ENG MAT CON
CONGRESSO ONLINE DE ENGENHARIA DE MATERIAIS
27 A 30 de abril 2021
ISBN: 978-65-89908-00-5

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO pH NO PROCESSO DE ELETROGALVANIZAÇÃO EM MEIO ÁCIDO CONTENDO SULFATO SOBRE A EFICIÊNCIA DO PROCESSO E A MORFOLOGIA DO REVESTIMENTO

Gabriel Abelha Carrijo Gonçalves[1], Pedro Manoel Silveira Campos[2], Tácia Costa Veloso[3], Vera Rosa Capelossi[4]*

**gabriel.abelha.carrijo@gmail.com*

RESUMO

Dentre as técnicas utilizadas para a proteção dessas estruturas, pode-se citar o emprego de revestimentos metálicos como a eletrodeposição do zinco sobre o aço, em processo denominado eletrogalvanização. No entanto, o processo é bastante sensível a diversos fatores operacionais e de banho que podem afetar a eficiência do processo, a qualidade do depósito e, consequentemente, a resistência mecânica e à corrosão do material final. Desta forma, o presente trabalho avaliou a eficiência de corrente e as modificações morfológicas por meio da Microscopia Ótica (MO) do aço eletrogalvanizado em diferentes valores de pH inicial do eletrólito em meio ácido contendo sulfato. As amostras foram eletrogalvanizadas em pH inicial 1,5, 2,5 e 3,5, não sendo observada variação com relevância estatística para a eficiência de corrente do processo, obtendo-se, respectivamente (97 ± 2) %, (95 ± 1) % e (97 ± 3) %. Em todas as três condições analisadas resultou no recobrimento do substrato, sendo observado, por meio da MO, que a peça obtida no pH inicial 2,5 foi a que apresentou maior regularidade da morfologia.

Palavras-chave: Revestimento Metálico; Eletrogalvanização; pH de Banho; Eficiência de Corrente; Morfologia do Revestimento.

---

[1] *Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ciência, Inovação e Modelagem em Materiais, Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz.*
[2] *Discente do Bacharelado Interdisciplinar em Ciências, Centro de Formação em Técno-Ciências e Inovação, Universidade Federal do Sul da Bahia.*
[3] *Docente no Centro de Formação em Técno-Ciências e Inovação, Universidade Federal do Sul da Bahia.*
[4] *Docente no Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz.*

ISBN: 978-65-89908-00-5

INTRODUÇÃO

O aço carbono é uma das ligas metálicas mais utilizadas atualmente devido à sua elevada relação custo/benefício. Apesar de possuir boas propriedades mecânicas e de condutividade térmica, de um modo geral, os aços carbono são bastante susceptíveis à corrosão, especialmente os materiais de baixa liga (como o AISI 1008, por exemplo), o que resulta na limitação de seu uso (ASKELAND; WRIGHT, 2016). Devido a esta característica e visando aumentar o tempo de vida útil do material costuma-se empregar técnicas que aumentam a sua resistência à corrosão (NUNES, 2007).

Sobre os tratamentos superficiais, destaca-se o emprego do recobrimento com zinco em processo conhecido como galvanização. Atualmente, os dois principais processos usados para aplicação dos revestimentos à base de zinco são a imersão a quente e a eletrodeposição (PANOSSIAN, 1993). A eletrodeposição do zinco sobre o aço, também conhecida como eletrogalvanização do aço, é um processo que consiste no revestimento do aço carbono (o substrato) com uma fina camada de zinco metálico mediante a imposição de uma corrente proveniente de uma fonte externa (MAJUSTE et al., 2015).

Na eletrodeposição do zinco, diversos fatores como a concentração de zinco no eletrólito, a densidade de corrente, a temperatura, o pH e até mesmo a presença de impurezas no banho podem afetar a eficiência de corrente, a qualidade do depósito e, consequentemente, a resistência mecânica e à corrosão do material, já que estão atrelados à eficiência do processo e podem impactar na morfologia da estrutura cristalina e grãos do material depositado (ALMEIDA et al., 2019; KUL et al., 2020; PAN et al., 2013; SCOTT et al., 1988). Portanto, este trabalho tem por objetivo avaliar a eficiência do processo por meio da eficiência de corrente e a morfologia superficial por Microscopia Ótica (MO) do aço AISI 1008 eletrogalvanizado em meio ácido contendo sulfato em diferentes valores de pH inicial do eletrólito.

METODOLOGIA

A célula eletrolítica consistiu em 3 eletrodos, sendo um cátodo (aço AISI 1008) entre dois ânodos (chumbo), com distância ânodo/cátodo de 10 mm. O processo se deu por via

ISBN: 978-65-89908-00-5

galvanostática e a corrente foi fornecida por uma fonte externa, sendo mantida a densidade de corrente em 30,5 mA/cm². A célula teve a sua temperatura controlada por meio de banho-maria em 50 °C, sob agitação de 380 rpm. O eletrólito utilizado foi constituído por uma combinação de H_2SO_4, Na_2SO_4 (50 g/L) e Zn^{2+} (50 g/L), variando-se o pH inicial em 1,5, 2,5 e 3,5.

