

EFEITO DA TEMPERATURA NA INTERRELAÇÃO MICROESTRUTURA / PROPRIEDADES MECÂNICAS DE UM SUPERDUPLEX 2507

*Amanda Camerini Lima*¹
*Luis Augusto Hernandez Terrones*²
*Chirley Viana Dos Santos*³
*Ana Paula Silva de Almeida*⁴

Resumo

A influência do tratamento térmico de envelhecimento na microestrutura e nas propriedades mecânicas do aço inoxidável superduplex 2507 foi estudada por meio da microscopia eletrônica de varredura, análises de difração de Raios-X e ensaios de tração. As amostras foram submetidas a tratamentos térmicos de envelhecimento a 250, 600 e 850°C com tempos de envelhecimento de 24 e 72 horas que teve como objetivo a formação de fases como sigma, chi, nitretos, austenita secundária e alfa linha, acarretando mudanças na microestrutura, principalmente a dissolução da ferrita, e nas propriedades mecânicas do material principalmente diminuição da tenacidade.

Palavras-chave: Aço inoxidável superduplex; Precipitação de fases; Propriedades mecânicas.

60° Congresso Anual da ABM, Minas Centro-Centro de Convenções e Feiras, Belo Horizonte, 25-28 de Julho, 2005

¹ *Amanda Camerini Lima: mestranda Engenharia e Ciências dos Materiais.UENF/CCT/LAMAV.*

² *Luis Augusto Hernandez Terrones: professor do curso Engenharia metalúrgica e de Materiais. UENF/CCT/LAMAV.*

³ *Chirley Viana dos Santos: graduanda Engenharia metalúrgica e de Materiais.UENF/CCT/LAMAV.*

⁴ *Ana Paula Silva de Almeida: mestranda Engenharia e Ciências dos Materiais.UENF/CCT/LAMAV.*

1 INTRODUÇÃO

Dentre os aços inoxidáveis de nova geração com alta resistência mecânica e ótimas propriedades de resistência à corrosão, estão os aços inoxidáveis duplex. Eles surgem da necessidade de combinar as propriedades dos aços ferríticos e austeníticos, particularmente grande resistência à corrosão aliada a elevada resistência mecânica e tenacidade (Cortie, 2000). Os aços inoxidáveis duplex são constituídos normalmente por frações volumétricas iguais de austenita e ferrita, através do correto balanço entre os elementos de liga. Sua principal característica é possuir uma microestrutura bifásica constituída de aproximadamente de 50% de ferrita (matriz) e 50% de austenita (Sagradi, 1998) . Esta microestrutura bifásica e com um adequado refino de grãos confere a esse material ótimas propriedades mecânicas como elevada resistência e tenacidade. Entretanto quando esse material é exposto em temperaturas entre 300 e 850°C ocorre a precipitação de fases como nitretos de cromo, fase sigma, fase chi, austenita secundária, fase alfa linha causando redução nas propriedades mecânicas principalmente na ductilidade e mudança na microestrutura bifásica do material (Nilsson, 2000; Swens, 1990).

2 OBJETIVO

Estudar a influência do tratamento térmico de envelhecimento com tempos de 24 e 72h às temperaturas de a 250, 600 e 850°C na microestrutura do aço inoxidável superduplex SAF 2507 focalizando a formação de fases e a decomposição da ferrita a estas temperaturas e correlacionar esta microestrutura resultante às propriedades mecânicas do material.

3 METODOLOGIA

O material utilizado nesta pesquisa foi o aço inoxidável superduplex tipo SAF 2507 recebido na forma de tubo com dimensões de 60,56 mm de diâmetro externo e 4,00 mm de espessura e com a composição química apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química nominal do aço inoxidável superduplex SAF 2507.

Elementos	Cr	Ni	Mo	N	Cmax	Simax	Mnmax	Pmax	Smax
(% peso)	24-26	6-8	3-5	0,24-0,32	0,03	0,5	1,2	0,030	0,015

A partir desse tubo foi feita a usinagem dos corpos de prova com dimensões de 23mm de comprimento útil, 4,2 mm de largura da seção reduzida e 4mm de espessura, com o eixo de aplicação da carga paralelo ao eixo de conformação.

