Avaliação da resistência à corrosão de Aço SAE 1045 mediante técnica de espectroscopia de impedância eletroquímica

Fábio dos Santos Silva[1], Wilson José Biguetti[1], Valter Florencio[1], William Aparecido Celestino Lopes[1], Emmanuelle Sá Freitas[1, 2]

[1]Universidade Santa Cecília (UNISANTA), Santos-SP, Brasil

[2]Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas-SP, Brasil

E-mail: fabiio@hotmail.com

Resumo: O aço SAE 1045 tem aplicações diversas e é comumente utilizado na indústria, dado o fato que apresenta baixo custo, alta resistência mecânica e ductilidade. Este trabalho consistiu em estudar a resistência à corrosão em amostras do aço SAE 1045 utilizando a técnica de espectroscopia de impedância eletroquímica que a partir dos resultados experimentais é possível observar a interação eletrólito e superfície do metal imerso em solução de cloreto 0,5M. Portanto, como esperado, o material mostrou-se resistente frente à corrosão eletroquímica apresentando altos valores de resistência a polarização.

Palavras chave: Aço SAE 1045, Espectroscopia de Impedância Eletroquímica, Corrosão eletroquímica.

Evaluation of the corrosion resistance of SAE 1045 steel using electrochemical impedance spectroscopy technique

Abstract: SAE 1045 steel has several applications and it is commonly used in the industry, given the fact that it presents low cost, high mechanical resistance and ductility. This work aimed at studying corrosion resistance at SAE 1045's steel samples, using the electrochemical impedance spectroscopy technique. As per experimental results is possible to observe the electrolyte interaction and the surface of the immersed metal in 0.5M chloride solution. Therefore, as expected, the material proved to be resistant to electrochemical corrosion presenting high values of polarization resistance.

Keywords: SAE 1045 steel, Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS), Corrosion, Impedance module.

Introdução

O Aço SAE 1045 oferece grande interesse tecnológico e econômico, dado o fato que apresentam baixo custo e uma boa resistência mecânica [1,2]. Portanto, devido a suas características específicas é um aço com grande diversidade de aplicação, sendo comumente utilizado na indústria para fabricação de braçadeiras, cilindros, eixos, engrenagens, hastes de amortecedor, parafusos, porcas e pregos.

O percentual de carbono no aço SAE 1045 é relevante para suas principais aplicações, visto que quanto maior o percentual de carbono maior dureza o aço pode apresentar. Contudo, o mesmo não acontece com sua resistência à corrosão que diminui à medida que se aumenta o teor de carbono no aço, devido a maior concentração carboneto de ferro formado, sendo está fase deletéria para a resistência à corrosão.

Uma forma de avaliar a resistência à corrosão do aço SAE 1045 é a partir do uso da técnica de espectroscopia de impedância eletroquímica, a qual analisa os processos eletroquímicos que ocorrem na interface eletrodo/solução eletrolítica. Trata-se de uma identificação e determinação de parâmetros de um modelo elaborado com base na resposta de frequência do sistema eletroquímico em estudo. Possui como benefícios: facilidade de execução do ensaio, tempo de execução relativamente curto, baixo custo e por ser um ensaio não destrutivo[3].

Objetivo:

O presente estudo consistiu em avaliar a resistência à corrosão do aço SAE 1045 meio a solução de cloreto 0,5M, aplicando a técnica de espectroscopia de impedância eletroquímica.

Material e métodos:

O material utilizado para a realização do presente estudo foi o aço SAE 1045 de composição química apresentada na tabela 1. O corpo-de-prova do material foi submetido a preparação metalográfica com lixas: 220, 320, 400, 600, 1200 e 1500 *mesh* até polimento em pasta de diamante 1µ, com o objetivo de minimizar ranhuras na superfície, evitando desta forma, influência de fatores externos sobre a resposta eletroquímica do material. Previamente a realização do ensaio de corrosão, o corpo de prova foi preparado da mesma forma e realizado ataque químico com nital 10% por três segundos para conhecimento da microestrutura do material a ser estudado.