A superfície do substrato foi tratada com sucessivas lavagens que consistiram na imersão em acetona por 10 min em banho ultrassônico, seguindo para o desengraxante alcalino (50 g/L, Saloclean, 680 RM) sob agitação de 450 rpm, a 50 °C por 10 min. O processo foi finalizado com a imersão em H_2SO_4 (3 M) por 10 s. Salienta-se que após cada etapa de lavagem descrita, o substrato foi submetido a lavagem em água destilada por 5 min em agitação manual.

A análise morfológica se deu por meio de fotos tiradas após o processo de eletrodeposição e das análises micrográficas obtidas via Microscopia Ótica (S9i, Leica). A eficiência do processo foi determinada eficiência de corrente (Eq. 01), onde e_C representa a eficiência de corrente catódica [%]; m_{ED} representa a massa depositada de zinco [g]; e m_T representa a massa teórica de zinco depositada [g]; M representa a massa atômica do zinco [g/mol]; I representa a intensidade da corrente elétrica [A]; t representa o tempo do processo de eletrodeposição [s]; n representa o número de valência do zinco (n = 2); F representa a constante de Faraday (F = 96485,33 sA/mol).

$$e_c = \frac{m_{ED}}{m_T}.10^2 = \frac{m_{ED}.n.F}{M.I.t}.10^2 \qquad (Eq.01)$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

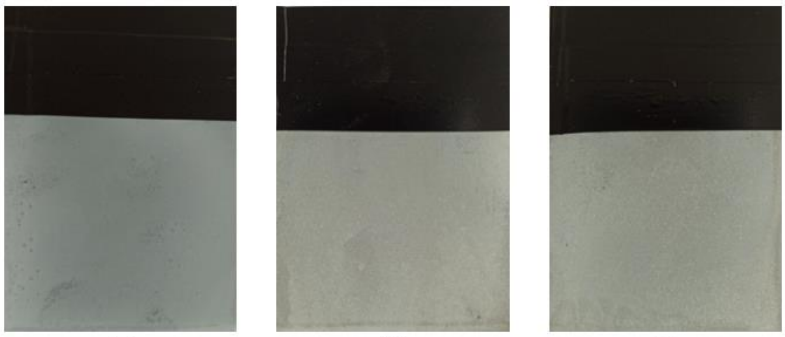
Empregando-se a Eq. 01 foi possível a determinação a eficiência de corrente catódica, sendo obtido (97 ± 2) %, (95 ± 1) % e (97 ± 3) % respectivamente para o pH inicial do eletrólito de 1,5, 2,5 e 3,5. Conforme visto, a variação do pH inicial do eletrólito não impactou a eficiência de corrente do processo de modo significativo, mantendo-se em todos os níveis avaliados eficiência superior a 90 %, conforme esperado para processos realizados em meio ácido (SCHLESINGER; PAUNOVIC, 2010).

ISBN: 978-65-89908-00-5

O pH influencia principalmente na condutividade do eletrólito que por sua vez impacta na taxa de difusão dos íons de zinco até a superfície do cátodo (PANOSSIAN, 2000). Conforme indicado na literatura, quanto menor o pH, maior será a condutividade e mobilidade dos íons no eletrólito o que, à primeira vista, representaria o aumento da eficiência de corrente (ALMEIDA et al., 2019).

No entanto, deve-se também levar em consideração que a eficiência de corrente, conforme já elucidado, refere-se à relação do quanto que a unidade da corrente fornecida ao sistema foi utilizada para reduzir o zinco na superfície do cátodo, sendo a reação de evolução de hidrogênio uma das principais reações concorrentes à reação de redução do zinco. Assim, à medida que a concentração de íons H^+ torna-se disponível no eletrólito, devido ao aumento da acidez do mesmo, a taxa de equilíbrio da reação de evolução de hidrogênio é perturbada, sendo aumentada pela alta disponibilidade de H^+ (ALMEIDA et al., 2019; MACKINNON, 1985; PANOSSIAN, 2000; SCOTT et al., 1988).

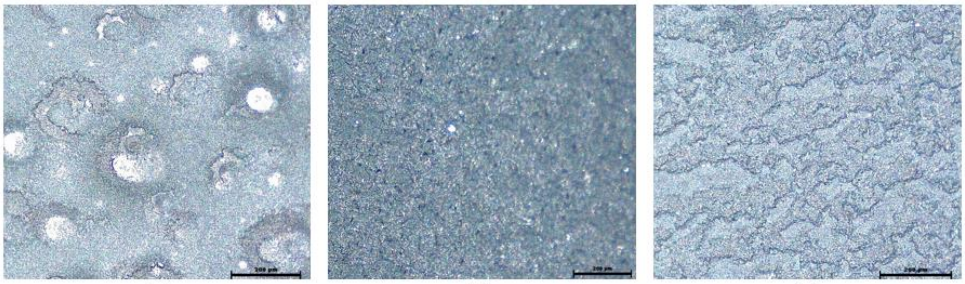
A forma como ocorre a deposição do zinco na superfície do substrato impacta diretamente nas propriedades do revestimento, como brilho, rugosidade, aspereza, resistência à corrosão e resistência mecânica, por exemplo (NAKANO, 2009). Assim, a variação do pH inicial do banho de eletrodeposição não apresentaria comportamento diferente. A variação deste parâmetro apresentou leve modificação do revestimento já a olho nu (Fig. 01). No entanto, tais modificações podem ser mais facilmente visualizadas nas micrografias obtidas via microscopia ótica (Fig. 02).



