

MÉTODO NÃO DESTRUTIVO PARA MEDIÇÃO DA CAMADA DE ÓXIDO DA SUPERFÍCIE INTERNA DE TUBOS DE CALDEIRA

Autores: Vinícius P. R. Figueiredo¹, Vitor E. Moreira¹, Oscar I. Hassegawa¹, Ronaldo F. Faria¹

¹ CBC Indústrias Pesadas S/A, Brasil

RESUMO

Falhas em tubos de caldeiras podem causar paradas forçadas de unidades, sendo a espessura da camada de óxidos, que se forma na parede interna dos tubos, a principal causadora de danos por superaquecimento. Geralmente, no passado, a incrustação interna era medida somente por ensaio de laboratório em tubos de amostra (ensaio destrutivo). O grupo MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS (MHPS) vem desenvolvendo metodologias e técnicas para estimar a vida remanescente das caldeiras fabricadas ao longo de sua história, seguindo as tendências e as necessidades de seus clientes globais. A CBC INDÚSTRIAS PESADAS (CBC), com a recente aquisição de equipamento desenvolvido pela MHPS para medições de espessura via ultrassom, tornou-se possível realizar medidas de espessura tanto da parede dos tubos das caldeiras como da camada interna de óxidos presente nos mesmos. Atualmente tem-se aplicado esse método de inspeção para tubos de aço carbono de fornalhas e tubos em aço liga de superaquecedores. Dessa forma, a rápida determinação da espessura da camada interna permite adotar contramedidas mais eficazes, garantir a integridade estrutural dos componentes e contribuir para uma operação mais segura entre os intervalos de inspeções. O presente trabalho apresenta uma comparação entre os resultados de medições de espessura da camada de óxidos pela técnica não destrutiva de ultrassom e pela técnica destrutiva associada à microscopia ótica, em diferentes faixas de es-

pesura da camada de magnetita. A experiência do grupo MHPS aliada aos estudos realizados permitem confirmar que é possível medir, via ultrassom, camadas de óxidos a partir de valores de 0,1 mm (100µm) em condições práticas de campo.

Palavras-chave: Camada de Óxidos, ultrassom, vida remanescente, caldeiras.

INTRODUÇÃO

A extensão de vida útil de componentes de caldeiras de plantas industriais é assunto de grande interesse e está diretamente ligada aos componentes que operam a altas temperaturas. Entre os mecanismos de falha atuantes em tubulações e componentes de caldeira que operam sob regime de fluência, o superaquecimento devido à formação da camada interna de óxido possui uma grande influência na vida dos componentes [1]. A presença desses depósitos na parede dos tubos tem, até certo limite, papel fundamental na resistência à corrosão, porém se ultrapassado o limite ocorre deficiência na troca térmica pelo acúmulo de depósitos que aumenta a temperatura do metal e acelera os mecanismos de dano, reduzindo drasticamente a vida do material.

A Figura 1 ilustra a ocorrência de vazamento no superaquecedor

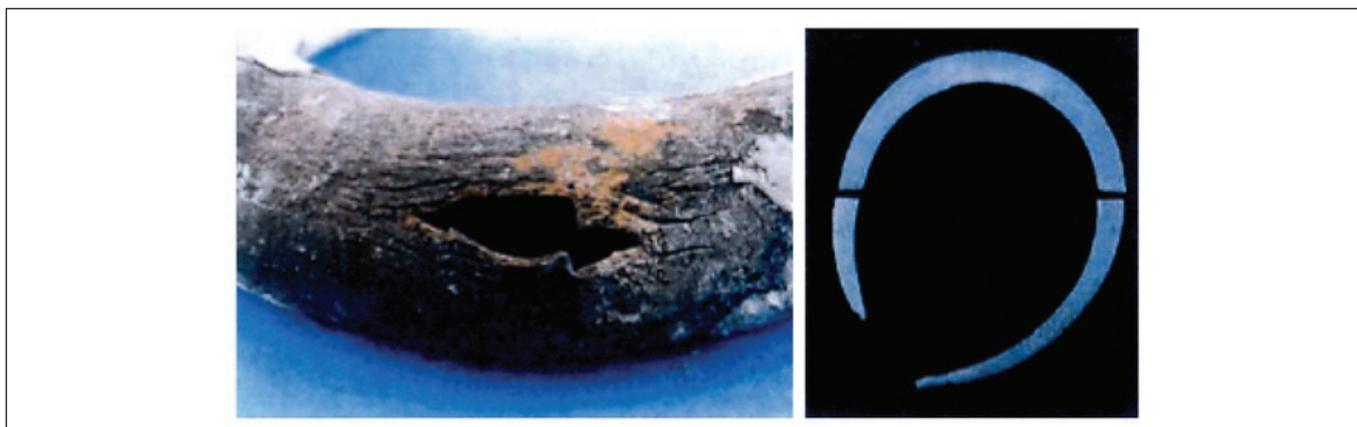


Figura 1. Vazamento causado por fluência devido ao acúmulo de óxidos na superfície interna do tubo

Fonte: Mitsubishi Hitachi Power Systems Co. Ltd, Japão [6].

