

UTILIZAÇÃO DE TESTES POR PERDA DE MASSA PARA AVALIAR A RESISTÊNCIA À CORROSÃO DOS AÇOS INOXIDÁVEIS UNS S31803 E AISI 444 ENVELHECIDOS ¹

Sérgio Souto Maior Tavares²
Fernando Benedicto Mainier³
Juan Manuel Pardal⁴
José Adailson de Souza⁵
Leandro Dias Lima⁶

Resumo

Neste trabalho a resistência à corrosão dos aços inoxidáveis duplex UNS S31803 e ferrítico AISI 444 envelhecidos em baixas temperaturas foi investigada utilizando os ensaios de perda de massa em solução de cloreto férrico (norma ASTM G48). Os resultados são comparados com os obtidos em ensaios de polarização eletroquímica de reativação cíclica (PERC) nas mesmas condições de envelhecimento.

Palavras-chave: Aço inoxidável duplex; Aço inoxidável AISI 444; Envelhecimento.

USE OF LOSS MAS TESTS TO EVALUATE CORROSION RESISTANCE OF AGED STAINLESS STEELS UNS S31803 AND AISI 444

Abstract

In this work the pitting corrosion resistance of stainless steels UNS S31803 (duplex) and AISI 444 (ferritic) aged at low temperatures were investigated by mass loss tests in FeCl₃ solution (ASTM G48 standard). The results were compared to ones previously obtained by electrochemical polarization reactivation tests (EPR) in the same aging conditions.

Key words: Duplex stainless steels; DLEPR tests; Aging.

¹ Contribuição técnica apresentada na 61º Congresso Anual da ABM, de 24 a 27 de julho de 2006, Rio de Janeiro – RJ

²D.Sc., Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Mecânica (TEM) e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PGMEC) da Universidade Federal Fluminense – UFF.

³D.Sc., Professor Titular do Departamento de Engenharia Química (TEQ) da Universidade Federal Fluminense - UFF.

⁴Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PGMEC) da Universidade Federal Fluminense – UFF.

⁵Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PGMEC) da Universidade Federal Fluminense – UFF.

⁶Aluno de iniciação científica do curso de graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal Fluminense – UFF.

INTRODUÇÃO

Os aços inoxidáveis duplex (AID) são materiais de alta resistência à corrosão para aplicações especiais no setor químico, petroquímico e nuclear. O envelhecimento de aços desta classe no intervalo de 350°C a 550°C provoca a decomposição espinoidal da ferrita em uma fase rica em cromo (α') e regiões empobrecidas deste elemento (α'').⁽¹⁻³⁾ Esta reação de precipitação provoca o endurecimento e a fragilização da ferrita presente no aço.

O envelhecimento entre 350°C e 550°C também provoca o decréscimo da resistência à corrosão, uma vez que cria regiões ferríticas empobrecidas em cromo.⁽⁴⁻⁵⁾ De acordo com Tsuchuya e colaboradores,⁽⁵⁾ se o teor de cromo se torna localmente inferior a 14% (at.) pites microscópicos são observados na fase ferrítica quando o aço é atacado com uma solução de 10% HNO_3 + 0,05% HF (Figura 1).

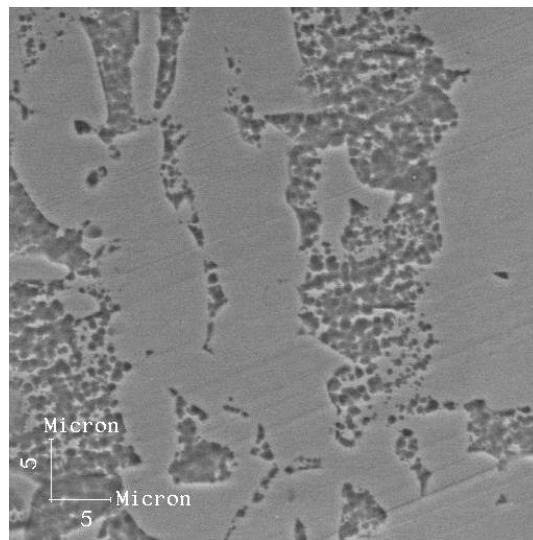


Figura 1. Micropites na fase ferrítica do aço inox duplex UNS S31803 envelhecido a 475°C por 500 horas.

Em trabalho recente⁽⁶⁾ a perda de resistência à corrosão do aço duplex UNS S31803 foi avaliada pela técnica eletroquímica de reativação potenciocinética (PERC ou DL-EPR – “double loop electrochemical potentiokinetic reactivation method”). Os resultados são compilados na Figura 2. O material envelhecido a 400°C, embora sofresse endurecimento e fragilização, não apresentou perda de resistência à corrosão. Por outro lado, o material envelhecido a 475°C apresentou acentuado endurecimento, forte queda da tenacidade e um grande decréscimo da resistência à corrosão, este evidenciado pelo aumento da relação I_r/I_a . Observa-se, entretanto, que com o aumento do tempo de envelhecimento de 500 para 1000 horas a relação I_r/I_a sofre um pequeno decréscimo.

