

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E MICROESTRUTURAL DO AÇO INOXIDÁVEL AISI 304

GABRIEL VINICIUS ASSAI VAZ¹, RODRIGO DA SILVA GOMES², KAHL DICK ZILNYK³

¹ Graduando em Engenharia Mecânica, IC Voluntário, IFSP, Campus Itapetininga. assaigabriel@hotmail.com

² Graduando em Engenharia Mecânica, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Campus Itapetininga.

³ Orientador, IFSP, Campus Itapetininga.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.03.04.03-2 Propriedades Mecânicas dos Metais e Ligas

Apresentado no 8º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP
06 a 09 de novembro de 2017 - Cubatão-SP, Brasil

RESUMO - Os aços inoxidáveis são ligas metálicas a base de Fe e Cr muito utilizadas como materiais resistentes à corrosão. Entre esses materiais, um dos mais utilizados é o AISI 304, por conciliar a resistência à corrosão com uma elevada resistência mecânica e uma excelente ductilidade. No presente trabalho, amostras do aço AISI 304 foram submetidas a ensaios mecânicos de tração e de dureza Vickers e a análise microestrutural por meio de microscopia óptica. A microestrutura do material mostrou estar completamente recristalizada. As propriedades mecânicas avaliadas (dureza, resistência a tração, deformação e expoente de encruamento) estão em conformidade com os valores reportados na literatura.

PALAVRAS-CHAVE: Aço inoxidável; Propriedades mecânicas; Metalografia; Encruamento.

MECHANICAL AND MICROSTRUCTURAL CHARACTERIZATION OF AISI 304 STAINLESS STEEL

ABSTRACT - The stainless steels are metallic alloys based on the Fe-Cr system widely used as corrosion resistant materials. Among these materials, one of the most commonly used is the AISI 304, because it combines corrosion resistance with high mechanical resistance and excellent ductility. In the present work, samples of the AISI 304 steel were subjected to mechanical testing (tensile and Vickers hardness) and microstructural analysis by means of light microscopy. The microstructure of the material was completely recrystallized. The mechanical properties evaluated (hardness, tensile strength, deformation and strain hardening exponent) are in accordance with the values reported in the literature.

KEYWORDS: Stainless Steel; Mechanical properties; Metallography; Strain hardening.

INTRODUÇÃO

Os aços inoxidáveis são ligas a base de ferro contendo de 10% a 30% em massa de cromo em sua composição. São divididos em quatro classes de acordo com as fases predominantes na sua microestrutura, sendo elas: austeníticos, martensíticos, ferríticos e dúplex. A sua composição química está diretamente ligada as fases presentes na microestrutura do material. Dependendo da concentração de elementos de liga estabilizadores das estruturas cristalinas CFC (cúbica de face centrada) ou CCC (cúbica de corpo centrado), o material apresenta então uma das três fases citadas anteriormente ou uma mistura de ferrita e austenita, no caso dos aços dúplex (CALLISTER, 2008).

O aço inoxidável AISI 304 pertence à classe de aços inoxidáveis austeníticos. Ele possui, além da sua composição de cromo característica, a adição de uma porcentagem mássica de níquel que pode variar de 8% a 10,5%. Este material possui uma resistência à corrosão muito elevada, sendo passivos a atmosferas oxidantes e a ação de diversas substâncias químicas. Além disso, apresentam também boas

propriedades mecânicas, como tenacidade e resistência a tração, sendo por isso um dos aços inoxidáveis mais utilizados para diversas aplicações (GHOSH; MALLICK; CHATTOPADHYAY, 2007).

O objetivo do presente trabalho é reportar os resultados da caracterização da microestrutura e das propriedades mecânicas do aço inoxidável AISI 304 submetido a metalografia por meio de microscopia óptica e a ensaios mecânicos de tração e dureza Vickers na temperatura ambiente.

