

АНОДИРОВАНИЕ СПЛАВОВ АЛЮМИНИЯ В СЕРНОКИСЛЫХ ЭЛЕКТРОЛИТАХ С ОРГАНИЧЕСКИМИ ДОБАВКАМИ ИМПУЛЬСНЫМ ТОКОМ

Оксидирование алюминия один из самых распространенных способов защиты алюминия и его сплавов от агрессивного воздействия окружающей среды, а также данный способ обработки получил широкое применения для получения декоративных покрытий и создания диэлектрических слоев на поверхности металла. Под оксидированием понимают процесс получения на поверхности металла оксидных пленок в результате химической или электрохимической обработки. Процесс получения анодно-оксидных покрытий обычно проводят в стационарном режиме электролиза с применением раствора содержащем 180-200 г/дм³ серной кислоты. В последнее время все чаще рекомендуется использовать при анодировании импульсную подачу тока. Так как при длительном анодировании постоянным током с ростом толщины оксидной пленки растет градиент концентрации анионов на поверхности анода и в порах, что приводит к увеличению скорости растворения оксидного слоя и снижению выхода по току. При увеличении толщины оксидного слоя скорость растворения оксида приближается к скорости его роста, качество поверхности значительно ухудшается, кроме того, возникает неравномерный рост оксидного слоя по поверхности основы, причем в местах усиленного роста возрастает температура, появляются искрения и прожоги оксидного слоя. Анодирование алюминия в импульсном режиме подачи тока позволяет практически полностью избавиться от данных проблем. Подобная схема дает особые преимущества в случаях, когда требуется использование тока высокой плотности или при обработке сплавов с высоким содержанием меди. Отмечается, что применение импульсного электрического тока прямоугольной формы значительно снижает энергетические затраты на проведение процесса: из-за резкого подъема и спада напряжения не происходит потерь на сторонние процессы, как в случае применения конденсаторных источников питания, где наблюдается плавный подъем и спад напряжения. Пленки, полученные при анодировании с использованием импульсного тока, обладают повышенной коррозионной стойкостью и сопротивлением истиранию. На практике подобные источники тока позволяют применять ток

большей плотности без риска разрушения формируемого оксидного слоя [1].

В работе исследовано влияние импульсной токовой нагрузки на свойства получаемых анодно-оксидных покрытий на образцах из сплава алюминия АД31. Алюминиевые сплавы АД31 отличает хорошая свариваемость, устойчивость к воздействию химически активных сред, морской воды, органических соединений. Следует отметить, что среди прочих сплавов АД31 в упрочнённом состоянии обладает высокой твёрдостью, при этом его электропроводность превышает показатели у других твёрдых сплавов. Процесс анодирования проводили в электролите содержащем 180 г/дм^3 серной кислоты с добавлением $10\text{--}50 \text{ г/дм}^3$ щавелевой кислоты.

Электролиз протекал при плотности тока $1,5 \text{ А/дм}^2$ и температуре электролита $18\text{--}21^\circ\text{С}$. Анодирование при нестационарной токовой нагрузке проводили с использованием импульсной подачи тока варьируя соотношение импульса к паузе и длительность амплитуды тока. Соотношения импульса к паузе составляли 1:1, 10:1. Длительности анодных импульсов составляли 1, 10 и 100 мс. Время электролиза составляло 30 минут.

Измерения параметров электролиза осуществляли в двухэлектродной ячейке с использованием цифрового потенциостата ПИ-50-Pro3.

Для определения защитной способности анодно-оксидной пленки использовали раствор следующего состава: $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - 3 \text{ г}$; HCl ($\rho = 1,19 \text{ г/см}^3$) – 25 см^3 ; $\text{H}_2\text{O} - 75 \text{ см}^3$. Соляная кислота растворяет оксидную пленку и начинает взаимодействовать с алюминием с выделением водорода. В результате становится возможной реакция восстановления бихромат-аниона алюминием или водородом с образованием катионов хрома (III), окрашивающих раствор в зеленый цвет. Чем больше толщина и ниже пористость пленки, тем большее время необходимо для ее растворения. По скорости появления зеленых пятен в месте контакта раствора с пленкой определяли защитные свойства анодно-оксидных покрытий.

Для исследования морфологии поверхности анодно-оксидной пленки использовался металлографический цифровой микроскоп ALTA MI MET 1D. Микропрофиль поверхности снимался при увеличении в $\times 200$ раз. Кроме этого, микроснимки профиля при каждом увеличении проводились с двумя разными степенями освещенности: яркое и тусклое освещение. При этом освещенность регулировалась от более тусклой к яркой посредством изменения положения ползунка дробными долями.

Электроизоляционные свойства пленок определяли путем измерения пробивного напряжения контактным методом с использованием терморезистора.

Основные результаты исследований анодного оксидирования алюминия в сернокислых электролитах с добавлением щавелевой кислоты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние условий электролиза на свойства анодных пленок на сплаве АД-31

Параметр	Режим анодирования											
	Стационарный			Импульсный ($t_{и}= 10^{-2}$ с; $t_{п}= 10^{-2}$ с)			Импульсный ($t_{и}= 10^{-1}$ с; $t_{п}= 10^{-2}$ с)			Импульсный ($t_{и}= 10^{-2}$ с; $t_{п}= 10^{-3}$ с)		
Содержание щавелевой кислоты, г/дм ³	10	20	50	10	20	50	10	20	50	10	20	50
Выход по току, %	78,9	57,8	72,3	39,4	43,4	39,4	56,5	53,9	56,5	67,0	68,4	64,4
Пробивное напряжение, В	260	260	260	215	260	260	260	260	240	260	260	260
Стойкость, мин	21,3	24,3	20,2	25,2	31,2	24,4	26,0	28,3	25,6	28,3	33,2	26,8

В результате проведения исследований определено, что использование импульсного режима анодирования позволяет повысить защитные свойства анодных покрытий на поверхности сплава алюминия АД31 и более по сравнению со стационарным режимом электролиза. Наиболее высокие значения указанных показателей соответствуют импульсному гальваностатическому режиму с времени импульса и паузы $t_{и}= 10^{-2}$ с и $t_{п}= 10^{-3}$ с соответственно в электролите, имеющем состав 180 г/дм³ H₂SO₄ и 20 г/дм³ H₂C₂O₄. При заданном режиме анодирования оксидная пленка формируется по всей поверхности в течение одного импульса, и не подвергается тепловому воздействию и химическому разрушению, свойственным импульсным режимам с более длительными импульсами и стационарному электролизу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скопинцев, В. Д. Развитие технологии анодного оксидирования алюминия и его сплавов / В. Д. Скопинцев, Л. Н. Марголин, В. В. Фарафонов // Гальванотехника и обработка поверхности. – 2019. – Т. 27, № 2. – С. 9–22.