

INFLUÊNCIA DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL NA OBTENÇÃO DE REVESTIMENTO SUPERHIDROFÓBICO PARA PROTEÇÃO DA LIGA DE ALUMÍNIO 5052

Isadora S. Frozza[1]; Daiana G. Sacilotto[2]; Sandra R. Kunst[3]; Carlos L. P. Carone[1]

[1] Universidade Feevale, Novo Hamburgo, RS, Brasil.
[2] Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil.
[3] Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
schellisadorafrozza@gmail.com

Palavras-Chave: Molhabilidade, Proteção anticorrosiva, Sol-Gel.

Introdução

As ligas de alumínio apresentam ampla utilização em diferentes aplicações devido à combinação de baixa densidade, propriedades mecânicas e resistência à corrosão. Apesar da formação natural de uma camada de óxido protetora, a exposição a ambientes agressivos, especialmente na presença de íons cloreto, pode favorecer processos corrosivos e comprometer o desempenho do material. Nesse contexto, diferentes estratégias de modificação superficial têm sido estudadas com o objetivo de aumentar a proteção do substrato metálico.

Entre essas estratégias, a obtenção de superfícies superhidrofóbicas apresenta potencial para reduzir o contato entre a superfície metálica e meios aquosos. O comportamento de uma superfície frente à água está relacionado tanto à sua composição química quanto às características de sua morfologia. A presença de rugosidade pode modificar a interação entre a gota e o substrato, favorecendo estados de molhabilidade nos quais parte da interface líquido-sólido é substituída por ar. Para superfícies superhidrofóbicas, são considerados valores de ângulo de contato superiores a 150° (WENZEL, 1936; BHUSHAN; JUNG, 2011).

Além da modificação da topografia, a utilização de compostos de baixa energia superficial pode contribuir para o aumento da hidrofobicidade. O ácido esteárico, por apresentar uma cadeia alifática longa e caráter apolar, tem sido empregado na modificação de superfícies metálicas, possibilitando a obtenção de propriedades hidrofóbicas e contribuindo para a proteção contra a corrosão (ZANG et al., 2014). A combinação entre características morfológicas adequadas e a presença de um composto hidrofóbico pode, portanto, favorecer o desenvolvimento de superfícies com maior repelência à água e menor interação com o meio corrosivo.

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da condição superficial da liga de alumínio 5052 na obtenção de um revestimento à base de ácido esteárico, relacionando a modificação da rugosidade com a molhabilidade e a resistência à corrosão. Foram comparadas superfícies como recebida, lixada e jateada, todas posteriormente revestidas com ácido esteárico.

Material e Métodos

Foram utilizados substratos da liga de alumínio 5052 submetidos a três condições de preparação superficial: como recebida (L), lixada (#) e jateada (J). O lixamento foi realizado manualmente e o jateamento foi conduzido utilizando micropartículas de alumina com granulometria de 50 µm. Após a preparação superficial, as amostras foram submetidas a desengraxe em solução alcalina durante 5 min, lavadas com água deionizada e secas com jato de ar quente.

O revestimento foi preparado a partir de uma solução contendo 1% de ácido esteárico em etanol, mantida sob agitação eletromagnética durante 30 min. A deposição foi realizada pelo método dip-coating, com as amostras mantidas em contato com a solução durante 3 min. Após a deposição, foi realizada a secagem em estufa a 80 °C durante 60 min. As amostras foram preparadas em triplicata.

A morfologia superficial foi avaliada por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e perfilometria óptica. A molhabilidade foi determinada por medidas de ângulo de contato utilizando gotas de 3 µL de água destilada. Os resultados foram obtidos a partir da média de cinco gotas em cada corpo de prova, considerando as triplicatas.

A resistência à corrosão foi avaliada por espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE), utilizando solução de NaCl 0,1 mol/L, pH 6,0, e área exposta de 1,0 cm². As análises foram realizadas no potencial de circuito aberto após 30 min de estabilização, com sinal de 10 mV e faixa de frequência de 10^4 a 10^{-2} Hz, acompanhando as amostras durante 96 h de imersão. Como avaliação complementar, foi realizado ensaio de névoa salina segundo as normas ASTM B117 e NBR 8094, utilizando solução de NaCl de 50 g/L a 35 °C.

Resultados e Discussão

A modificação da condição superficial da liga de alumínio 5052 apresentou influência significativa sobre o comportamento do revestimento de ácido esteárico (SA). A superfície como recebida apresentou rugosidade média aritmética (Ra) de 0,545 µm, enquanto o lixamento elevou esse valor para 0,993 µm e o jateamento promoveu aumento mais expressivo, atingindo 2,536 µm. Dessa forma, o jateamento produziu uma topografia superficial mais pronunciada, favorecendo a interação entre a rugosidade do substrato e o revestimento de baixa energia superficial.

