SOUTHERN BRAZILIAN JOURNAL OF CHEMISTRY 2021 VIRTUAL CONFERENCE

COMPARISON OF TWO STAINING METHODS FOR ANODIZING IN ALLOY 6063 ALUMINUM PROFILES

PESSUTTO, Ana Carla ^{1*}; JONKO, Eliena ²;

¹Universidade de Caxias do Sul, Engenharia Química

² Universidade de Caxias do Sul, Laboratório de Corrosão e Proteção Superficial

* Correspondence author
e-mail: acpessutto1@gmail.com

Received 02 October 2021; received in revised form 5 November 2021; accepted 14 November 2021

ABSTRACT

Aluminum stands out for being a light, corrosion-resistant, and recyclable metal, achieving wide coverage in the market. When incorporated into alloying elements, it is possible to acquire other desirable characteristics. Alloy 6063, intended for architectural purposes, has aesthetic, structural, and strength functions. This study aims to compare two different staining methods on the surface of anodized profiles of aluminum alloy 6063. Anodized finishing is performed through an electrolytic process using sulfuric acid as an electrolyte to change the surface layer of the material, ensuring a more resistant aluminum oxide film than that formed naturally. For decorative purposes, the anodic film coloration can be performed by several methodologies, including, in this case, the coloration by organic adsorption, with the use of aniline, and the electrolytic coloration, composed of tin sulfate salts, both for obtaining the black color. To compare, neutral saline mist tests, scanning electron microscopy analysis, determination of the anodic layer thickness, and immersion tests with 3.5 percent sodium chloride for 1000 hours. The results obtained highlight that both were shown to be resistant to corrosion due to the fact that they do not present corrosion points when exposed to the neutral saline mist test for 600 hours. In the immersion tests, both remained resistant to sodium chloride. Because both methodologies present satisfactory results in all tests, the quality of the applied stains is ensured, and it is found that they are equivalent when the parameters discussed are used.

Keywords: *Aluminium alloys. Anodizing. Corrosion resistance. Coloring.*

1. INTRODUÇÃO

O mercado do alumínio (Al) em escala industrial no Brasil, de acordo com informações da Revista Alumínio (2019), registrou aumento no consumo de produtos fabricados de Al em cerca de 10 % do ano de 2017 para o ano de 2018, sendo este oriundo de matéria-prima virgem e de reciclagem, com tonelagem de 1 milhão e 383 mil.

Levando-se em consideração as questões ambientais, em alta no atual cenário mundial, é de suma importância avaliar os impactos causados durante a produção e a utilização dos metais. Dentre estes, o Al tem destaque por ser um metal leve e versátil, além de resistente à corrosão e reciclável, obtendo ampla aplicação no mercado.

Em busca de materiais com durabilidade, resistência à corrosão e de embelezamento da superfície, podem ser realizados, embasado na

engenharia de superfície, tratamentos que envolvem as mudanças das propriedades visando obter estas características.

A anodização é um dos tipos tratamentos de superfície mais aplicados sobre peças de Al. O processo é realizado com o intuito de formar uma fina camada de óxido de alumínio (Al_2O_3) que possibilita o aumento da vida útil do material, principalmente pelo fato de formar um filme cristalino, com poros de maior espessura, resistente à abrasão e à corrosão, proporcionando maior durabilidade aos meios que ficará exposto.

Devido à camada de óxido ser bastante porosa, a mesma pode vir a ser base para a aplicação de cores, quando o material for utilizado para fins decorativos. Há diferentes metodologias que podem propiciar cor ao material, sendo as mais frequentes a pôr imersão, através da adsorção de substâncias orgânicas com o uso de

anilinas ou outros componentes; e a pôr coloração eletrolítica, com o auxílio de eletrólitos e de sais metálicos, havendo entre estes processos diferenciações na aparência e na durabilidade.

Com isso, verifica-se a necessidade de comparar estes dois métodos para colorir a camada anódica sobre perfis da liga de alumínio 6063, avaliando-se o desempenho da resistência que o material possui contra a corrosão em meios neutros e em meios agressivos, além da resistência às intempéries enquadrados em cada processo.

2. MATERIAIS E METOOS

2.1. Materiais

Os corpos de prova utilizados foram perfis extrudados de liga de Al 6063, com tratamento térmico de solubilização, têmpera e envelhecimento (T6), amplamente utilizado para perfis destinados à construção civil.

A primeira etapa do processo foi a coleta de perfis de 6 m de comprimento e a realização do jateamento mecânico com pequenas esferas de aço inox. O objetivo do jateamento, neste caso, remete à homogeneização da superfície, eliminando possíveis manchas e riscos.

Após, realizou-se o corte, com 20 cm de comprimento, e furos nas extremidades dos corpos de prova. Posteriormente foram enganchados com pequenos ganchos de alumínio, em bases de Al de liga 6063, para que o material pudesse receber a passagem de corrente elétrica durante o processo de anodização.

