

ESTUDO DA CORRELAÇÃO ENTRE MICROESTRUTURA E VELOCIDADE SÔNICA DE UM AÇO 1045 TRATADO TERMICAMENTE

Melquisedeque S. B. S. GOMES (1); Luiz H. M. S. NÓBREGA (2); Edgard M. SILVA (3); Neilor C. SANTOS (4).

Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba, Av. 1 de maio 720, 32083064, 32083088,

e-mail: (1) melquisedeque_shaloon@yahoo.com.br

(2) rikinobrega@hotmail.com

(3) edgard@cefetpb.edu.br

(4) neilor@cefetpb.edu.br

RESUMO

O monitoramento de tubulações através de ensaios é um eficiente modo de prevenir e reduzir falhas catastróficas em tubulações na indústria petroquímica. Entre as técnicas não destrutivas o ensaio de ultra-som tem mostrado ser adequado para acompanhamento da fragilização por hidrogênio. O método de medição de ultra-som convencional não apresenta boa capacidade de detectar a influência da presença de hidrogênio, mas medidas não convencionais como: atenuação sônica, variação na velocidade sônica, sinais retroespalhados, e análise espectral têm mostrados serem promissoras. O presente trabalho terá como foco o estudo da influência da variação micro-estrutural nos valores de velocidade sônica. Neste trabalho foram obtidas diferentes microestruturas por tratamento térmico e determinados os valores de velocidade sônica. Estes valores foram correlacionados com a análise da microestrutura realizada por microscopia ótica e medidas de dureza do material. Verificou-se que a variação das medidas de velocidade sônica é inversamente proporcional à variação das medidas de dureza do material estudado. Observou-se também que a velocidade sônica é dependente dos modos elásticos, variando estes com a microestrutura.

Palavras-chave: ultra-som, microestrutura, ensaio não-destrutivo.

1. INTRODUÇÃO

O ensaio por ultra-som caracteriza-se por ser um método não destrutivo que tem por objetivo a detecção de defeitos e descontinuidades internas presentes nos variados tipos de materiais ferrosos ou não-ferrosos. Atualmente na indústria moderna este método constitui uma ferramenta importante, indispensável para garantia de qualidade de peças de grande espessura, geometria complexa de juntas soldadas, chapas, entre outros. O ensaio ultra-sônico, assim como todo exame não destrutivo visa diminuir o grau de incerteza na utilização de materiais ou peças de responsabilidade.

Este tipo de ensaio tem como objetivo inserir uma onda ultra-sônica em um material policristalino onde esta última está sujeita a interação com componentes micro-estruturais como: grãos, inclusões, porosidades, micro-trincas, entre outros. Estes tipos de interações provocam a variação na velocidade de propagação do som no material, onde esta variação é um dos fatores chave para caracterização ultra-sônica do material. Esses parâmetros podem ser usados para determinar as constantes elásticas, micro-estrutura, textura e propriedades mecânicas.

O monitoramento de tubulações através de ensaios é um eficiente modo de prevenir e reduzir falhas catastróficas em tubulações na indústria petroquímica. Entre as técnicas não destrutivas o ensaio de ultra-som tem mostrado ser promissor para acompanhamento da variação microestrutural que leve a fragilização de materiais (HASEGAWA, 1988). O método de medição de ultra-som convencional não apresenta capacidade de detectar a variação de fases em materiais, mas medidas não-convencionais como atenuação sônica, variação na velocidade sônica, sinais retroespalhados, e análise espectral têm mostrado serem promissoras como diz Sorell (1978) e Hardie (2006). O presente trabalho consiste em utilizar a técnica de inspeção por ultra-som para identificação de tratamentos térmicos em um aço SAE 1045 submetidos a diferentes tratamentos, resultando em diferentes microestruturas. O parâmetro de ultra-som a ser utilizado será o valor da velocidade sônica do material.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A propagação de ondas ultra-sônicas em materiais policristalinos está sujeita a interações com componentes micro-estruturais como grãos, inclusões, porosidades, microtrincas e outros. Essas interações causam atenuaçõesônicas e variação na velocidade de propagação do som do material como mostra Kruger (1999).

A velocidade de propagação da onda e perdas de energias por interações com a micro-estrutura são os fatores chave da caracterização ultra-sônica do material. Esses parâmetros podem ser usados para determinar as constantes elásticas, micro-estrutura, textura, e propriedades mecânicas, (BERGER, 2000).

A taxa de propagação das ondas ultra-sônicas em qualquer material policristalino é controlada pelo módulo de elasticidade e a densidade do material, sendo influenciada pela microestrutura, pela mudança do módulo elástico dos grãos, através da orientação da textura dos grãos e pelas partículas de segunda fase (BERGER, 2000).