Foi realizado um tratamentos térmicos de envelhecimento a 250, 600 e a 850°C com tempos de envelhecimento de 24 e 72 horas seguido de resfriamento lento no ar.

Foram realizados ensaios de tração numa máquina INSTRON modelo 5582, com velocidade de deformação de 0,2mm por minuto. As análises de difração de Raio-x foram realizadas no equipamento URD 65 com ângulos de varredura entre 20 e 70°C num passo de 0,02 em 1s. A microscopia eletrônica de varredura foi realizada num

microscópio modelo ZEISS-962, com imagens obtidas por elétrons retroespalhados(BSE).

A técnica metalográfica de preparação de amostras abrangeu as etapas de seleção; corte; montagem; lixamento; polimento com pasta de alumina; ataque eletrolítico com ácido oxálico (10%).

4 RESULTADOS

4.1 Identificação das Fases Formadas Durante o Tratamento Térmico de Envelhecimento

4.1.1 Microscopia eletrônica de varredura

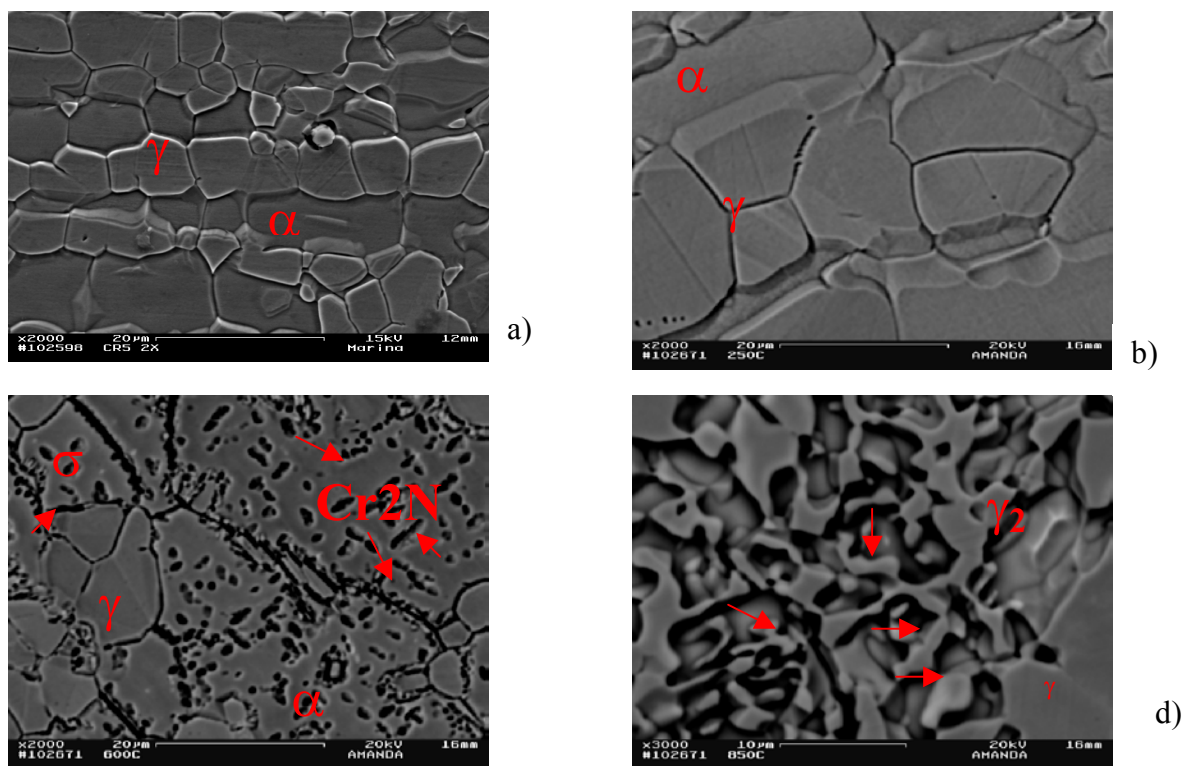


Figura 1. Micrografia eletrônica de varredura (BSE) do aço inoxidável superduplex 2507: a) na condição de como recebido, b) envelhecido a 250°C, c) envelhecido a 600°C e d) envelhecido a 850°C (A todas as temperaturas o envelhecimento foi de 72h).

