

AVALIAÇÃO DO GRAU DE SENSITIZAÇÃO DO AÇO INOXIDÁVEL 304L PELA TÉCNICA (DL-EPR)

Jonathan Paulino Ferreira Alves¹,
Douglas Morais²

Aluno do curso Mecânica: Processos de Soldagem da FATEC-Itaquera: Prof. Miguel Reale;
jonthanpaulino_9@hotmail.com
Prof. Dr. do curso Mecânica: Processos de Soldagem da FATEC-Itaquera: Prof. Miguel Reale.
douglas.morais2@fatec.sp.gov.br

Área do Conhecimento: Engenharias 2
Palavras-chave: Corrosão; DL-EPR; 304L

RESUMO

Os aços inoxidáveis são amplamente utilizados nas indústrias petroquímica, farmacêutica, alimentícia, dentre outras. Sua ampla utilização se deve às boas propriedades mecânicas e excelente resistência a corrosão mesmo em meios altamente agressivos. Contudo a resistência contra corrosão é afetada pelos processos convencionais de soldagem, fato que tem sido documentado na literatura. Entretanto, o número de trabalhos que versam sobre o tema assim como o estudo dos efeitos da soldagem na resistência a corrosão ainda é escasso. No presente trabalho avaliou-se a resistência a corrosão de uma junta de solda dissimilar dos aços UNS S311803 e UNS S304L com metal de adição 309L pelas Raiz (TIG) e enchimento (Arco Submerso) utilizando a técnica e ensaios eletroquímicos “*electrochemical potentiodynamic reactivation with double loop*” (DL-EPR). De acordo com as normas ASTM e ISO, o aço 304L avaliado não se considera sensitizado, porém, exames de MO revelaram há precipitação de fase secundária nos contornos dos grãos, possivelmente uma fase diferente de carboneto.

INTRODUÇÃO

Os aços inoxidáveis austeníticos são amplamente utilizados pelas indústrias devido a sua excelente resistência a corrosão, elevada tenacidade e boa soldabilidade. Sua estrutura austenítica estável a temperatura ambiente deve-se as adições de níquel e manganês em sua composição química. [1,2] Contudo não apenas a matriz austenítica determina as propriedades desses materiais, uma vez que, numerosas fases (Ferrita δ , carbonetos, sulfetos, nitretos, fases intermetálicas e martensita induzida por deformação podem ser geradas no durante o processamento do aço ou durante as operações de fabricação como soldagem ou através do uso, sendo este atrelado as temperaturas e tempos de trabalho. [3,4]

Os aços inoxidáveis possuem uma camada passiva de oxido de Cr que ajuda a proteger o material das interações eletroquímicas com o ambiente. No entanto, dependendo do tipo de tratamento térmico ou processo de soldagem estes materiais são susceptíveis a corrosão intergranular devido à precipitação de fases secundárias nos contornos dos grãos. [5, 6, 7]

A análise de resistência a corrosão pode ser realizada por diversas técnicas, contudo as técnicas eletroquímicas fornecem um maior conjunto de informação, e dentre elas, cabe ressaltar a técnica de análise via reativação potenciocinética (EPR).

A técnica EPR por voltametria cíclica (DL-EPR) foi proposta por volta de 1965 [5] sendo descrita posteriormente nas normas ASTM G108 (1999) e ISO 12732 (2006). A técnica consiste na polarização anódica realizada em meio desaeado contendo uma solução de 0,5M ácido sulfúrico (H_2SO_4) e 0,01M de tiocianato de potássio (KSCN), em temperatura controlada de 30 ± 1 °C. De acordo com as normas ASTM G108 e ISO 12732 a um aumento no pico de corrente de reativação na presença de fases intermetálicas em materiais sensitizados, logo a razão entre os picos de corrente de reativação e corrente de ativação (I_r/I_a) fornecem relações quantitativas das fases intermetálicas presentes. [8, 9]

O aço AISI 304 é suscetível a corrosão intergranular devido ao empobrecimento de cromo das regiões adjacente ao contorno de grão devido precipitação de carbonetos de cromo (sensitização). A sensitização leva a uma redução na resistência a corrosão em dados meios agressivos gerando um ataque localizado na região empobrecida em cromo (contorno de grão) o que ocasiona a corrosão intragranular nesses materiais. A fim de minimizar o efeito da sensitização são utilizadas ligas de aço austenítico de baixo carbono (AISI 304L) favorecendo com que o carbono permaneça em solução sólida aumentando a resistência a corrosão intragranular. [10, 11] Nesse trabalho será avaliado o grau de sensitização do aço inoxidável austenítico 304L sem a realização de tratamento térmico anterior.

