

EFEITO DO TRATAMENTO TÉRMICO TIPO TÊMPERA NA CARACTERIZAÇÃO DA CORROSÃO SOBRE O AÇO ASTM A516 GRAU 60

Marcio Gleisson Medeiros Gonçalves¹; Kleber Martiniano de Lima¹; Josiane Dantas Costa²; Mikarla Baía de Sousa²; Renato Alexandre Costa de Santana³

¹Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia de Petróleo - marcio.gmgoncalves@yahoo.com.br, kleberml2009@hotmail.com

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

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

Introdução

Os problemas de corrosão são frequentes e ocorrem nas mais variadas atividades, como, por exemplo, nas indústrias química, petrolífera, petroquímica, naval, de construção civil, automobilística, nos meios de transportes aéreo, ferroviário, metroviário, marítimo, rodoviário e nos meios de comunicação, como sistemas de telecomunicações, na odontologia (restaurações metálicas, aparelhos de prótese), na medicina (ortopedia) e em obras de arte como monumentos e esculturas (GENTIL, 2007).

Segundo Brown (2017), o aço ASTM A516, especificação que abrange aços carbono, é comumente utilizado na fabricação de vasos de pressão, tanques de armazenamento, flanges, colunas, dentre outros equipamentos metálicos que estejam submetidos desde baixas a médias-altas pressões.

Na indústria de petróleo, a corrosão é uma das principais causas de danos. Corrosão em tanques de combustíveis de gasolina, álcool e óleo diesel, enterrados, pode originar perfurações e consequentes vazamentos desses combustíveis, possibilitando riscos de incêndios e explosões (GENTIL, 2007). Dessa forma, para a confecção destes tanques o aço ASTM A516 grau 60 é um dos tipos de metal utilizado.

Contudo, pouco se sabe ainda sobre a influência do tratamento térmico tipo têmpera sobre o substrato de aço ASTM A516 grau 60.

Tratamento térmico é o processo de aquecimento e resfriamento, em condições controladas, de ligas metálicas, onde se objetiva modificar as suas propriedades. Dessa forma obtém-se uma variedade de propriedades que permitem que as ligas sejam adequadas a diversas aplicações, conseguindo-se tais efeitos com reduzidos gastos financeiros (VALE, 2011). Têmpera é um processo de tratamento térmico de aços para aumentar a dureza e a resistência dos mesmos. A têmpera tem duas etapas: aquecimento e esfriamento rápido. Esse processo pode melhorar a resistência à corrosão dos aços.

Nesse sentido, o presente trabalho descreve o tratamento térmico tipo têmpera no aço ASTM A516 grau 60, onde o tratamento térmico sofre a influência por dois fatores, a temperatura e o tempo de aquecimento, visando avaliar a resistência à corrosão deste aço submetido ao tratamento térmico através da análise da resistência à corrosão.

Metodologia

O eletrodo de trabalho utilizado foi um substrato de aço A516 grau 60, cortado na forma de um retângulo 1,8 cm x 1,4 cm x 0,6 cm (C x L x h) com área superficial de 2,52 cm². A preparação do eletrodo de aço A516 foi feita através do polimento com lixas de diferentes granulações. O substrato foi inicialmente polido com quatro tipos de lixas: 100, 400, 600 e 1200 mesh para retirada de impurezas e homogeneização da superfície.

Em seguida, o eletrodo foi submetido a um tratamento térmico variando a temperatura e o

tempo de aquecimento com posterior resfriamento rápido (têmpera). Este tratamento foi realizado em um forno resistivo da marca EDG modelo F3000, ao qual, pode-se ter o controle de variáveis tais como: a temperatura ($^{\circ}\text{C}$), patamar (tempo) e taxa de aquecimento ($^{\circ}\text{C}/\text{min}$), este, sendo de $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ para todos os experimentos realizados.

