

RELAÇÃO ENTRE PREN E A RESISTÊNCIA À CORROSÃO POR PITE EM AÇOS DÚPLEX

Isabelle Monfrinatti Macarrão¹, Daniella Caluscio dos Santos²
^{1,2} Departamento de Engenharia de Materiais, Centro Universitário FEI
 isamonfrinatti@hotmail.com; dcaluscio@fei.edu.br

Resumo: O parâmetro utilizado para quantificar a resistência a corrosão por pite é o cálculo do PREN (Pitting Resistance Equivalente Number). Quanto maior seu valor, maior é considerada a resistência à corrosão por pite do material. Entretanto, esse cálculo realizado desconsidera efeitos microestruturais importantes que podem influenciar a resistência à corrosão. Logo, o intuito desse trabalho consiste em discutir a eficácia desse cálculo por meio de ensaios eletroquímicos para estudar a resistência à corrosão por pite do aço.

1. Introdução

Aços inoxidáveis são ligas de ferro que contêm no mínimo 11% em massa de cromo e a presença desse elemento de liga previne a oxidação do material quando em contato com o meio externo. Uma das principais classes de aços é a dos aços inoxidáveis dúplex (AID) [1] que apresentam em sua microestrutura a coexistência das fases ferrita e austenita. Na prática eles são restritos a ligas em que essas duas fases estão presentes em frações volumétricas iguais, ao contrário das ligas em que o constituinte aparece na forma de pequenos precipitados [2]. Esse material possui alta resistência mecânica e à corrosão, seu preço é mais baixo em relação a outras ligas especiais devido ao baixo teor de níquel. Essas propriedades são atribuídas às suas microestruturas e às adições de elementos de liga como cromo, molibdênio e nitrogênio [2].

O balanço entre as frações em volume da fase ferrita e austenita são cruciais para os AID, pois a combinação de propriedades de ambas as fases é que garantem a aplicabilidade desses materiais nas mais diferentes áreas da indústria. Entretanto, se o balanço de fases não é adequado, pode haver partição dos elementos de liga presentes nas fases, levando a uma alteração nas propriedades previstas para um material com aproximadamente 50% de ferrita (α) e 50% de austenita (γ).

Um parâmetro importante para a avaliação da resistência à corrosão é o PREN calculado em função das composições químicas do material utilizando a equação (1), que é um dos indicadores para a resistência à corrosão de aços utilizados na indústria.

$$\text{PREN} = \%Cr + 3.3(\%Mo + 0.5\%W) + 16\%N \quad (1)$$

Em teoria, quanto maior o valor de PREN, maior a resistência à corrosão por pite do material. Entretanto, além desse cálculo desconsiderar aspectos microestruturais, no caso dos aços bifásicos, faz-se necessário o estudo do PREN de cada uma das fases em separado para avaliar a resistência. Esse é o objetivo geral desse trabalho.

2. Metodologia

O material em estudo é de propriedade do Centro de Desenvolvimento de Materiais Metálicos e foi adquirido como chapa de 3 mm de espessura laminada a 1100 °C e resfriada por jato de ar e água forçada. A composição química do material é apresentada na Tabela I.

Tabela I. Composição química do aço (Fe: balanço).

Elemento	%m	Elemento	%m	Elemento	%m
Cr	22,48	N	0,162	Co	0,07
Ni	5,74	C	0,018	P	0,019
Mo	3,2	Si	0,35	S	0,001
Mn	1,42	Cu	0,15	Nb	0,006

Fonte: Villares Metals.

Inicialmente foram feitas simulações termodinâmicas utilizando o *software* ThermoCalc® com a base de dados TCFE8 a fim de se obter o cálculo de equilíbrio das frações de fases do aço UNS S31803 em diferentes temperaturas. Em seguida foram selecionadas as temperaturas de 1040 °C, 1090 °C, 1120 °C e 1150 °C por 96 h com resfriamento em água a fim de se obter diferentes frações de ferrita e austenita.

