

CORROSÃO INTERGRANULAR DO AÇO INOXIDÁVEL FERRÍTICO UNS S43000: CORRELAÇÃO ENTRE ENSAIO DE IMERSÃO E ENSAIO DE REATIVAÇÃO ELETROQUÍMICA DL-EPR¹

Carlos Augusto Serna Giraldo²
Neusa Alonso-Falleiros³

Resumo

A sensitização é a principal causa da corrosão intergranular dos aços inoxidáveis ferríticos (AIF). Esta é causada por tratamentos térmicos inadequados onde ocorre a precipitação de fases ricas em cromo nos contornos de grão, que geram regiões empobrecidas neste elemento ao redor de suas vizinhanças. A resistência à corrosão intergranular dos AIF é normalmente avaliada por ensaios de imersão. No presente trabalho, o aço UNS S43000 foi submetido a tratamento térmico de solubilização a 1200°C por 20 minutos, seguido de tratamentos isotérmicos entre 500°C e 700°C por tempos entre 5 minutos e 16 horas. Para caracterizar a resistência à corrosão intergranular do aço inoxidável ferrítico foi utilizado o ensaio em sulfato férrico-ácido sulfúrico (Prática X) da norma ASTM A763. Os resultados obtidos foram correlacionados com os resultados do método de reativação eletroquímica potenciodinâmica na versão “Double Loop” (DL-EPR). O ensaio DL-EPR foi realizado em solução 0,5 M H₂SO₄ a uma velocidade de varredura de 1,67 mV/s. O exame microestrutural foi feito por microscopia óptica (MO) e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Os resultados indicam que o aço sofre sensitização no intervalo de temperatura entre 500°C e 650°C. Tanto o ensaio DL-EPR como a Prática X, foram sensíveis em mostrar que o aço apresenta dois máximos de graus de sensitização (GS) em 600°C. Segundo o ensaio DL-EPR os tratamentos isotérmicos acima de 650°C por 20 minutos recuperam a resistência à corrosão intergranular do aço; por sua vez, tratamentos a 700°C apresentam-se recuperados segundo os dois métodos: Prática X e DL-EPR.

Palavras-chaves: UNS S43000; Corrosão intergranular; Sensitização; Reativação eletroquímica potenciodinâmica.

¹ 60° Congresso Anual da ABM; 25 a 28 de julho de 2005, Belo Horizonte, Brasil.

² Eng° Metalurgista, Aluno de Doutorado da Escola Politécnica da USP (PMT-EPUSP).

³ Professora Doutora do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Escola Politécnica da USP (PMT-EPUSP).

INTRODUÇÃO

Como no caso dos aços inoxidáveis austeníticos (AIA), os aços inoxidáveis ferríticos (AIF) podem exibir susceptibilidade à corrosão intergranular depois de certos tratamentos térmicos (SEDRICKS, 1996, p. 45). Devido à baixa solubilidade do carbono na ferrita, os AIF apresentam precipitação de carbonetos mais rápida que os AIA (ARAI et al, 1987, p. 131). A precipitação de carbonetos de cromo nos contornos de grão produz empobrecimento local deste elemento e o possível ataque intergranular, quando em contato com o meio corrosivo (PICKERING, 1976, p. 248). Tem sido demonstrado que a teoria de empobrecimento no teor de cromo é o mecanismo mais aceito para explicar a corrosão intergranular dos AIF (BOND, 1969, p. 2133) (FRANKENTAL e PIPHERING, 1973, p. 25). O mecanismo de sensibilização da liga UNS S43000, tem sido explicado de diversas formas na literatura (BOND, 1969, p. 2133); (ARAI et al, 1987, p. 137); (KELLY et al, 1993, p. 3139); (PISTOURUS e COETZEE, 1996, p. 125). A liga UNS S43000 apresenta boa resistência à corrosão sob tensão e sua estrutura geralmente consiste de ferrita e carbonetos de cromo (CAMPBELL, 1992 p. 171, 173).

