

INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO TÉRMICO NA RESISTÊNCIA À CORROSÃO DA LIGA COBRE-ZINCO-NÍQUEL

Raíssa Alves Queiroga¹; Bianca de Oliveira Evaristo¹; Josiane Dantas Costa²; Mikarla Baía de Sousa²; Renato Alexandre Costa de Santana³

¹Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia de Petróleo, raissa.queiroga089@gmail.com, bianca.engpetro@gmail.com.

² Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Química, josiane_dantas@hotmail.com, mikarlabaia@hotmail.com;

³ Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Biologia e Química, renatoacs@ufcg.edu.br

Introdução

A utilização de revestimentos protetores é um dos principais métodos de proteção à corrosão. Dentre estes revestimentos, os metálicos são de grande importância industrial, por apresentarem boas propriedades mecânicas, como alta dureza, resistência ao impacto, ductilidade e resistência à corrosão (KOTZ, J. C.; TREICHEL, 2005).

Existem diversos métodos que podem ser utilizados na fabricação de revestimentos, dentre estes destaca-se a eletrodeposição que é uma técnica que consiste na redução de metais carregados eletricamente para a superfície de um substrato por meio de corrente elétrica (ARAÚJO JÚNIOR, 2015).

Tratamento térmico é o processo de aquecimento e resfriamento, em condições controladas, de ligas metálicas onde se objetiva modificar as suas propriedades, tais como dureza, resistência mecânica, resistência à corrosão, etc. Dessa forma obtém-se várias propriedades que permitem que as ligas sejam adequadas a diversas aplicações (VALE, 2011). Nesse sentido, a têmpera consiste em um resfriamento rápido que tem como objetivo aumentar a dureza e a resistência dos metais.

As ligas de Cu-Zn, Cu-Ni e Zn-Ni têm sido amplamente aplicadas devido à sua elevada resistência mecânica, ductilidade, excelente resistência à corrosão e maior estabilidade térmica em comparação com revestimentos de zinco puro e outros revestimentos de ligas de zinco (SOUSA, 2015). Devido às características dessas ligas, é interessante estudar a eletrodeposição da liga ternária Cu-Zn-Ni, que não foi tão explorada na literatura, mas possui um potencial anticorrosivo considerável, podendo ser utilizada na fabricação de revestimentos metálicos protetores.

Este trabalho teve como objetivo a obtenção de revestimentos de Cu-Zn-Ni sobre o aço A516 grau 60 através da eletrodeposição, avaliando a resistência à corrosão dos revestimentos após tratamento térmico tipo têmpera.

Metodologia

O aço A516 foi cortado na forma de quadrados com dimensões médias de 1,86 cm x 1,66 cm e áreas superficiais médias de 3,085 cm² que foram embutidos em resina PVC. As amostras de aço passaram por um processo de limpeza com lixas do tipo 100, 400, 600 e 1200 mesh, para homogeneização da superfície e mergulhadas em solução de 10% de hidróxido de sódio (NaOH) para a retirada de graxas e em solução de 1% de ácido sulfúrico (H₂SO₄) para ativar a superfície do aço para o processo de eletrodeposição.

O banho eletrolítico empregado na eletrodeposição foi constituído dos reagentes sulfato de cobre, sulfato de zinco, sulfato de níquel e citrato de sódio, nas concentrações de 0,005 Mol/L, 0,010 Mol/L, 0,001 Mol/L, 0,025 Mol/L, respectivamente, que foram dissolvidos em água destilada.

O sistema de eletrodeposição utilizado consistiu em colocar o cátodo (substrato de aço A516) paralelo ao ânodo (folha de platina), sem que houvesse contato entre ambos para depois disso, mergulhá-lo no banho eletrolítico de Cu-Zn-Ni. O pH foi ajustado em 6.0 e o controle da densidade de corrente no valor de 50 mA/cm² foi realizado por uma fonte de corrente contínua da marca Agilent modelo E3633A. Todos os depósitos foram realizados à temperatura ambiente.

Para a realização do tratamento térmico foi utilizado um planejamento fatorial 2², com adição de 2 experimentos no ponto central (0) totalizando 6 experimentos. Estes experimentos foram avaliados quantitativamente quanto à influência das variáveis de entrada (temperatura e tempo) sobre o potencial de corrosão (E_{Corr}) e corrente de corrosão (I_{Corr}). Os tempos de permanência das amostras no forno foram: 20 min (-1), 40 min (0) e 60 min (+1) e as temperaturas: 200 °C (-1), 400 °C (0) e 600 °C (+1). Um experimento que não passou pelo processo de tratamento térmico (Experimento 7) foi utilizado para fins de comparação.

A taxa de aquecimento foi de 10 °C/min para todos os ensaios que foram realizados em forno resistivo da marca EDG, modelo F3000. Após o aquecimento, as amostras foram retiradas do forno e resfriadas bruscamente em água destilada, caracterizando o tratamento térmico do tipo têmpera.

Para realização dos ensaios de corrosão, utilizou-se uma célula eletroquímica composta de três eletrodos: um eletrodo de calomelano saturado (ECS) utilizado como eletrodo de referência, um eletrodo de espiral de platina como contra-eletrodo e um eletrodo de aço A516 revestido com a liga Cu-Zn-Ni como eletrodo de trabalho. As curvas de polarização potenciodinâmica linear foram obtidas através de um potenciostato/galvanostato Autolab PGSTATE 302N conectado a um computador pelo *software* Nova 1.11. Todos os ensaios de corrosão foram realizados em meio corrosivo contendo NaCl (cloreto de sódio) 3,5 % em solução a temperatura ambiente que simula a água do mar. Os ensaios de espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE) foram realizados no mesmo equipamento utilizado para a polarização potenciodinâmica linear.

