

УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОРОДА КУЗНЕЦКА
Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение средняя
общеобразовательная школа №5 города Кузнецка

Научно-исследовательская работа по химии:
«Установка для анодирования алюминия»
Научно-практическая конференция школьников:
«Старт в науку»

Автор:

Удалов Алексей Андреевич,
Обучающийся 10 класса
МБОУ СОШ №5 города Кузнецка

Научный руководитель:
Москалева Лариса Анатольевна,
учитель химии МБОУ СОШ №5 города Кузнецка

город Кузнецк

2020 год

Оглавление

Введение.....	3
Основная часть	
Глава 1. Что такое анодирование?.....	5
Глава 2. Технология изготовления установки для анодирования алюминия.....	6
Глава 3. Химический процесс анодирования алюминия	7
Глава 4. Технологический процесс анодирования алюминия	8
Заключение.....	11
Приложения.....	12
Литература.....	21

Введение

Актуальность темы. Как известно, алюминий - самый распространенный металл на Земле, а кроме того, еще и самый востребованный. Химические и физические свойства алюминия позволяют использовать его практически повсеместно: в машиностроении, авиации, космической промышленности, электро-теплотехнике и т.п. Алюминий на открытом воздухе быстро окисляется и образует на поверхности защитную микропленку, которая делает металлоизделия из него химически более инертными. Однако эта естественная защитная пленка мала, поэтому алюминий и его сплавы не вечны: со временем они легко подвергаются коррозии. Защитить изделия из алюминия, сделать их более долговечными можно с помощью анодирования, не затрачивая больших сумм на организацию процесса. Возможность формирования на поверхности алюминия оксидных покрытий при анодной поляризации алюминиевого сплава, находящегося в растворе электролита, и перспективность применения таких покрытий открыл в 1879 году Н.П.Слугинов. В дальнейшем число научных работ, посвященных исследованию анодного окисления алюминия, постоянно возрастало. Такой большой научный интерес к явлениям анодного окисления алюминия объясняется большим практическим значением этого процесса для получения защитных покрытий на поверхности деталей из алюминия и его сплавов.

Цель работы:

- 1.Изготовление установки для анодирования алюминия с использованием имеющегося оборудования.
- 2.Проведение процесса анодирования.
- 3.Окрашивание деталей мелкодисперсионной краской, применяющейся в струйных принтерах.

Задачи исследования:

- 1.Изучить закономерности процесса анодирования в кислотном электролите, а также процесс окрашивания изделий.
- 2.Исследовать влияние режимов анодирования на макропараметры и свойства анодирования.
- 3.Рассмотреть требования к технике безопасности и качеству анодирования алюминия.

Объект исследования:

Установка для анодирования алюминия, пленки анодного оксида алюминия, образованные в сернокислотном электролите.

Предмет исследования:

Процесс анодирования в сернокислотном электролите, свойства анодных пленок, процесс окрашивания.

Гипотеза исследования:

Возможность самостоятельного изготовления установки для анодирования алюминия с помощью имеющегося оборудования и осуществление технологического процесса анодирования алюминия двумя способами с последующим окрашиванием.

Методы исследования:

1. Изучение специальной литературы, интернет-источников.
2. Эксперимент.

Научная новизна работы:

Изготовлена установка для анодирования алюминия с помощью имеющегося оборудования. Проведен процесс анодирования в данной установке двумя способами. Выявлены преимущества и недостатки «холодного» и «теплого» способов анодирования алюминия. Показана возможность применения мелкодисперсионной краски, используемой в струйном принтере, для окрашивания деталей.

Практическая значимость работы:

1. Разработаны режимы анодирования алюминия «холодным» и «теплым» способом в изготовленной установке.
2. Выявлены закономерности, позволяющие получить анодные пленки с разными свойствами.
3. Разработан процесс окрашивания деталей мелкодисперсионной краской, используемой для струйного принтера.
4. Детали, изготовленные с помощью данной установки, используются в автомоделировании и техническом конструировании в СМИТ «ИнТехно».

Основная часть.

Глава 1. Что такое анодирование?