Após esse tratamento térmico as amostras foram preparadas para metalografia, sendo lixadas para remoção de óxido, cortadas e embutidas em baquelite.

O polimento foi feito em politriz automática para em seguida serem atacadas utilizando solução de Beraha modificado, solução aquosa de HCl 20% sendo acrescidos no momento do ataque, 1 g de metabissulfito de potássio ($K_2S_2O_5$) para cada 100 ml de solução em estoque e 2 g de bifluoreto de amônio (NH_4HF_2), e posteriormente analisados por microscopia óptica.

A quantificação das fases foi realizada por meio de análises magnéticas e estereologia quantitativa.

Por fim, os ensaios eletroquímicos foram realizados para obtenção de curvas de polarização potenciodinâmica em solução 0,6M NaCl (3,5%) a 75°C em amostras polidas. Ao final os corpos de prova foram observados no microscópio óptico.

3. Resultados e Discussões

A simulação computacional realizada (Figura 1) mostra que a temperatura de equilíbrio para que haja 50% de ferrita e austenita corresponde à 1120°C. Os valores teóricos, quando comparados aos obtidos experimentalmente são apresentados na Tabela 2. Observa-se diferença significativa entre os teores de ferrita esperados e os obtidos experimentalmente: somente para as duas maiores temperaturas de solubilização, provavelmente associadas à falha no controlador do forno utilizado. De qualquer maneira,

independente da técnica, diferentes quantidades de ferrita e austenita foram obtidas para a investigação objetivada por esse projeto.

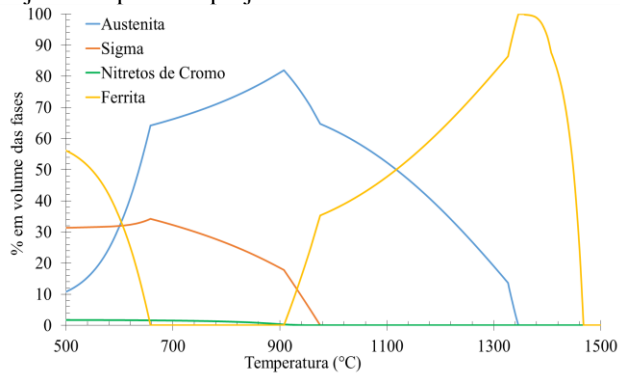


Figura 1 – Porcentagem em volume das fases da liga entre 500°C e 1500°C.

Tabela II – Comparação dos valores de ferrita obtidos pelos três métodos nas temperaturas de solubilização.

Temperatura (°C)	%Ferrita		
	Ferritoscópio	Estereologia	Thermo Calc
1040	43,25 ± 4,25	44,08 ± 2,76	40,85
1090	41,84 ± 3,68	49,01 ± 3,83	46,43
1120	60,62 ± 15,20	82,71 ± 1,87	50,31
1150	82,78 ± 15,36	96,56 ± 1,44	54,58

Os ensaios eletroquímicos geraram curvas de polarização típicas apresentadas na Figura 2, nas quais são observadas ainda instabilidades próximas ao potencial de pite provavelmente relacionadas à formação de pites instáveis acima de 200mV_{Ag/AgCl}.

