовки внешней полости отливки, но и для формовки его внутренней полости.

4. Если представить, что для производства отливок возможно использование местного сырья, состав которого будет соответствовать требованиям TDS3226–93, то можно будет использовать его при приготовлении огнестойких покрытий. Это даст возможность снизить себестоимость отливок.

Литература

1. Результаты анализа «Türkmengeologiya» (Рапорт № 0/1900).
2. База нормативной документации : ГОСТ 3594.7–93.
3. Невогатов, Ю. У. Специальные виды литья / Ю. У. Невогатов, В. И. Тамаровский. – М., 2005.
4. Ефимова, В. А. Специальные способы литья / В. А. Ефимова. – М., 2001.
5. Фишкин, Ю. Е. Наладка и эксплуатация формовочного и стержневого оборудования / Ю. Е. Фишкин, В. Г. Крымов, О. А. Лавренко, 2006.
6. Сварика, А. А. Формовочные материалы и смеси : справ. техника / А. А. Сварика, 2003.

ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МИКРОПЛАЗМЕННОГО АНОДИРОВАНИЯ

А. Г. Речиц

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель И. И. Злотников

Технология микроплазменного анодирования (МПА) основана на анодном окислении таких металлов, как алюминий, титан, магний и их сплавов в растворе электролита (щелочном или кислотном) при условии протекания на поверхности анода микроплазменных разрядов. Под действием высокого напряжения на поверхности металла возникают мигрирующие точечные разряды, под действием которых поверхностный слой окисляется с образованием оксидно-керамического покрытия, прочно сцепленного с основой и состоящего из кристаллических оксидов металлов (для чистого алюминия – это оксид алюминия Al_2O_3). Согласно литературным данным [1], [2], разряды, происходящие при МПА, являются газовыми электрическими разрядами, которые возникают в результате электрического пробоя парогазовых «пробок» в микропорах формирующегося пористого оксидного слоя. Такие покрытия обладают комплексом ценных свойств: высокая механическая прочность и термостойкость, высокие диэлектрические свойства, коррозионная стойкость, абразиво- и износостойкость, хорошие декоративные качества. Регулируя составы электролита и токовые режимы проведения оксидирования, можно получать покрытия различного функционального назначения.

Если используются не чистый алюминий, а алюминиевые сплавы, то атомы легирующих металлов способны внедряться в кристаллическую решетку оксидов алюминия, изменяя структуру и свойства керамического покрытия [1], [2]. Но такой способ управления структурой покрытия имеет ограниченное применение. Из тех же источников известно, что при МПА возможен переход ионов металлов и неметаллов

из электролита в оксидный слой, что изменяет его строение и физико-механические свойства. Например, переход ионов кремния при использовании щелочных электролитов, содержащих силикаты натрия или калия. Поэтому, изменяя составы электролита и токовые режимы проведения анодирования, можно целенаправленно изменять нужные свойства получаемых оксидно-керамических покрытий. Однако в настоящее время еще не разработан общий механизм направленного регулирования кристаллической структуры и свойств покрытий методом внедрения ионов из электролитов.

Целью данной работы является изучение технологии МПА алюминия в силикатно-щелочных электролитах, исследование влияния составов электролитов на декоративные и оптические свойства получаемых покрытий и получение образцов с черными светопоглощающими покрытиями.

Интерес к черным светопоглощающим покрытиям связан с тем, что они широко применяются в деталях оптики для снижения рассеянного светового фона, тепловых излучателях, а также для преобразования солнечного излучения в тепло в солнечных коллекторах. В последнем случае в качестве удобного конструкционного материала солнечных коллекторов, на который наносят такие покрытия, часто является алюминий и его сплавы. Черное покрытие кроме высокой светопоглощающей способности должно обладать высокой адгезией к алюминиевой основе, стойкостью к воздействию солнечного света, а также обеспечивать защиту металлической поверхности от коррозии и атмосферного воздействия. В научно-технической литературе есть сообщения о возможности использования технологии МПА для получения черных светопоглощающих покрытий на алюминиевых сплавах, в частности этого можно достигнуть, вводя в электролит ионы молибдена [3]. Однако есть определенные технические сложности в применении МПА для получения черных покрытий с высоким коэффициентом поглощения солнечного света.