Para a realização do tratamento térmico, foi utilizado um planejamento fatorial completo 2^2 , com 3 experimentos no ponto central e um experimento utilizado como comparativo, que não sofreu tratamento térmico, totalizando 8 experimentos. Foi avaliada quantitativamente a influência do tratamento térmico, considerando as variáveis de entrada (temperatura e tempo de aquecimento) sobre o potencial de corrosão, a densidade de corrente de corrosão e a resistência à polarização, bem como suas possíveis interações. A Tabela 1 mostra as variáveis utilizadas no planejamento fatorial, suas codificações e os níveis reais para cada variável, no qual, os níveis (-1), (0) e (+1) tem as variáveis respectivamente de temperatura ($^{\circ}\text{C}$)/tempo (min) de $200^{\circ}\text{C}/20$ min, $400^{\circ}\text{C}/40$ min e $600^{\circ}\text{C}/60$ min para cada nível. A partir destes níveis foram esquematizados 7 experimentos com o tratamento térmico variando a temperatura e o tempo de aquecimento, sendo, respectivamente, os experimentos 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7, 200°C (-1) com 20 min (-1), 200°C (-1) com 60 min (+1), 600°C (+1) com 20 min (-1), 600°C (+1) com 60 min (+1), 400°C (0) com 40 min (0), 400°C (0) com 40 min (0), 400°C (0) com 40min (0) e o experimento 8 onde não foi realizado o tratamento térmico.

Posteriormente ao aquecimento no forno, no intervalo de tempo estabelecido, as amostras foram retiradas e resfriadas em água destilada, logo após a sua retirada, a fim de que houvesse o choque térmico e como consequência deste, a têmpera do aço ASTM A516 grau 60.

As medidas eletroquímicas de corrosão foram executadas em uma célula convencional de três eletrodos. Foram realizadas as medidas de polarização potenciodinâmicas linear (PPL) utilizando um potenciostato/galvanostato Autolab PGSTATE 302N conectado ao *software* Nova 1.11 para a determinações do E_{Corr} (potencial de corrosão), J_{Corr} (densidade de corrente de corrosão) e R_p (resistência de polarização). O eletrodo de trabalho utilizado foi o substrato de aço A516 grau 60 com e sem tratamento térmico, o eletrodo de referência foi o de calomelano saturado e todos os potenciais foram referidos a este eletrodo, e o contra-eletrodo usado foi uma espiral de platina.

As curvas de PPL foram obtidas com uma taxa de varredura de 1 mV s^{-1} . Todos os testes de corrosão eletroquímica foram conduzidos no meio corrosivo composto por solução a 3,5 % de NaCl em temperatura ambiente, que simula a água do mar.

Resultados e discussão

A análise dos resultados obtidos para o tratamento térmico, tendo como resposta o potencial de corrosão (E_{Corr} (V)), a densidade de corrente de corrosão (J_{Corr} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)) e a resistência à polarização (R_p (Kohm)) é apresentada na Tabela 2, onde nos experimentos foram encontrados os seguintes valores: **Exp. 1:** $-0,697\text{V}$, $3,148\ \mu\text{A}/\text{cm}^2$ e $7,202\ \text{Kohm}$; **Exp. 2:** $-0,644\text{V}$, $4,915\ \mu\text{A}/\text{cm}^2$ e $5,029\ \text{Kohm}$; **Exp. 3:** $-0,714\text{V}$, $2,002\ \mu\text{A}/\text{cm}^2$ e $12,112\ \text{Kohm}$; **Exp. 4:** $-0,745\text{V}$, $0,457\ \mu\text{A}/\text{cm}^2$ e $12,979\ \text{Kohm}$; **Exp. 5:** $-0,653\text{V}$, $2,632\ \mu\text{A}/\text{cm}^2$ e $7,556\ \text{Kohm}$; **Exp. 6:** $-0,647\text{V}$, $0,779$ e $15,226\ \text{Kohm}$; **Exp. 7:** $-0,612\text{V}$, $6,093\ \mu\text{A}/\text{cm}^2$ e $3,114\ \text{Kohm}$. Por fim, mas não menos importante, o experimento utilizado como comparativo, que corresponde ao experimento 8, para o qual obteve-se os seguintes resultados $-0,672\text{V}$, $2,111\ \mu\text{A}/\text{cm}^2$ e $4,693\ \text{Kohm}$.

