

DISSOLUÇÃO DA FERRITA A ALTAS TEMPERATURAS NUM AÇO DUPLEX 2205¹

Luis Augusto Hernandez Terrones²

Patrícia Apicelo de Souza Pereira²

Chirley Viana dos Santos²

Laura Paes Sales Fagundes²

Resumo

Os aços inoxidáveis duplex apresentam uma alta resistência mecânica e a corrosão. A microestrutura destes aços é constituída por quantidades aproximadamente iguais de austenita dispersa numa matriz ferrítica. Quando submetido a altas temperaturas, estes aços formam diversas fases que prejudicam suas propriedades mecânicas, principalmente a tenacidade. Neste trabalho foi estudado as fases formadas nas temperaturas de 600 e 850°C de um aço inoxidável duplex 220. Foram encontrados principalmente as fases sigma e chi nos contornos e carbonitretos no interior da ferrita.

Palavras-chave: Aço duplex; Ferrita; Austenita; Composto intermetálico.

DISSOLUTION OF THE FERRITE AT HIGH TEMPERATURES IN A DUPLEX 2205 STAINLESS STEEL

Abstract

The duplex stainless steels are materials with high mechanical and corrosion resistance. The microstructure of these steels is constituted by austenite disperse in ferritic matrix. When these steels are submitted to high temperatures, several phases and intermetallic compounds are formed and that influences in the mechanical properties, mainly in the toughness. In this work, were studied the phases formed at 600 and 850°C treatments in a duplex stainless steel 2205. Were observed the phases sigma and chi in the interfaces and carbonitrides in the ferrite.

Key words: Duplex stainless steel; Ferrite; Austenite; Intermetallic compounds.

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

² Laboratório de Materiais Avançados, CCT, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Av. Alberto Lamego, 2000 CEP: 28015-620 Campos dos Goytacazes/RJ Brasil

1 INTRODUÇÃO

Dentre os aços inoxidáveis da nova geração, estão os aços chamados inoxidáveis duplex. Estes aços apresentam uma estrutura bifásica constituída por uma mistura da fase austenita numa matriz ferrítica. A composição química e o tratamento térmico fornecerão a quantidade exata de cada fase. A maior parte desses aços conformados contém aproximadamente 50% de austenita – 50% de ferrita isto como consequência do balanço dos elementos de liga que estabilizam a austenita (carbono, nitrogênio, níquel, cobre e manganês) e ferrita (cromo, molibdênio e silício), o qual confere ao material conformado um nível ótimo de propriedades mecânicas e de resistência à corrosão.⁽¹⁾

Devido a sua elevada resistência, os aços inoxidáveis duplex podem ser utilizados em menores espessuras. Entretanto sua desvantagem é não poderem ser utilizados em temperaturas acima de 300°C, pois podem perder algumas de suas propriedades mecânicas, entre elas a tenacidade e ductilidade.⁽²⁾

Os aços inoxidáveis duplex têm sido largamente utilizados na indústria de alimentos, química, petroquímica, tendo propriedades superiores aos outros aços. Nesses aços quando submetidos em serviço a altas temperaturas a fase ferrítica é dissolvida formando-se diferentes fases e compostos intermetálicos que influenciam nas suas propriedades causando mudança na microestrutura inicial e diminuição na ductilidade e tenacidade do material.⁽³⁾ A escolha do tipo adequado de aço duplex, baseado principalmente no teor de cromo, varia de acordo com o campo da aplicação, em função, sobretudo da maior ou menor resistência à corrosão, resistência à oxidação e tenacidades desejadas.

Neste trabalho é estudado a dissolução da ferrita de um aço duplex 2205 e a formação de fases nas temperaturas de 600 e 850°C. São identificadas as fases mediante Microscopia Eletrônica de Varredura.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

O material utilizado foi o aço inoxidável duplex tipo SAF 2205 que foi fornecido na forma de tubo com 140,3 mm de diâmetro externo e 19,20 mm de espessura. A composição química deste aço está mostrada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química nominal de aço inoxidável superduplex SAF 2205.

Elementos	Cr	Ni	Mo	N	C	Si	Mn	P max	S max
(% peso)	22-26	5,31	3,18	0,185	0,016	0,5	0,81	0,020	0,0006

2.2 Tratamento Térmico

Os tratamentos térmicos de envelhecimento foram realizados num forno tipo mufla localizado no LAMAV/CCT/UENF. As temperaturas foram de 600 e 850°C e o tempo dos tratamentos térmicos foram de 72 horas para garantir a formação das novas fases.