Анодирование — это процесс создания оксидной плёнки на поверхности некоторых металлов и сплавов путём их анодной поляризации в проводящей среде. Существуют различные виды анодирования, в том числе электрохимическое анодирование — процесс получения оксидного покрытия на поверхности различных металлов (Al, Mg, Ti, Ta, Zr, Hf и др.) и сплавов (алюминиевых, магниевых, титановых) в среде электролита, водного или неводного. Также анодированием называют ещё и оксидирование — создание оксидной плёнки на поверхности изделия или заготовки в результате окислительно-восстановительной реакции. Анодирование алюминия и его сплавов проводят с целью:

- защиты от коррозии;
- декоративной отделки полированных и обработанных другими механическими способами поверхностей или с целью окраски;
- грунтовки лакокрасочных покрытий и других органических пленок;
- как подслоя для электролитических покрытий;
- создания покрытий с особыми свойствами, например, для электрической и тепловой изоляции, для условий, когда необходимы очень большая пористость и высокая степень адсорбции, или для придания твердости и износостойкости (например, в подшипниках скольжения).

Для цветных металлов наибольшее распространение получило анодное окисление алюминия и его сплавов. Пассивность алюминия и его стойкость в атмосферных условиях объясняется наличием на его поверхности естественной пленки оксида алюминия толщиной 0,005-0,015 мкм. Эта пленка предохраняет алюминий от коррозии во многих нейтральных и слабокислых растворах. Однако, в более жестких коррозионных условиях, например, в кислых и щелочных средах, в присутствии хлоридов, стойкость естественной пленки недостаточна. Анодирование алюминия позволяет увеличить коррозионную стойкость и износостойкость его поверхности, придает ей декоративный вид и высокие электроизоляционные свойства.

Различают химическое и электрохимическое оксидирование (анодное окисление) алюминия. Химическое пассивирование (оксидирование) проводят в окисляющих растворах, например, в хроматно-содовой смеси. Электрохимические методы, не смотря на их сложность, используют чаще,

т.к. получаемые при этом оксидные пленки обладают самыми разнообразными свойствами.

При анодировании алюминиевых сплавов деталь погружают в электролит (водный раствор серной кислоты (H_2SO_4)) и соединяют с положительным полюсом источника тока (анодом). Однако, упрощённые представления о том, что выделяющийся при этом кислород взаимодействует с алюминием, образуя на его поверхности оксидную плёнку – мало соответствуют реальному механизму электрохимического анодирования (Приложение 1). Существует два распространённых вида электрохимического анодирования – «теплое» и «холодное». Одним из наиболее простых в исполнении процессов считается «теплое» анодирование. С его помощью можно окрасить поверхность металла. Но при простоте исполнения, у такой технологии есть существенный недостаток – получаемое покрытие достаточно хрупкое и плохо сопротивляется внешним воздействиям. Более того, при ошибках в работе полученное покрытие может легко стираться даже при проведении по образцу рукой. Поэтому «теплое» анодирование чаще всего используют как предварительный этап обработки изделия, например, покрытие его прочной эпоксидной краской. «Холодное» анодирование наиболее трудно реализуемо в домашних условиях. Отличительной чертой данной технологии является необходимость поддержания низкой температуры во время протекания процесса. Покрытие, получаемое в результате «холодного» анодирования, твёрдое. Также есть недостаток – это отсутствие возможности использования органических красителей.

Глава 2. Технология изготовления установки для анодирования алюминия.

За основу установки был взят охладитель для газированных напитков. Сам охладитель состоял из двух частей – это змеевик с расположенным на нём устройством размешивания антифриза (Приложение 2) и охлаждающий резервуар, в котором находится змеевик с охлаждающей жидкостью. В холодильнике также находится компрессор и радиатор (Приложение 3 Приложение 4). Для самой установки используется только охлаждающая часть, так как для «холодного» анодирования необходимо поддерживать отрицательную температуру, подбирая её значение в зависимости от условий анодирования. Для контроля температуры и для отсчета времени был собран блок управления на базе Arduino Nano, а для вывода температуры и значения таймера был выбран LCD дисплей 1602 (Приложение 5). Для установки времени используются две кнопки, расположенные на передней панели блока управления. В блоке установлен зумер, который оповещает об окончании процесса анодирования. Самый подходящий, датчик для измерения