Для достижения поставленной цели была изготовлена лабораторная установка для реализации технологии МПА алюминиевых сплавов. В качестве образцов для исследований использовали алюминиевую фольгу марки АД1 толщиной 100 мкм, из которой вырезали прямоугольные электроды площадью 10 см². Процесс МПА проводили одновременно на двух одинаковых образцах в симметричном анодно-катодном режиме с использованием промышленного переменного тока частотой 50 Гц при постоянной плотности тока, равной $j \approx 6$ А/дм², которую поддерживали, повышая в ручном режиме напряжение по мере роста толщины покрытия, начиная с нескольких вольт до 250 В. Такого конечного напряжения было достаточно для получения покрытий толщиной до 50 мкм. После завершения процесса нанесения покрытия образцы извлекали из электролита, промывали проточной водой и сушили до полного удаления влаги.

Основываясь на литературных данных [1], [2], в качестве базового электролита использовали водный раствор, содержащий натриевое жидкое стекло (ЖС), представляющее собой раствор силикатов натрия – 50 г/л и гидроксид калия (КОН) – 2 г/л. Для придания покрытиям черного цвета в электролит добавляли калий молибденовоокислый (K₂MoO₄), в количестве 0,4–1,0 г/л. При использовании электролитов с более высоким содержанием ЖС и КОН покрытия формируются более быстро, но их поверхностный слой состоит из чистого очень рыхлого оксида кремния, который плохо окрашивается в черный цвет. Применение электролитов с меньшей концентрацией ЖС и КОН приводит к тому, что начало искрения начинается только при напряжении более 200 В и получить покрытия заметной толщины не удалось.

Динамика процесса МПА образца из алюминиевой фольги в базовом электролите в течение первых 20 мин показана на рис. 1. На образцах хорошо виден процесс зарождения и роста количества микроплазменных разрядов на поверхности алюминия.

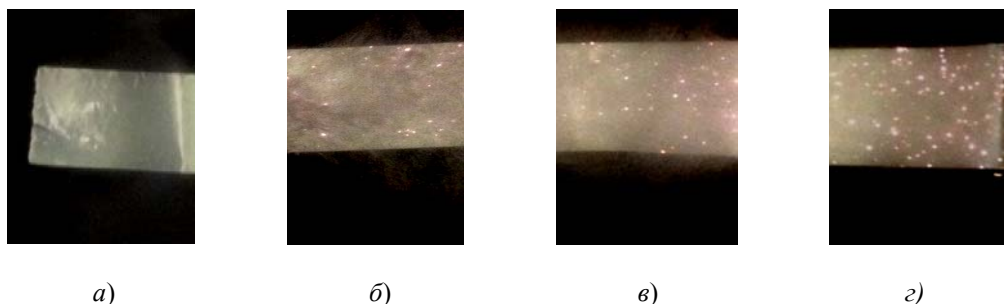


Рис. 1. Динамика процесса МДО на образце из алюминиевой фольги:
а – 1 мин; б – 10 мин; в – 15 мин; з – 20 мин

В результате проведенных опытов на образцах их алюминиевой фольги марки АД-1 в базовом электролите были получены оксидно-керамические покрытия толщиной примерно 50 мкм почти белого цвета.

Дальнейшие исследования показали, что ведение K_2MoO_4 в состав базового электролита не оказывает заметного влияния на характер протекания процесса МПА, только немного снижается напряжение начала микроискрового процесса, что связано с увеличением проводимости раствора. Но при этом скорость роста толщины покрытия увеличивается и при одном и том же времени проведения процесса обработки толщина получаемого покрытия примерно на 20 % больше, чем у покрытий, полученных в базовом электролите. Покрытия, полученные в электролитах, содержащих K_2MoO_4 , приобретают черную окраску, причем не только в поверхностном слое, но и по всей толщине покрытия. Это свидетельствует о том, что ионы молибдена встраиваются в кристаллическую структуру оксида алюминия. Согласно патенту [3] черная окраска оксидно-керамического покрытия обусловлена образованием в его составе высокодисперсных оксидов молибдена и соединений типа $Al_2(MoO_4)_3$. Для подтверждения возможности внедрения ионов других металлов в структуру оксидно-керамического покрытия были проведены опыты, в которых в базовый электролит вводили такие соли, как сульфат меди ($CuSO_4$) и хлорид железа ($FeCl_3$). В обоих случаях получали покрытия с характерным цветом – синим для ионов меди и желто-коричневым для ионов железа.

