

EFEITO DA ESTABILIZAÇÃO NA TTDF DE AÇOS INOXIDÁVEIS FERRÍTICOS¹

Márcio Nascimento Cunha²
Elmo César Marinkes Soares²
Ramon Antunes Saturnino²
Ricardo Augusto Faria³

Resumo

A estabilização de aços inoxidáveis ferríticos é estudada desde 1970 e o seu efeito nas propriedades de corrosão tem sido bem compreendido porém o efeito nas propriedades de tenacidade têm sido pouco estudadas e relatadas na literatura. O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da estabilização na temperatura de transição dúctil-frágil (TTDF) dos aços inoxidáveis ferríticos 444 e 439 estabilizados ao Ti e Nb através do ensaio Charpy-V. Os materiais foram caracterizados em termos de composição química e microestrutura. Resultados no ensaio Charpy-V em corpos-de-prova tipo sub-size indicaram que a estabilização de aços inoxidáveis ferríticos apresenta um efeito benéfico na TTDF no sentido de diminuí-la.

Palavras-chave: Aços inoxidáveis ferríticos; Estabilização; Temperatura de transição.

EFFECT OF STABILIZATION ON FERRITICS STAINLESS STEELS DBTT

Abstract

The stabilization of ferritics stainless steels has been studied since 1970 and its effect on corrosion properties has been well understood but the toughness properties has not received necessary attention with your importance and it has not been reported in the literature. This work aims to evaluate the effect of the stabilization on ductile-brittle transition temperature (DBTT) of Ti and Nb stabilized ferritics stainless steels grade 444 and 439 in Charpy-V tests. It was carried out some characterization analysis of materials, as chemical composition and microstructure. The results of the Charpy-V tests in sub-size specimens showed that the stabilization on ferritics stainless steels have benefical affect by lowering the DBTT.

Key words: Ferritics stainless steels; Stabilization; Transition temperature

¹ *Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil*

² *Aluno de graduação em Engenharia de materiais – UNILESTEMG.*

³ *Professor de graduação do curso de Engenharia de Materiais – UNILESTEMG*

1 INTRODUÇÃO

As propriedades de corrosão e as características metalúrgicas dos aços inoxidáveis ferríticos têm sido extensivamente investigadas e citadas na literatura técnica. As propriedades mecânicas e a tenacidade em particular não têm recebido atenção proporcional com sua importância.⁽¹⁾

Os aços inoxidáveis ferríticos 439 e 444 são caracterizados por apresentarem baixos teores de elementos intersticiais (C + N), presença de elementos estabilizantes (Ti + Nb) além de Mo no aço 444. A adição de elementos estabilizantes garante a resistência à corrosão intergranular. O Mo (2% aproximadamente) nos aços 444 aumenta a resistência à corrosão localizada conferindo resistência à corrosão igual ou superior aos aços austeníticos em muitas aplicações. O aço inoxidável 444 apresenta composição química típica da liga 18Cr2Mo.

A maior aplicação dos aços inoxidáveis ferríticos 439 está concentrada na indústria automobilística em sistema de escapamentos (tubos e outras aplicações). A alta resistência à corrosão sob tensão e excelente resistência à corrosão localizada, permite que os aços inoxidáveis ferríticos 444 sejam aplicados em tanques, sistemas com água quente, plantas químicas e em usinas de açúcar.⁽²⁾

O presente trabalho tem o objetivo de avaliar o efeito de elementos estabilizantes (Ti e Nb) na temperatura TTDF de aços inoxidáveis ferríticos em função do tamanho de grão.

A temperatura que caracteriza a transição dúctil-frágil dos aços inoxidáveis ferríticos depende do tamanho de grão. Quanto menor o tamanho de grão, menor a TTDF.⁽³⁾

Devido à estrutura CCC dos aços inoxidáveis ferríticos, estes são sensíveis a presença de elementos intersticiais (C + N). Como a solubilidade de elementos intersticiais é baixa na estrutura CCC, a presença de C e N em quantidades que excedem o limite de solubilidade, aumenta a TTDF dos aços, pois formam precipitados como carbonetos e nitretos que fragilizam o aço. É muito difícil separar os efeitos do (C e N) em solução sólida dos efeitos na forma de precipitados.⁽⁴⁾

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas amostras obtidas a partir de bobinas laminadas a quente e recozidas de 3,00 mm de espessura. A Tabela 1 apresenta a composição química dos aços estudados.

