



Influência da austenitização, têmpera e revenimento na propriedade de dureza no aço inoxidável EN 1.4116

Kateryne Hamberger Ferreira¹; Gláucio Soares da Fonseca¹

¹Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica

Palavras chave: *Aços inoxidáveis; Tratamentos térmicos; Propriedades mecânicas.*

INTRODUÇÃO

Os aços inoxidáveis compõem uma importante classe das ligas ferrosas e apresentam uma gama de aplicações como componentes de aeronaves, utensílios domésticos, construção civil, entre outros, sendo justificadas por apresentarem boas propriedades mecânicas, de resistência a corrosão além de sua aparência. Esses aços são caracterizados por apresentarem altos teores de cromo em sua matriz, além de outros elementos como o molibdênio e o níquel, que garantem tais propriedades.

Desde o seu desenvolvimento, diversos estudos vêm sendo realizados a fim de se observar os efeitos de tratamentos térmicos nas propriedades mecânicas deste tipo de aço, buscando o aprimoramento de tais, visando adequá-los ao uso. Dentre eles, destaca-se o emprego da têmpera, responsável pela transformação da microestrutura do material de ferrítica para martensítica^{1, 2}. Quando seguida de revenimento, promove o alívio de tensões, promove o endurecimento secundário e a precipitação de carbonetos finamente dispersos na estrutura³.

Os resultados apresentados fazem parte do trabalho de dissertação em desenvolvimento pela autora no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica da Universidade Federal Fluminense que busca estudar a influência dos tratamentos de têmpera, revenimento e criogênico no comportamento de dureza e corrosão do aço inoxidável EN. 1.4116. São discutidos os dados obtidos através do ensaio de dureza, micrografias e fração volumétrica na fase martensítica das amostras submetidas à têmpera e ao revenimento.

METODOLOGIA

As amostras utilizadas nesta pesquisa foram gentilmente cedidas pela Aperam South América em placas no formato 210 x 297 mm e cortadas em amostras de 4 x 6 mm. Uma amostra foi reservada, sem que fosse submetida aos tratamentos térmicos, porém sujeita a todas as etapas posteriores aos tratamentos. Um conjunto de amostras foi submetido apenas ao tratamento térmico de têmpera, a fim de se observar a influência do tratamento térmico de revenimento na dureza do material.

Para o tratamento de têmpera empregaram-se as temperaturas de 1000, 1050 e 1100 °C por 30, 60 e 120 minutos em cada temperatura para promover a austenitização do material, seguido de resfriamento em água. O tratamento de revenimento foi realizado nas temperaturas de 200, 300 e 400 °C por 60 minutos, utilizando como meio de resfriamento ar forçado.

Após a realização dos tratamentos térmicos, as amostras foram submetidas aos procedimentos de preparação metalográfica padrão, sendo embutidas a quente. Posteriormente as amostras foram lixadas com variação das lixas entre os *mesh* 220, 320, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500 e 2000. A análise da dureza foi realizada utilizando o microdurômetro com penetrador *Vickers*, força de 4.903 N por 15 segundos. As amostras foram novamente lixadas em *mesh* 1000, 1500 e 2000 e em seguida polidas utilizando a politriz automática, utilizando pasta de diamante de 3 µm de granulometria e suspensão de sílica coloidal. O ataque empregado para revelar a microestrutura foi o eletrolítico utilizando solução aquosa de ácido nítrico a 40% e corrente de 0,22 V por 20 segundos. As micrografias foram obtidas utilizando o microscópio óptico com aumentos de 200x, 500x e 1000x, sendo empregadas posteriormente no *software* analisador de imagens *ImageJ* para o cálculo da fração volumétrica de martensita presente nas amostras.