На рис. 2 приведен типичный вид поверхности получаемых оксидно-керамических покрытий; хорошо видна высокая шероховатость поверхности. На рис. 3 показана последовательность приобретения черного цвета покрытиями, при их МПА в электролитах, содержащих различное количество молибденовокислого калия. Полученные покрытия очень прочны и имеют хорошие декоративные качества.

Измерения, проведенные с помощью фотометра ФО-1, показали, что коэффициент поглощения света (отношение величины поглощенной световой энергии к величине световой энергии, падающей на поверхность) полученных черных покрытий составляет 90–92 %. Высокий коэффициент поглощения достигается не только потому, что покрытие имеет черный цвет, но и потому, что поверхность покрытия имеет выраженную шероховатую структуру, что способствует диффузному рассеянию света.

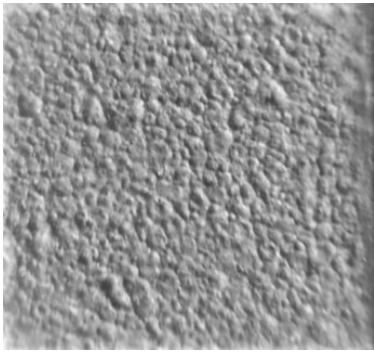


Рис. 2. Микрофотография поверхности покрытия на алюминиевой фольге (увеличение ≈ 100 раз)

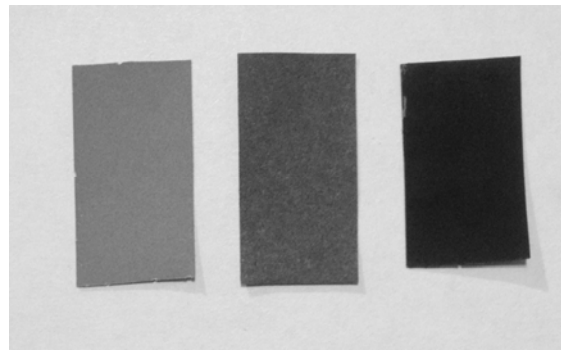


Рис. 3. Фотография покрытий, полученных на алюминиевой фольге при содержании K_2MoO_4 в составе базового электролита 0,4 г/л, 0,7 г/л и 1 г/л. Время обработки – 15 мин

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

– МПА алюминия в щелочно-силикатных электролитах, содержащих соли металлов, сопровождается внедрением ионов металлов в оксидно-керамическое покрытие, что приводит к изменению цвета покрытия;

– регулируя состав электролита, можно получить на поверхности алюминия прочные керамические покрытия черного цвета с высоким коэффициентом светопоглощения и хорошими декоративными качествами.

Л и т е р а т у р а

1. Электролитно-плазменная обработка: моделирование, диагностика, управление / Е. В. Парфенов [и др.]. – М. : Машиностроение, 2014. – 380 с.
2. Плазменно-электролитическое модифицирование поверхности металлов и сплавов : в 2 т. / под ред. И. В. Суминова. – М. : Техносфера, 2011. – Т. 2. – 511 с.
3. Способ получения оптически черного оксидно-керамического покрытия на поверхности алюминия и его сплавах : пат. РФ 2459890 : МПК С 25D 11/14, С 25D 15/00 / Беспалова Ж. И., Паненко И. Н. ; опубл. 27.08.2012 // Офиц. бюл. – 2012. – № 24.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД МЕТОДОМ SCRATCH TEST

Р. Е. Гутман, П. В. Асвинова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель И. Н. Степанкин

На сегодняшний день самыми распространенными способами получения данных о статических упруго-прочностных свойствах горных пород являются стандартные лабораторные методы одноосного и многоосного сжатия, а также бразильский тест. Главным недостатком стандартных методик является то, что в ходе исследований образец разрушается и таким образом отсутствует возможность проведения дальнейших исследований, к тому же данные методы не могут предоставлять результаты во всем интервале, а лишь точечно [1].

Достаточно надежным и дешевым методом оценки прочностных свойств горных пород и получения данных, необходимых для инженерных расчетов, является