Para avaliar a resistência à corrosão intergranular dos AIF são normalmente utilizados ensaios de imersão, os quais estão contidos na norma ASTM A763. Para a liga UNS S43000 é recomendada a Prática X ou Z. Streicher (1995, p. 214) sugeriu eliminar a Prática Z da norma ASTM A763 e adotar a Prática Y para esta liga uma vez que o teste de dobramento exigido na Prática Z é menos preciso que a medida de perda de massa exigida na Prática Y. O elevado tempo de execução e o seu caráter destrutivo são os principais inconvenientes destes ensaios. Por esse motivo, os ensaios de reativação eletroquímica potenciodinâmica (EPR) têm sido utilizados para avaliar a susceptibilidade à corrosão intergranular desta liga. Este ensaio está bem estabelecido para avaliar o grau de sensibilização do AIA UNS S30400 (ASTM G108). Lee (1986, p.107) utilizou a técnica EPR na versão “single loop” (SL) para avaliar a resistência à corrosão intergranular da liga UNS S43000. No entanto, a técnica “double loop” (DL) tem sido reportada como mais reprodutível e independente do acabamento superficial e das inclusões do material (MAJIDI e STREICHER et al, 1984, p. 592). Serna et al (2003, p.381) mostraram que a técnica DL com solução 0,5 M H₂SO₄, diferencia GS de condições com diversos tratamentos isotérmicos na liga UNS S43000. O presente trabalho correlaciona os resultados reportados anteriormente (SERNA, ALONSO-FALLEIROS, 2004) do ensaio DL-EPR, com os resultados obtidos após ensaios de imersão, em solução em ebulição de sulfato férrico-ácido sulfúrico (Prática X da norma ASTM A763).

MATERIAIS E MÉTODOS

O aço inoxidável ferrítico UNS S43000 estudado apresenta a composição química mostrada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química do aço inoxidável ferrítico UNS S43000 (balanço ferro).

%C	%Cr	%Mn	%Si	%P	%S(ppm)	%Ni	%Nb	%Ti	%N(ppm)
0,040	16,0	0,37	0,32	0,033	65	0,23	0,010	0,08	323

- **Preparação das amostras**

O material foi recebido na forma de chapas com 1,6 mm de espessura. Foram cortadas amostras quadradas, com 15 mm de lado, e feito tratamento térmico de solubilização a 1200°C durante 20 minutos, com resfriamento em água.

Posteriormente foram realizados tratamentos isotérmicos, em forno tubular da marca LINDBERG, nas temperaturas de 500°C, 550°C, 600°C, 650°C e 700°C; por tempos de 5, 10, 20, 40 e 90 minutos e 2, 3, 4, 8 e 16 horas. Para evitar a excessiva oxidação das amostras todos os tratamentos foram feitos a vácuo. Na temperatura de 500°C foram feitos tratamentos isotérmicos adicionais a 32 e 64 horas.

Cada tratamento térmico foi feito para grupos de 4 amostras.

- **Ensaio de Reativação Eletroquímica Potenciodinâmica (DL-EPR)**

Após os tratamentos térmicos, as amostras foram lixadas em todas suas faces até lixa #600, embutidas em baquelite deixando a seção transversal exposta para ensaio, e foi feito um furo de rosa para permitir o contato elétrico necessário nos ensaios eletroquímicos. Estes foram feitos em potenciostato/galvanostato PAR (*Princeton Applied Research*) modelo 273A. O controle dos parâmetros de ensaio e o registro dos resultados foram feitos com auxílio do programa "*Model 342 Softcorr Corrosion Software v. 3.2*" instalado em microcomputador acoplado ao potenciostato.

O ensaio DL-EPR foi realizado utilizando-se aproximadamente 700mL de solução, naturalmente aerada, de 0,5M H₂SO₄, preparado a partir de reagente padrão analítico e água destilada. A temperatura da solução foi de (23±1)°C. Foi utilizado o eletrodo de calomelano saturado (ECS) como eletrodo de referência e um fio de platina como contra-eletrodo. O corpo-de-prova foi lixado até lixa #600 imediatamente antes de ser imerso no eletrólito, onde permaneceu por 5 minutos sem aplicação de potencial, permitindo a estabilização do potencial de corrosão. O material foi polarizado anodicamente, a partir do potencial de corrosão estabelecido até 500mV_{ECS}, potencial onde o material se encontra passivo e é iniciada a reversão. Tanto na ativação quanto na reversão a velocidade de varredura empregada foi de 1,67 mV/s. A área ensaiada dos corpos-de-prova foi de aproximadamente 0,20 cm². Depois de finalizados os ensaios, são lidos, diretamente do programa, os valores de densidade de corrente anódica máxima, no processo de ativação, I_a, e a densidade de corrente anódica máxima, no processo de reversão, I_r. O grau de sensitização (GS) é medido através do quociente entre os dois máximos de densidade de corrente, I_r/I_a. Para cada condição foram feitos, no mínimo, dez ensaios, sendo calculada a média e o desvio padrão.

