

15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

PROTEÇÃO CONTRA CORROSÃO DA LIGA DE ALUMÍNIO 7075 COM REVESTIMENTO DE POLIPIRROL

LARA N. ALMEIDA¹, LEONARDO M. EVANGELISTA², ANDRÉA S. LIU³, LIU Y. CHO⁴

¹Graduanda em Licenciatura em Química, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Câmpus São José dos Campos, lara.a@aluno.ifsp.edu.br

²Mestrando em Processamento de Materiais, IP&D, UNIVAP, leonardo.motta098@gmail.com

³Docente do curso de Licenciatura em Química, IFSP, Câmpus São José dos Campos, aliu@ifsp.edu.br

⁴Diretor da Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo, FEAU - UNIVAP, liu@univap.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.03.05.04-7 Polímeros, Aplicações.

RESUMO: O alumínio é amplamente empregado no setor industrial devido à baixa massa específica e excelente resistência à corrosão, atribuída à formação de uma camada passiva e compacta. No entanto, a incorporação de elementos de liga pode promover a formação de pares galvânicos, favorecendo a corrosão localizada, o que pode comprometer a resistência mecânica do material. A liga de alumínio 7075, utilizada na indústria aeroespacial, é composta pela adição de zinco, magnésio e cobre, o que favorece a formação de pites em certos ambientes corrosivos. Atualmente, a proteção dessas ligas pode ser realizada utilizando compostos à base de cromo hexavalente, que apesar de serem inibidores de corrosão eficientes, têm seu uso restrito devido aos riscos à saúde humana e aos impactos ambientais. O polipirrol é um polímero condutor que tem sido investigado como uma alternativa viável aos compostos tóxicos para a proteção de metais oxidáveis. A eficiência desses materiais para proteger ligas metálicas depende das condições de eletrossíntese, como densidades de corrente ou potenciais aplicados, natureza do solvente e do dopante. Nesse contexto, este estudo visa investigar o desempenho do polipirrol, eletrodepositado em meio de acetonitrila contendo ácido fosfórico, para proteger a liga de alumínio 7075 contra a corrosão.

PALAVRAS-CHAVE: alumínio 7075; corrosão; camada de polipirrol.

CORROSION PROTECTION OF 7075 ALUMINUM ALLOY BY POLYPYRROLE

ABSTRACT: Aluminum is widely employed in the industrial sector due to its low specific mass and excellent corrosion resistance, attributed to the formation of a passive and compact layer. However, the incorporation of alloying elements can promote to the formation of galvanic pairs, resulting in localized corrosion, which affects the mechanical strength of the material. The 7075 aluminum alloy, used in the aerospace industry, is composed of the addition of zinc, magnesium and copper, which makes it susceptible to pitting in certain corrosive media. Currently, the protection of these alloys can be carried out using hexavalent chromium-based compounds, which, despite being efficient corrosion inhibitors, have their use restricted due to health risks and environmental problems. Polypyrrole (PPy) is a conducting polymer that has been investigated as a viable alternative to toxic compounds in order

to protection of metals susceptible to oxidation. The corrosion performance of these polymeric materials depends on the synthesis conditions, such as applied current density and potential, nature of solvent and dopant. In this context, this study aims to investigate the performance of polypyrrole electrodeposited by applying 1.5 V vs Ag/AgCl in acetonitrile medium containing phosphoric acid, in order to protecting the 7075 aluminum alloy against corrosion.

KEYWORDS: 7075 aluminum; corrosion; polypyrrole.

INTRODUÇÃO

A liga de alumínio 7075 é amplamente reconhecida por suas propriedades físicas e mecânicas excepcionais, resultantes de sua composição química, sendo constituída por aproximadamente 88% de alumínio, 5% de zinco, 2% de magnésio e 1% de cobre. Essa combinação confere à liga uma elevada resistência mecânica e dureza, bem como uma boa condutibilidade térmica e elétrica. A liga 7075 tem destaque na indústria aeroespacial, devido à sua alta resistência à tração e à fratura, além de apresentar forjabilidade e usinabilidade adequadas. De acordo com a Associação Brasileira do Alumínio (ABAL), a adição de elementos de liga pode promover a formação de pares galvânicos, o que aumenta a suscetibilidade do material à corrosão localizada. Essa vulnerabilidade é acentuada em ambientes com altas concentrações de íons cloreto, que promovem a formação de pites na liga metálica.

Como alternativa aos métodos de cromatização atualmente utilizados no setor aeronáutico, o uso de polímeros condutores tem sido investigado para proteger as ligas de alumínio contra a corrosão. Dentre esses polímeros, o polipirrol (PPy) se destaca por apresentar facilidade de síntese, estabilidade e baixa toxicidade (Liu, Almeida, 2024). A eletrodeposição do PPy realizada em meio orgânico (menos nucleofílico do que a água), possibilita o uso de dopantes imiscíveis em água, além de permitir a obtenção de revestimentos de PPy com melhores características morfológicas e eletroquímicas, aumentando a sua eficiência contra corrosão (Tuken, 2006). Nesse contexto, o presente estudo busca investigar o desempenho de filmes de polipirrol eletrodepositado sobre a liga de alumínio 7075, em meio de acetonitrila contendo ácido fosfórico, a fim de proteger a superfície metálica contra a corrosão.