Os corpos de prova, tanto para a coloração eletrolítica, quando para a coloração por imersão passaram pelas etapas de limpeza, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1. Etapas de limpeza

Banho	Produto químico	Concentração (g/L)	Tempo (min)	Temperatura (°C)
Desengraxe	Ácido sulfúrico	147	10	20
Fosqueamento	Hidróxido de sódio	65,33	5	5
	Alumínio	101,7		
Neutralizante	Ácido sulfúrico	147	10	30

Fonte: Os Autores

Na etapa seguinte, foi realizada a anodização para formar uma espessura de 20 µm, submetida as condições descritas no Quadro 2.

Quadro 2. Condições do banho de anodização

Produto químico	Concentração (g/L)	Tempo (min)	Temperatura (°C)	Densidade de corrente (A/dm²)
Ácido sulfúrico	197,96	30	21	1,5
Alumínio	11,16			

Fonte: Os Autores

Neste tanque são necessários contatos de cobre na base superior, o que possibilita a condução da corrente elétrica ao material. Também estava composto por eletrodos da liga de Al 6063 nas laterais do tanque, posicionados verticalmente. Após todas as etapas apresentadas, os corpos de prova passaram por enxagues.

A etapa seguinte tem por função colorir a camada anódica formada. Os estágios foram realizados de maneiras diferentes para os dois métodos de coloração aplicados.

Para a coloração eletrolítica, os corpos de prova foram submetidos as condições de acordo com o Quadro 3, para a obtenção da cor preta.

Quadro 3. Características do banho de coloração eletrolítica

Produto químico	Concentração (g/L)	Tempo (min)	Temperatura (°C)	Densidade de corrente (A/dm²)
Ácido sulfúrico	20	12	24	0,8
Sulfato de estanho	10,81			

Fonte: Os Autores

Neste estágio, assim como no banho de anodização, contava-se com a presença de contatos de cobre, além de eletrodos de aço inox 316 posicionados na lateral do tanque. Para obter-se a coloração preta, o retificador possuía um programa com diferentes correntes, tempos e amplitudes de onda, para o depósito de estanho (Sn) na base do poro.

Em seguida, os corpos de prova foram direcionados para a selagem, conforme Quadro 4.

Quadro 4. Características do banho de selagem a frio para coloração eletrolítica

Produto químico	Concentração (ppm)	Tempo (min)	Temperatura (°C)	pH
Níquel	1467,75	20	30	6,80
Flúor	700			

Fonte: Os Autores

Em paralelo, foi realizada a coloração por adsorção orgânica. Nesta, os corpos de prova

foram imersos em uma solução contendo anilina na cor preta, conforme Quadro 5.

Quadro 5. *Características banho de coloração por adsorção orgânica*

Produto químico	Marca	Concentração (g/L)	Tempo (min)	Temp. (°C)	pH
Sanodal Preto Escuro H-BL	Clariant	10	30	57	5,6

Fonte: Os Autores

A anilina utilizada se destaca pela resistência à luz e ao calor, possuindo características para a exposição em áreas externas, direcionadas à fins arquitetônicos. Em seguida, passou-se para a selagem, abordada no Quadro 6.

Quadro 6. *Características selagem a frio para coloração por adsorção orgânica*

Produto químico	Concentração (ppm)	Tempo (min)	Temperatura (°C)	pH
Níquel	1800	20	18	7,12
Flúor	300			

Fonte: Os Autores

Os corpos de prova de ambas as metodologias foram enxaguados e direcionados para uma estufa durante 30 min, a 75 °C, com queima por GLP para a secagem do material.

2.2. Métodos

Os métodos de análise foram realizados a fim de obter-se um padrão comparativo entre as metodologias de coloração do filme anódico.

2.1.1. Microscopia eletrônica de varredura por emissão de campo (MEV/FEG)

Para a visualização da superfície a nível microscópico e a medição da espessura da camada anódica, foi realizado um ensaio através de um microscópio eletrônico de varredura por emissão de campo (MEV/FEG), realizado no Laboratório Central de Microscopia (LCMIC), da Universidade de Caxias do Sul.

2.1.2. Névoa Salina Neutra

O método consiste em manter os corpos de prova em uma câmara fechada que simula a atmosfera marinha, por base na norma ASTM B117 (2018), por meio de uma solução de cloreto de sódio (NaCl P.A.) a 5 %, com pH mantido em

uma faixa de 6,5 a 7,2 e temperatura de 35 °C (PERTILE; BEUX; BIRRIEL, 2018). O ensaio foi realizado no Laboratório de Corrosão e Proteção Superficial (LCOR), da UCS.

2.1.3. Ensaio de Imersão

O ensaio de imersão foi baseado na norma ASTM G31-12a, com uma solução de NaOH 0,1 M, pelo período de 1.000 horas, em triplicata. Os principais efeitos que podem ser analisados a olho nu são a descoloração, mudança de brilho e pontos de corrosão. Também foi realizado um corte em forma de X em cada corpo de prova.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES:

3.1. Microscopia eletrônica de varredura por emissão de campo (MEV/FEG)

No corpo de prova para coloração por adsorção orgânica, a média obtida da espessura do filme anódico é de 22,7 µm, conforme (a), na Figura 1. Já na coloração eletrolítica, a média de espessura é 20,2 µm, conforme (b), na Figura 1.