Autor correspondente: Vinícius P. R. Figueiredo. Jundiaí CEP: 13212-240, Brasil. Fone: +55-11-44313613
e-mail: vinicius.figueiredo@cbsa.com.br

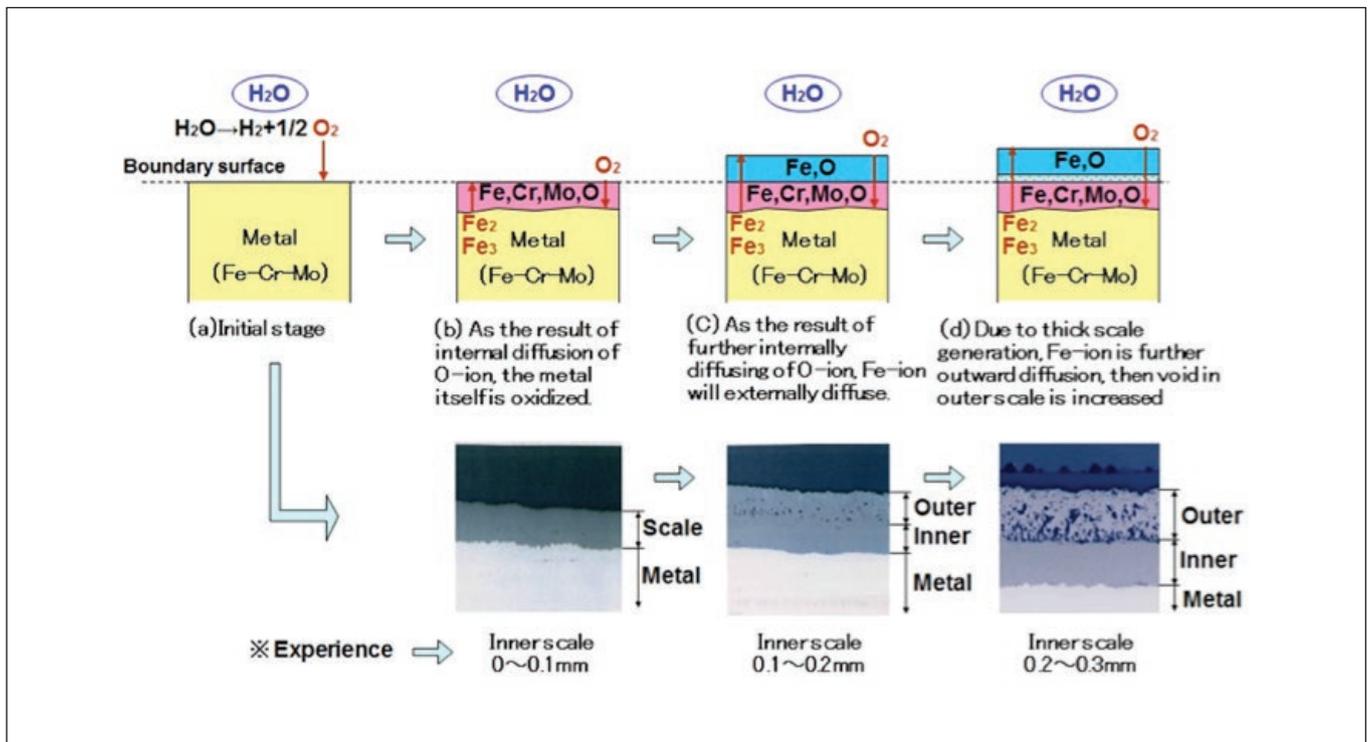


Figura 2. Mecanismo de formação da camada de óxidos no interior de tubos de aço liga em caldeiras
 Fonte: Mitsubishi Hitachi Power Systems Co., Ltd, Japão [6].

primário de uma caldeira MHI tipo 2 tubulões após 6 anos de operação causado por fluência devido ao acúmulo de óxidos na superfície interna do tubo. No momento da falha a camada de óxidos media 0,3 mm de espessura.