- **Ensaio de Imersão (Prática X)**

Para os ensaios de imersão foram seguidos os procedimentos descritos na norma ASTM A763. O ensaio foi realizado preparando 600ml de solução de ácido sulfúrico (400 ml de água destilada e 236 mL de ácido sulfúrico grau analítico) e foi adicionado 25 g a 40g de sulfato férrico, dependendo da taxa de corrosão dos corpos-de-prova. Os corpos-de-prova foram previamente limpos em acetona e secos em jato de ar quente, pesados e calculada a área superficial. Posteriormente foram submergidos na solução em ebulição e mantidos por 24 horas. Transcorrido este tempo foram retirados da solução e novamente lavados com acetona e secos em

jato de ar quente, para ser posteriormente ser pesados. Foi calculada a perda de massa e posteriormente transformada em taxa de corrosão, segundo a seguinte expressão:

$$\text{Polegadas / mês} = 287 \times W / (A \times t \times d)$$

Onde: W = perda de massa; g.
 t = tempo de imersão; h.
 A = área exposta; cm^2 .
 d = densidade; $7,7 \text{ g/cm}^3$.

- **Exame Microestrutural**

O exame microestrutural foi realizado com ajuda do microscópio ótico (MO) e microscópio eletrônico de varredura marca Philips XL-30 (MEV). Os corpos-de-prova selecionados foram observados após: ensaio DL – EPR, ensaio de imersão e ataque com reagente Vilella (1g de ácido pícrico, 5 mL de HCl, e 100 mL etanol), a fim de se observar a forma e distribuição dos precipitados presentes após os tratamentos isotérmicos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os resultados obtidos, nos ensaios de imersão e no ensaio eletroquímico.

Inicialmente observa-se que tanto na condição solubilizada como a 500°C em tempos de 16 e 32 horas, as amostras foram dissolvidas ativamente no ensaio de imersão. Em 10 minutos e 4 horas, os corpos-de-prova foram desintegrados, apresentando no ensaio eletroquímico valores próximos da condição solubilizada, enquanto que a 16 e 32 horas, foi observado um aumento significativo e progressivo do GS.

A Figura 1a mostra a curva obtida após ensaio DL-EPR, para a condição solubilizada, a microestrutura observada é apresentada na Figura 1b. Observa-se ataque nos contornos de grãos ferríticos, mostrando sensitização nesta condição. A micrografia, da Figura 1c corresponde ao corpo-de-prova observado no MEV, após ataque com o reagente Vilella. Nessa figura são observados precipitados nos contornos de grãos ferríticos. No intento de quantificar o grau de sensitização pela Prática X, foi realizado o ensaio de acordo com Lee (1983, p.471), adicionando-se mais sulfato férrico à solução (40 g) que inibe parcialmente a corrosão, no entanto, sempre foi observada dissolução ativa dos corpos-de-prova. O resultado mostra a agressividade da solução para testar o material nesta condição.

Nos tratamentos a 600°C , é observada a diminuição gradativa na taxa de corrosão até tempos de 40 minutos. Há dissolução dos corpos-de-prova para tempos entre 90 minutos e 3 horas, e uma nova diminuição da taxa de corrosão para os tempos de 8 e 16 horas. Os tempos de 10 minutos e 4 horas não foram ensaiados pela Prática X, pois dado seu elevado valor no ensaio DL-EPR esperava-se dissolução ativa destas condições.

A Figura 2 mostra a variação da taxa de corrosão e o GS em função do tempo de tratamento isotérmico para 600°C , segundo a Prática X e ensaio DL-EPR. Inicialmente existe uma semelhança nas formas das curvas - em ambas encontra-se dois máximos de sensitização - havendo diminuição da taxa de corrosão e do GS

para tempos entre 10 e 40 minutos. Há um aumento da taxa de corrosão para tempos de 90 minutos e do GS para 2 horas, e uma nova diminuição para tempos de 8 e 16 horas para os dois parâmetros.