Figura 1. *Camada anódica obtida na coloração por adsorção orgânica*

Nota: Magnificação de 2.000x.
Fonte: A Autora (2020).

Observa-se, numericamente, que a camada anódica possui espessura uniforme em ambos os corpos de prova. Ressalta-se que há a presença de alguns picos e vales, que são formados devido à presença destes na própria camada do substrato do metal, tendo em vista que o filme Al_2O_3 se forma sobre esta superfície (COURROL; PRETO, 2011). Esta uniformidade se dá por diversos fatores do processo, dentre eles, a escolha do eletrólito, a temperatura e o tempo de imersão na solução eletrolítica.

3.2. Névoa Salina Neutra

Nos corpos de prova de coloração por adsorção orgânica, após 192 horas (h) de exposição, observou-se o surgimento de pequenas manchas em várias regiões da superfície. Posteriormente, a 504 horas, manchas maiores foram observadas sobre quase a totalidade da superfície dos corpos de prova.

Já para o ensaio com os corpos de prova de coloração eletrolítica, apenas no período de 192 horas foram visualizadas pequenas manchas sobre a superfície e mais nenhuma alteração foi visualizada a olho nu.

Ambas metodologias foram finalizados em 600 h de exposição e não houveram alterações após o exposto acima. De acordo com a QUALANOD (2020), para ensaios de névoa salina neutra mantem-se os corpos de prova pelo tempo máximo de 336 h e como resultado, não deve apresentar quaisquer pontos de corrosão. Sendo assim, os corpos de prova apresentaram resultados positivos, pois apenas foram visualizadas pequenas manchas, demonstrando que os óxidos formados na anodização foram protetivos contra a corrosão.

3.3. Ensaio de Imersão

Os corpos de prova foram observados em 48 h, 240 h, 408 h, 552 h e 1.000 h de imersão.

Para a coloração por adsorção orgânica, no tempo de imersão de 408 h, visualizou-se alguns pontos de corrosão na interseção realizada. Em 552 h estes pontos de corrosão aumentaram de tamanho, sendo visíveis apenas na interseção, estando a área superficial com aparência igual ao corpo de prova padrão. Em 1.000 h, o corpo de prova apresentou pontos de corrosão ainda mais sobressalentes. No restante da área superficial, nenhum ponto de corrosão foi visualizado a olho nu. Também não foram notadas alterações de cor e nem perda de brilho.

Na coloração eletrolítica, no período de 408 h visualizaram-se alguns pontos de corrosão na interseção. Após 552 h de imersão, estes pontos de corrosão aumentaram de tamanho. Ressalta-se que o restante da área superficial se manteve com aparência igual ao corpo de prova padrão não sendo notada nenhuma alteração de cor e nem de brilho. Em 1.000 h, os corpos de prova apresentaram pontos de corrosão ainda mais sobressalentes. No restante da área, não são visualizados pontos de corrosão, tampouco alteração de cor e perda de brilho.

O Al e suas ligas têm sua passividade destruída quando em contato com íons cloretos (Cl^-), sendo a corrosão mais frequente por pites, que ocorre em pontos ou áreas localizadas (GENTIL, 2017). É possível constatar que a área onde não houve interseção, não ocorreram pontos de corrosão, demonstrando a resistência do filme.

4. CONCLUSÕES:

A partir dos resultados obtidos, conclui-se:

- a) Pode-se observar que os corpos de prova apresentaram filmes homogêneos;
- b) Para o ensaio de névoa salina neutra, ambas as metodologias apresentaram resultados satisfatórios, o que não era esperado pela literatura;
- c) Nos ensaios de imersão em solução de NaCl, não houve perda de coloração e a corrosão foi visível posteriormente a 336 h.

Verifica-se que a metodologia de coloração eletrolítica possui resistência à corrosão, se mantendo com coloração uniforme e boa aparência após ensaios realizados. A coloração por adsorção orgânica também apresentou as mesmas características, se atribuindo estes resultados à anilina testada, que possui modificação estrutural, fazendo com que a mesma resista aos ensaios, sem perder as propriedades. Desta forma, pode-se concluir que é possível equivaler as metodologias para coloração de acordo com os parâmetros testados.

5. REFERENCIAS:

1. REVISTA ALUMÍNIO. **Consumo de alumínio no Brasil cresce em 10% em 2018**. 25 abr. 2019. Disponível em: <https://revistaaluminio.com.br/consumo-de-aluminio-no-brasil-cresce-10-em-2018/>. Acesso em: 30 mar. 2020.
2. PERTILE, T. S.; BEUX, T. D.; BIRRIEL, E. J. In: INTERCORR. 38., São Paulo, 2018. **Anais [...]**. São Paulo: ABRACO. 2018. 9 p.
3. COURROL, L. C.; PRETO, A. O. **Óptica geométrica** [online]. 1. ed. São Paulo: Editora Unifesp, 2011. 168 p.
4. GENTIL, V. **Corrosão**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017. 360 p.
5. QUALANOD. **Diretivas para a Marca de Qualidade QUALANOD para Anodização do Alumínio Baseada em Ácido Sulfúrico**. Zuriq, 2020.