Tabela 1: Composição dos aços inoxidáveis ferríticos 444 e 439.

Aço	Cr	Si	Mn	C	N	Mo	Ti	Nb	P	S
439	17,1	0,49	0,17	0,007	0,012	0,02	0,16	0,17	0,02	0,0004
444	17,6	0,5	0,15	0,008	0,010	1,77	0,12	0,18	0,019	0,0005

As características microestruturais dos materiais foram investigadas na direção longitudinal e na direção transversal em um microscópio ótico com analisador de imagens. Os ensaios Charpy-V foram realizados conforme a norma ASTM E23-04 utilizando corpos-de-prova do tipo sub-size com entalhe em V nas seguintes dimensões: 2.5 x 10 x 55 mm.⁽⁵⁾ O entalhe foi posicionado no sentido de laminação. Os corpos-de-prova foram ensaiados em diferentes temperaturas

variando de 28°C a -20°C. Com os resultados dos ensaios obteve-se as curvas Energia absorvida x temperatura. Para cada temperatura foram ensaiados 5 corpos-de-prova.

A TTDF foi definida como a temperatura que corresponde à energia média absorvida durante o estágio de queda da energia no ensaio.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aço 444 apresentou matriz ferrítica homogênea com grãos recristalizados ASTM 5 com pequenas partículas dispersas de Nb(C,N) ou Ti(C,N) na matriz. A Figura 2 apresenta a microestrutura do aço 444 recristalizado na posição longitudinal e transversal à direção de laminação.

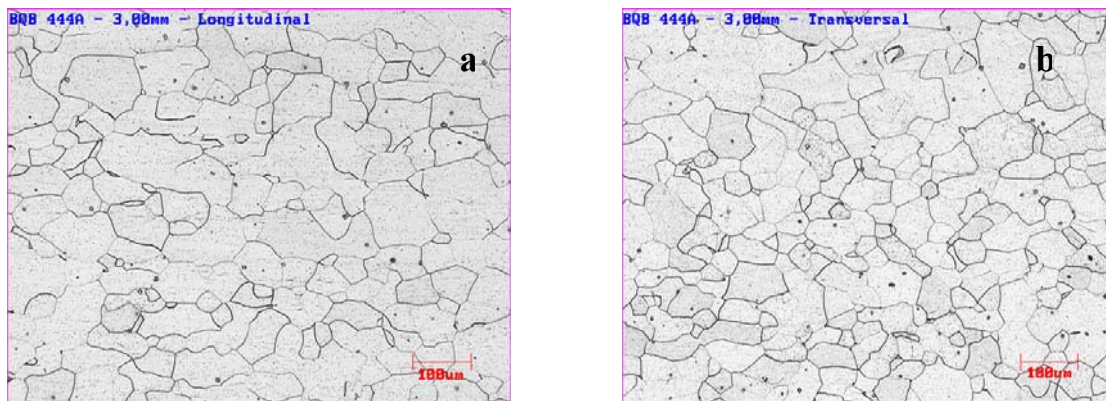


Figura 2: Microestrutura do aço 444. (a) direção longitudinal. (b) direção transversal. Ataque vilella.

A Figura 3 apresenta a microestrutura do aço 439 na posição longitudinal e transversal à direção de laminação. Este aço apresentou matriz ferrítica homogênea com grãos recristalizados ASTM 6 com pequenas partículas de carbonitretos de titânio e nióbio dispersos na matriz.

