

Исследование влияния технологических параметров аноодирования алюминия на получение темных оксидных покрытий

Паршуту А.А., Багаев С.И., Климова Е.А., Степанова-Паршуту Е.А.
Физико-технический институт НАН Беларуси

Введение

Для повышения эксплуатационных характеристик изделий из сплавов алюминия ведется постоянный поиск новых методов их упрочнения. Традиционные подходы к улучшению эксплуатационных характеристик не всегда обеспечивают достижение требуемых свойств.

Формирование защитных оксидных слоев на поверхности изделий из сплавов алюминия широко применяют как в традиционных областях авиа- и машиностроения, строительства, транспорта, электроники, так и в новых – при создании солнечных батарей, инфракрасных излучателей, фильтров, сенсоров и др. [1] Известно [2], что свойства оксидных пленок на алюминии и его сплавов могут изменяться в значительной степени от состава электролита и условий оксидирования. К важным характеристикам оксидных слоев, которые во многих применениях играют определяющую роль, относится комплекс параметров, включающий и декоративные: цвет и толщину покрытий, шероховатость поверхности, микротвердость, износ- и коррозионную стойкость. Одним из перспективных методов формирования анодных оксидных пленок является метод высоковольтного электрохимического оксидирования (ВВЭО) [3], по своим параметрам занимающий промежуточное положение между традиционным методом анодирования и методом МДО.

Методика исследований

Процесс ВВЭО проводился при следующих технологических параметрах: плотность тока 1-5 А/дм², температура электролита 5-20°С.

В качестве материала основы использовались пластины из алюминиевого сплава АД1 (ГОСТ 4784-2019) размером 50×20×2 мм.

Оценка цветовых характеристик покрытия проводилась с использованием метода *RAL* (определение соответствия цвета по сравнению с каталогом цветов *RAL K7*, разработанным *RAL gGmbH*). *RAL* - это система согласования цветов, созданная и управляемая *RAL gGmbH* (некоммерческим *LLCRAL*), которая является дочерней компанией Немецкого института *RAL*. В рамках данной работы было исследовано влияние параметров процесса ВВЭО на цвет оксидного слоя сплава алюминия АД1.

Экспериментальные данные и их обсуждение

Важными параметрами процесса ВВЭО являются плотность тока, состав и температура электролита. Режимы обработки влияют не только на толщину, микротвердость материала и морфологию поверхности оксидного слоя на сплавах алюминия, но и на цвет формируемых оксидных слоев.

Исследования показали, что наиболее темные оксидные покрытия получаются при использовании электролитов № 1 и №2, приведенных в таблице 1, данные по ним приведены ниже.

Таблица 1. Рассматриваемые электролиты

№	Добавки в электролиты на водной основе
1	Щавелевая кислота ($C_2H_2O_4$), 35±5 г/л и фосфат натрия (Na_3PO_4), 5±1 г/л
2	Винная кислота ($C_4H_6O_6$), 70±10 г/л и серная кислота (H_2SO_4), 35±5 г/л
3	Щавелевая кислота ($C_2H_2O_4$), 45±5 г/л и метасиликат натрия (Na_2SiO_3), 1±0,5 г/л

4	Борная кислота (H_3BO_3), 10 ± 2 г/л, ортофосфорная кислота (H_3PO_4), 45 ± 5 г/л и щавелевая кислота ($C_2H_2O_4$), 30 ± 5 г/л
---	---

Процесс ВВЭО позволяет регулировать цветовые характеристики оксидного слоя, получаемые путем изменения плотности тока и температуры электролита. Имеется возможность достижения существенно отличающихся цветов оксидных покрытий, формируемых при каждой плотности тока и температуре. При использовании плотности тока 1 А/дм^2 при всех температурах электролита со щавелевой кислотой и добавкой тринатрийфосфата от $5 \text{ }^\circ\text{C}$ до $20 \text{ }^\circ\text{C}$ разность цветов покрытий на сплаве АД1 невелика и соответствует светло-коричневому, близкому к желтому, *RAL 7032* (рисунок 1 и таблица 2).

Цвета становятся более темными (до темно-коричневого, *RAL 8025*) при повышении плотности тока до $4\text{-}5 \text{ А/дм}^2$ и температуры электролита до $20 \text{ }^\circ\text{C}$. При этом более важную роль в изменении цвета в направлении более темных тонов играет повышение плотности тока.

