

Caracterização Mecânica e Microestrutural dos Aços 30CrMo6 e 38CrMo4 Para Análise da Susceptibilidade à Fragilização por Hidrogênio por Meio do Ensaio de Carregamento em Patamares Progressivos Assistido Pelo Meio

Guilherme Antonelli Martiniano*, Rafael Ariza Gonçalves, Marcelo Torres Piza Paes, Sinésio Domingues Franco

*Laboratório de Tecnologia em Atrito e Desgaste - LTAD, gamartiniano@gmail.com

Palavras-chave

Fragilização por Hidrogênio, Grão Prévio Austenítico, Dureza

1. INTRODUÇÃO

A fragilização por hidrogênio (FH) é um problema que afeta componentes e estruturas metálicas em diversos setores da indústria, levando a sua falha prematura em tensões mecânicas bem abaixo do seu limite de escoamento. Alguns setores importantes, como óleo e gás, energia nuclear e o setor aeroespacial, vem tendo dificuldades devido aos efeitos causados pela FH. Numerosos fatos demonstraram que a fratura induzida pelo hidrogênio ameaça severamente a segurança na indústria aeroespacial (Wang et al., 2013). Em perfurações *offshore*, as altas pressões e profundidades de perfuração fazem com que aços de alta resistência mecânica sejam cada vez mais utilizados. Estudos acerca da FH mostram que existem numerosos fatores que influenciam na susceptibilidade à fragilização por hidrogênio (SFH) dos materiais, principalmente dos aços. Dentre estes fatores destacam-se o contorno do grão prévio austenítico (GPA) (Quadrini 1986; Shibata, Matsuoka, Tsuji, 2013) e dureza (Martiniano, 2016; Nanninga et al., 2010).

Para ser possível estudar a influência dos fatores supracitados na SFH exige-se uma rigorosa caracterização microestrutural do material a ser estudado, a fim de se garantir a obtenção das variáveis desejadas e diminuir as fontes de incerteza do estudo a ser realizado. Neste trabalho são apresentados a metodologia e os resultados obtidos da caracterização microestrutural no que diz respeito à dureza e o contorno do GPA de dois aços de alta resistência e baixa liga (ARBL) denominados de 30CrMo6 e 38CrMo4, utilizados na indústria de óleo e gás.

2. METODOLOGIA

Os parâmetros elencados para realização do estudo de análise da SFH dos aços 30CrMo6 e 38CrMo4 foram a dureza e o contorno do grão prévio austenítico. O material foi fornecido na forma de tubos de aço que constituem ferramentas utilizadas no setor de exploração de petróleo em águas profundas conhecidas como *drill pipes*. Tendo em mente os parâmetros que se deseja analisar com relação à SFH destes aços, foi decidido realizar um estudo acerca propriedades mecânicas e microestruturais destes aços. A seguir são detalhados os procedimentos adotados para se avaliar o contorno do GPA destes aços, onde foi observado como o diâmetro médio GPA destes aços varia com o tempo e a temperatura de austenitização num tratamento térmico de têmpera. Também é apresentado o procedimento experimental adotado para levantamento da curva de revenimento destes aços.

2.1. Análise do Contorno do GPA

Nesta análise foram realizados diferentes tratamentos térmicos de têmpera em diferentes tempos e temperaturas de austenitização nos dois aços, a fim de se obter o comportamento de variação do diâmetro médio GPA. Os tratamentos realizados foram austenitizações a 900 °C por 1 hora, 2 horas, 3 horas e 4 horas seguidas de têmpera em óleo e austenitizações a 870 °C, 970 °C e 1070 °C por 1 hora e 4 horas seguidas de têmpera em óleo. A medição do diâmetro médio do GPA foi realizada utilizando o método dos interceptos de Heyn, conforme determinado pela norma ASTM E112-13 (2013) que também estabelece o método de cálculo da incerteza de medição para um intervalo de confiança de 95 %. Para revelar o contorno do GPA foram testadas várias soluções químicas diferentes e a que apresentou melhor resposta foi a solução de ácido pícrico contendo 100 ml de água, 1,5 g de ácido pícrico e 20 ml de detergente neutro, aquecida a 60 °C.

2.2. Análise da Dureza

Para se obter as durezas necessárias na realização do estudo da SFH dos aços 30CrMo6 e 38CrMo4 é necessário realizar o tratamento térmico de beneficiamento dos mesmos que consiste na têmpera seguida de revenimento. Neste

estudo as durezas Rockwell C (HRC) pretendidas são de 32, 36, 40 e 44. Para poder chegar nestas durezas fez-se inicialmente 3 beneficiamentos onde foi feita a austenitização a 870 °C por 1 hora seguida de têmpera em óleo e, em seguida, fez-se o revenimento a temperaturas de 400 °C, 500 °C e 600 °C por 1 hora seguido de resfriamento ao ar. Estes beneficiamentos iniciais tornam possíveis a obtenção de uma curva de revenimento ajustando um polinômio quadrático a estes três pontos e, a partir da análise desta curva, é possível obter a temperatura de revenimento para a dureza desejada. Por fim, foram feitos novos beneficiamentos na temperatura de revenimento obtida a partir da análise da curva. Todas as durezas foram medidas em 5 pontos o que permitiu obter a média e a incerteza de medição para um intervalo de confiança de 95%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Tamanho do GPA

Os resultados obtidos da análise do tamanho médio do GPA para todos os tratamentos térmicos realizados, bem como suas incertezas para um intervalo de confiança de 95%, representada na forma de barras de erro e o contorno do GPA para a austenitização de 1 hora na menor e maior temperaturas são mostrados nas Figs. 1 e 2 respectivamente.