Tabela 1. Composição química (%) [4]

Amostra	C	Mn	S	P	Si
Aço carbono 1045	0,45	0,75	≤ 0,03	≤ 0,05	≤ 0,2

Os ensaios de espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE) foram realizados adotando-se um aparato experimental configurado por três eletrodos: eletrodo de referência (Ag/AgCl), contra-eletrodo (placa de platina) e eletrodo de trabalho (amostra com área de 0,5 cm^2), conforme ilustrado na Figura 1. Para a realização do experimento utilizou-se um potenciostato/galvanostato Autolab PGSTAT 128N.

Na realização do ensaio de impedância utilizou-se uma amplitude ajustada em 10mV em relação ao potencial de circuito aberto (obtido em 1200 segundos), com sinal AC e aquisição de 10 pontos por década na faixa de frequências de 100 mHz a 100 kHz. Como solução foi utilizada cloreto de sódio 0,5M (NaCl) a 25°C, o ensaio de impedância foi realizado em triplicata para verificar a reprodutibilidade dos resultados.

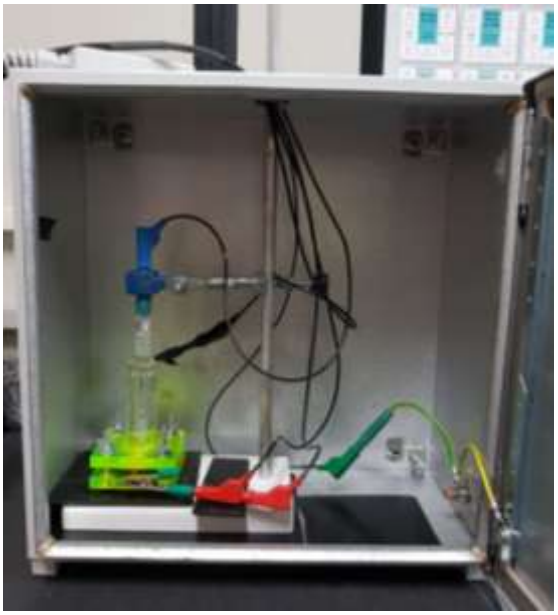

Figura 1. Aparato experimental montado dentro da gaiola de faraday: célula eletroquímica e seus eletrodos de referência, contra-eletrodo e de trabalho.

Resultados

A microestrutura do aço 1045 estudado pode ser observada em detalhe na Figura 2, imagem obtida por microscopia ótica com aumento de 200x.

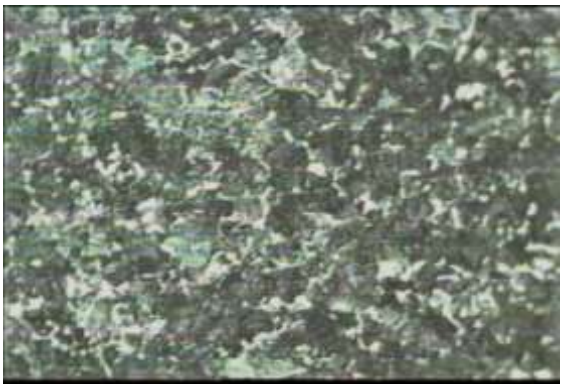

Figura 2. Microestrutura do aço SAE 1045 com aumento de 200x.

A Figura 3 (a) mostra os diagramas de Bode, Bode fase que representam o módulo de impedância e ângulo de fase, respectivamente, como função da frequência. Na Figura 3 (b) encontra-se o diagrama de Nyquist.