Essa alteração da topografia refletiu diretamente no comportamento de molhabilidade das superfícies revestidas. Para as condições com aplicação de ácido esteárico, foram obtidos ângulos de contato médios de 124,5° para L/SA, 136,7° para #/SA, 158,9° para J/SA e 155,7° para J+#/SA. Assim, o aumento da rugosidade promovido pelo jateamento foi mais efetivo para elevar a repelência à água, permitindo que a condição J/SA atingisse comportamento superhidrofóbico. Em pontos específicos dessa condição, foram observados valores de até 169,8°, conforme apresentado na Figura 1.

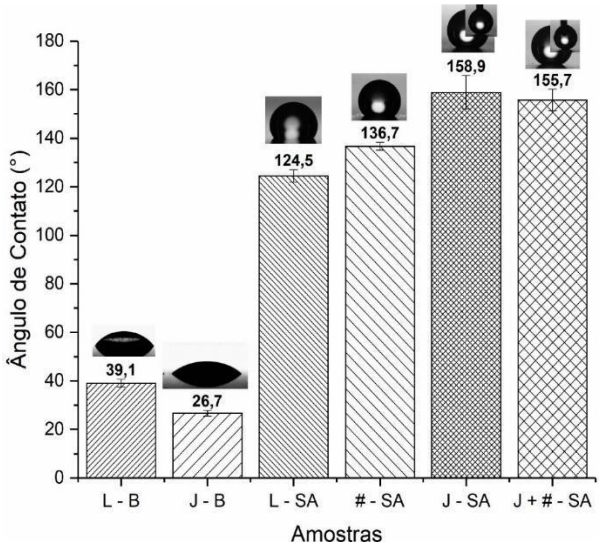


Figura 1. Ângulo de contato do substrato de alumínio 5052 sem revestimento e das superfícies revestidas com ácido esteárico após diferentes tratamentos superficiais.

Os resultados mostram que a aplicação do ácido esteárico, isoladamente, não foi suficiente para produzir a condição superhidrofóbica, sendo necessária sua associação com uma topografia superficial adequada. Enquanto a superfície lisa apresentou 124,5°, o lixamento elevou o ângulo para 136,7°. O jateamento, por produzir uma rugosidade mais pronunciada, elevou o valor para 158,9°. Por outro lado, o lixamento realizado após o jateamento reduziu ligeiramente o ângulo para 155,7%, indicando que esse tratamento adicional não proporcionou ganho de hidrofobicidade. A diferença observada reforça que não apenas a presença de rugosidade, mas suas características, influencia a resposta de molhabilidade do revestimento.

A maior hidrofobicidade obtida para a superfície jateada também se refletiu no comportamento frente à corrosão. Nos ensaios de espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE), a condição J/SA apresentou o melhor desempenho entre as superfícies revestidas. Os diagramas de Bode indicaram um fenômeno em altas e médias frequências associado à proteção de barreira do revestimento superhidrofóbico. Esse comportamento foi relacionado à combinação entre as propriedades do filme de ácido esteárico e a rugosidade do substrato, que dificulta o contato da solução eletrolítica com a superfície metálica.

Essa relação entre hidrofobicidade e proteção anticorrosiva fica mais evidente quando os resultados de ângulo de contato são relacionados à resistência real obtida por EIE. A condição J/SA, que apresentou ângulo de contato superior a 150°, também apresentou a maior resistência à corrosão após 1 h de imersão em NaCl. Dessa forma, o aumento da repelência à água proporcionado pela combinação entre rugosidade e ácido esteárico esteve associado à redução da interação entre o eletrólito e o substrato metálico.

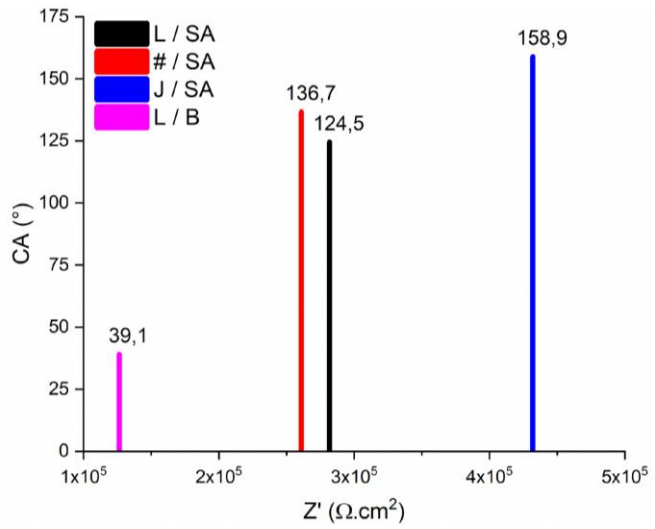


Figura 2. Relação entre o ângulo de contato e a resistência real das superfícies de alumínio 5052 revestidas com ácido esteárico após 1 h de imersão em NaCl 0,1 mol/L.