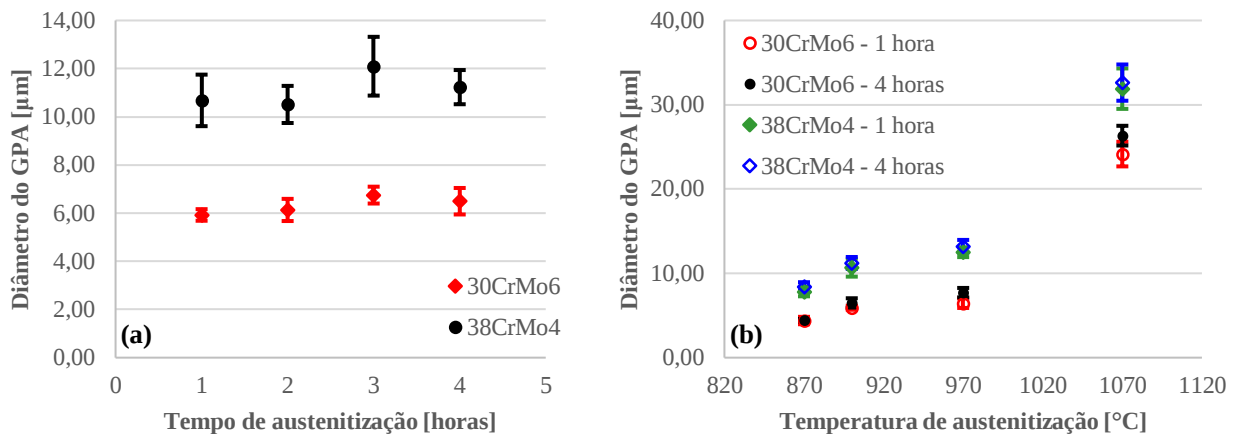


Figura 1: Tamanho do GPA dos dois aços para (a) temperatura de austenitização de 900 °C e diferentes tempos de austenitização e (b) diferentes temperaturas de austenitização para tempos de 1 hora e 4 horas

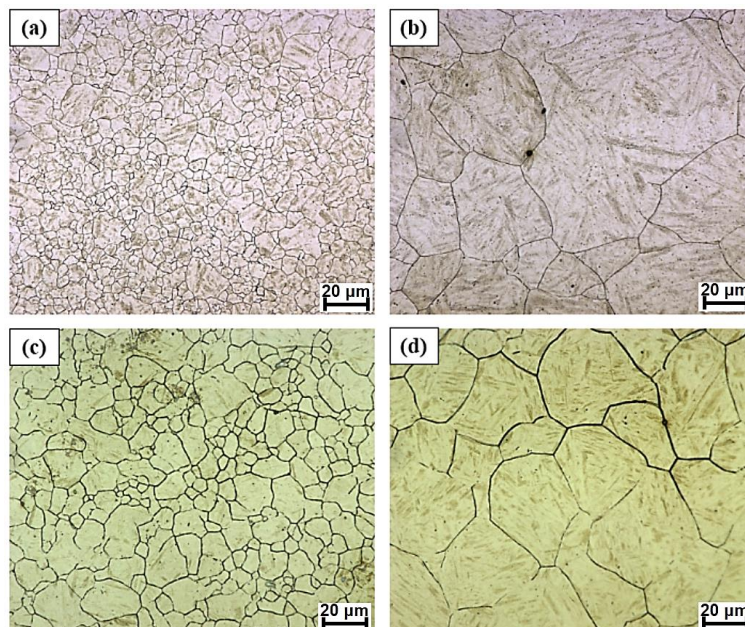


Figura 2: Contorno do GPA dos aços 30CrMo6 (a e b) e 38CrMo4 (c e d) para austenitização a 870 °C (a e c) e 1070 °C (b e d) por 1 hora

Observa-se claramente um aumento no diâmetro médio do GPA quando se compara a menor e maior temperatura de austenitização e, da Fig. 1b, percebe-se que a tendência de crescimento do grão é maior para temperaturas de austenitização maiores do que 970 °C. Tal tendência foi observada por Ferreira et al. (2015) que chamou este fenômeno de crescimento anormal do grão austenítico. Para diferentes tempos de austenitização não foi observada variação significativa no tamanho do GPA destes aços.

3.2. Dureza

A Fig. 3 a seguir mostra as curvas de revenimento obtidas para os dois aços onde os resultados estão expressos na forma de média (círculo preto) e incerteza de medição para um intervalo de confiança de 95% (barras de erro). A curva de tendência ajustada na forma quadrática está expressa na forma de uma linha tracejada.