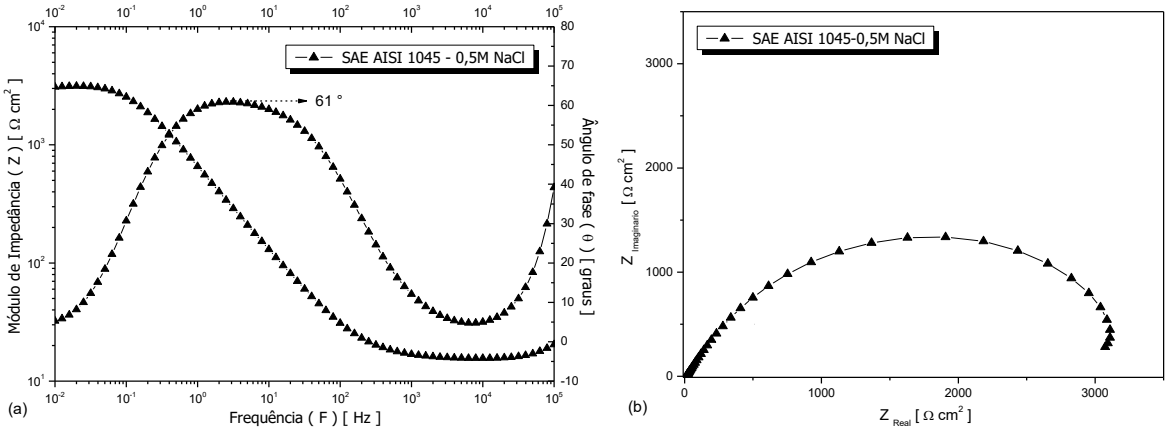

Figura 3. Diagramas de impedância para o aço SAE 1045: (a) Bode e Bode fase e (b) Nyquist.

Discussão

A partir da Figura 2 podemos observar a microestrutura típica do aço em estudo, SAE 1045, constituída por matriz ferrítica, parte clara, e os grãos de perlita, parte escura. Um detalhe a ser considerado é a equiaxidade dos grãos que demonstra que não houve trabalho mecânico a frio imposto na amostra.

Quanto ao comportamento eletroquímico da amostra do aço 1045, é possível extrair valores dos diagramas da Figura 3 que visam contribuir com a literatura, visto a carência de estudos sobre corrosão em aços SAE 1045, como também observado por Andreatta et al. [2].

Portanto, na Figura 3 (a) observa-se as três regiões típicas em função da frequência, ou seja, em baixas, intermediária e altas frequências. Sendo que em baixas frequencias entre 10^0 e 10^{-2} Hz tem-se a representação da resistência a polarização da amostra (Rp= 3.085,823 Ω/cm2). Em médias frequências temos o máximo angulo de fase (θ_{max}) de característica similar a dupla camada elétrica e em altas frequências entre 10^5 e 10^4 Hz é caracterizada a resistência do eletrólito (solução de NaCl). Na Figura 3 (b) temos a representação do arco capacitivo de Nyquist, onde podemos extrair do diâmetro do semicírculo a resistência total (R) do sistema, a citar R = Resistencia do eletrólito (R_o) + Resistência da superfície do metal (R_t) 3.124,59 Ω/cm^2.

Conclusões

Conclusão do estudo realizado, podemos citar:

- A observação da microestrutura típica do aço 1045 revelada por meio de ataque químico evidenciando as fases ferrítica e perlítica que influenciam diretamente no comportamento eletroquímico;

- Valores quantitativos da resistência à polarização do material da ordem de Rp= 3.085,823 Ω/cm2, bem como, o semiarco capacitivo mostrando a contribuição de elementos resistivos e capacitivos a passagem da corrente elétrica na evolução do mecanismo de corrosão do aço.

Referências bibliográficas

1. Soares RB. Avaliação da resistência à corrosão de aços carbono baixa liga usando a espectroscopia de impedância eletroquímica e ensaios de campo. 2013. Site: http://hdl.handle.net/1843/BUBD-9FVHN9 acesso em 07/09/2017
2. Andreatta F, Matesanzb L, Akitac AH, Paussaa L, Fedrizzia L, Fugivarac CS, Salazarb JM G, Benedettic AV. (2009) SAE 1045 steel/WC–Co/Ni–Cu–Ni/SAE 1045 steel joints prepared by dynamic diffusion bonding: Microelectrochemical studies in 0.6M NaCl solution. Electrochimica Acta
3. Capela JMV; Capela MV; Magnani R (2003). Generalization of a linear model of electrochemical impedance. São Paulo. Revista Eclética Química v.28 n.1. 1678-4618. Site: http://dx.doi.org/10.1590/S0100-46702003000100008
4. Arcelor Mittal. Guia do Aço; 2013. Site: http://brasil.arcelormittal.com.br/pdf/quem-somos/guia-aco.pdf acesso em 07/09/2017.