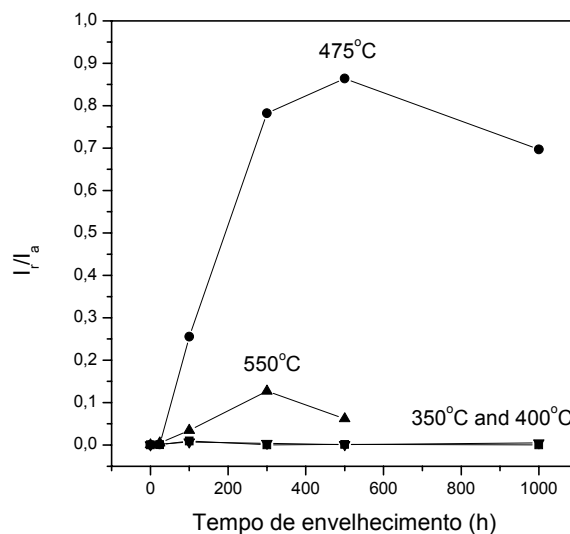


Figura 2. Comportamento da razão I_r/I_a em função do tempo de envelhecimento no aço UNS S31803.

O aço inoxidável AISI 444 é do tipo ferrítico e sofre o mesmo tipo de endurecimento e fragilização que o duplex envelhecido na faixa de 350 a 550°C. A exemplo do que acontece nos duplex, os efeitos são mais rápidos e pronunciados no envelhecimento a 475°C. Em trabalho recente⁽⁷⁾ também investigamos a perda de resistência à corrosão deste aço pelo ensaio de PERC. Os resultados compilados na Figura 3 mostram a relação I_r/I_a aumenta com o tempo de envelhecimento a 400°C e, principalmente, a 475°C.

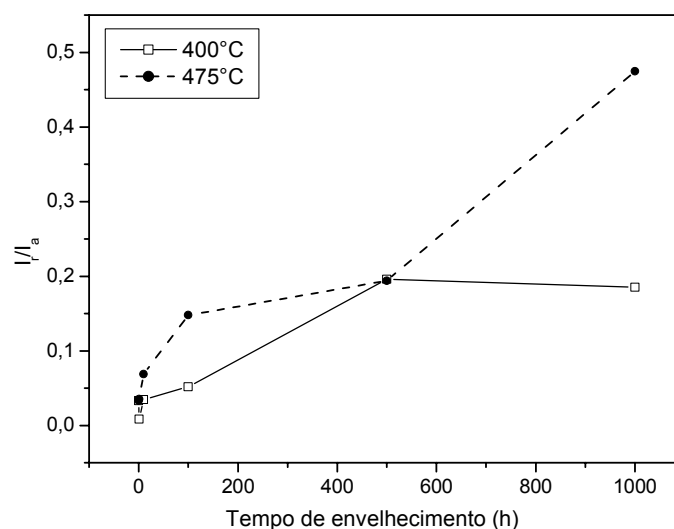


Figura 3. Comportamento da razão I_r/I_a em função do tempo de envelhecimento no aço AISI 444.

Neste trabalho, as amostras envelhecidas a 400°C e a 475°C dos aços inoxidáveis UNS S31803 (duplex) e AISI 444 (ferrítico) foram ensaiadas em solução de cloreto férrico (norma ASTM G48, prática A). Os resultados de perda de massa são discutidos e comparados com os obtidos através do ensaio de polarização eletroquímica de reativação cíclica anteriormente realizados.

MÉTODOS EXPERIMENTAIS

Amostras dos aços inoxidáveis AISI 444 e duplex UNS S31803 (composições na Tabela 1) foram envelhecidas a 400°C e 475°C por diversos tempos. Em seguida, elas foram ensaiadas de acordo com a prática A da norma ASTM G48 (8). O ensaio consistiu em imergir os corpos de prova de dimensões aproximadas 50 x 25 x 4mm em uma solução aquosa de 900 ml de água destilada e 100g de cloreto férrico, na temperatura ambiente, por um período de 70 horas. O resultado do ensaio é avaliado pela perda de massa em gramas por cm² e pela presença de pites.

Os corpos de prova foram lixados e polidos em solução alumina de 1µm. A perda de massa foi medida em balança analítica com 3 casas decimais.

Tabela 1. Composições químicas (% em peso) dos aços UNS S31803 AISI 444.

