

УДК 669.716.9

НОВІ АСПЕКТИ ПРОЦЕСУ АНОДУВАННЯ АЛЮМІНІЮ

Толочко Й. В., Крюкова О. А.

Мета. Провести літературний огляд вітчизняних та закордонних джерел інформації про процес анодування алюмінію.

Методика. аналіз літературних джерел методом порівняльної характеристики.

Результати. Встановлено, що для анодування алюмінію традиційно використовують переважно кислі електроліти, та в останні роки широко застосовуються і інші види, а саме: тверде, мікродугове і кольорове анодування.

Наукова новизна полягає в тому що, проаналізовано сучасний ринок надання гальванічних послуг, на прикладі анодуванні алюмінію.

Практична значимість. Узагальнено напрацювання вчених-практиків та їх рекомендацій щодо процесу анодування алюмінію, що дозволило краще зрозуміти розглянуту проблему.

Ключові слова: електроліти, анодування алюмінію, густина струму, гальваніка

В даний час алюміній широко використовується в різних цілях завдяки своїм характеристикам, тому що він дуже легко піддається обробці, і при високій міцності має порівняно невелику вагу. Але у нього є істотний мінус – легке окиснення, через що метал втрачає свою зовнішню привабливість. Для позбавлення від цього недоліку використовується технологія анодування.

Анодований алюміній використовується в багатьох галузях промисловості, наприклад, для виготовлення сходів, поручнів, високоміцної фурнітури. Більша частина деталей в авіабудуванні виготовляються із алюмінію або його сплавів, тому процесу анодування відведена значна роль у виробництві. Це пов'язано з тим, що хоч на поверхні алюмінію присутня плівка оксиду, але вона є дуже тонкою і пористою, що не дозволяє в достатній мірі захистити метал від корозії. Також нанесення анодуванням шару оксиду дозволяє покращити механічні та фізичні властивості деталі, а саме: покращення зносостійкості, підвищення електроізоляційних властивостей, є можливість забарвити покриття. Оброблений метал не залишає слідів на руках, тому його використовують для виготовлення відбивачів світла, наприклад, в прожекторах, а також для нагрівальних рефлекторів [1].

Анодне оксидування набуло великого розповсюдження і використовується не лише для зміцнення алюмінію та його сплавів, але й багатьох інших металів. Серед таких металів є титан та манган. Поряд зі зміцненням поверхневого шару, анодування використовують для:

- згладжування різних дефектів поверхні (сколи, подряпин тощо);
- підвищення адгезивних якостей матеріалу (фарба значно краще зчіплюється з оксидною плівкою, ніж з металом);
- покращення зовнішнього вигляду металу;
- створення на поверхні металу різних декоративних ефектів.

Актуальність роботи пов'язана з широким колом застосування виробів з алюмінію та його сплавів, особливо в останні роки, коли в Україні відбулися значні зміни в авіабудуванні, пов'язані з відмовою від російських комплектуючих деталей.

Постановка завдання

Алюміній та його сплави набули широкого використання в різних галузях промисловості. Це стало можливо лише після знаходження методів штучного збільшення товщини оксидної плівки. Серед всіх методів нанесення оксидного покриття найбільшого розповсюдження набув електроліз у водних розчинах. Це пов'язано із легкістю регулювання властивостей плівки від параметрів процесу. За своїми фізико-хімічними та механічними властивостями покриття поділяють на: захисні, декоративно-захисні, зносостійкі, електроізоляційні, кольорові [2].

Анодування алюмінію та його сплавів відбувається під дією кислот та поділяється на два типи. До першого типу відносяться ті, в яких оксидна плівка не розчиняється, це призводить до утворення тонких майже безпористих покриттів бар'єрного типу, товщина таких покриттів менше 1-2 мкм. Змінюючи напругу на ванні можна отримувати плівку різної товщини. При чому, при збільшенні електричного опору зростає товщина плівки. Для другого типу характерним є використання кислот, які здатні частково розчинити оксидну плівку. Плівка утворена в таких електролітах є пористою та товстою. Оксидна плівка за будовою схожа на шестигранник, в центрі якого є пора, яка доходить до бар'єрного підшару. В процесі електролізу оксидна плівка наростає і завдяки цьому стає пористою.

Властивості утворених покриттів обумовлюються складом електроліту і режимом проведення електролізу. Після покриття деталей оксидною плівкою вони набувають високих електроізоляційних та зносостійких властивостей, підвищується їх корозійна здатність, що визначає подальші їх умови експлуатації. Отже, змінюючи параметри проведення процесу оксидування, можна змінювати характеристики покриття.

У зв'язку з цим, метою даної роботи було провести порівняльний аналіз основних типів електролітів, що надає ринок електрохімічних послуг та визначити оптимальні режими проведення процесу анодування алюмінію та його сплавів.

