

ESTUDO DA CINÉTICA DE DISSOLUÇÃO DE FASE SIGMA NO AÇO INOXIDÁVEL DÚPLEX UNS S31803 (SAF 2205)

Guilherme Arruda Basso¹, Daniella Caluscio Dos Santos³
^{1,3}Departamento de Engenharia de Materiais, Centro Universitário FEI
 guibasso1999@gmail.com dcaluscio@fei.edu.br

Resumo: O presente trabalho tem como objetivo estudar a cinética de dissolução da fase sigma (σ) em um aço UNS S31803 previamente envelhecido a 850°C por 100 hrs. Para tal, foram feitos tratamentos térmicos de solubilização em diferentes tempos, nas temperaturas de 1000°C e 1090°C obtidas por simulação termodinâmica. Foram obtidas micrografias e a partir destas, foram quantificadas a fase ferrítica e as fases intermetálicas. Os resultados serão comparados aos previstos no modelo de Ferro (2013) para dissolução de particulados.

1 Introdução

Os aços inoxidáveis dúplex são uma família de aços que contêm duas fases em sua estrutura, onde ambas são consideradas inoxidáveis por conterem no mínimo entre 12 e 13% de cromo. As duas fases são a austenita (γ), e a ferrita (α), presentes em porções aproximadamente iguais, o que garante grande resistência à corrosão aliada à alta resistência mecânica e tenacidade [2][3][4]. Além disso, o teor de carbono muito baixo desse tipo de aço os torna praticamente imunes à sensitização [1].

Dentre os aços inoxidáveis dúplex, um dos mais utilizados é o UNS S31803 (SAF 2205), de microestrutura ideal com aproximadamente 55% de austenita e 45% de ferrita obtida após solubilização entre 1000°C e 1200°C e resfriamento brusco [2].

No entanto, quando exposto a altas temperaturas, a microestrutura ideal dos aços inoxidáveis dúplex pode ser comprometida por favorecer a nucleação e crescimento de fases intermetálicas e a precipitação de fases indesejáveis. A mais comentada e deletéria é a fase sigma (σ), devido à sua grande fração volumétrica nos aços inoxidáveis [4]. A fase sigma (σ) se forma nos aços inoxidáveis entre 600°C e 1000°C, dependendo da composição química e, além de reduzir substancialmente a tenacidade do material, também compromete sua resistência à corrosão. Isso ocorre, pois a fase deletéria é rica em Cr e Mo, e dessa forma as regiões vizinhas à fase, ficam empobrecidas e mais suscetíveis à corrosão [2][4].

2 Metodologia

O aço UNS S31803 utilizado nesse trabalho de composição: 22%Cr-5,7%Ni – 2,9%Mo – 0,16%N – 0,016%C, 0,4%Si – 0,07%V – 0,02%P – 0,001%S – bal.Fe; foi adquirido como chapa laminada a quente de 3 mm de espessura solubilizada a 1120°C por 30 min em seguida envelhecido por 100 h a 850°C com posterior resfriamento em água.

Em seguida o material foi solubilizado novamente a 1000 e 1090°C, indicados por simulação termodinâmica utilizando o software ThermoCalc®.

Foram realizados tratamentos de solubilização entre 10 e 30 min a 1090°C, bem como entre 5 e 60 min a 1000°C. O resfriamento foi feito em água após todos os tratamentos.

O material teve as faces lixadas até obtenção de superfície com acabamento em lixa de 80 mesh. As amostras foram embutidas em resina termofixa de cura à quente, com seção longitudinal exposta, e preparadas até acabamento final de 1 μ m. O ataque utilizado para revelação da fase sigma foi com solução 10% de KOH a 2 Vcc por 1 min.

As frações em volume das fases foram obtidas por meio de metalografia quantitativa após ataques, utilizando o software Image J e as micrografias foram obtidas por microscopia óptica utilizando microscópios do CDMatM – FEI. Foram coletadas informações de 20 campos por amostra.

A fração de ferrita foi comparada ao método tradicional de quantificação desta fase por medidas magnéticas com o auxílio de um ferritoscópio FISCHER modelo MP30, calibrado com auxílio de padrões, tendo como limite de detecção 0,1% de fase magnética, utilizando de 10 medidas por amostra.

3 Resultados

A fração de σ da amostra de partida envelhecida por 100h a 850°C é de 49,74% $\pm$ 1,33%. Não foi registrada a presença de α na amostra de partida. Dessa forma, a fração de γ foi o balanço em relação à fração de σ .

Simulações termodinâmicas foram feitas com o auxílio do software ThermoCalc® com a base de dados TCFE9 que resultaram no gráfico apresentado na Figura 1 e levaram à definição da temperatura inicial de 1090°C para a primeira tentativa de solubilização. Da mesma forma, foi definida a temperatura de 1000°C para os tratamentos de solubilização posteriores.

A Figura 2 compara as microestruturas do aço UNS S31803 envelhecido a 850°C por 100 h (a) e após o tratamento de solubilização por 1h a 1090°C (b), mostrando que houve solubilização completa ao final do tratamento. Os resultados de medição de α e intermetálicos na condição solubilizada a 1090°C são apresentados na Tabela 1, e corroboram com o resultado observado na micrografia.