A microestrutura do material na condição de como recebido é constituída por grãos alternados de ferrita e austenita. Trata-se de uma estrutura orientada com as regiões de fase austenítica numa matriz ferrítica como pode ser observado na figura 1a. Não há diferenças no aspecto geral da microestrutura do material que foi envelhecido a 250°C. A fase ferrítica e a interface ferrita/austenita, que são as mais afetadas pelo efeito da temperatura, aparentemente, aparecem livres de partículas. Na microestrutura do material que foi envelhecido a 600°C pode-se notar grandes diferenças microestruturais, principalmente na fase ferrítica e na interface ferrita/austenita, Percebe-se a presença de partículas escuras que são os nitretos de cromo (Cr₂N) com

morfologia oval no interior da fase ferrítica e também a presença de uma fase no contorna ferrita/austenita que é a fase sigma que tem morfologia de um filme. A 850°C pode-se observar um crescimento da fase austenita para dentro da região ferrítica. Esta nova austenita formada é chamada de austenita secundária de Widmannstatten (γ_2) e possui morfologia cilíndrica. Além desta, a fase sigma está presente no contorno ferrita/austenita.

4.1.2 Análise por difração de Raios-X

Foram feitas análises por difração de Raios-X do material nas três temperaturas de tratamento e com tempos tratamento de 24 e 72 horas.

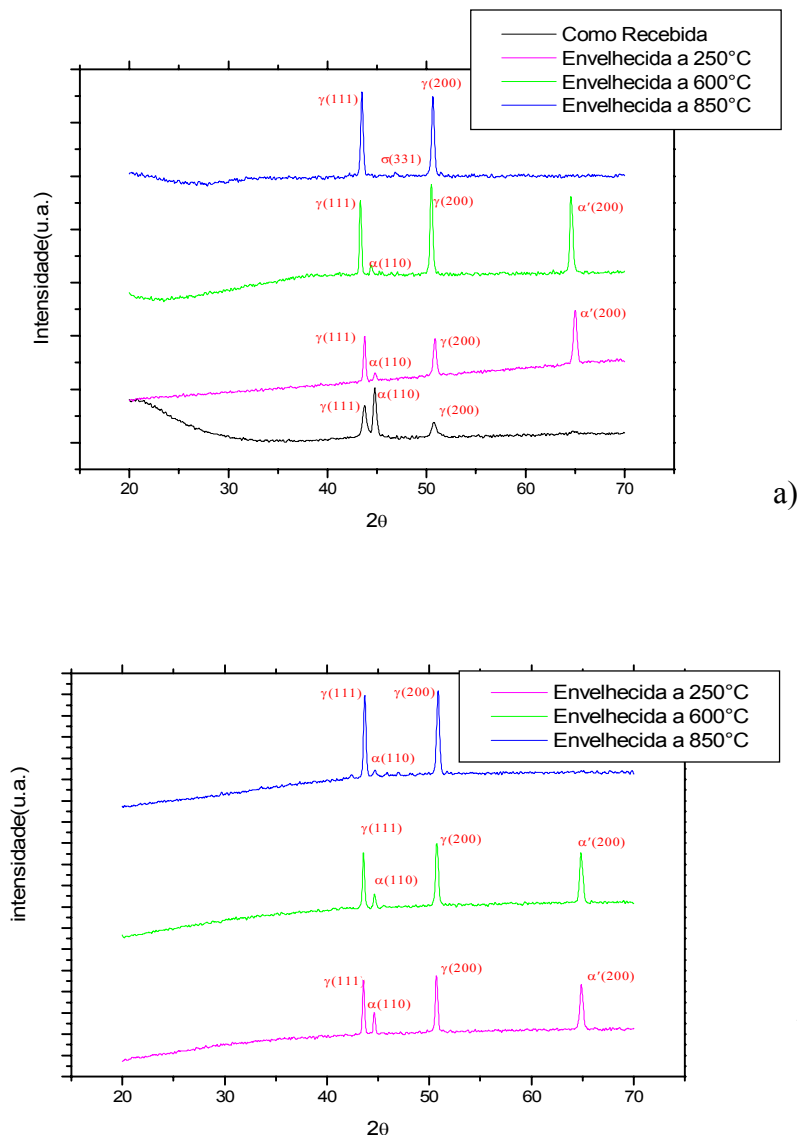


Figura 2. Difratogramas de Raios-X do material envelhecido : a) 72h e b)24h.