Результати досліджень

Анодування є процесом формування плівки оксиду на поверхні алюмінію. Властивості такої плівки суттєво залежать від типу електроліту, його концентрації та температури, матеріалу зразка, що анодують, а також електричних параметрів: прикладеної напруги, анодної та катодної густини струму [3].

За характером протікання процесу та властивостями одержаних оксидних плівок електроліти для анодування можна поділити на три групи:

1. Електроліти, які не розчинюють і слабо розчинюють оксид алюмінію (нітрати, борна кислота, бура, фосфати). Зростання оксидної плівки обмежується дуже малою товщиною (до 0,1...1,0 мкм) через великий активний електричний опір плівки.
2. Активні електроліти, що сильно розчинюють оксид алюмінію (їдкі луги, соляна кислота, хлориди). Плівка значної товщини не утворюється через високу швидкість її хімічного розчинення в електроліті.
3. Середньоактивні електроліти (кислоти: сірчана, шавлева, хромова, фосфорна; сульфати, галуни). Залежно від умов проведення процесу одержують плівку, товщина та властивості якої змінюються у широких межах [4]. Механізм анодного окиснення алюмінію в розчинах електролітів умовно поділяють на три стадії:
 - передавання кисню від аніонів розчину до металу, що анодують, та виникнення первинної сполуки алюмінію з киснем;
 - формування суцільної тонкої оксидної плівки (бар'єрного типу);
 - зростання потовщених плівок пористого типу.

Технологічний процес оксидування виробів з алюмінію залежить від типу електроліту, в якому він проводиться та складається з операцій хімічної і механічної підготовки з подальшим формуванням оксидного покриття. В результаті попередньої обробки деталі на поверхні деталі є плівка масла і жиру, яка утворилася від дотику рук під час завішування на лінію деталей. Забруднення будуть перекривати доступ електроліту до деталі. Через це перед самим процесом анодування деталі проходять наступні стадії обробки: хімічне знежирення, травлення, освітлення та обов'язкове промивання водою між ними.

Від режиму електролізу та товщини покриття залежать діелектричні властивості утворених оксидних плівок. Щоб отримати електроізоляційні покриття використовуються спеціальні режими електролізу.

Найчастіше при анодуванні алюмінію та його сплавів використовують сірчаноокислий електроліт, завдяки своїй дешевизні, а також низькій напрузі на ванні. Утворена оксидна плівка є пористою і тому потребує подальшого наповнення та прописування ізоляційним лаком. Пробивна напруга оксидного покриття становить 150-200 В. До недоліків слід віднести те, що неможливо використання цього процесу для конструкцій із зварним або клепаним з'єднанням та для деталей складної конфігурації. Також не можна використовувати для сплавів, що містять мідь та манган більше 5%.

Для отримання покриття з вищими діелектричними властивостями використовують шавлевокислий електроліт. Пробивна напруга після такої обробки є вищою і становить 400-450 В. Цей електроліт також можна використовувати для покриттів та сплавів з великим вмістом марганцю та міді, хоча він є трохи дорожчим за сірчаноокислий. Концентрація шавлевої кислоти в такому електроліті становить 50 г/дм³. Максимальна товщинна утвореного покриття становить 60 мкм.

Для утворення покриття бар'єрного типу застосовують борноокислий електроліт. Покриття мають високі електроізоляційні властивості. Пробивна напруга досягає 500-800 В при досить малій товщині 0,5-1 мкм. Вартість борноокислого електроліту є трохи меншою за шавлевокислий. Головним недоліком цього електроліту є його висока чутливість до вмісту іонів хлору, і вже при концентрації 0,01 мг/дм³ може зашкодити процесу оксидування. Склад електроліту наступний: борна кислота – 150 г/дм³; тетраборат натрію – 1,5 г/дм³. Режим проведення електролізу: початкова густина струму складає 0,5-1 А/дм², потім значення опускається до мінімальних значень; $t = 80-95^{\circ}\text{C}$; напруга на ванні від 50 В до 750 В; час – 25 хв.

Крім перерахованих вище способів анодування, в останні роки широко застосовуються і інші види, а саме: тверде, мікродугове і кольорове анодування.

Для проведення процесу твердого анодного окислення застосовують суміш декількох електролітів, найчастіше кислот. Такий процес має місце для виготовлення мікроплівок. В машинобудуванні використовують для виготовлення приладів, де висока міцність виробу є необхідною вимогою.

При мікродуговому оксидуванні покриття отримують дуже якісні і з високою адгезією, оскільки відбувається не тільки окиснення поверхні металу, але й інші електричні процеси.