É demonstrado na Figura 2, acima, o mecanismo de formação da camada de óxidos de ferro em tubos de aço liga na presença de vapor a alta temperatura, que são condições básicas para que essa camada se forme e se mantenha aderida à superfície do tubo.

Os métodos mais tradicionais para avaliar o grau de integridade de componentes tubulares de caldeira envolvem a retirada de amostras para exame visual, análise metalográfica e ensaios de fluência [2]. As principais limitações desses métodos tradicionais são: a dificuldade para a retirada de amostras que exige corte de trechos de tubos, que têm que ser posteriormente substituídos por outros, e a demora para obter os resultados das análises [3].

O método alternativo estudado neste trabalho se baseou no fato de que a espessura da camada interna de óxidos, particularmente a magnetita, pode ser utilizada como um parâmetro para se avaliar tanto a condutividade térmica do tubo como seu grau de comprometimento [4]. O ultrassom é um ensaio não destrutivo rápido e confiável que torna possível medir a camada de óxidos em um grande número de tubos, com baixo custo comparado com os métodos tradicionais [3].

Portanto, diante da necessidade de aumento na confiabilidade das caldeiras, redução de ocorrências de paradas não programadas e a

busca por maior segurança operacional, desenvolveu-se sofisticado equipamento de ultrassom para a medição da incrustação da superfície interna dos tubos que permite obter maior precisão nos resultados contribuindo para um plano de manutenção mais eficiente.

MATERIAIS E MÉTODOS

A técnica ultrassônica mostra-se como uma boa alternativa ao método destrutivo de retirada de amostras. As medições podem ser realizadas em equipamentos que apresentem o modo de observação A-Scan, mais tradicional, que consiste na visualização dos ecos de reflexão do som nas interfaces da peça inspecionada [5].

A espessura da camada de óxido é calculada medindo-se o intervalo de tempo da onda ultrassônica entre o eco refletido na interface aço/camada de óxido e eco refletido na superfície interna do tubo. O eco da interface aço/camada de óxido é muito menor do que o eco da interface camada de óxido/ar ou líquido na superfície interna do tubo. A maior dificuldade da medição é separar estes ecos e medir o intervalo de tempo entre eles [5].

Diante da possibilidade de expandir a gama de ensaios não destrutivos que poderão auxiliar os resultados das avaliações de integridade dos componentes mais críticos das caldeiras, a CBC qualificou profissionais no Japão e adquiriu sofisticado equipamento de ultrassom capaz de realizar medições da espessura das paredes dos tubos, assim como medições de espessura da camada interna de óxidos,