2.3 Ensaio de Tração

Os corpos de prova foram confeccionados de modo que o eixo de aplicação da carga fosse paralelo à direção de conformação. As dimensões segundo as especificações ASTM. Os ensaios foram realizados numa máquina INSTRON modelo 5582 com uma taxa de deformação $\dot{\epsilon}=1,8 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$.

2.4 Preparação Metalográfica

A técnica metalográfica de preparação de amostras foi realizada de acordo com as seguintes etapas:

- *Seleção*;
- *Corte*, que foi realizado pelo equipamento MESOTON;
- *Lixamento*: o lixamento foi realizado na lixadeira automática STRUERS, e as lixas utilizadas foram de 150, 220, 320, 400, 600 e 1200 mesh até que o acabamento ficasse de boa qualidade;
- *Polimento*, na politriz STRUERS com pasta de diamante com granulometria de $3\mu\text{m}$, $1\mu\text{m}$ e $\frac{1}{4}\mu\text{m}$;
- *Ataque*: a solução utilizada no ataque eletrolítico foi preparada dissolvendo 10g de ácido oxálico ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) em 100g de água destilada. A solução deve ser agitada até a dissolução completa dos cristais. Em uma das faces da amostra foi soldado um fio de cobre para permitir o contato elétrico durante a execução do ataque. Esse ataque foi feito com uma voltagem de 5V durante 30s consecutivos, até se obter uma adequada revelação da microestrutura do aço.

2.5 Microscopia Eletrônica de Varredura e Microanálise

O microscópio eletrônico de varredura (MEV) foi utilizado para se obter a imagens da superfície dos materiais, permitindo a observação precisa de contornos de grão e as fases presentes no material envelhecido nas temperaturas de 600°C e 850°C, sendo essas as temperaturas em que se tem maior precipitação das fases intermetálicas. A imagem foi obtida por elétrons retroespalhados (BSE).

Para avaliar qualitativamente a composição química das fases no material foi utilizado o espectrômetro de energia dispersiva (EDS). O equipamento usado foi o modelo ZEISS-962 localizado no CBB/UENF.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Identificação das fases

Como relatado, o aço duplex quando exposto a altas temperaturas, suas fases ficam susceptíveis a decomposição em fases secundárias como alfa linha, sigma, chi, austenita secundária entre outras. Sendo que na ferrita a taxa de precipitação das fases é muito maior, devido a rápida taxa de difusão dos elementos nesta fase, e pelo fato da ferrita apresentar maior porcentagem dos elementos que favorecem a formação das fases secundárias como Cr e Mo.^(4,5)

A seguir são apresentados os resultados de imagem em MEV do material envelhecido a 600 e 850°C, pois nestas temperaturas se formam as fases em maior tamanho e quantidade ocorrendo até a dissolução completa da ferrita no tratamento de 850°C. A identificação das fases mediante EDS e morfologia dos mesmos é apresentado para o material tratado a 600°C

Através da literatura pode-se destacar que na temperatura de 600°C as fases secundárias que podem se formar, sendo elas: a fase sigma, chi, carbonetos e nitretos. Essas fases possuem morfologias e composições específicas que a destacam, sendo assim possível a identificação. Na Figura 1 esta apresentada a imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura e desta amostra tratada a 600°C. Observa-se diversas fases no interior da ferrita e na interface ferrita/austenita. Na Figura 2 , feita por Microscopia óptica do aço tratado a 850°C, verificamos praticamente uma dissolução total da ferrita.

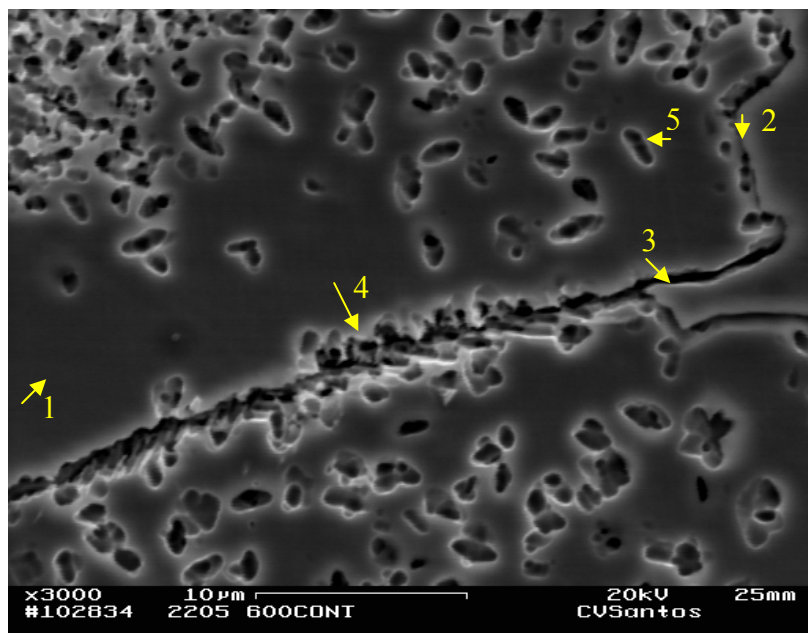


Figura 1. Micrografia eletrônica de varredura (BSE) do aço inoxidável duplex 2205 envelhecido a 600°C durante 72h.