Для зміни кольору деталі виконують кольорове анодування різноманітними методами, а саме:

- метод адсорбції, при виконанні якого деталь занурюють у електролітну ванну;
- інтегральне фарбування з використанням суміші електроліту і органічних солей;
- інтерференційне фарбування, при цьому створюється спеціальний світловідбиваючий шар, що призводить до більшої різноманітності кольорової гами;
- електролітичне фарбування (відоме під назвою «чорне анодування»). Цей процес складається з двох етапів. Перший – отримання плівки, другий – занурення утвореної плівки в кислий сольовий розчин. Забарвлення отриманого виробу може мати колір від чорного до бронзового, завдяки такій широкій кольоровій палітрі цей вид фарбування може використовуватися в різних областях будівництва.

Висновки

1. В роботі проаналізовано основні типи електролітів, які використовуються в процесі анодування алюмінію і його сплавів, та мають найбільш широке практичне застосування у електрохімічній промисловості.
2. Методом порівняння встановлено, що в теперішній час електрохімічні виробництва процесу анодування алюмінію та його сплавів використовують переважно борнокислий електроліт. Серед переваг цього електроліту: отримання безпористих покриттів з високими діелектричними властивостями при мінімальній товщині; електроліт має високу розсіювальну здатність, це дозволяє використовувати не складнопрофільні катоди; режим проведення електролізу дає можливість забезпечити максимальну продуктивність виробництва.
3. Встановлено, що останнім часом широкого застосування набуло мікродугове, тверде та кольорове анодування.

Список використаних джерел

1. Томашов, Н. Д. Толстослойное анодирование / Н. Д. Томашов, М. Н. Тюкина, Ф. П. Заливалов. – М.: Машиностроение, 1968. – 157 с.
2. Хенли В. Ф. Анодное оксидирование алюминия и его сплавов / Пер. с англ. Л. И. Павлова. Под ред. Синявского В. С. – М.: Металлургия, 1986. – 152 с.
3. Лернер Л. Твердое анодирование алюминия: история и современность // Цветные металлы. – 2003. – № 6. – С. 84-87.
4. Анодные оксидные покрытия на металлах и анодная защита / Под ред. И. Н. Францевича. – К.: Наукова думка, 1985. – 278 с.

References

1. Tomashov, N.D. (1968). *Tolstosloinoe anodirovanie* [Thick-layer anodizing] M.: Mashinostroenie. – 157 p. [in Russian].
2. Henli, V. F. (1986) *Anodnoe oksidirovanie aluminiya I ego splavov* [Anodic oxidation of aluminum and its compositions] M.: Metallurgiya. – 152 p. [in Russian].
3. Lener, L. (2003). *Tverdoe anodirovanie alyuminaya: istoriya I sovremennost* [Solid anodizing of aluminum: history and modernity] no. 6. – P. 84-87. [in Russian].
4. *Anodnye oksidnye pokrutia na metallach I anodnaya zashita* (1985). [Anodic oxide coatings on metals and anodic protection] / Pod red. I.N. Frantsevitcha. – K.: Naykova dymka.– 278 p. [in Russian].

Tolochko IosifIosif23@ukr.netKyiv National University of
Technologies and Design**Kryukova Olena**ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8638-3580>lena.krukova@gmail.com
Kyiv National University of
Technologies and Design**Новые аспекты процесса анодирования алюминия****Толочко И. В., Крюкова Е. А.***Киевский национальный университет технологий и дизайна***Цель.** Провести литературный обзор отечественных и зарубежных источников информации о процессе анодирования алюминия.**Методика.** Анализ литературных источников методом сравнительной характеристики.**Результаты.** Установлено, что для анодирования алюминия традиционно используют преимущественно кислые электролиты, но в последние годы широко применяются и другие виды, а именно: твердое, микродуговое и цветное анодирование.**Научная новизна** заключается в том, что проанализирован современный рынок предоставления гальванических услуг на примере анодирования алюминия.**Практическая значимость.** Обобщены наработки ученых-практиков и их рекомендации о процессе анодирования алюминия, что позволило лучше понять рассматриваемую проблему.**Ключевые слова:** электролиты, анодирование алюминия, плотность тока, гальваника

New aspects of the aluminum anodizing process***Tolochko I. V., Kriukova O. A.****Kiev National University of Technology and Design****Purpose.*** Conduct a literature review of native and foreign sources of information of anodizing process of aluminum.***Methodology.*** Analysis literature sources by the method of comparative characteristics.***Findings.*** It has been discovered that for the anodizing of aluminum traditionally mainly acidic electrolytes are used, but in recent years other types are widely used, namely: solid, microarc and color anodizing.***Originality*** is that the modern market for the provision of galvanic services is analyzed by the example of anodizing aluminum.***Practical value.*** The findings of practical scientists and their recommendations on the process of anodizing aluminum are summarized, which made it possible to better understand the problem under consideration.***Keywords:*** electrolytes, anodizing of aluminum, current density, galvanics