Haja vista que para se determinar qual foi o melhor experimento leva-se em consideração que E_{Corr} deve ser o mais positivo possível, J_{Corr} a menor possível e R_p a maior possível, o experimento 4 ($E_{\text{Corr}} = -0,745\ \text{V}$, $J_{\text{Corr}} = 0,457\ \mu\text{A}/\text{cm}^2$ e $R_p = 12,979\ \text{Kohm}$) é considerado o melhor, já que possui menor valor de J_{Corr} e maior valor de R_p . Para este experimento, o tratamento térmico foi realizado a 600°C durante 60 minutos, isto demonstra que o tratamento térmico influenciou positivamente na resistência à corrosão, já que o experimento 8, que não

passou pelo tratamento térmico apresentou menor resistência à corrosão do que o experimento 4.

O comportamento do potencial de corrosão, densidade de corrente de corrosão e da resistência à polarização em função do efeito da temperatura e do tempo de aquecimento, foram avaliados através de um tratamento estatístico utilizando o *software* Statistica 8.0. Observa-se que os melhores resultados para J_{Corr} e R_p foram obtidos para maior temperatura (600 °C) e maior tempo de aquecimento (60 minutos), sendo que para E_{Corr} os melhores resultados obtidos foram para menor temperatura (200 °C) e maior tempo de aquecimento (60 minutos). Foi possível estabelecer um modelo de primeira ordem para cada parâmetro eletroquímico estudado. Entretanto, a análise de variância (ANOVA) demonstrou que os modelos estatísticos não foram significativos e preditivos ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$). Como os modelos não foram significativos, este planejamento serviu apenas para mostrar uma possível tendência dos efeitos causados pelas variáveis estudadas.

Essa tendência quer dizer que se aprofundarmos este estudo, devemos seguir na direção de maiores temperaturas e maiores tempos, onde foram obtidos os melhores resultados considerando a resistência à corrosão do aço.

Sugere-se que o delineamento experimental seja ampliado com a incorporação dos pontos axiais para enfim, averiguar se o modelo proposto será significativo e preditivo.

Conclusões

Para o tratamento térmico tipo têmpera realizado, os resultados encontrados demonstram que feito o resfriamento brusco, a resistência à corrosão é influenciada de forma direta nas variáveis analisadas (E_{Corr} , J_{Corr} e R_p) para as temperaturas e tempos de aquecimento estudados.

Para temperaturas mais elevadas e tempos de aquecimento maiores, obtivemos os melhores resultados de J_{Corr} e R_p . Porém, não foi nestas variáveis em que tivemos os melhores resultados para o E_{Corr} . Ao realizar um comparativo do experimento sem tratamento térmico com os resultados obtidos dos experimentos tratados termicamente, pode-se concluir que o tratamento térmico tem influência positiva nos resultados, pois a partir dele é possível identificar uma melhora na resistência à corrosão do aço ASTM A516.

No que concerne ao tratamento estatístico feito, para o nível de confiança de 95%, este não é indicado para descrever o comportamento corrosivo.

Palavras-Chave: Tratamento térmico; corrosão; aço ASTM A516; experimentos eletroquímicos.

Referências

BROWN, M. **Chapas de Aço para Vasos de Pressão**. Disponível em: <<http://www.brownmac.com/pt/produtos/chapas-de-aco-para-vasos-de-pressao>>. Acesso em: 20 de abril 2017.

GENTIL, V. **Corrosão**. 5ª Edição ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2007.

VALE, A. R. M. do. **Tratamento térmico**. Belém, Brasil: IFPA, 2011.