Tabela 2. Valores de taxa de corrosão e GS obtidos após Prática X e ensaio DL-EPR para o aço UNS S43000. Legenda: dissolvido = totalmente transformado em íons dissolvidos no eletrólito; desintegrado = o material transformou-se em grãos, semelhante a areia.

Condição de tratamento térmico		Taxa de corrosão (pol/mês)	Taxa de corrosão (mm/ano)	GS (DL-EPR)
Solubilizado		dissolvido	dissolvido	0,0025 ± 0,0026
500°C	10 minutos	desintegrado	desintegrado	0,0058 ± 0,0037
	4 horas	desintegrado	desintegrado	0,0014 ± 0,0012
	16 horas	dissolvido	dissolvido	0,0814 ± 0,0772
	32 horas	dissolvido	dissolvido	0,1407 ± 0,1660
600°C	5 minutos	0,534	162,63	0,0296 ± 0,0131
	20 minutos	0,223	68,05	0,0486 ± 0,0099
	40 minutos	0,104	31,72	0,0125 ± 0,0060
	90 minutos	dissolvido	dissolvido	0,0125 ± 0,0029
	2 horas	dissolvido	dissolvido	0,0052 ± 0,0054
	3 horas	dissolvido	dissolvido	0,0453 ± 0,0259
	8 horas	0,055	16,62	0,0053 ± 0,0237
	16 horas	0,042	12,82	0,0016 ± 0,0013
650°C	5 minutos	dissolvido	dissolvido	0,0711 ± 0,0418
	10 minutos	0,058	17,78	0,0096 ± 0,0060
	20 minutos	0,0502	15,72	0,0003 ± 0,0004
	8 horas	dissolvido	dissolvido	0,0016 ± 0,0021
	16 horas	dissolvido	dissolvido	0,0009 ± 0,0004
700°C	5 minutos	0,034	10,48	0 ± 0
	20 minutos	0,02	6,2	0,0001 ± 0,0003
	4 horas	0,024	7,2	0 ± 0
	16 horas	0,028	8,52	0,0003 ± 0,00006

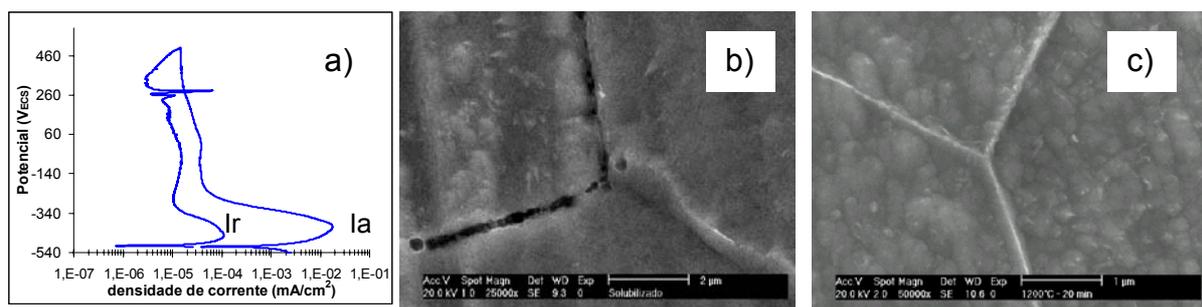


Figura 1. Condição solubilizada a) curva DL-EPR. b) microestrutura resultante após ensaio DL-EPR (MEV). c) microestrutura após ataque com reagente Vilella (MEV).

Os corpos-de-prova observados no MEV para 40 minutos após ensaio DL-EPR, revelaram a presença de precipitados intergranulares, transgranulares (não revelados no MO) e ataque nos contornos e no interior dos grãos (Figura 3a). Após Prática X foi observado desprendimento de grãos e valas profundas e retas nos contornos de grão (Figura 3b).

Enquanto que no ensaio DL-EPR, foi observada diminuição no GS até tempos de 2 horas, na Prática X foi observada dissolução ativa dos corpos-de-prova. A diferença obtida nestes ensaios pode ser atribuída à natureza dos ensaios de imersão e eletroquímicos (FRANGINI et al, 1992, p. 725). Para as condições onde se obteve baixos GS no ensaio DL-EPR, foram revelados no MEV precipitados intergranulares e transgranulares como mostrado na Figura 3a.