Estudando o efeito da variação microestrutural sobre medidas de velocidades e atenuaçãoônicas, Badidi et al (2003) analisaram amostras com estruturas variando de martensita até ferrita-perlita, para um aço com 0,4% de carbono. Essas microestruturas foram obtidas segundo o método de ensaio Jominy. Neste trabalho foi observado que os valores de velocidade e atenuação são diretamente proporcionais à dureza do material.

A mesma correlação entre dureza e velocidade foi observado por Shigeyuki (2000), em amostras de aços inoxidáveis duplex com envelhecimento á 475° C, porém os valores de atenuaçãoônica não foram sensíveis às mudanças estruturais.

Estudando a aplicação de medidas da velocidadeônica para determinação do tamanho de grão de aços inoxidáveis austeníticos, Palanichamy (1995) observou que a velocidade do som é afetada pelo tamanho de grão, isto é, um aumento de tamanho de grão implicará que as ondas ultra-sônicas levarão um caminho mais longo para cobrir as densidades do material, ocorrendo a redução da velocidade do som.

O estudo da fragilização por hidrogênio tem sido realizado por medidas ultra-sônicas, através da análise da atenuaçãoônica, velocidadeônica e sinal retroespalhado e análise espectral. A presença de hidrogênio no material causa o espalhamento da ondaônica e assim um aumento na atenuação do material. O campo de atuação desta técnica depende do conhecimento do coeficiente de atenuação do material. Contudo, a variação da velocidadeônica é sensível á fragilização por hidrogênio em aços. A aplicação desta técnica em situações

práticas depende da precisão na medida da espessura do material. Uma maneira de eliminarmos a limitação da medida de espessura é a determinação da razão entre velocidade transversal e longitudinal, mas a determinação desta relação reduz a sensibilidade do método. Aplicação destas técnicas tem sido promissoras na determinação da tenacidade à fratura de materiais (KRUGER, 1999).

Outra técnica utilizada é a análise espectral que é causada pelas reflexões do som na microestrutura do material. Esta técnica tem como base a análise do domínio de frequência de um sinal e sua correlação com a microestrutura. A interação estudada pode ser avaliada pela mudança da distribuição de frequência do pulso ultra-sônico transmitido ou sinal espalhado (RUSSEL, 1993).

A utilização do ultra-som como técnica de inspeção microestrutural tem várias variáveis a serem analisadas. Um melhor aprofundamento destas técnicas não destrutivas resultará no desenvolvimento de procedimentos para o acompanhamento de mudanças microestruturais em tubulações em serviço e consequentemente a determinação do melhor momento para manutenção e prevenção de desastres que causem problemas sociais e econômicos.

3. METODOLOGIA

Diferentes amostras de um aço SAE 1045, de dimensões \varnothing 25 mm x 12 mm, foram aquecidas até a temperatura de 840° C por 30 min e submetidas aos seguintes tipos de resfriamento: água (têmpera em água), óleo (têmpera em óleo), ar (normalização) e resfriamento lento dentro do forno (recozimento). Medidas de durezas Vickers com carga de 150kgf foram realizadas em todas as amostras. A inspeção por ultra-som foi realizada em um aparelho do tipo DIO 562, pela técnica pulso eco, com um transdutor de ondas longitudinais de frequência de 4MHz. A determinação da velocidade sônica foi realizada pela fixação da espessura da amostra e obtenção da faixa de velocidade sônica correspondente aquela dimensão. Sendo obtida diretamente do aparelho. A escolha do aço SAE 1045 deu-se pelo simples fato deste ser bastante utilizado no meio industrial.

4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Os ensaios de ultra-som ao serem interpretados e analisados revelaram que o comportamento da velocidade sônica apresenta uma correlação inversa com a dureza, ou seja, quanto mais duro for o material, menor a velocidade sônica em seu interior. Verificou-se também que um dos fatores que afeta diretamente este parâmetro é a microestrutura, onde, dependendo do tratamento térmico, a velocidade sônica ao interagir com esta última sofrerá mais ou menos perdas.

No estudo com o aço SAE 1045, para uma melhor interpretação, levantou-se dois gráficos que mostram a variação da dureza e da velocidade sônica para os diferentes tratamentos.

Na figura 1, pode-se observar que a dureza aumenta de acordo com os tratamentos térmicos partindo do recozimento a têmpera. Estes resultados estão de acordo com os estudos relatados na literatura. Na figura 2, observou-se que a velocidade sônica diminui de acordo com o aumento das durezas, partindo do recozimento a têmpera. Pode-se dizer que a velocidade sônica foi afetada principalmente pela mudança de módulos elásticos de cada grão individual, onde nestas circunstâncias estas mudanças servem como barreiras à velocidade do som.