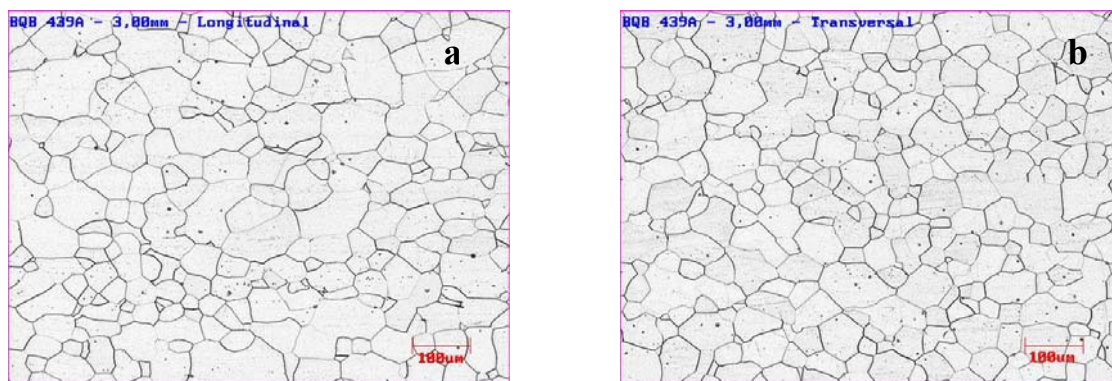


Figura 3: Microestrutura do aço 439. (a) direção longitudinal. (b) direção transversal. Ataque vilella.

A Figura 4 mostra as curvas Energia absorvida x Temperatura obtidas nos ensaios Charpy-V. Cada ponto corresponde a uma média de 5 corpos-de-prova ensaiados.

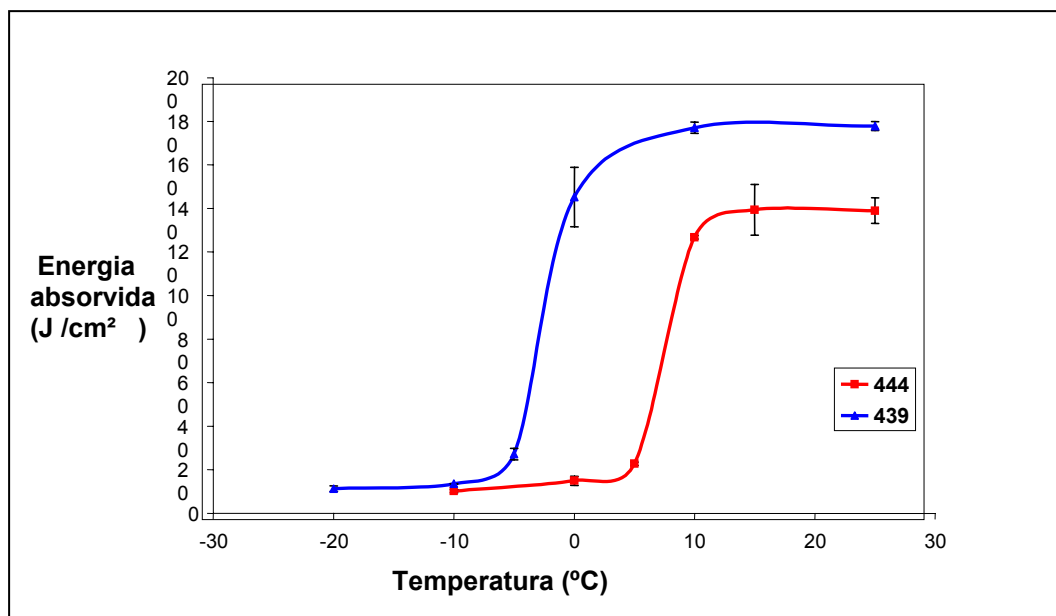


Figura 4: Resultados do ensaio Charpy nos aços 444 e 439 em corpos-de-prova sub-size.

Conforme verificado na Figura 4, ambos os aços apresentaram perda de tenacidade com a diminuição da temperatura. Considerando a energia média durante o estágio de queda da energia absorvida, o valor da TTDF está em torno de 7 °C para o aço 444 com tamanho de grão ASTM 5.

O aço 439 com tamanho de grão ASTM 6 apresentou TTDF mais baixa comparado com o aço 444. Esta temperatura está em torno de - 3°C.