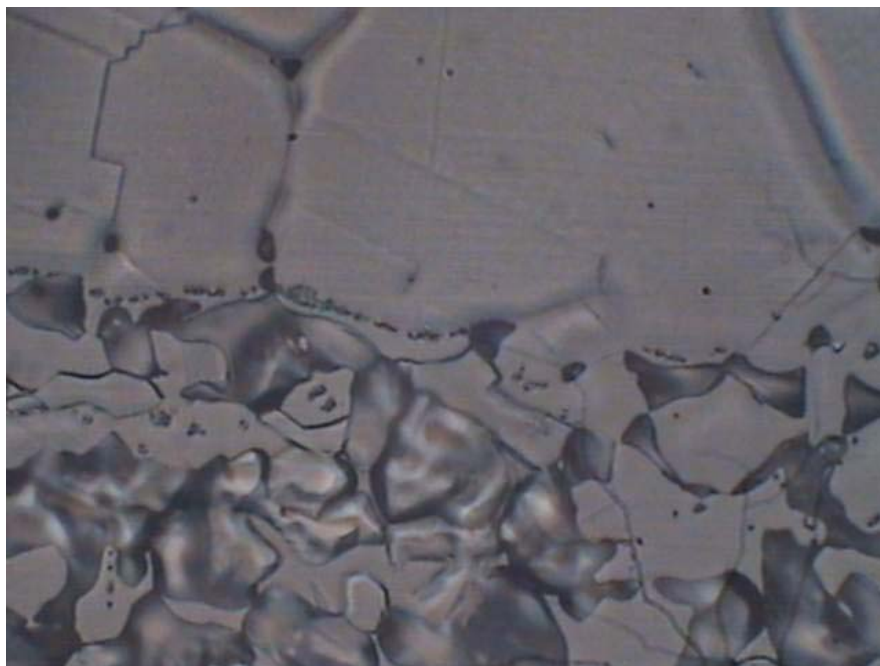


Figura 2. Micrografia óptica do aço 2205 tratado a 850°C em 72h - 1000x, Luz Polarizada

Nas Figuras 3, 4 e 5, apresenta-se a microanálise EDS dos defeitos das fases indicadas na Figura 1.

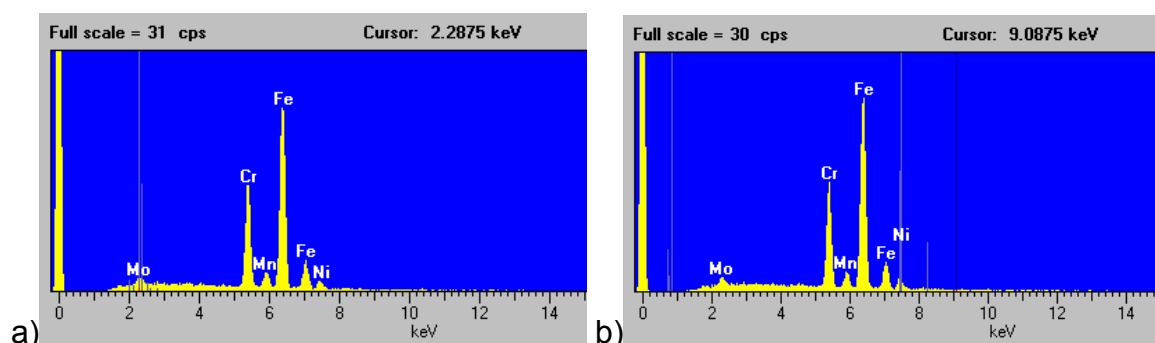


Figura 3. Espectro de EDS da aço duplex tratado a 600°C. a) espectro da região 1; b) espectro da região 2.

Através da imagem de MEV observa-se que a região 1 se trata da matriz ferrítica e, a região 2 se trata da fase dispersa austenítica. Isso se confirma com a análise qualitativa do espectro em que estão presentes os picos dos elementos de maior porcentagem da composição nominal deste aço.