As fases presentes no material na condição de como recebido são somente ferrita e austenita. No material envelhecido durante 24 e 72h a 250°C além dessas duas fases está presente, também, a fase alfa linha (α'). Esta fase se mantém intensa a

600°C. Além desta, ainda existem nitretos de cromo e fase sigma. A fase alfa linha desaparece à temperatura de 850°C e a ferrita se encontra dissolvida. Com 24h de envelhecimento a esta temperatura ainda pode ser encontrado um pico de ferrita ao contrário de que ocorre quando o tempo de envelhecimento foi de 72h, onde somente picos de austenita são encontrados.

4.2 PROPRIEDADES MECÂNICAS

4.2.1 Ensaio de Tração

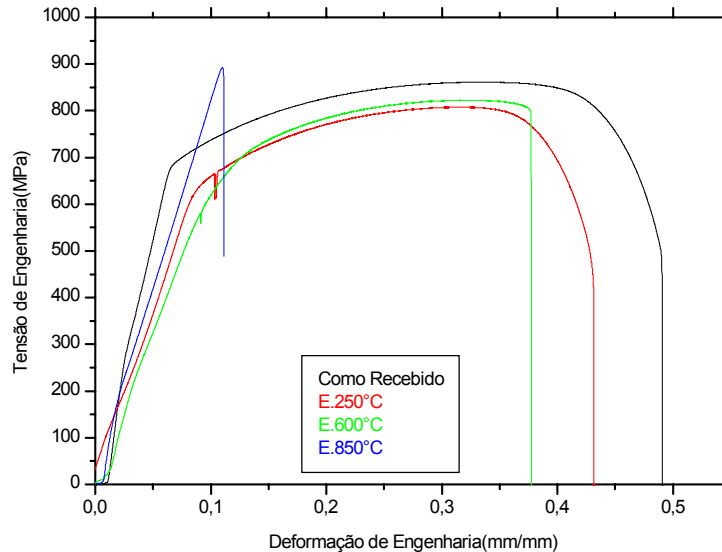


Figura 3. Curvas tensão de engenharia-deformação de engenharia de um aço inoxidável super duplex 2507.

Tabela 2. Propriedades mecânicas do aço inoxidável superduplex 2507 nas condições de como recebido, envelhecido a 250°C (E.250°C), a 600°C (E.600°C) e a 850°C (E.850°C). A todas as temperaturas o envelhecimento foi de 72h.

Propriedades Mecânicas	Como recebido	E.250°C	E.600°C	E.850°C
Tensão de escoamento (σ_e) MPa	683	653	709	893
Tensão máxima (σ_m) MPa	862,27	809	829	893
% Elongação	36	31,73	17,39	2,82
Tenacidade (UT)	422,51	349,48	312,53	99,12
Parâmetro de encruamento (n)	0,3145	0,3679	0,3653	-

Com a exposição deste material durante 72h a uma temperatura de 250°C sua tensão máxima diminui de 862,27 MPa, na condição de como recebido, para 809 MPa

e, após um aumento na temperatura de tratamento para 600°C e para 850°C nota-se um aumento nestas duas propriedades atingindo os valores de 829 e 893 MPa respectivamente.

O elevado valor da tensão de escoamento, 683 MPa, encontrado para o aço na condição de como recebido, diminuiu quando a temperatura de tratamento foi de 250°C atingindo um valor de 653 MPa. Com o aumento da temperatura, 600°C, esse valor aumentou para 709 MPa e atingiu seu valor máximo com a 850°C.

Os valores da tenacidade diminuíram com o aumento da temperatura, passando de 422,51, na condição de como recebido, para 349,48 quando a temperatura aumentou para 250°C, 312,53 a 600°C até chegar ao menor valor encontrado que foi de 99,12 quando o aço foi exposto a 850°C durante 72h.