Conforme mostra a Figura 1, as temperaturas de 1090 e 1000°C foram escolhidas de forma que a fase σ não fosse estável no sistema, apenas α e γ o seriam.

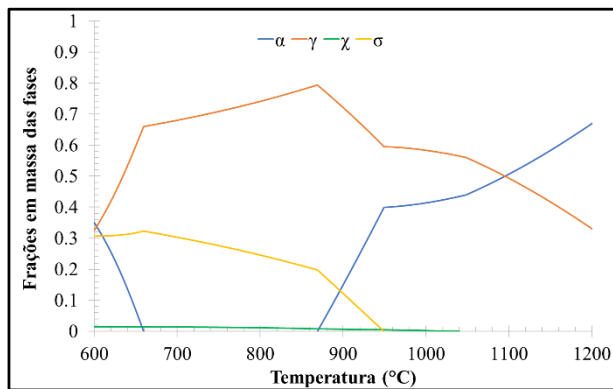
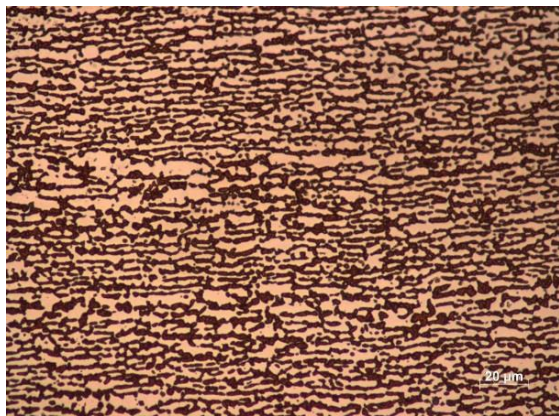


Figura 1. Simulação termodinâmica das fases em equilíbrio do aço UNS S31803 em função da temperatura.

Tabela 1: Quantificação de fases para os tratamentos de solubilização de 1h, 30 min e 10 min a 1090°C.

Tempo	% α	% intermetálicos
10 min	42,80 $\pm$ 0,85	0,025 $\pm$ 0,011
30 min	43,60 $\pm$ 1,60	0,0075 $\pm$ 0,0060
1h	43,90 $\pm$ 1,70	0,017 $\pm$ 0,009



(a)



(b)

Figura 2: Micrografia da amostra de aço UNS S31803 envelhecida a 850°C por 100 h (a) e após solubilização a 1090°C por 1h (b). Aumento: 500x.

Para que o estudo de cinética de dissolução seja possível, a temperatura de solubilização foi reduzida para 1000°C, possibilitando o levantamento de dados apresentado na Figura 3. Mesmo que haja a possibilidade de formação de outra fase intermetálica de

baixa fração em volume (χ), é possível realizar a investigação da dissolução de σ pois essa fase não é estável na temperatura escolhida.

Na figura 3, é apresentado o gráfico da fração de ferrita em função do tempo de solubilização para as diferentes temperaturas de tratamento. Se observa que, com o aumento do tempo de solubilização, há aumento na fração de α , consequentemente uma redução de σ . A transformação é influenciada pelo fenômeno de difusão que reforça a solubilização completa a 1090°C já com 10 min de tratamento e um processo mais lento a 1000°C.

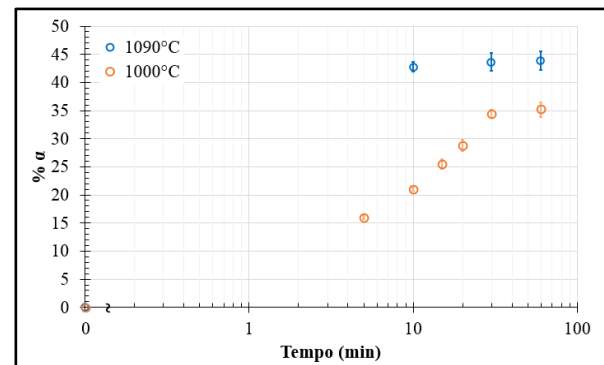


Figura 3: Porcentagem de α em função do tempo de solubilização a 1000°C do aço UNS S31803 envelhecido a 850°C.

4 Conclusões

A dissolução de sigma no aço UNS S31803 se completa em tempos inferiores a 10min a 1090°C e em 1h a 1000°C, o que permite o estudo da cinética de dissolução de σ .

5 Referências

- [1] MAGNABOSCO, R. **Influência da microestrutura no comportamento eletroquímico do aço inoxidável UNS S31803 (SAF 2205)**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 1-18. 2001.
- [2] NILSSON, J. O. Super Duplex Stainless Steels. [S.l.]: [s.n.], v. 8, ago. 1992. p. 685-700.
- [3] POTGIETER, J. H.; CORTIE, M. B. Determination of the microstructure and alloy element distribution in experimental duplex stainless steels *Materials Characterization*, v. 26, p. 65-155, 1991.
- [4] SOLOMON, H. D.; DEVINE, T. M. J. Duplex Stainless Steel: A tale of two phases. In: STEELS., D. S. **Conference Proceedings**. Ohio: ASM Metals Park, 1982. p. 693-756.

Agradecimentos

A instituição Centro Universitário FEI pela realização das medidas e empréstimo de equipamentos.

¹Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 02/19 a 02/20.