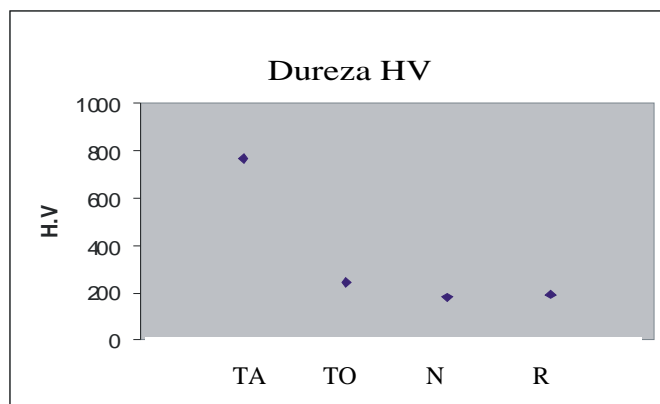


Figura 1. Variação dos valores de dureza Vickers em função dos diferentes tratamentos.

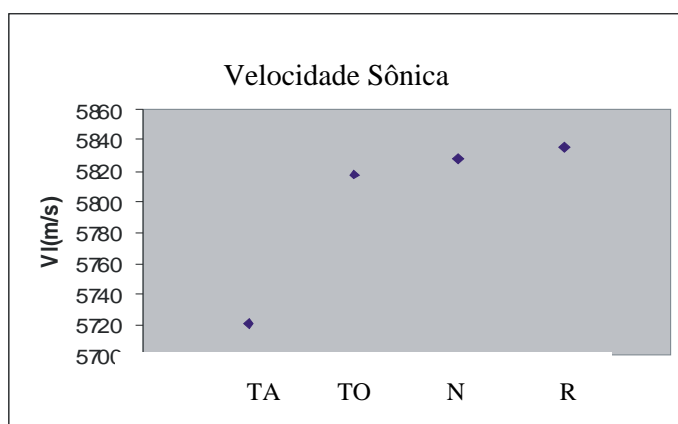


Figura 2. Variação dos valores de velocidade sônica em função dos tratamentos térmicos.

TA - Têmpera em água
TO - Têmpera em óleo
N - Normalização
R - Recozimento

Estudos prévios realizado por Hakan et al (2005) tiveram como objetivo compreender a relação da velocidade sônica com a dureza em um aço AISI 4140 e AISI 5140. Eles observaram que os valores de velocidade sônica, são, principalmente, afetados pelas mudanças nos módulos elásticos de cada grão, onde esta velocidade varia de grão em grão devido à mudança da direção cristalográfica dos grãos, a que é relacionado uma variação na constante elástica no mesmo sentido.

Foi mostrado também por Hakan et al (2006) essa mesma correlação entre dureza e velocidade sônica em aços SAE 1040 e SAE 4140 em outro experimento. Partindo disso, a diferença entre o aço aqui estudado e os aços estudados por Hakan et al (2005-2006) deve-se apenas ao grau de temperabilidade. Então o comportamento da velocidade sônica é o mesmo.

5. CONCLUSÃO

No estudo com o aço 1045 observou-se que a variação das medidas de velocidade sônica é inversamente proporcional à variação das medidas de dureza do material estudado. Verificou-se também que a velocidade

sônica é dependente dos modos elásticos, variando estes com a microestrutura. Conclui-se que a velocidade sônica é um parâmetro promissor para a identificação de tratamentos térmicos do aço.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- BADIDI, A.; LEBAILL, S. **Grain size influence on ultrasonic velocity and attenuation.** NDT & International, v. 36, pp.1-5, 2003.
- BERGER, H. **Nondestructive characterization of materials.** Mater. Eval., 50, pp. 299-305, 2000.
- HAKAN, C. G.; TUNCER, B. O. **Characterization of microstructural phases of steels by sound velocity measurement.** Accepted 11 May, 2005.
- HAKAN, C. G.; IBRAHIM C. **Comparison of magnetic Barkhausen noise and ultrasonic velocity measurements for microstructure evaluation of SAE 1040 and SAE 4140 steels.** Accepted 15 June 2006.
- HARDIE, D.; CHARLES, E. A.; LOPEZ, A. H. **Hydrogen embrittlement of high strength pipeline steels.** 2006.
- HASEGAWA, Y. **Failures from hydrogen attack and their methods of detection.** Welding International, 1988.
- KRUGER, S. E.; REBELLO, J. M. A. **Hydrogen damage detection by ultrasonic spectral analysis.** NDT & Int. 322. pp. 275-281, 1999.
- PALANICHAMY, P. **Ultrasonic velocity measurement for estimation of grain size in austenitic stainless steel.** NDT & Int. 28 pp. 179-185, 1995
- RUSSEL, M. D. **Experimental estimation of longitudinal backscatter coefficient for ultrasonic interrogation of weak scattering materials.** J. Acoust. Soc. 3. pp. 1267-1276, 1993.
- SHIEGEYUKI, H. W. **Ultrasonic detection of thermal embrittlement of duplex stainless steel.** International Conference on Nuclear Engineering, v.5, ASME, pp 215-223, 2000.
- SORELL, G. H. M. **High temperature hydrogen damage in petroleum refinery equipment.** Materials Performance, August 33-41, 1978.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio a pesquisa realizada.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.