MATERIAL E MÉTODOS

Materiais: Em cada experimento, o substrato metálico foi polido com lixas d'água com granulometria 220, 400, 600 e 1200 mesh, respectivamente, e, enxaguados com água destilada. Os ensaios eletroquímicos foram realizados em uma célula contendo três eletrodos: (i) eletrodo de trabalho: liga de alumínio 7075, embutida em Teflon® e com área exposta de 0,53 cm²; (ii) eletrodo auxiliar: bastão de Pt e (iii) eletrodo de referência: eletrodo de Ag/AgCl.

Eletrodeposição: A eletrodeposição do filme de PPy na liga de alumínio 7075 foi realizada em meio de acetonitrila, contendo 0,2 mol L⁻¹ de pirrol (Merk) e 0,1 mol L⁻¹ de ácido fosfórico (PA, Dinâmica). As deposições foram realizadas a potencial controlado de 1,5 V vs Ag/AgCl e à temperatura ambiente, utilizando-se um Potenciostato/Galvanostato da Autolab 302N.

Ensaio de corrosão: Os ensaios eletroquímicos de potencial de circuito aberto (OCP) e de polarização potenciodinâmica foram realizados em meio aquoso de NaCl 0,1 mol L⁻¹ a 25 °C, em uma célula eletroquímica contendo os três eletrodos. Os ensaios de polarização potenciodinâmica foram realizados, variando-se o potencial de -1,5V a +1,0 V, com velocidade de varredura de 1,0 mV.s⁻¹. Os valores de potencial de corrosão (E_{corr}) foram obtidos a partir das curvas de Tafel.

Microscopia Eletrônica de Varredura: A morfologia do revestimento de PPy foi analisada utilizando-se um equipamento da marca Zeiss, modelo EVO MA 10, operando com feixe de elétrons a 20 keV e ampliação de 2000x.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A eletrodeposição da camada de PPy sobre a superfície de alumínio 7075 resultou na formação de um filme preto, compacto e homogêneo que recobriu toda a superfície do substrato metálico.

O desempenho do filme de PPy para proteger a superfície de alumínio 7075 contra corrosão foi investigada por meio de ensaios de potencial de circuito aberto e de curvas de polarização potenciodinâmica, em meio de cloreto, apresentados na Figura 2.

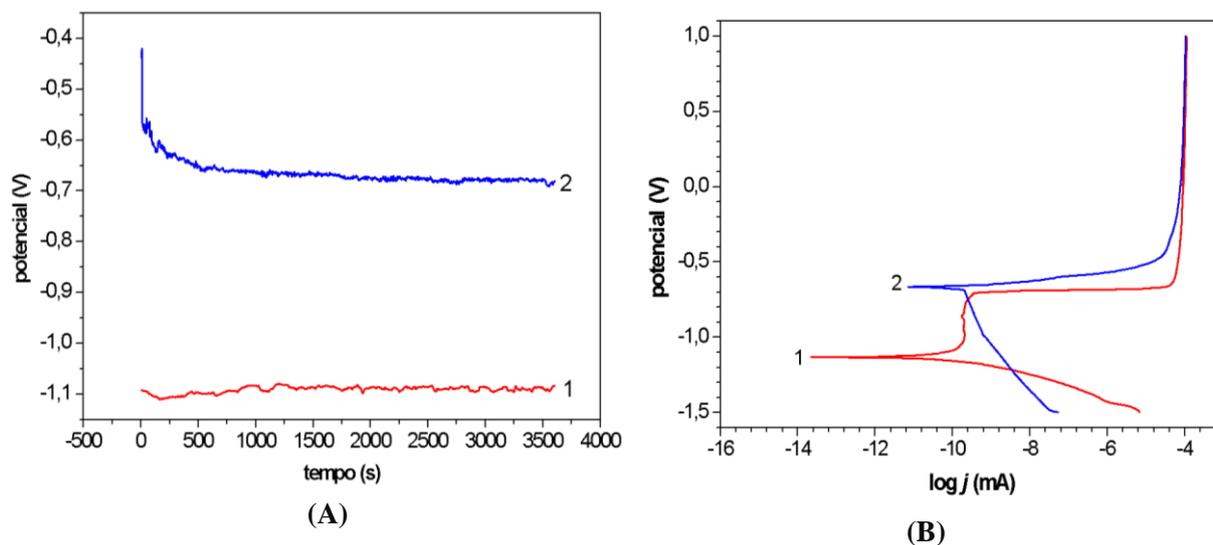


FIGURA 2. (A) Curvas de Potencial de Circuito Aberto e (B) Curvas de Tafel: para as superfícies de alumínio: apenas polida (1) e recoberta por filme de PPy (2).