Os dois aços apresentam composições químicas quase idênticas, exceto pela presença de Mo no aço 444. Em trabalhos realizados, conclui-se que a adições de Mo em até 3% não influencia na TTDF dos aços inoxidáveis ferríticos.⁽⁶⁾ Como o Mo não influencia na TTDF, o que justifica uma menor TTDF para o aço 439 é o tamanho de grão menor que o aço 444.

A Figura 5 mostra o efeito do tamanho de grão na TTDF de um aço inoxidável ferrítico 430 não estabilizado.

Comparando os valores de TTDF obtidos para os aços 439 e 444 com a curva da Figura 5, os valores de TTDF em função do tamanho de grão ASTM são menores do que o esperado para um aço 430 sem adição de Ti e Nb indicando que a adição de elementos estabilizantes tem um efeito benéfico no sentido de abaixar a TTDF dos aços inoxidáveis ferríticos deslocando a curva para a esquerda.

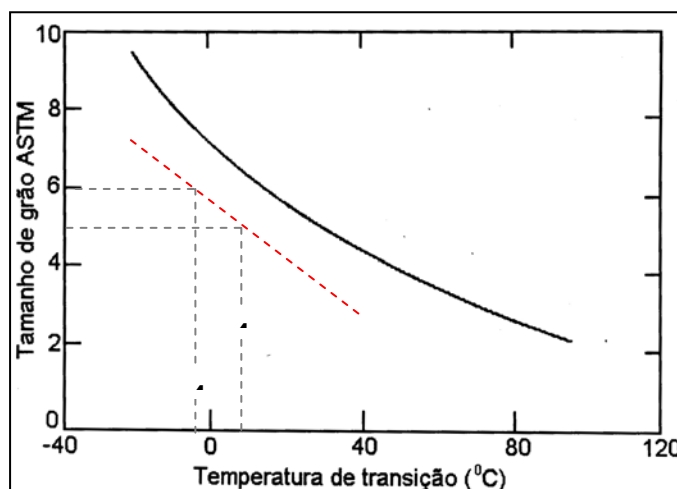


Figura 5: Efeito do tamanho de grão ASTM na TTDF do aço inoxidável ferrítico AISI 430.⁽²⁾

4 CONCLUSÃO

- Os aços inoxidáveis apresentaram microestrutura homogênea com precipitados de carbonitretos de titânio e nióbio dispersos na matriz.
- O aço 439 apresentou tamanho de grão ASTM 6 e o aço 444 tamanho de grão ASTM 5.
- Os valores de TTDF obtidos foram de - 3 °C para o aço 439 e 7 °C para o aço 444 considerando as energias médias absorvidas no ensaio.
- A estabilização dos aços inoxidáveis ferríticos indica uma melhoria na TTDF no sentido de diminuí-la.

Agradecimentos

Agradecemos à empresa ArcelorMittal Timóteo por ter disponibilizado equipamentos e pela colabaração dos técnicos do Centro de Pesquisas (Ricardo José, Anderson Sant'Ana e Paulo Luna) no desenvolvimento do trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 WRIGHT, R.N. Toughness of ferritic stainless steels. **ASTM STP 706, American Society for Testing and Materials**, p. 4, 1980.
- 2 FARIA, R. A. **Efeito da composição química de aços inoxidáveis ferríticos no desempenho de juntas soldadas pelo processo a arco metálico gasoso (SAMG)**. São Paulo, 2000. Dissertação de Mestrado em engenharia - Faculdade de exatas - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- 3 VAN, Z. A.C.T.M. Some considerations on the toughness propreties of ferritics stainless steels. **Int. Pres. Ves & Piping**, n.56, p. 1-31, 1993.
- 4 PLUNTRE, A.; GULLBERG, R. Influence of interstitial and some substitutional alloying elements. **ASTM STP 706**, American Society for Testing and Materials, p. 37, 1980.
- 5 ASTM E 23-04. **Standard test methods for notched bar impact testing of metallic materials**, 2004.
- 6 WOOD, J. R. Effect of residual elements and molybdenum additions on annealed an welded mechanical properties of 18Cr ferritic stainless steels. **ASTM STP 706, American Society for Testing and Materials**, p. 129 - 141, 1980.