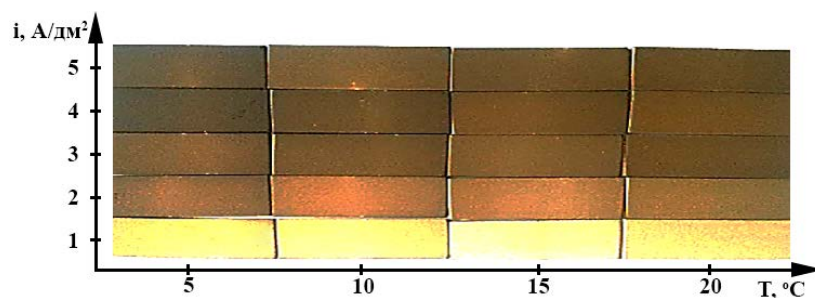


Рисунок 1. – Вид оксидных слоев на поверхности образцов из сплава АД1, полученных при различных температурах T электролита №1 и плотности тока i . Цвету материала соответствуют нумерация по таблице *RAL* в таблице 2

Таблица 2. – Цвета материала оксидных слоев по таблице *RAL*, соответствующие рисунку 1, на образцах из сплава АД1, полученных при различных температурах T электролита №1 и плотности тока i

Плотность тока i , А/дм^2	Температура, $^\circ\text{C}$			
	5	10	15	20
1	7032	7033	7048	7048
2	8025	8008	8008	8000
3	6014	6014	6014	6014
4	8025	8014	8007	8008
5	8025	8008	8008	8008

Влияние параметров процесса ВВЭО на цветовую гамму оксидных покрытий на сплаве АД1 при использовании электролита с винной и серной кислотами (электролит №2) отличается от применения электролита со щавелевой кислотой и добавкой тринатрийфосфата (электролит №1).

В данном случае наиболее темные цвета оксидных покрытий (темно-серые и черные, *RAL 9004*, *RAL 9017*) получены при плотности тока $2\text{-}5 \text{ А/дм}^2$ и при температуре электролита $5\text{-}15 \text{ }^\circ\text{C}$ (рисунок 2, таблица 2). Плотности тока 2 А/дм^2 и температура электролита $20 \text{ }^\circ\text{C}$ соответствует светло-серому цвету покрытия, *RAL 7039*.

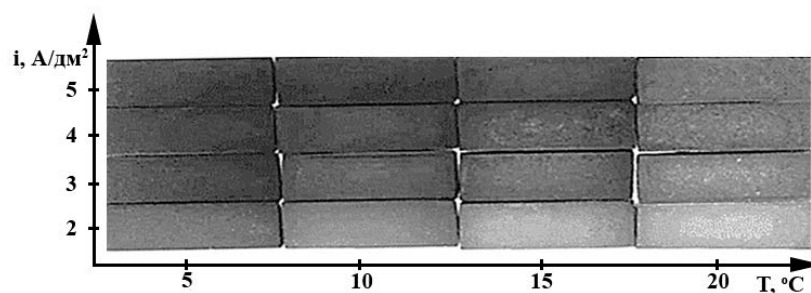


Рисунок 2. – Вид оксидных слоев на поверхности образцов из сплава АД1, полученных при различных температурах T электролита №2 и плотности тока i .

Таблица 3. – Цвета материала оксидных слоев по таблице *RAL*, соответствующие рисунку 2, на образцах из сплава АД1, полученных при различных температурах T электролита №1 и плотности тока i

Плотность тока i , А/дм ²	Температура, °С			
	5	10	15	20
2	7022	6006	7010	7039
3	7022	9011	6006	7010
4	9004	7022	6008	7010
5	9004	9011	9017	7010

Заключение

Исследование формирования темных оксидных покрытий на технически чистом сплаве алюминия АД1 показало, что возможно получение оксидных слоев различных темных оттенков цвета, что косвенно указывает на внедрение компонентов электролита в структуру оксидной пленки. Добавление в электролиты на основе щавелевой и винной кислоты, фосфата натрия и серной кислоты соответственно позволяет формировать более темные оксидные покрытия в сравнении с оксидными слоями, полученными в однокомпонентных растворах. В результате экспериментов установлено, что при температурах ниже 10 °С и плотностях тока свыше 3 А/дм² формируемые оксидные слои более темные, чем при других исследуемых параметрах. При плотностях тока выше 5 А/дм² происходит локальный прожог, что приводит к прекращению роста оксидного слоя.

Литература

1. Белецкий, В.М. Алюминиевые сплавы (Состав, свойства, технология, применение). Справочник / В.М. Белецкий. – КОМИНТЕХ, 2005. – С. 168.
2. Белов В.Т. Анодное окисление алюминия и его анодный оксид: учеб. пособие. – Казань: Изд.-во КГТУ, 1995. – 55 с.
3. Нмаду, Д. Особенности формирования покрытий на основе оксида алюминия в серной и винной кислот с использованием высоковольтного электрохимического окисления (ВВО) / Д. Нмаду, И.Л. Поболь, А.А. Паршуту // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: Сб. научных трудов / Минск: ФТИ НАН Беларуси; редкол.: С.А. Астапчик [и др.]. – 2015. – Кн. 2. – С. 245-252.