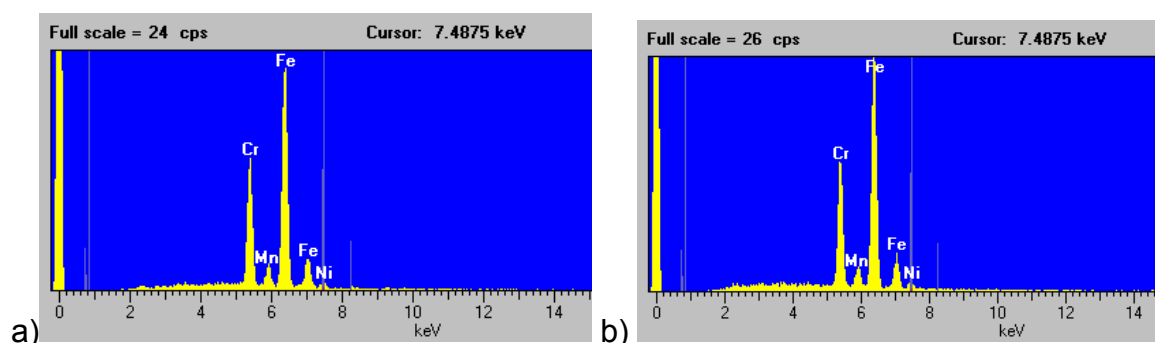


Figura 4. Espectro de EDS do aço duplex tratado a 600°C. a) espectro da região 3; b) espectro da região 4.

Através da imagem de MEV sabe-se que a região 3 se trata do contorno ferrita/austenita. A fase formada neste contorno é a fase sigma, já que esta nucleia e cresce ao longo da interface α/γ . A morfologia final desse tipo de nucleação é um filme de fase sigma que ocorre ao longo da interface ferrita/austenita. A região 4 se trata do contorno ferrita/ferrita nesta região aparecem partículas retangulares de Chi dispersas no contorno. Através da microanálise, nos espectros observa-se picos intensos de Cr e Fe, elementos principais destas duas fases.

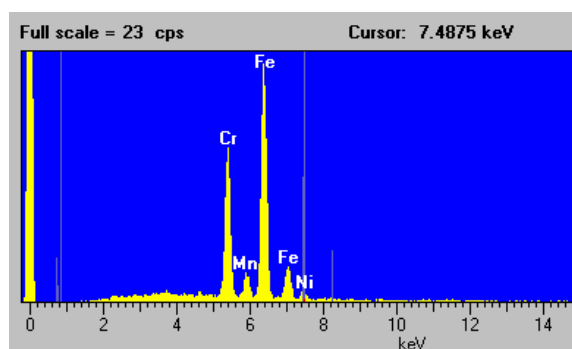


Figura 5. Espectro de EDS do aço duplex tratado a 600°C da região 5.

Através da imagem por MEV pode-se observar que a região 5 se trata de uma partícula oval dentro da ferrita, esta morfologia é característica dos nitretos. Geralmente se formam dentro da ferrita e nos contornos ferrita/ferrita devido a supersaturação do nitrogênio nesta fase e pelo fato de elementos como Cr e Mo que estão presentes na ferrita acelerarem a formação de nitretos. Pelo espectro da Figura 26, pode-se analisar um grande pico de Cr.

4 CONCLUSÃO

O aço duplex 2205 na condição de como recebido possui uma estrutura bifásica com a fase austenítica dispersa na matriz ferrítica. A combinação dessas fases proporciona ao aço duplex ótimas propriedades mecânicas.

Com o tratamento a 600°C, há formação de novas fases e no material tratado a 850°C, verificou-se praticamente uma dissolução total da ferrita. Observou-se presença das fases sigma e chi principalmente nos contornos e grande presença de nitretos na fase ferrítica, estas fases foram identificadas através da imagem de MEV e microanálise dessas regiões.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CNPQ.

REFERÊNCIAS

- 1 ASM Handbook (1990): *Properties and selection: Irons, Steel, and High-Performance Alloys*. 10^a ed.
- 2 Modenesi, P.J., (2001): *Soldabilidade dos Aços Austeníticos*. V. 1 Acesita Osasco-SP.
- 3 Chiaverini, V., (1996): *Aços e Ferros Fundidos*. 7^o ed. São Paulo. Associação Brasileira de Metais. p. 394-440.
- 4 Shek, C.H., Wong, K. W. and Lai, J. K., (1996): *Review of temperature indicators and the use of duplex stainless steel for life assessment*. Department of physics and Materials Science, City University of Hong Kong. Materials Science and Engineering. pp 169-185.
- 5 Nilsson, J.O, et al, (2000): *Mechanical Properties, Microstructural Stability and kinetics of σ -Phase formation in 29Cr-6Ni-2Mo-0,38N Superduplex Stainless Steel*. Metallurgical and materials Transactions A, vol. 31A, pp 35-45.