A Prática X tem o inconveniente de não diferenciar se o ataque é proveniente de regiões pobres em cromo ou devida a fases precipitadas (chi ou sigma) no contorno de grão (Norma ASTM A763, p. 408). Segundo Folkhard (1988, p.178) a presença da fase sigma em ligas com 18%Cr requerem geralmente longos tempos para sua formação, maiores do que os do presente trabalho, além disso, não foram encontradas quaisquer evidências destas fases nos corpos-de-prova examinados.

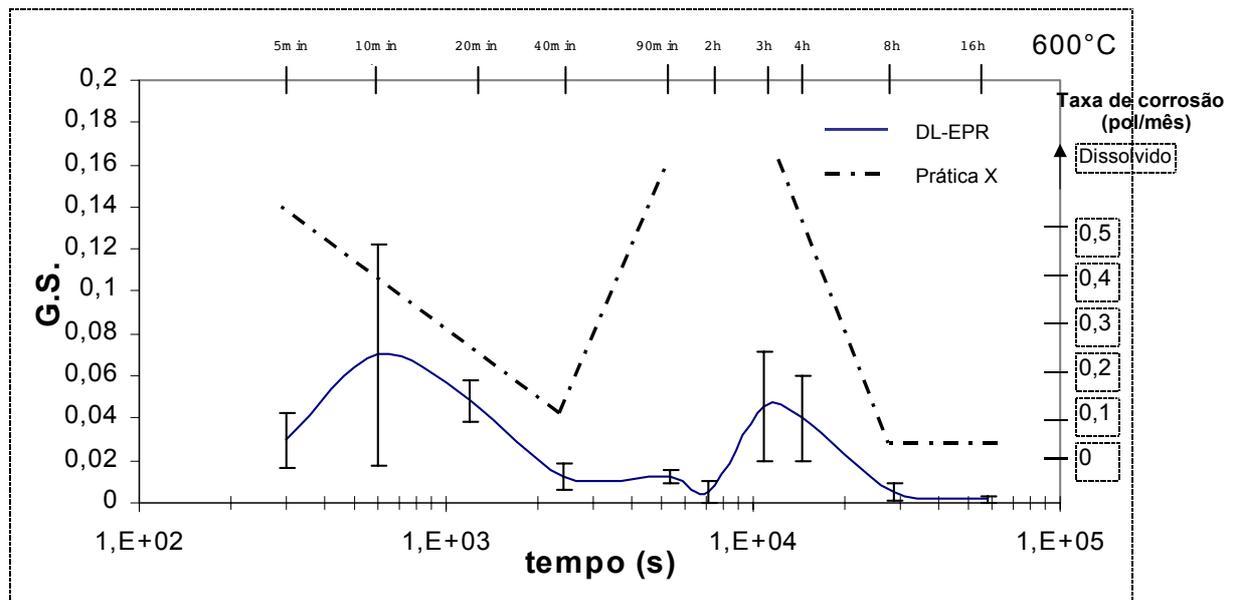


Figura 2. Grau de sensitização em função do tempo de tratamento isotérmico para a temperatura de 600°C obtido em ensaios DL-EPR e Prática X (norma ASTM A763).

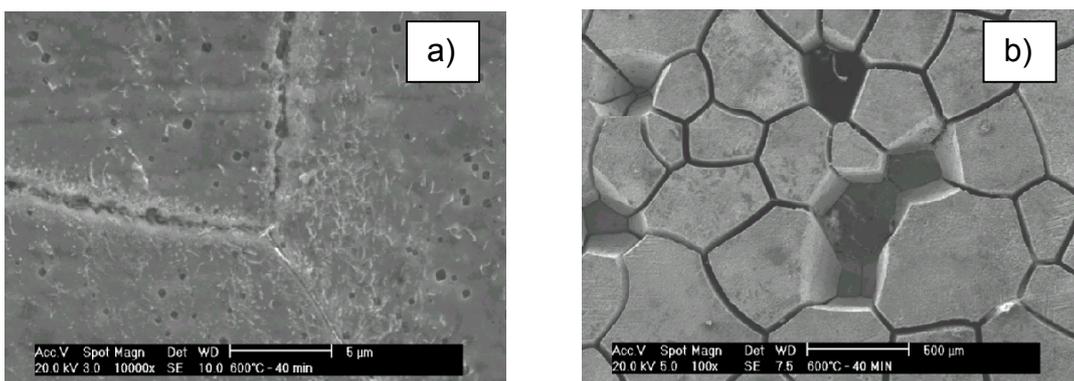


Figura 3. Micrografia da condição 600°C-40 minutos observadas no MEV a) DL-EPR. b) Prática X.