OBJETIVO

Avaliar o grau de sensitização do aço 304L (como recebido) pela técnica DLPER.

MATERIAIS E MÉTODOS

O aço inoxidável 304L utilizado neste trabalho compõe uma junta soldada obtida em estudo anterior do grupo de pesquisa de soldabilidade dos materiais da FATEC Itaquera. A amostra utilizada foi preparada mediante técnica metalográfica até se obter uma superfície espelhada com pano e suspensão de diamante de 1µm. A Tabela 1 apresenta a composição química do aço 304L.

Tabela 1: Composição química (% em massa) do aço inoxidável 304L

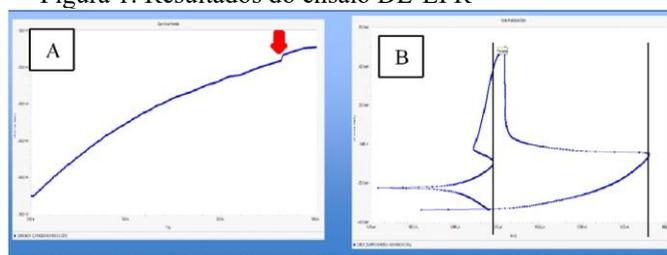
C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Al	Co	Cu	N2 (ppm)
0,017	1,2	0,44	0,03	0,00	18,2	8,0	0,09	0,002	0,15	0,140	496
	8	0	8	2	8	0	9	8	6	9	

A determinação do grau de sensitização foi realizada através da técnica de reativação potenciodinâmica eletroquímica de ciclo duplo, mais conhecida na literatura especializada como “Electrochemical Potentiodynamic Reactivation with Double Loop” (DL-EPR). Em solução de 0,5M H_2SO_4 + 0,01M KSCN escolhidos através de estudos prévios. [8] A aplicação e registro dos dados foram realizados com potenciostato Gamry, através do software Gamry Instruments Framework. A técnica DL-EPR além de ajudar a determinar o grau de sensitização (GS) produz um ataque que permite revelar a microestrutura do material, por tanto, foram adquiridas imagens de MO (100X) após os ensaios de resistência a corrosão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os resultados dos ensaios de DL-EPR. A Figura 1A apresenta a etapa de circuito aberto figura 1B etapa de varredura de polarização cíclica com potencial de pite.

Figura 1: Resultados do ensaio DL-EPR



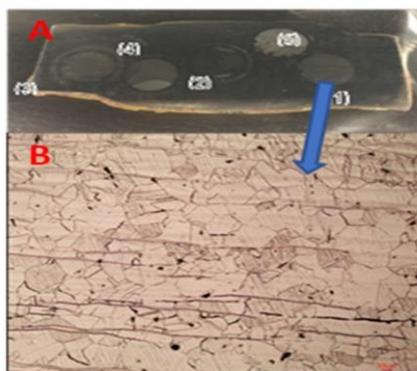
A figura 1 mostra a forma de determinar o DOS, a partir da curva de DL-EPR são traçadas duas retas paralelas nos pontos de curvatura e se registram os valores de densidade de corrente (*i*) no eixo x. No caso da curva apresentada na Figura 1, obteve-se na reta à esquerda o valor de corrente de reativação (*i_r*) com valor de 7,587µA enquanto que na reta à direita obteve-se a densidade de ativação com valor de 37,37 mA. A partir dos dados obtidos usa-se;

$$GS = \frac{I_r}{I_a} = \frac{0,007587 \text{ mA}}{37,37 \text{ mA}} = 0,000203 \quad \text{eq. 1}$$

Para aços inoxidáveis austeníticos, a norma ISO 12732 sugere que um aço inoxidável pode não se encontrar sensitizado, parcialmente sensitizado ou totalmente sensitizado, usando a razão (I_r/I_a). Se $I_r/I_a < 0,01$, considera-se que o aço não se encontra sensitizado, se $0,01 < I_r/I_a < 0,05$, o aço encontra-se parcialmente sensitizado, e quando $I_r/I_a > 0,05$, considera-se que o aço encontra-se sensitizado.