Conforme evidenciado na Figura 2A, os valores iniciais do potencial de circuito aberto foram deslocados em direção positiva (cerca de 450 mV) para a liga de alumínio recoberta com PPy em relação à liga de alumínio sem revestimento. Este resultado sugere que o filme de PPy aumenta significativamente a resistência à corrosão da superfície de alumínio, exibindo um efeito de barreira, que impede a penetração de espécies agressivas do meio corrosivo (Mert et al., 2011).

Analisando a Figura 2B, observa-se um potencial de pite em -0,70 V para a liga de alumínio não recoberta, o que não foi detectado na superfície revestida com PPy, podendo-se inferir que o polímero pode proteger a liga de alumínio contra o ataque localizado do ânion cloreto. Adicionalmente, o potencial de corrosão do metal recoberto com o PPy foi deslocado para a região mais nobre, o que é um indicativo de proteção contra corrosão.

A morfologia da superfície de alumínio recoberta com o filme de polipirrol foi analisada por MEV, conforme apresentado na Figura 4.

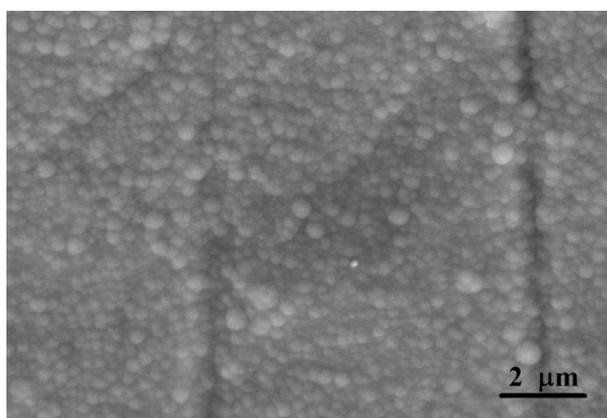


FIGURA 5: Micrografia (MEV) da superfície de alumínio 7075 recoberta pelo PPy.

A micrografia obtida com magnificação de 2000x indica que a morfologia da superfície de alumínio recoberta com PPy exibiu uma estrutura compacta, homogênea e com grãos microesféricos, conforme também retratado na literatura para filmes de PPy dopados com ácido fosfórico em superfícies de aço (CHO, 2023). A compacidade do filme de PPy obtido nesse trabalho pode corroborar para a proteção da superfície de alumínio 7075 em meio corrosivo contendo íons cloreto. Beltran et al.(2022), também relataram que revestimentos de PPy com morfologia compacta mostraram uma notável eficiência contra a corrosão, mesmo em meios agressivos de ácido sulfúrico.

CONCLUSÕES

Os ensaios de polarização potenciodinâmica indicaram que o potencial de corrosão da superfície de alumínio recoberta com o filme de polipirrol (PPy) foi deslocado para valores mais positivos, além de exibirem densidades de corrente anódica inferiores em comparação com as superfícies de alumínio não revestidas. Considerando esses parâmetros como indicadores de desempenho dos filmes poliméricos na proteção contra corrosão, é possível inferir que a camada de PPy pode proteger a liga de alumínio 7075 contra corrosão.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

L.N.A: coleta de dados, elaboração do manuscrito, redação e discussão dos resultados.

L.M.E: coleta de dados e discussão dos resultados.

A.S.L: concepção, metodologia e discussão dos resultados.

L.Y.C: concepção e discussão dos resultados.

Todos os autores contribuíram com a revisão do trabalho e aprovaram a versão submetida.

AGRADECIMENTOS

Ao IFSP pela bolsa de iniciação científica concedida.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (ABAL). Fundamentos e aplicações do alumínio. São Paulo: ABAL, 2007.

PIÑA-BELTRÁN, D. U et al. Electrodeposition and characterization of polypyrrole films on T304 stainless steel. **MRS Advances** v.7, p. 69-72, 2022.

CHO, L.Y.; GUIOTTI, L.G., LIU, A. S. Corrosion performance of polypyrrole-bilayer coating on carbon steel. **Journal Materials Science**. v.1, p.1-16, 2023.

MERT, B. D.; SOLMAZ, R.; KARDAS, G.: YAZ, B. Copper/polypyrrole multilayer coating for 7075 aluminum alloy protection. **Progress in Organic Coatings**, v.72, n 4, p.748-754, 2011.

LIU, A. S., ALMEIDA NETTO, L., EVANGELISTA, L. M., SANTOS, D. M. L., & CHO, L. Y. Electrosynthesis of polypyrrole-bilayer doped with phosphoric and dodecylbenzenesulfonic acids on 2024 aluminum alloy. **Matéria (Rio de Janeiro)**, 29, e20240034, 2024.

TUKEN, T. Polypyrrole films on stainless steel. **Surface and Coatings Technology**, v. 200, p. 4713-4719, 2006