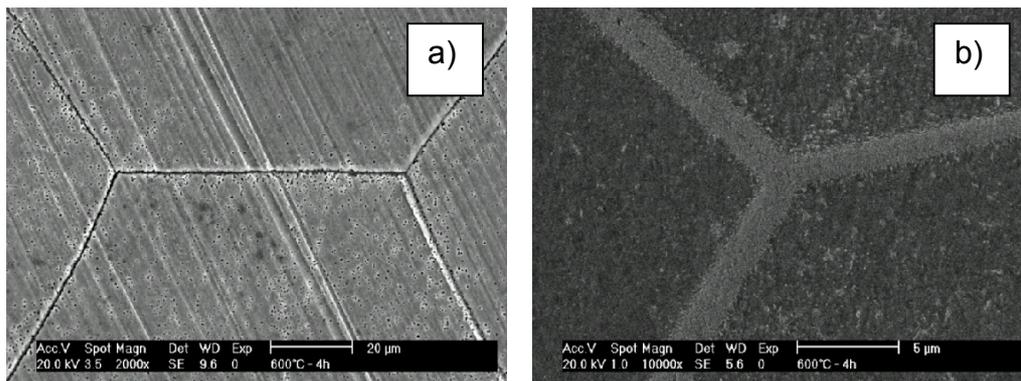


Figura 4. Microestrutura observada no MEV da condição 600°C-4 horas a) DL-EPR b) ataque com reagente Vilella.

A Figura 4a mostra para a condição 600°C-4 horas a microestrutura resultante após ensaio DL-EPR, observada no MEV. Nota-se que há ataque intergranular e pites no interior dos grãos. A Figura 4b revela a presença de precipitação próxima ao contorno de grão.

Na Figura 2 pode-se observar que para tempos de 8 e 16 horas há diminuição no GS e na taxa de corrosão. No MEV foram revelados, após ensaio DL-EPR, precipitados intergranulares e transgranulares; entanto que na Prática X foram observadas valas nos contornos de grão e não houve desprendimento apreciável de grão, resultado refletido na baixa taxa de corrosão registrada.

Para a temperatura de 650°C observa-se nos dados da Tabela 2, a correlação entre os resultados apresentados pelos dois ensaios não é completa. Para 5 minutos há dissolução do corpo-de-prova e alto GS. Em tempos de 10 e 20 minutos há diminuição na taxa de corrosão e no GS, sendo mais acentuado no ensaio DL-EPR. O baixo GS foi mantido para os demais tempos no ensaio DL-EPR, mas foi observada dissolução ativa dos corpos-de-prova na Prática X nos tempos de 8 e 16 horas. Para aliviar o problema de sensitização dos AIF são realizados normalmente tratamentos térmicos em temperaturas entre 650°C e 800°C (PICKERING, 1976, p. 248). Nestas temperaturas há difusão de cromo até as regiões empobrecidas, reestabelecendo a resistência à corrosão intergranular do aço. Os resultados apresentados pela Prática X não estão de acordo com tal recomendação, uma vez que em tratamentos a 650° por 8 e 16 horas o material apresentou elevada taxa de corrosão (dissolveu totalmente). Por outro lado, o GS obtido pelo método DL-EPR aponta para a recuperação do material já a partir de 20 minutos, o que está de acordo com a recomendação da literatura. Não foram encontradas razões que expliquem esta disparidade entre os dois métodos, no entanto, sugere-se que a elevada agressividade da Prática X pode estar relacionada com isto.

Segundo Lee (1983, p.471) corpos-de-prova de aço UNS S43000 não sensitizados, exibem taxas de corrosão de até 0,03 polegadas/mês (9 mm/ano). Pode-se eventualmente adotar tal valor como critério para a separação entre materiais sensitizados e recuperados. No entanto, sempre é necessário lembrar que mesmo baixos valores de GS estão associados à alguma corrosão intergranular, que pode ser danosa ou não em função do meio específico em que se encontra o material.