A tendência observada após 1 h de imersão também foi mantida durante a exposição prolongada. O revestimento J/SA permaneceu com a maior resistência à corrosão entre as condições avaliadas até 264 h de imersão, embora tenha ocorrido redução gradual da resistência com o aumento do tempo de exposição. Esse comportamento indica que a condição superhidrofóbica não apenas aumentou a repelência inicial à água, mas também contribuiu para a manutenção da proteção durante a exposição ao eletrólito.

A tendência obtida por EIE foi ainda corroborada pelo ensaio de névoa salina. Após 1632 h de exposição, a superfície jateada revestida com ácido esteárico apresentou desempenho superior às demais condições. Enquanto as superfícies lisa e lixada atingiram o grau B1 após 48 h, a condição jateada permaneceu em B0 até 96 h e apresentou maior permanência nos demais níveis de corrosão.

Em conjunto, os resultados demonstram que a modificação da topografia superficial foi determinante para potencializar o efeito do ácido esteárico. O jateamento proporcionou a rugosidade necessária para a obtenção da superhidrofobicidade e, consequentemente, esteve associado ao melhor desempenho anticorrosivo observado nos ensaios eletroquímicos e de névoa salina. Assim, a preparação adequada do substrato mostrou-se fundamental para o desempenho do revestimento de ácido esteárico sobre a liga de alumínio 5052.

Conclusões

A condição superficial da liga de alumínio 5052 exerceu influência significativa sobre o desempenho do revestimento de ácido esteárico. As superfícies como recebida, lixada e jateada apresentaram ângulos de contato de 124,5°, 136,7° e 158,9°, respectivamente, sendo observados valores de até 169,8° para a condição jateada. Assim, a associação entre a rugosidade produzida pelo jateamento e o revestimento de ácido esteárico possibilitou a

obtenção de comportamento superhidrofóbico. Essa condição também apresentou a maior resistência à corrosão nos ensaios de EIE e o melhor desempenho em névoa salina. Os resultados indicam que a combinação entre modificação da topografia e aplicação de ácido esteárico é uma alternativa promissora para aumentar a proteção da liga de alumínio 5052 contra processos corrosivos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Feevale e à UFRGS pelo suporte à realização deste trabalho.

Referências

BARATI DARBAND, G.; ALIOFKHAZRAEI, M.; KHORSAND, S.; SOKHANVAR, S.; KABOLI, A. Science and Engineering of Superhydrophobic Surfaces: Review of Corrosion Resistance, Chemical and Mechanical Stability. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 13, n. 1, p. 1763–1802, 2020. DOI: 10.1016/j.arabjc.2018.01.013.

BHUSHAN, B.; JUNG, Y. C. Natural and biomimetic artificial surfaces for superhydrophobicity, self-cleaning, low adhesion, and drag reduction. **Progress in Materials Science**, v. 56, n. 1, p. 1–108, 2011. DOI: 10.1016/j.pmatsci.2010.04.003.

FERRARI, M.; BENEDETTI, A. Superhydrophobic surfaces for applications in seawater. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 222, p. 291–304, 2015. DOI: 10.1016/j.cis.2015.01.005.

HUANG, Y.; SARKAR, D. K.; CHEN, X. G. Superhydrophobic aluminum alloy surfaces prepared by chemical etching process and their corrosion resistance properties. **Applied Surface Science**, v. 356, p. 1012–1024, 2015. DOI: 10.1016/j.apsusc.2015.08.166.

MALTA, M. I. C.; VIEIRA, M. R. S.; DA SILVA, R. G. C.; et al. Superhydrophobic surfaces on 5052 aluminum alloy obtained from LDH film modified with stearic acid for enhanced corrosion protection. **Materials Research**, v. 22, n. 6, 2019. DOI: 10.1590/1980-5373-MR-2018-0882.

VARSHNEY, P.; MOHAPATRA, S. S.; KUMAR, A. Superhydrophobic coatings for aluminium surfaces synthesized by chemical etching process. **International Journal of Smart Nano Materials**, v. 7, n. 4, p. 248–264, 2016. DOI: 10.1080/19475411.2016.1272502.

VAZIRINASAB, E.; JAFARI, R.; MOMEN, G. Application of superhydrophobic coatings as a corrosion barrier: a review. **Surface and Coatings Technology**, v. 341, p. 40–56, 2018. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2017.11.053.

WENZEL, R. N. Resistance of solid surfaces to wetting by water. **Industrial & Engineering Chemistry**, 1936. DOI: 10.1021/ie50320a024.

XIONG, J.; SARKAR, D. K.; CHEN, X.-G. Superhydrophobic honeycomb-like cobalt stearate thin films on aluminum with excellent anti-corrosion properties. **Applied Surface Science**, v. 407, p. 361–370, 2017. DOI: 10.1016/j.apsusc.2017.02.203.

ZANG, D.; ZHU, R.; ZHANG, W.; WU, J.; YU, X.; ZHANG, Y. Stearic acid modified aluminum surfaces with controlled wetting properties and corrosion resistance. **Corrosion Science**, v. 83, p. 86–93, 2014. DOI: 10.1016/j.corsci.2014.02.003.