(a) (b) (c)

Figura 01 – Imagens sem ampliação do aço eletrogalvanizado (AEG) em diferentes valores de pH do banho, sendo (a) pH = 1,5; (b) pH = 2,5; e (c) pH = 3,5.

ISBN: 978-65-89908-00-5



(a) (b) (c)

Figura 02 – Micrografias com 50x de ampliação obtidas via microscopia óptica para o aço eletrogalvanizado (AEG) em diferentes valores de pH do banho, sendo (a) pH = 1,5; (b) pH = 2,5; e (c) pH = 3,5.

A superfície da peça obtida em pH 1,5 (Fig. 02a) apresenta concavidades com tonalidade de brilho semelhante ao do substrato. A geometria dessa cavidade sugere que em pH muito baixo a concentração dos íons H^+ no meio tende a favorecer a reação de evolução de hidrogênio formando bolhas na superfície do cátodo (ALMEIDA et al., 2019; SCOTT et al., 1988), o que poderia acarretar em depósitos com esta aparência. A peça com o pH 3,5 (Fig. 02c) apresentou morfologia com a possível presença de rugosidade superficial, enquanto que a peça obtida em pH 2,5 aparenta estar compacta e com menor rugosidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A variação do pH inicial do eletrólito no banho de eletrogalvanização entre o pH 1,5 e 3,5 não promoveu modificações com relevância estatística sobre a eficiência de corrente do processo, mantendo-se superior a 90 % em todos os casos avaliados. Por meio da microscopia ótica foi possível observar que a peça obtida no pH inicial 2,5 foi a que apresentou maior homogeneidade do revestimento, enquanto que as peças nas demais condições estudadas aparentam possuir maior rugosidade superficial.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à CAPES [Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (88887.495176/2020-00)], à UFSB (Universidade Federal do Sul da Bahia) e à PROPP/UESC (Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da

Universidade Estadual de Santa Cruz) pelo apoio financeiro à pesquisa; ao Centro de Microscopia Eletrônica da UESC pelas análises de Microscopia Ótica (MO); e ao Laboratório de Materiais e Meio Ambiente da UESC pelo suporte e onde a maior parte dos ensaios foram realizados.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. D. DE J. et al. Glycerol Effect on the Corrosion Resistance and Electrodeposition Conditions in a Zinc Electroplating Process. **Materials Research**, v. 22, n. 4, 2019.

ASKELAND, D. R.; WRIGHT, W. J. **The Science and Engineering of Materials**. 7th. ed. Boston, USA: CENGAGE Learning, 2016.

KUL, M. et al. Effect of process parameters on the electrodeposition of zinc on 1010 Steel: Central composite design optimization. **International Journal of Electrochemical Science**, v. 15, p. 9779–9795, 2020.

MACKINNON, D. J. The effect of copper on zinc eleetrowinning from industrial acid sulphate electrolyte. **Journal of Applied Electrochemistry**, v. 15, p. 953–960, 1985.

MAJUSTE, D. et al. Role of organic reagents and impurity in zinc electrowinning. **Hydrometallurgy**, v. 152, p. 190–198, 2015.

NAKANO, H. Effects of plating factors on morphology and appearance of electrogalvanized steel sheets. **Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition)**, v. 19, n. 4, p. 835–841, 2009.

NUNES, L. DE P. **Fundamentos de Resistência à Corrosão**. 1ª ed ed. Rio de Janeiro, Brasil: Editora Interciência Ltda., 2007.

PAN, J. et al. Zinc deposition and dissolution in sulfuric acid onto a graphiteresin composite electrode as the negative electrode reactions in acidic zinc-based redox flow batteries. **Journal of Applied Electrochemistry**, v. 43, n. 5, p. 541–551, 2013.

PANOSSIAN, Z. **Corrosão e Proteção Contra a Corrosão em Equipamentos E Estruturas Metálicas**. 1ª ed ed. São Paulo, Brasil: Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, 1993.

PANOSSIAN, Z. Banho de Zinco Ácido: Parte 2 - Efeito das Condições de Operação e Propriedades dos Banhos. **Revista Tratamento de Superfícies**, p. 38–44, 2000.

SCHLESINGER, M.; PAUNOVIC, M. **Modern Electroplating**. 5th Ed ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2010.

SCOTT, A. C. et al. Experimental determination of the factors affecting zinc electrowinning efficiency. **Journal of Applied Electrochemistry**, v. 18, n. 1, p. 120–127, 1988.