Os tratamentos isotérmicos realizados a 700°C, em todos os tempos, mostram baixas taxas de corrosão e baixo GS, confirmando que nesta temperatura ocorre completa recuperação da resistência à corrosão intergranular do aço UNS S43000.

Como mencionado anteriormente, o exame dos corpos-de-prova no MEV, após ensaio DL-EPR revela precipitados intergranulares e transgranulares, enquanto que na Prática X são observadas valas rasas nos contornos de grão.

Pode-se concluir que existe boa correlação entre a Prática X e o ensaio DL-EPR, sendo, portanto, mais uma evidência de que o ensaio DL-EPR, com o procedimento aqui apresentado, pode ser utilizado para avaliação do GS do aço UNS S43000. Além disso, o ensaio DL-EPR apresenta maior sensibilidade na diferenciação entre os graus de sensitização do que a Prática X.

CONCLUSÕES

As principais conclusões do presente trabalho são:

1. O grau de sensitização do aço UNS S43000 varia em função do tempo e temperatura de tratamento térmico. O ensaio DL-EPR e imersão (Prática X) mostram boa correlação para a maioria das temperaturas estudadas na faixa de 500°C a 700°C.

2. Foi verificado que além dos precipitados nos contornos de grãos serem finos e contínuos, os tratamentos isotérmicos também promovem precipitação intergranular e transgranular, influenciando nos valores obtidos para os parâmetros de sensitização que são: taxa de corrosão na Prática X e grau de sensitização no DL-EPR.

3. Segundo o grau de sensitização obtido pelo DL-EPR, tratamentos isotérmicos a partir de 650°C por tempos acima de 20 minutos, diminuem a tendência à corrosão intergranular.

4. A partir do ensaio DL-EPR e a Prática X, foi possível corroborar que tratamentos isotérmicos realizados a 700°C em todos os tempos, proporciona aumento na resistência à corrosão intergranular do aço UNS S43000.

5. O ensaio DL-EPR é mais sensível que a Prática X para avaliar o grau de sensitização, além de que ocorre menor dano ao corpo-de-prova, confirmando o caráter não destrutivo e menor tempo necessário para ensaio.

Agradecimentos

Os autores expressam seu agradecimento à CAPES pelo bolsa de doutorado concedida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (ASTM). "Standard Practices for Detecting Susceptibility to Intergranular Attack in Ferric Stainless Steels": A763-93. Philadelphia, 1999.
- 2 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (ASTM). Standard Test Method for Electrochemical Reactivation (EPR) for Detecting Sensitization of AISI Type 304 and 304L Stainless Steels. G 108-94. Philadelphia, 1999.
- 3 ARAI, H.; TAKEDA, S.; ARATA, Y. Theoretical Analysis of Susceptibility of Ferritic Stainless Steel to Intergranular Corrosion Caused by Welding. Transactions of JWRI, v.16, n.1, p.131-137, 1987.