температуры ds18b20 (Приложение 6), так как нам надо измерять температуру агрессивной среды, датчик помещён в герметичную стеклянную пробирку, с засыпанным внутрь песком (Приложение 7). Блок управления питается от зарядного устройства для мобильного телефона на 5V 2A. Сам процесс анодирования происходит в специально изготовленной из пластиковой канистры от анитифриза ёмкостью на 22 литра. Ёмкость должна соответствовать следующим требованиям: материал емкости должен быть химически устойчив к агрессивным средам (электролит, антифриз) и не должен обладать электропроводимостью. Катод был изготовлен из свинцового листа толщиной 2 мм, так как надо было получить большую площадь соприкосновения электролита с катодом. Чтобы сам процесс происходил более быстро и качественно, пришлось разделить полосу на две равные части по длине и спаять их для увеличения площади. Уже спаянная полоса была помещена на дно ёмкости (Приложение 8). Чтобы соединить катод с источником питания, было выполнено ответвление от спаянной полосы путём её разрезания. Впоследствии она была загнута поверх канистры, где просверлил отверстие под контакт для соединения силового провода сечением 10 мм² (Приложение 9). Анод был изготовлен из 5 мм полосы и закреплён на специальный узел крепления его на канистру (Приложение 10,11). Чтобы пластина не имела электрического контакта с корпусом, были изготовлены диэлектрические накладки. Также на анодной пластине было просверлено отверстие диаметром 14 мм, для соединения с силовым проводом. Так как медный провод нельзя соединять с алюминием из-за возникновения эффекта гальванической пары, было решено выполнить соединение при помощи металлического болта с гайками и шайбами (Приложение 12). Для процесса анодирования используется мощный лабораторный блок питания на 30V 30A. В процессе анодирования на обрабатываемой детали появляются пузырьки кислорода, которые затрудняют доступ электролита к её поверхности и мешают химическому процессу появления оксидной плёнки. Для удаления этих пузырьков было использовано устройство, создающее вибрацию анодной шины, на которой закреплены детали. За основу устройства был взят электродвигатель, рассчитанный на напряжение 12В. Диаметр стартера мотора 28 мм, длина 35 мм (Приложение 13). В САПР «Компас-3D» был разработан корпус вибромотора, препятствующий проникновению выделяемого в процессе анодирования водорода в электродвигатель (Приложение 14, Приложение 15). Это условие необходимо для соблюдения техники безопасности. Корпус вибромотора был напечатан на 3D-принтере «PICASO 3D Designer» из чёрного ABS-пластика. После установки двигателя в корпус, на валу двигателя был закреплён эксцентрик – латунная шайба диаметром 15 мм и толщиной 2 мм.

Глава 3. Сущность электрохимического процесса анодирования алюминия.

При электрохимическом анодировании применяется процесс электролиза в растворе серной кислоты с нерастворимым алюминиевым анодом. При прохождении электрического тока через электролит на алюминиевом аноде происходит электрохимическое окисление воды по реакции



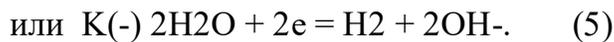
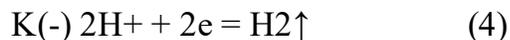
Кислород, полученный при этом, химически окисляет алюминиевую поверхность



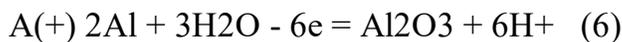
и поверхность примесей, выступающих из кристаллической решетки сплава. В общем виде процесс анодного окисления алюминия можно представить уравнением



Благодаря этому поверхность алюминиевой основы полностью покрывается утолщенной пассивной пленкой, включая и дефекты ее на границах с кристаллами – примесями. Полученная утолщенная пассивная пленка на алюминии и его сплавах обладает весьма высокой твердостью. На катоде происходит восстановление ионов водорода H^+ или молекул воды по реакции



Просуммировав анодную и катодную реакции, получим суммарное уравнение процесса оксидирования (окисления) алюминия



Глава 4. Технологический процесс анодирования алюминия.

Важным фактором, влияющим на качество анодирования, является температура электролита. При большой температуре поры алюминия становятся больше и деталь впоследствии окрашивается лучше. А при отрицательной температуре поры, наоборот, меньше, и из-за этого деталь не получает ярко выраженного цвета окраски.