De acordo com o anterior o aço testado não se encontra sensitizado uma vez que I_r/I_a foi inferior a 0,01.

Após a análise de DL-EPR a amostra foi lavada em álcool, seca e observada por macroscopia e microscopia. As imagens da caracterização ótica são apresentadas na figura 2 Figura 2 (A) macrografia Figura 2 B e micrografia com aumento de 100X.



Da figura 2 pode-se observar a microestrutura típica de um aço inoxidável austenítico, isto é, grãos cristalizados com presença de maclas intragranulares, as regiões escuras nos contornos de grão indicam possível mecanismo de corrosão intragranular, contudo salientase que o material não se encontra sensitizado

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos através do ensaio de DL-EPR corroboram que a porção de material analisada não se encontrava sensitizada.

Análises futuras com relação as demais regiões da junta de solda espera-se observar variações significativas na resistência a corrosão fato esse associado às diferenças quanto a composição química dos materiais soldados e aos ciclos térmicos gerados no processo de soldagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PADILHA, F.A.; GUEDES, C.L. Aços inoxidáveis austeníticos: microestrutura e Propriedades, 1ª Edição, Editora Hemus, São Paulo, SP, 1994.
- [2] SENATORE, M.; et al. Estudo comparativo entre os aços inoxidáveis dúplex e os inoxidáveis AISI 304L/316L. REM: Revista. Escola de Minas, 60(1): 175-181. 2007.
- [3] SOUZA, J.A.; de ABREU, H. F. G. Influence of heat treatments on the intergranular corrosion resistance of the AISI 347 cast and weld metal for high temperature services, Journal of Processing Materials Technology, v. 99, p. 391-395, 2008
- [4] LEBEDEV, A.A.; KOSARCHUK, V.V. Influence of phase transformations on the mechanical properties of austenitic stainless steels, International Journal of Plasticity, Volume 16, Issues 7–8, 2000, Pages 749-767.
- [5] WOLYNEC, S. Técnicas eletroquímicas aplicadas em corrosão. EDUSP. 2003

- [6] GUPTAA, R. K. ; et al. Singha Enhancement of intergranular corrosion resistance of type 304 stainless steel through laser shock peening, Corrosion Engineering, Science and Technology, 2017. p.220-225
- [7] WOLYNEC, S.; ALONSO-FALLEIROS, N. Correlation between corrosion potential and pitting potential for AISI 304L austenitic stainless steel in 3,5% NaCl aqueous solution, Materials Research, v. 5 (1), p. 77-84, 2002.
- [8] CALDERÓN-HERNÁNDEZ, J. W.; et al. Relation Between Pitting Potential, Degree of Sensitization, and Reversed Austenite in a Supermartensitic Stainless Steel. Corrosion Nace. V. 73 (8). 2017.
- [9] CALDERÓN-HERNÁNDEZ, J. W.; et al. Intergranular Corrosion in a Super-Martensitic Stainless Steel Containing 0.06N-0.025Nb-0.1V. Proceedings “10th Symposium on Electrochemical Methods in Corrosion Research”, Brazil, November 18-23, 2012.
- [10] TERADA, M.; et al. Microstructure and intergranular corrosion of the austenitic stainless steel 1.4970, Journal of Nuclear Materials, v. 358, p. 40-46, 2006.
- [11] TAVARES, S. S. M.; et al. Influence of heat treatments on the intergranular corrosion resistance of the AISI 347 cast and weld metal for high temperature services, Journal of Processing Materials Technology, v. 99, p. 391-395, 2008