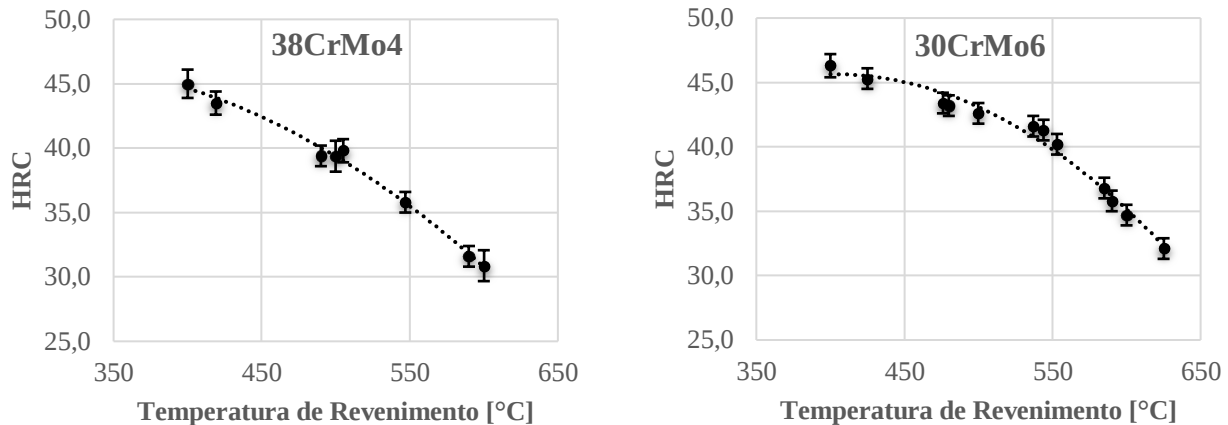


Figura 3: Curva de revenimento obtida para todos os beneficiamentos realizados

Percebe-se que as durezas obtidas estão bem próximas às desejadas para o estudo pretendido, mostrando que a análise foi bem sucedida. A tendência clara é a da queda da dureza com o aumento da temperatura de revenimento, onde este comportamento foi mais evidente para o aço 38CrMo4. Para o aço 30CrMo6 foi necessário ajustar novamente a curva pois os revenimentos realizados com as temperaturas obtidas do ajuste inicial não resultaram em durezas próximas àsquelas desejadas. Logo, à medida que os tratamentos térmicos eram realizados, obtinha-se novos pontos para incrementar a curva e assim se atingir uma dureza próxima da desejada.

4. CONCLUSÃO

- O tamanho do GPA dos aços 30CrMo6 e 38CrMo4 são fortemente influenciados pela temperatura de austenitização, sendo essa influência mais evidente para temperaturas de austenitização maiores do que 970 °C;
- O tamanho do GPA dos aços 30CrMo6 e 38CrMo4 é pouco influenciado pelo tempo de austenitização;
- O ajuste da curva de revenimento permitiu obter durezas próximas àsquelas desejadas para o estudo de análise SFH porém a utilização de 3 pontos para realizar este ajuste mostrou-se insuficiente para o aço 30CrMo6.

5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa de MG (FAPEMIG) e da PETROBRAS.

6. REFERÊNCIAS

- American Society for Testing and Materials - ASTM. "ASTM E112-13: Standard test methods for determining average grain size". *ASTM International*, 2013.
- Ferreira, C. B., Modenesi, P. J., Santos D. B. "CRESCIMENTO ANORMAL DO GRÃO AUSTENÍTICO E SUA INFLUÊNCIA NA FRAÇÃO VOLUMÉTRICA DE AUSTENITA RETIDA APÓS A TÊMPERA DE UM AÇO ABNT 5135". *Tecnologia em Metalurgia Materiais e Mineração* Vol.12, 2015, pp. 50–57.
- Martiniano, G. A., "Desenvolvimento de um equipamento para avaliação da susceptibilidade à fragilização por hidrogênio". Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, 2016.
- Nanninga, N., J. Grochowski, L. Heldt, e K. Rundman. "Role of microstructure, composition and hardness in resisting hydrogen embrittlement of fastener grade steels". *Corrosion Science* Vol.52, 2010, pp. 1237–46.
- Quadrini, E. 1986. "The effect of prior-austenite grain size on the hydrogen embrittlement susceptibility of UNI 40NiCrMo7". *Materials Chemistry and Physics* Vol.15, 1986, pp. 155–65.
- Shibata, A., Matsuoka, T., Tsuji N. "Effect of Prior Austenite Grain Size on Hydrogen Embrittlement Behaviors in 8Ni-0.1C Steel". *PRICM: 8 Pacific Rim International Congress on Advanced Materials and Processing*, 2013, pp. 583–589.
- Wang, G., Yan, Y., Li, J., Jingyu, H., Su, Y., Lijie, Q. "Hydrogen embrittlement assessment of ultra-high strength steel 30CrMnSiNi2". *Corrosion Science* Vol. 77, 2013, pp. 273–80.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.