MATERIAL E MÉTODOS

O objeto de estudo do presente trabalho é o aço inoxidável austenítico AISI 304, com composição química nominal 18–20 Cr, 8–10,5 Ni, >2 Mn, >1 Si, >0,08 C, >0,045 P e >0,03 S (% mássicas) (PLAUT et al, 2007). O material foi fornecido na forma de chapas com 2mm de espessura. Amostras com dimensão 10x10 mm² foram cortadas paralelamente à direção de laminação da chapa. A secção transversal das amostras foi embutidas à quente em baquelite para análise da microestrutura. Utilizou-se lixas de carbetto de silício com granulometria #220, #500, #600, #800 e #1200 e polimento com pasta de diamante 3 µm em uma poliriz Arotex Aropol 2V para a preparação metalográfica convencional. Em seguida, foi realizado um polimento eletroquímico com uma solução de H₂SO₄ em metanol (40% v/v) com aplicação de 12 V. A amostra foi enfim atacada com uma solução de água régia (3 partes de HCL, 2 partes de água destilada e 1 parte de HNO₃) para revelar os contornos de grão (AOTA; ZILNYK; SANDIM, 2017).

Ensaio de dureza Vickers foram feitos em um durômetro computadorizado Emco-Test DuraVision nas mesmas amostras utilizadas para microscopia óptica. Realizou-se 10 medições de dureza com aplicação de 1 Kgf por 20 segundos.

Realizou-se um ensaio de tração em um corpo de prova fabricado de acordo com a norma ASTM E8M-09 em uma máquina universal de ensaios mecânicos EMIC DL30000 com capacidade de até 300kN. O ensaio foi realizado à temperatura ambiente e com taxa de deformação de 3 mm/min.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1(a) mostra a microestrutura do aço inoxidável AISI 304 estudado. Pode-se perceber a presença de grãos equiaxiais com grande quantidade de maclas de recozimento, sugerindo que o material encontra-se completamente recristalizado. Algumas maclas de deformação podem ser encontradas no interior de alguns grãos. Essas maclas possivelmente são oriundas das etapas de preparação metalográfica convencionais. Percebe-se a existência de linhas onduladas paralelas a direção de laminação do material. Trata-se possivelmente de segregação de elementos de liga evidenciada pelo polimento eletroquímico.

A dureza do material medida por meio de dureza Vickers foi igual a 172 ± 6 HV 1, em boa conformidade com valores reportados na literatura para este material (GHOSH; MALLICK, P.; CHATTOPADHYAY, 2007). A Figura 1(b) mostra a curva tração-deformação de engenharia resultante do ensaio de tração. O limite de escoamento medido pelo método da pré-deformação de 0,002 foi igual a 260 MPa. O limite de resistência a tração encontrado foi de 815 MPa e a deformação na ruptura foi de 56,6%. Todos esses valores estão de acordo com os reportados na literatura e comprovam a elevada ductilidade e boa resistência mecânica do material, o que lhe confere uma excelente tenacidade (CALLISTER, 2008). Observa-se também que o material apresenta um ganho significativo de resistência após entrar no regime plástico, sugerindo um pronunciado encruamento. O fenômeno do encruamento pode ser descrito matematicamente pela equação de Hollomon (CALLISTER, 2008):

$$\sigma_v = K \varepsilon_v^n \quad (1)$$

em que,

σ_v – tensão verdadeira, MPa;

K – coeficiente de resistência, MPa;

ε_v – deformação verdadeira;

n – expoente de encruamento.

O expoente de encruamento pode ter valores entre $n = 0$ (sólido perfeitamente plástico) e $n = 1$ (sólido perfeitamente plástico), mas para a maioria dos metais ele se encontra entre 0,1 e 0,5. Este expoente pode ser calculado a partir da curva tensão-deformação verdadeira em escala logarítmica (DIETER, 1981). A partir do resultado da curva mostrada na Figura 1(b), obteve-se o valor de 0,448, em boa concordância com o valor reportado na literatura de 0,45 (CALLISTER, 2008). Esse elevado valor de expoente de encruamento está provavelmente relacionado à formação de martensita induzida por deformação neste material (CHOI; JIN, 1997).