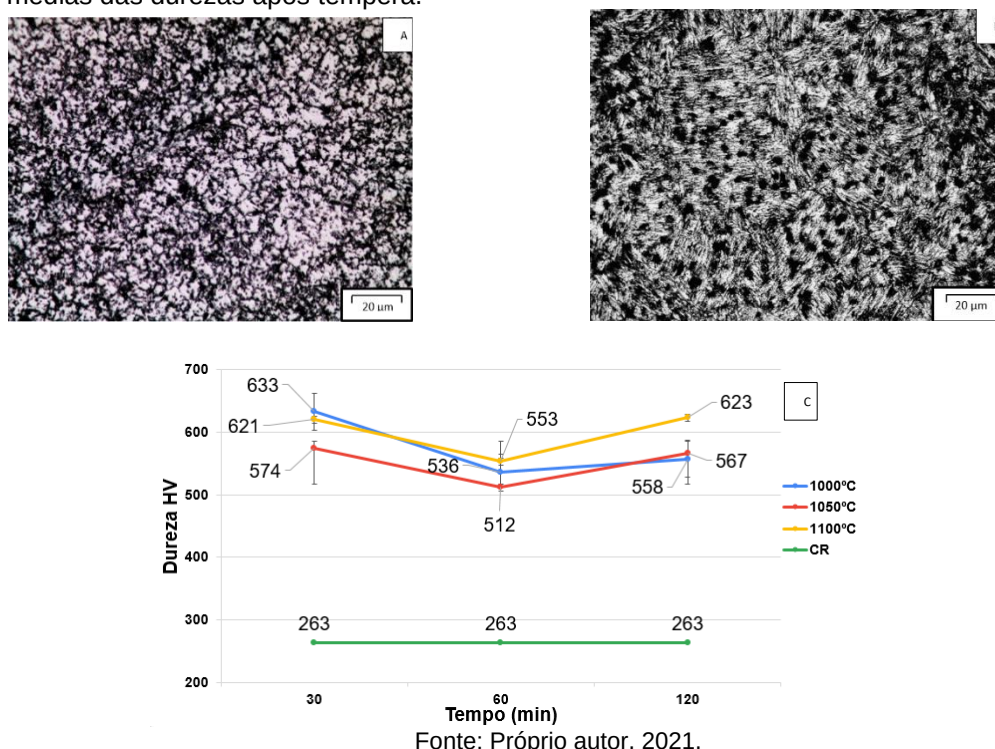
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de se observar as modificações na propriedade de dureza, os resultados obtidos nas amostras CR (como recebida), temperadas e temperadas e revenidas foram comparados. A amostra CR apresentou dureza de



263 HV $\pm$ 3 e dentre as amostras temperadas, todas apresentaram aumento nesta propriedade, destacando-se o processo realizado a 1000 °C por 30 minutos (Figura 1a) apresentou o maior valor de dureza (Figura 1c), em razão da presença de carbonetos primários na estrutura. Entre as amostras revenidas, as amostras temperadas a 1050 °C e submetidas a temperatura de 300 °C apresentaram maior dureza entre todas as outras temperaturas e tempos empregados. Analisando a influência do revenimento, para o tempo de 30 minutos de têmpera na referida temperatura a dureza obtida foi de 574 HV, e após o revenimento 697,9 HV. Observa-se através da fração volumétrica calculada a maior concentração de martensita nesta condição. As amostras submetidas ao revenimento na temperatura de 400 °C apresentaram o maior decréscimo na dureza, o que se justifica pelas condições que permitem maior transformação da martensita proveniente do processo de têmpera em martensita revenida. O revenimento a 400 °C da amostra temperada a 1100 °C por 30 minutos (Figura 1b) apresentou o maior decaimento da dureza quando comparado as amostras apenas temperadas, de aproximadamente 26%, podendo ser justificado pelo coalescimento de carboneto $M_{23}C_6$, ainda passível de investigação ⁴.

Figura 1 – Micrografias (a) têmpera 1000 °C – 30 min; (b) têmpera 1100 °C – 30 min – revenimento 400 °C; (c) gráfico das médias das durezas após têmpera.



Fonte: Próprio autor, 2021.

CONCLUSÕES

Observa-se através do gráfico apresentado, a influência do tratamento de têmpera na propriedade de dureza relacionada à formação de uma matriz contendo um maior volume de martensita. Os resultados obtidos das amostras submetidas ao revenimento demonstram decréscimo na propriedade mencionada, devido a ocorrência do alívio das tensões provenientes da têmpera. Os tratamentos térmicos realizados demonstram modificar a propriedade de dureza nas temperaturas e tempos empregados de acordo com o que a literatura.

AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece à bolsa de estudos concedida.

REFERÊNCIAS

- [1] MAGALHÃES, A. S. *et al.* Influência dos parâmetros de têmpera na presença de carbonetos no aço AISI M2. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais**, 21º ed. Cuiabá, MT, p. 4903 – 4910, 2014.
- [2] BABUTZKA, M.; HEYN, A.; ROSEMAN, P. Influence of austenitizing and tempering on the corrosion behavior and sensitization of martensitic stainless steel X50CrMoV15, **Maters Corrosion**, p 1-12, 2018.
- [3] CORRÊA, E. C. S. *et al.* Influência dos parâmetros de têmpera e revenimento sobre a dureza e a microestrutura do aço AISI M2. In: **ABM Annual Congress**, 72nd, São Paulo, p. 1697-1704, 2017.
- [4] CALLIARI, I. *et al.* Investigation of microstructure and properties of a Ni-Mo martensitic stainless steel. **Materials and Design**, v. 29, p. 246-250, 2008.