Aço	Cr	Ni	Mo	C	N	Ti	Nb
UNS S31803	22.3	5.44	2.44	0.02	0.160	-	-
AISI 444	17,56	0,20	1,86	0,015	0,012	0,13	0,09

RESULTADOS

Aço Inoxidável Duplex

A Figura 4 apresenta o comportamento da perda de massa em função do tempo de envelhecimento a 400°C e 475°C nas amostras de aço inox duplex UNS S31803. Os corpos de prova envelhecidos a 400°C não apresentaram perda de massa até 500 horas de envelhecimento, confirmando os resultados obtidos pelo ensaio eletroquímico (PERC). Por outro lado, os envelhecimentos a 475°C provocaram um considerável aumento da perda de massa, a partir de 300 horas.

A amostra envelhecida por 100 horas a 475°C não apresentou pites e perda de massa significativa, contrariando o resultado do ensaio eletroquímico. Outra discrepância encontrada em relação aos ensaios eletroquímicos do aço duplex foi o fato de não se observar uma melhoria da resistência à corrosão após 500 horas de envelhecimento nos ensaios de imersão segundo a norma ASTM G48. Este fenômeno, chamado de “dessensitização” ou “healing”, seria devido à difusão do cromo na temperatura de envelhecimento. Cabe aqui ressaltar que os dois ensaios têm concepções e objetivos diferentes: o ensaio de PERC detecta e quantifica a susceptibilidade à corrosão do material que apresenta regiões empobrecidas em cromo, ao passo que o ensaio de perda de massa da norma ASTM G48 é específico para avaliar a resistência à corrosão por pites em aços inoxidáveis.

As Figuras 5(a), (b) e (c) apresentam fotos dos corpos de prova de aço inox duplex ensaiados. Observa-se a ausência de pites na amostra envelhecida por 100 horas a 475°C e o surgimento de enormes e profundos pites de corrosão nas amostras envelhecidas por 300 horas e 500 horas a 475°C.

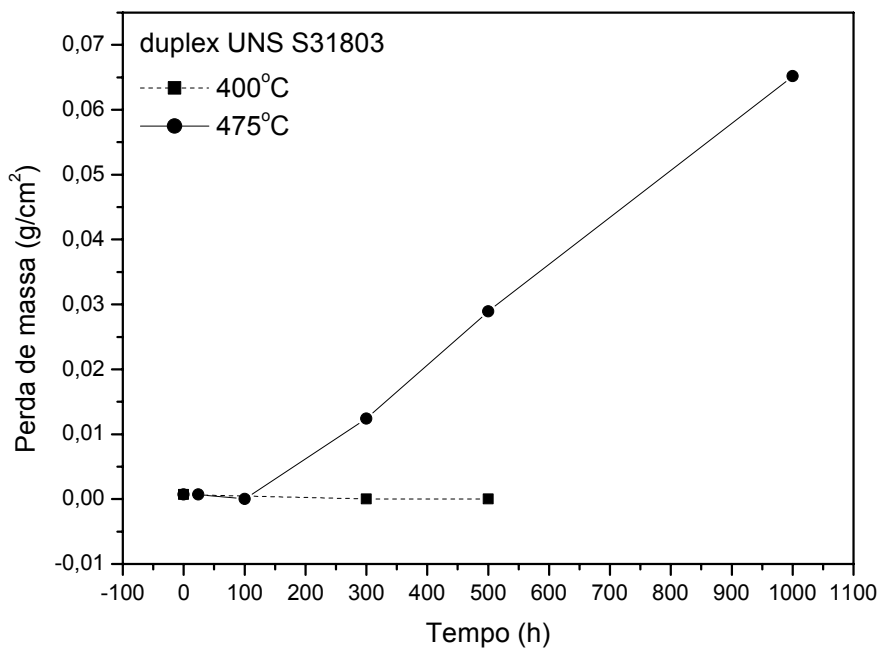


Figura 4. Perda de massa do aço inox duplex em 70 horas de ensaio em função do tempo de envelhecimento.