Resultados e discussão

Os resultados obtidos através da polarização potenciodinâmica linear (PPL) para os seis experimentos realizados levando em consideração o potencial de corrosão (E_{Corr}) em Volts (V) foram os seguintes: Exp. 1 (-0,378V); Exp. 2 (-0,491V); Exp. 3 (-0,546V); Exp. 4 (-0,543V); Exp. 5 (-0,627V) e Exp. 6 (-0,627V). Para a corrente de corrosão (I_{Corr}) em Ampères (A) foram obtidos os seguintes resultados: Exp. 1 (5,0433 A); Exp. 2 (3,5429 A); Exp. 3 (5,4472 A); Exp. 4 (11,401A); Exp. 5 (4,0725 A) e Exp. 6 (5,071 A).

Para avaliação do experimento que possui a maior resistência à corrosão devemos levar em consideração que o valor de E_{Corr} deve ser o mais positivo possível e o valor de I_{Corr} o menor. Sendo assim, a partir dos valores encontrados notamos que o Experimento 1 possui o valor mais positivo de potencial de corrosão e o Experimento 2 possui o menor valor de corrente de corrosão. Esses dois experimentos foram tratados termicamente a 200°C.

A análise desses resultados também foi realizada através de métodos estatísticos e o programa “Statistica” versão 8.0 utilizado para o tratamento dos dados. As variáveis analisadas foram temperatura e tempo do tratamento térmico, tendo como respostas os parâmetros E_{Corr} e I_{Corr} . Considerando que um valor de probabilidade de 95% de confiança é satisfatório, foi possível estabelecer um modelo de primeira ordem para o E_{Corr} e para a I_{Corr} , onde T é a temperatura do tratamento térmico, t é o tempo que a amostra permanece na temperatura determinada e Tt é a interação entre a temperatura e o tempo apresentando como resposta o efeito das variáveis de entrada: $E_{Corr} = -0,254 + 0,022T + 0,06t + 0,005Tt$ e $I_{Corr} = 5,762 + 2,065T + 1,113t + 1,863Tt$.

O ajuste dos modelos foi expresso pelo coeficiente de determinação (R^2), que foi igual a 0,42 para o E_{Corr} e 0,88 para a I_{Corr} . Segundo Barros Neto (2005) quanto mais próximo de 1 estiver o valor de R^2 , melhor terá sido o ajuste do modelo às respostas observadas. Como os valores obtidos para o R^2 não foram próximos da unidade, podemos afirmar que os modelos encontrados não representam os dados experimentais. Para confirmar este fato, deve-se fazer uma análise de variância (ANOVA). A análise de variância (ANOVA) para os modelos encontrados foi realizada com um nível de confiança de 95% para $p < 0,05$ e as respostas encontradas para o E_{Corr} e a I_{Corr} demonstram que o modelo estatístico não é significativo e preditivo para $p < 0,05$. Como os modelos não foram significativos, este planejamento serviu apenas para mostrar uma possível tendência dos efeitos causados pelas variáveis estudadas.

O tempo foi avaliado numa faixa de 20 a 60 minutos e de acordo com os gráficos de superfície de resposta, observou-se que, os valores mais positivos do potencial de corrosão se encontram próximos do menor tempo e o mesmo comportamento é observado para os menores valores de corrente de corrosão. O efeito da temperatura foi avaliado na faixa de 200 a 600 °C e para este efeito os melhores resultados para o potencial de corrosão e corrente de corrosão se encontram em torno da menor temperatura (200 °C).

Com o propósito de comparar a resistência à corrosão do revestimento Cu-Zn-Ni sem tratamento térmico (Experimento 7) com os revestimentos tratados termicamente, ensaios de espectroscopia de impedância eletroquímica foram realizados. Observa-se que o semicírculo do revestimento sem tratamento térmico utilizado para comparação, possui diâmetro maior que os experimentos tratados termicamente, indicando ser mais resistente à corrosão. Desta forma, conclui-se que o tratamento térmico do tipo têmpera não é indicado para aumentar a resistência à corrosão destes revestimentos.

Conclusões

O resultados mostram que é possível obter por meio da eletrodeposição uma liga ternária de Cu-Zn-Ni sobre o aço A516 e o estudo à cerca da influência do tratamento térmico do tipo têmpera sobre a resistência à corrosão evidencia que o mesmo não é indicado para melhorar as propriedades anticorrosivas dos revestimentos, mas diante dos resultados obtidos afirmamos que os Experimentos 1 e 2 tratados termicamente a 200°C apresentaram melhores resultados para as variáveis potencial de corrosão e corrente de corrosão, respectivamente.

A análise estatística dos resultados de corrosão dos revestimentos com tratamento térmico demonstra que os modelos lineares sugeridos pelo planejamento experimental 2^2 com adição de dois pontos centrais não são indicados para descrever o comportamento corrosivo dessa liga.

Palavras-Chave: Eletrodeposição; Corrosão; Tratamento Térmico; Cu-Zn-Ni.

Referências

ARAÚJO JÚNIOR, J. N. **Obtenção e caracterização de filmes de Ni e tricamadas de Ni/Cu/Ni produzidos por eletrodeposição**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, 2015.

BARROS NETO, B. DE; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como Fazer Experimentos**. Campinas - SP: Editora Unicamp, 2001.

KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M. **Química geral 2 e reações químicas**. São Paulo: Thomson Learning Edições, 2005.

SOUSA, M. B. **Estudo da caracterização da liga Cu-Zn-Ni obtida pelo processo da eletrodeposição**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Campina Grande, 2015.