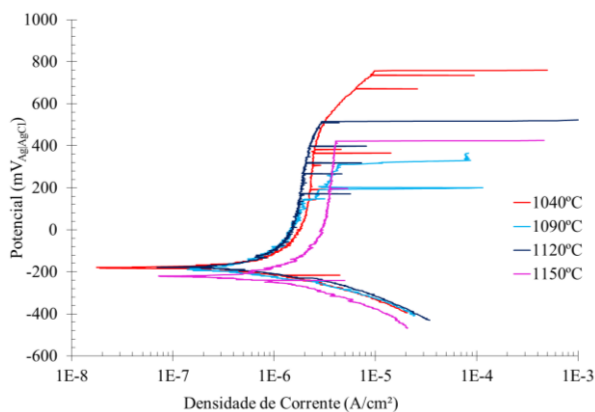
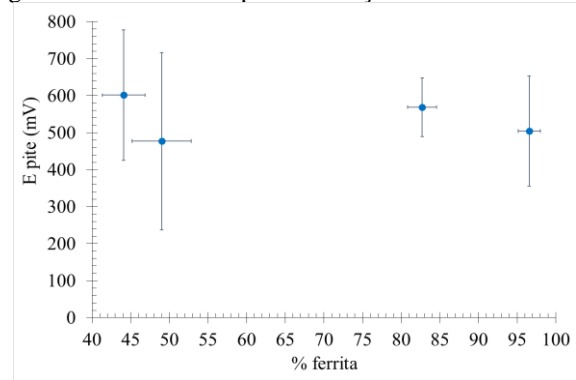


Figura 2 – Curvas de polarização potenciodinâmica do aço UNS S31803 em solução 0,6M NaCl a 75°C.

Analisando a Figura 3, que relaciona o potencial de pite com a porcentagem de ferrita obtida por meio de estereologia quantitativa, é possível notar que aparentemente não há relação direta dos valores de E_{pite} com a quantidade de ferrita. Mais ensaios serão realizados a fim de verificar os desvios observados. Essa observação contradiz o que se pensava anteriormente quando foi estabelecido o cálculo do PREN. Isto é, quanto maior o teor de ferrita, rica em Cr, em teoria mais resistente à corrosão por pite seria o material.

Figura 3 – Potencial de pite em função da % de ferrita.



Na Figura 4, se observa preliminarmente relação entre os valores de E_{pite} e o PREN (α) calculados com os teores de Cr, Mo e N para cada temperatura obtidos por simulação. Esses dados corroboram a evidência de que não necessariamente fração entre as fases determina a resistência à corrosão por pite do aço em estudo, mas a partição dos elementos de liga em cada uma das fases.

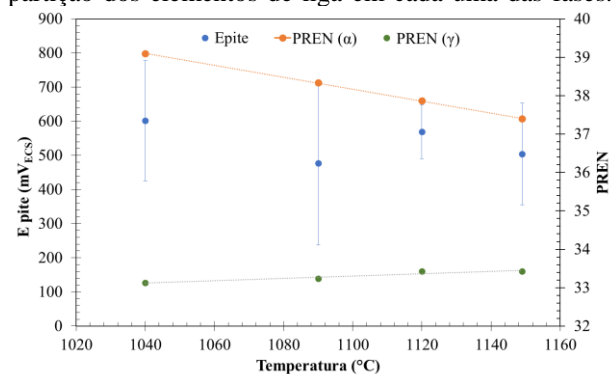


Figura 4 – Relação do potencial de pite em mV com a porcentagem de ferrita medida.

4. Conclusões

A partir dos resultados obtidos conclui-se que aparentemente não há relação direta dos valores de E_{pite} em relação a quantidades das fases presentes no material. Isso mostra que o comportamento eletroquímico não obedece a regra das misturas de forma que, não necessariamente, fração entre as fases determina a resistência à corrosão por pite do aço em estudo, mas a partição dos elementos de liga em cada uma delas.

5. Referências

- [1] SEDRIKS, A. John. **Corrosion of stainless steels**. 2. ed. New York: John Wiley, c1996. 437 p.
- [2] SENATORE; FINZETTO; PEREA. Estudo comparativo entre os aços inoxidáveis dúplex e os inoxidáveis AISI 304L/316L. **Rem: Revista Escola de Minas**, [s.l.], v. 60, n. 1, p.175-181, mar. 2007.

Agradecimentos

Ao Centro Universitário FEI pelo financiamento do projeto de iniciação científica.

¹ Aluna de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 09/17 a 10/18.