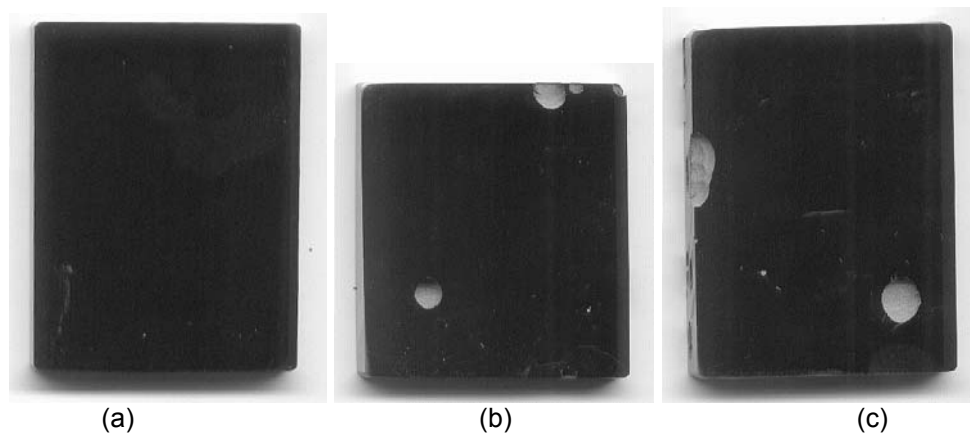


Figura 5. Amostras após o ensaio de corrosão (prática A, ASTM G48): (a) envelhecida 100 horas a 475°C; (b) 300 horas a 475°C e (c) 500 horas a 475°C.

Aço Inoxidável Ferrítico AISI 444

A Figura 6 apresenta o comportamento da perda de massa em função do tempo de envelhecimento a 400°C e 475°C nas amostras de aço inox AISI 444, onde se nota o aumento da perda de massa com o tempo de envelhecimento nas duas temperaturas. Mais uma vez, o decréscimo da resistência à corrosão é mais rápido e pronunciado com os envelhecimentos a 475°C do que a 400°C, fato que também foi constatado pelos ensaios de polarização eletroquímica de reativação cíclica (Figura 3).

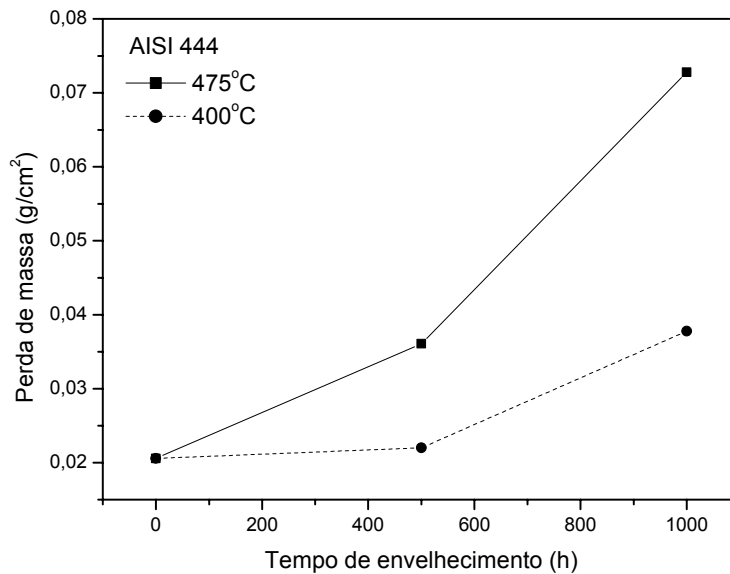


Figura 6. Perda de massa do aço inox AISI 444 em 70 horas de ensaio em função do tempo de envelhecimento.

CONCLUSÕES

Os ensaios de perda de massa em solução de cloreto férrico mostraram que os aços inoxidáveis duplex UNS S31803 e AISI 444 tornam-se susceptíveis à corrosão por pites com o envelhecimento a 475°C. No aço duplex, o envelhecimento a 400°C por até 500 horas, não provocou aumento na perda de massa, a exemplo do que se observou em trabalho anterior por ensaios de polarização eletroquímica de reativação cíclica. No aço AISI 444 observa-se um considerável aumento da perda de massa com o aumento do tempo de envelhecimento de 500 h para 1000 horas.

Agradecimentos

Ao CNPq e à FAPERJ pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- 1 H. D. SOLOMON, E. KOCH, Scripta Metall. **13** (1979) 971.
- 2 S. KIM, W. JAE, Y. KIM, J. of the Korean Nuc. Society **29**(3) (1997) 361.
- 3 M. HEDIN, J. P. MASSOUD, F. DANOIX, Journal de Physique IV, Colloque C5, **v.6** (1996) C5-235.
- 4 S.S.M. TAVARES, J.M. NETO, R. F. de NORONHA, S. PAIRIS, M. R. da SILVA, Materials Research **4**(4) (2001) 237.
- 5 S. TSUCHIYA, Y. ISHIKAWA, M. OHTAKA, T. YOSHIMURA, JSME International Journal A **38**(3) (1995) 384.
- 6 S.S.M. TAVARES, P. de LIMA NETO, D. MATOS, Journal of Materials Science **40** (2005) 4025.
- 7 S.S.M. TAVARES, J.A. de SOUZA, H.F.G. de ABREU, P. de LIMA NETO, A. M. do NASCIMENTO, J.A.C. PAIVA, Journal of Materials Engineering and Performance **14**(3) (2005) 367.
- 8 Norma ASTM G48.