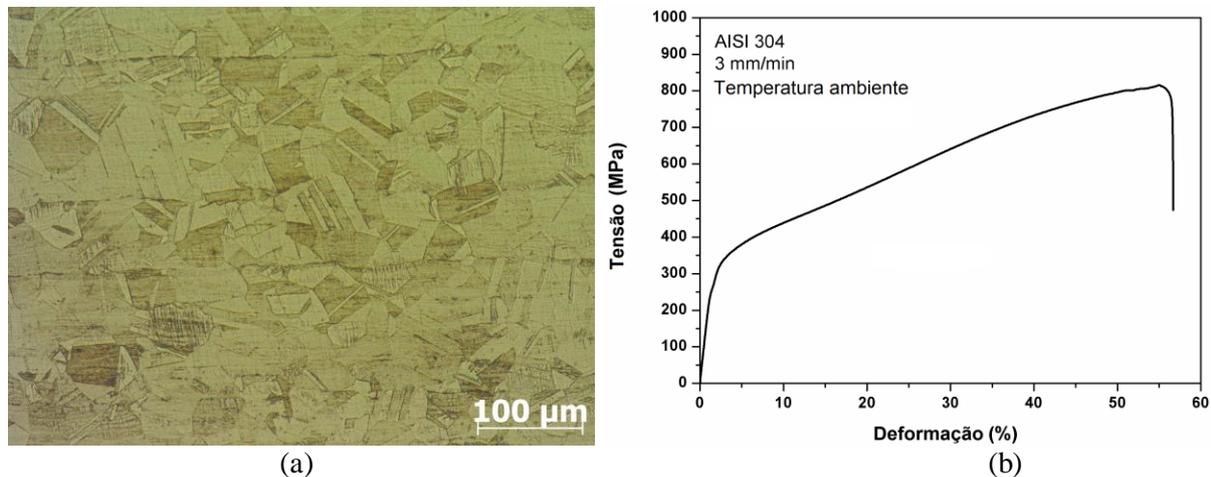


FIGURA 1. (a) Microestrutura do aço inoxidável AISI 304. Direção de laminação paralela à barra de escala. (b) Curva tensão-deformação de engenharia para o aço inoxidável AISI 304.

CONCLUSÕES

Mediante aos resultados obtidos é possível afirmar que o aço inoxidável AISI 304 corresponde satisfatoriamente ao que é reportado na literatura, garantindo assim sua resistência a corrosão, elevada resistência mecânica e uma excelente ductilidade, resultando em uma boa tenacidade que é característica do material. Pode-se comprovar também a influência da formação de martensita induzida por deformação no encruamento observado na curva tensão-deformação, dando um ganho significativo de resistência ao material deformado.

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos ao Sr. Jeferson Ramalho da Silva (Klabin S.A.) por fornecer as chapas de AISI 304 utilizadas neste estudo.

REFERÊNCIAS

- AOTA, L.S.; ZILNYK, K.D.; SANDIM, H.R.Z. Preparação metalográfica de ligas Fe-Ni-C com estruturas austenítica e martensítica. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, v. 4, p. 130-146, 2017.
- CHOI, J.-Y.; JIN, W. Strain induced martensite formation and its effect on strain hardening behavior in the cold drawn 304 austenitic stainless steels, **Scripta Materialia**, v.36, p. 99-104, 1997.
- CALLISTER JR, W.D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 7.ed. Rio de Janeiro. LTC, 2008.
- DIETER, G.E. **Metalurgia Mecânica**, 2a Ed.; Guanabara Dois, 1981
- GHOSH, S.K.; MALLICK, P.; CHATTOPADHYAY, P.P. Effect of Cold Deformation on Phase Evolution and Mechanical Properties in an Austenitic Stainless Steel for Structural and Safety Applications, **Journal of Iron and Steel Research**, v.19, n.4, p.63-68, 2012.
- PLAUT, R.L.; HERRERA, C.; ESCRIBA, D.M.; RIOS, P.R.; PADILHA, A.F. A short review on wrought austenitic stainless steel at high temperatures: processing, microstructure, properties and performance. **Materials Research**, v.10, n.4, p.453-560, 2007.