Como as temperaturas de exposição -250°C a 850°C - estão dentro da faixa em que ocorre a precipitação de fases intermetálicas, de acordo com o diagrama de fases, como sigma (σ), chi (χ), alfa linha (α'), austenita secundária (γ_2) e nitretos de cromo (Cr_2N), pode-se explicar essa diminuição da tenacidade e da alongação com o aumento da temperatura de exposição.

5 CONCLUSÕES

- No material envelhecido a 250°C: microestrutura aparentemente livre de precipitados. Porém, análises de difração de Raios-X indicam a presença da fase alfa linha (α').
- Com o tratamento envelhecimento a 600°C: presença de fase alfa (α'), Nitretos de Cromo (Cr_2N), fase sigma (σ) e fase chi (χ) na interface ferrita/austenita.
- No material envelhecido a 850°C, as análises de difração de Raios-X e as observações em MEV indicam que ocorreu a precipitação de fases sigma (σ) e austenita secundária (γ_2). Nesta temperatura de envelhecimento não existe mais a fase alfa (α') nem aparecem mais picos de ferrita indicando a dissolução desta fases.
- Na condição de como recebido o material possui elevada tenacidade (422,51), tensão de escoamento (683 MPa) e resistência máxima (862,27 MPa) devido à presença da interface ferrita/austenita. A resistência máxima tem uma queda a 250°C e aumenta a 850°C. A tenacidade diminui significativamente à medida que a temperatura de tratamento aumenta chegando a um valor de 99,12 quando o material foi envelhecido a 850°C durante 72h.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 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.
- 2 Cortie, M.B. (2000): Simulation of the Sigma Phase in Duplex Stainless Steels. Metallurgical Materials Transactions A. vol.38A, pp. 2477-2484.
- 3 Sagradi, M.et al. (1998) The Effect of the Microstructure on the superplasticity of a Duplex Stainless Steel. Acta Materialia.V.46, 3857-3862.
- 4 Swens J. J.; Kolster, B. H. (1990): *σ -Phase precipitation in a duplex stainless steel: an APFIM investigation*. SGM, P.O. Box 8039, 7550KA Hengelo, Netherlands. Elsevier Science, P.252-259.
- 5 Amadou T. (2000): *Influence of Thermal Aging on the Reactivity of Duplex Stainless Steel Surfaces*. Metallurgical and Materials Transactions A. Vol. 31 A. pp. 2015-2021.
- 6 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.

EFFECT OF THE TEMPERATURE ON THE RELATIONSHIP MICROSTRUCTURE / MECHANICAL PROPERTIES OF AN SUPERDUPLEX STAINLESS STEEL 2507

*Amanda Camerini Lima*¹
*Luis Augusto Hernandez Terrones*²
*Chirley Viana Dos Santos*³
*Ana Paula Silva de Almeida*⁴

Abstract

The influence of aging on the microstructure and the mechanical properties of superduplex stainless steel 2507 was investigated by Scanning electron microscopy, X-Ray diffraction and tension test. The specimen was submitted to head treatment at 250, 600 e 850°C during 24 and 72 hours. At these temperatures were formed phases as sigma, chi, secondary austenite and α' . Which represents variation in the microstructure, being of most important the dissolution of the ferrite. The formation of phases influence on the mechanical properties, principally on the toughness.

Key-words: Superduplex Stainless steel; Phases precipitation; Mechanical properties.

60^o Annual Congress ABM, Minas Centro- Convention and fair center, Belo Horizonte, July 25 to 28, 2005

¹ Amanda Camerini Lima: Mester student in Engineering and Sciences of the Materials. UENF/CCT/LAMAV

² Luis Augusto Hernandez Terrones: professor Metallurgic Engineering and of Materials. UENF/CCT/LAMAV.

³ Chirley Viana dos Santos: Student in Metallurgic Engineering and of Materials. UENF/CCT/LAMAV.

⁴ Ana Paula Silva de Almeida: Mester student in Engineering and Sciences of the Materials. UENF/CCT/LAMAV