Процесс анодирования состоит из следующих этапов:

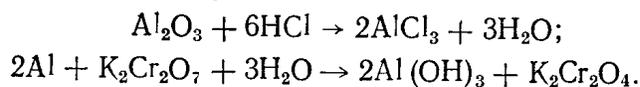
- закрепление детали на подвесе
- обезжиривание
- анодирование
- окраска
- закрепление наружного слоя
- определение защитных свойств оксидной пленки

Для достижения нужной силы тока деталь должна хорошо контактировать с подвесом, а подвес - с анодной пластиной. Иногда рекомендуется обматывать образец проволокой, но это ненадежно. Хороший зажим должен состоять из алюминиевой резьбовой контактной шпильки, что позволит тщательно прижать электрод к детали. Прежде чем приступить к анодированию алюминия, необходимо тщательно очистить образец. На нем не должно быть никаких загрязнений. Поверхность обезжиривают и удаляют предыдущий слой металлического оксида, так как его наличие способно помешать равномерному образованию нового покрытия. После удаления всех загрязнений и шлифовки образец погружают в щелочной раствор для того, чтобы на поверхности образовались микропоры, которые увеличили бы плотность поверхности. Этот процесс похож на травление. Процесс анодирования заключается в следующем. В ванну с электролитом, в качестве которого могут быть растворы как неорганических кислот, например, серной, так и органических, например, щавелевой, погружают изделие, электрически соединённое с анодом. От состояния электролита напрямую зависит качество анодирования, из-за чего следует внимательно относиться к его выбору и подготовке. В данном исследовании в качестве электролита была использована серная кислота. При анодировании важным фактором качественного результата является температура электролита. При большей температуре поры алюминия становятся больше и из этого следует, что покрытие будет пористое и более «рыхлое». При отрицательной температуре поры, наоборот, меньше, и из-за этого деталь приобретает более плотный слой анодирования. После анодирования поры в металле ещё открыты, эту

особенность используют для окрашивания детали в любой цвет, например, синий. Краску я подбирал очень долго, но так и не находил нужную по качеству. Позже выяснилось, что подходящей краской является мелкодисперсионная краска, используемая в струйном принтере. После анодирования на образце появляются поры различного диаметра, которые необходимо закрыть, чтобы добиться прочности. Для этого необходимо опустить деталь в горячую воду на 25-30 минут. После стекания промыть теплой дистиллированной водой.

Определение защитных свойств оксидной пленки.

Коррозионную стойкость пленки приблизительно можно поставить в пропорциональную зависимость от времени. По происшествии которого, нанесенная на поверхность пленки капля раствора, состоящего из 3грамм дихромата калия, 25мл соляной кислоты (удельный вес 1,19) и 75мл дистиллированной воды, зеленеет. Переход оранжевой окраски капли в зеленую наступает в результате восстановления алюминием шестивалентного хрома до трехвалентного после растворения пленки оксида алюминия. Процесс растворения пленки протекает в соответствии с реакциями:



Для испытания коррозионной устойчивости оксидной пленки на поверхность каждого образца по диагонали в трех точках из капельницы наносят три капли и по часам отмечают время, через которое край капли раствора начнет зеленеть. Толщину оксидной пленки на образцах определяют с помощью таблицы 1.

Температура, °С	11..13	14..17	18..21	22..26	27..32
Норма времени, мин	10	8	5	4	3

(время в минутах указано для толщины пленки порядка 5 мкм в соответствующем интервале температур)

Заключение.

В ходе проводимых экспериментов удалось получить довольно качественное анодированное покрытие. Получены новые знания в электрохимической обработке деталей. Изучены особенности окрашивания деталей. Выявлены преимущества и недостатки «холодного» и «теплого» способов анодирования. При использовании «холодного» способа покрытие получается прочнее, чем при «тёплом», но при этом окрашиваются детали при «тёплом» анодировании лучше. Эксперименты в этой области планирую продолжить, интерес вызывает процесс анодирования алюминия в щелочном электролите и последующее окрашивание растворами минеральных солей. Все детали для изготовления установки можно приобрести через торговую сеть и в интернет-магазинах. Они доступны по своей стоимости, кроме охладительного устройства, которое мне, по счастливой случайности удалось приобрести почти бесплатно у местного предпринимателя.

Литература.

1. Википедия, свободная энциклопедия Интернета, <http://ru.wikipedia.org>
2. Анодирование <https://oxmetall.ru/metalli/alyuminij/anodirovannyj>
3. Коровин Н.В. Общая химия.- М.: Высш.шк. 2000.-558 с.
4. Гальванотехника: Справочник.-М.: Металлургия, 1987.-736 с.
5. Прикладная электрохимия./ Под ред. А.П.Томилова.- М.: Химия, 1984.-520 с.