- 4 BOND, A.P. Mechanisms of Intergranular Corrosion in Ferritic Stainless Steels. Transactions of the Metallurgical Society of AIME, v.245, p.2127-34, October 1969.
- 5 CAMPBELL, R.D. Ferritic Stainless Steel Welding Metallurgy. Key Engineering Materials, v.69&70, p.167-216, 1992.
- 6 FRANKENTHAL, R.P.; PICKERING, H. W. Intergranular Corrosion of Ferritic Stainless Steel. Journal of Electrochemical Society, v.120, n.1, p.23-26, January 1973.
- 7 FRANGINI, S.; MIGNONE, A. Modified Electrochemical Potentiokinetic Method for Detecting Sensitization in 12wt%Cr Ferritic Stainless Steels. Corrosion, v.48, n.9, p.715-725, September 1992.
- 8 FOLKHARD, E. Welding Metallurgy of Stainless Steel. Springer-Verlag Wien New York. P.103-110, 114-116, 125, 130, 178.
- 9 KELLY, W.K.; IYER, R.N.; PICKERING, H.W. Another Grain Boundary Corrosion Process in Sensitized Stainless Steel. Journal Electrochemical Society, v.140, n.11, p.3134-3140, November 1993.
- 10 LEE, J.B. Modification of the ASTM Standard Ferric Sulfate-Sulfuric Acid Test and Copper-Copper Sulfate-Sulfuric Acid Test for Determining the Degree of Sensitization of Ferritic Stainless Steels. Corrosion, v.39, n12, p.469-474, December 1983.
- 11 LEE, J.B. A New Electrochemical Potentiokinetic Reactivation Test for Determining Degree of Sensitization in Ferritic Stainless Steels. Corrosion, v.42, n.2, p.106-110, February 1986.
- 12 MAJIDI, A.P. STREICHER, M.A. The Double Loop Reactivation Method for Detecting Sensitization in AISI 304 Stainless Steels. Corrosion, v.40, n.11, p. 584-593, November 1984.
- 13 PICKERING, F.B. Physical Metallurgy of Stainless Steel Developments. International Metals Reviews, Review 211, p.227-249, December 1976.
- 14 PISTORIUS, P.C.; COETZEE, M. Sensitization of Type Ferritic Stainless Steel During Continuous Annealing. The Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy, v.96, n3. p.119-125, May/June 1996.
- 15 SEDRIKS, A. J. Corrosion of Stainless Steel. Second Edition. Princeton. New Jersey. 1996. p 35-47, 238-242, 254-257.
- 16 SERNA GIRALDO, C.A.; MAGNABOSCO, R.; ALONSO-FALLEIROS, N. Avaliação da Resistência à Corrosão Intergranular do Aço UNS S43000 Após Tratamento Térmico a 600°C. In: 58° CONGRESSO ANUAL DA ABM, Rio de Janeiro, 2003. Anais. Rio de Janeiro: ABM 2003. p.373-382.
- 17 SERNA GIRALDO, C.A.; ALONSO-FALLEIROS, N. Efeito da Temperatura na Resistência à Corrosão Intergranular do Aço Inoxidável Ferrítico UNS S43000. In: 59° CONGRESSO ANUAL DA ABM, São Paulo, 2004. Anais. São Paulo: ABM 2004. p.445-454.
- 18 STREICHER, M.A. Intergranular. In: BOBIAN, R. ed. Corrosion Tests and Standards: application and interpretation. Philadelphia, ASTM, 1995. p.197 – 217.

INTERGRANULAR CORROSION OF UNS S43000 STAINLESS STEEL: CORRELATION BETWEEN IMMERSION TEST AND ELECTROCHEMICAL POTENTIODYNAMIC REACTIVATION TEST DL-EPR¹

Carlos Augusto Serna Giraldo²
Neusa Alonso-Falleiros³

Abstract+

Sensitization is the main cause of the intergranular corrosion of ferritic stainless steel. This sensitization is caused by inadequate heat treatments due precipitates phases rich in chromium in the grain boundary. These precipitates generate depleted regions in this element of its neighborhoods. The intergranular corrosion resistance of the ferritic stainless steel is normally evaluated by immersion test. In the present work, UNS S43000 stainless steel was solution annealing at 1200°C for 20 minutes, followed by isothermal treatments in the temperature ranging from 500°C and 700°C for times periods of 5 minutes and 16 hours. The intergranular corrosion resistance was characterized by ferric sulfate – sulfuric acid test (Practice X) of ASTM A763 standard test. The results obtained had been correlated with results obtained for the method of potentiodynamic electrochemical reactivation in the version "Double Loop" (DL-EPR). DL-EPR test was carried out in 0,5 M H₂SO₄ solution and a scan rate was 1,67 mV/s. Microstructural investigation of the specimens were carried out by optical microscopy and scanning electronic microscopy (SEM). The result indicates that the steel suffers to sensitization in the interval of temperature between 500°C and 650°C. both DL-EPR test and Practice X were sensibilized in shown that two sensitization degree (DOS) are present in 600°C. According to DL-EPR test 20 minutes of heat treatments to 650°C recovery intergranular corrosion resistance to the steel, in turn, treatments 700°C are presented according to recovery methods: Practice X and DL-EPR.

Key-words: UNS S43000; Intergranular corrosion; Sensitization, Electrochemical reactivation potentiodynamic method.

¹ 60° Annual Congress of ABM; July of 2005, Belho Horizonte, Brasil.

² Metallurgical Engineer, Doctor Student of Escola Politécnica the University of São Paulo (PMT-EPUSP).

³ Doctor Teacher of Metallurgical and Materials Department Engineering of Escola Politécnica of the University of São Paulo (PMT-EPUSP).