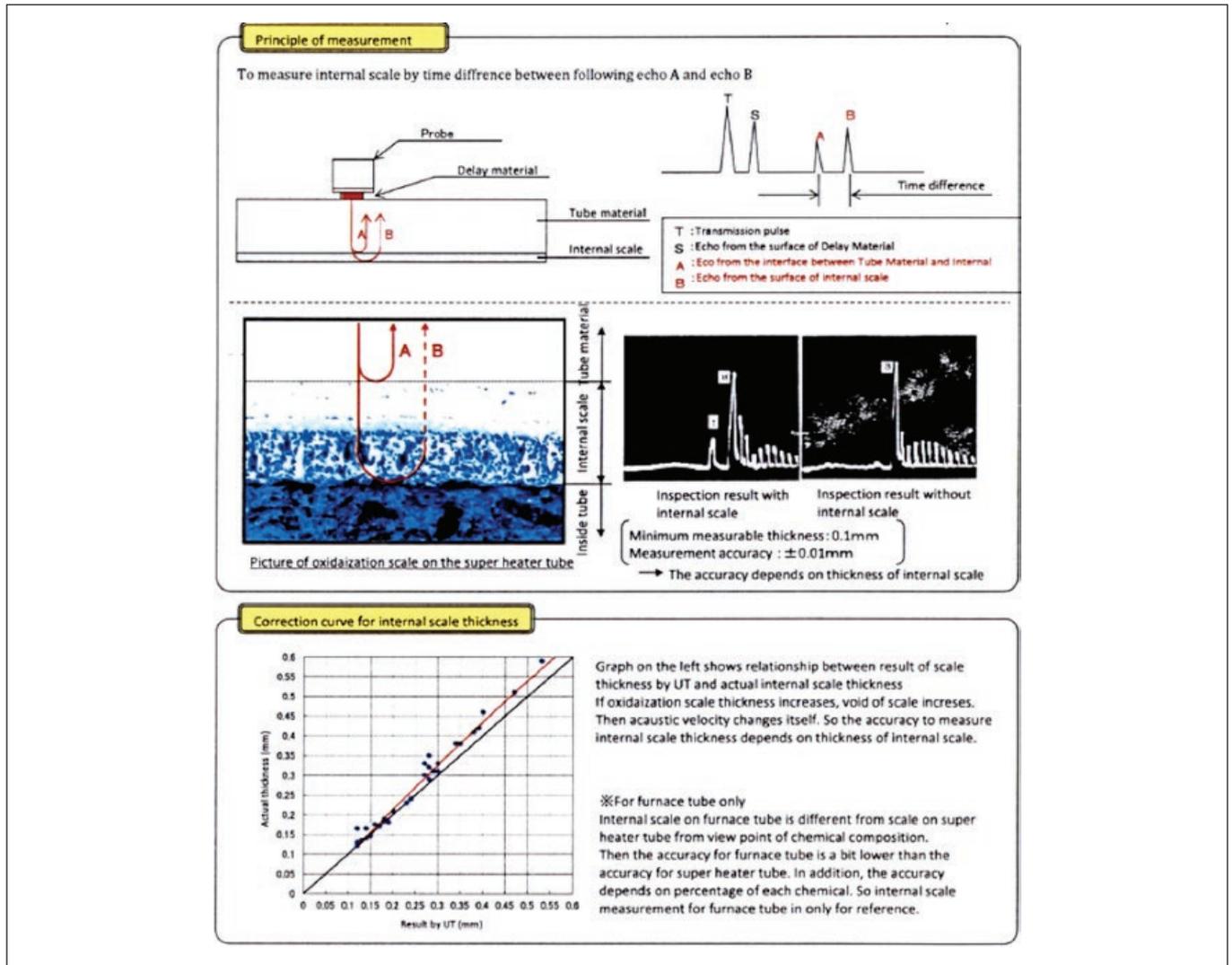


Figura 3. Princípio da medição da espessura da camada de óxidos via ultrassom
Fonte: Mitsubishi Hitachi Power Systems Co, Ltd, Japão [6]

especificamente a Magnetita. Segundo o fabricante, a espessura mínima obtida com esse sistema é de 0,1 mm (100 μm). O princípio de medição está ilustrado na Figura 3 acima.

- Os componentes que constituem o sistema de medição são:
- Detector Ultrassônico (Figura 4)

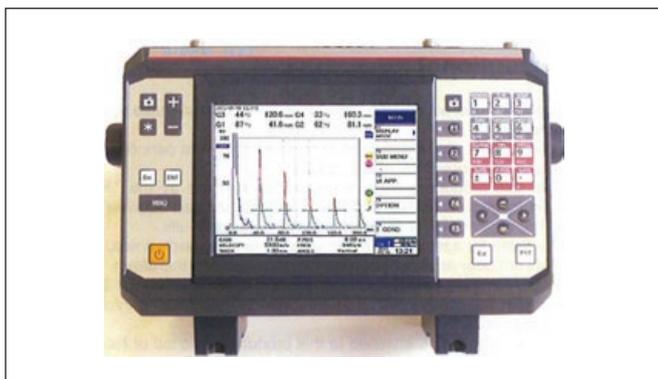


Figura 4. Equipamento de ultrassom

- Transdutor Ultrassônico de Onda Longitudinal (Figura 5)
- Cabo Coaxial
- Acoplante Ultraviscoso



Figura 5. Cabeçote de ultrassom

Tabela 1. Dados dos tubos analisados

Amostra 1 – Tubo do Superaquecedor Secundário	
Material	SA-213-T91
Dimensão	Ø50,8 x t5,4 mm
Amostra 2 – Tubo da Fornoalha	
Material	SA-210-A1
Dimensão	Ø76,2 x t4,6 mm

Um dos objetivos do presente artigo consiste em validar as medições de espessura da camada de óxido para que este tipo de ensaio possa ser usado com segurança em aplicações de campo.

Para validar os resultados obtidos pelo equipamento foram utilizados tubos retirados do superaquecedor e fornoalha de uma caldeira de Unidade Termoelétrica de uma Usina Siderúrgica, pois são componentes sujeitos a apresentar falhas por superaquecimento, devido à formação da camada interna de óxido. As

amostras utilizadas encontravam-se no depósito do laboratório de metalografia da CBC. A Tabela 1 apresenta os dados dos tubos analisados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das medições da camada de óxidos no interno dos tubos pela técnica de microscopia óptica comparada com o método via ultrassom estão demonstrados a seguir nas Tabelas 2 e 3:

É possível observar que as espessuras encontradas por ultrassom e por microscopia óptica nas amostras 1 e 2 apresentam valores muito próximos e comportamentos similares.

Para espessuras inferiores a 0,1 mm, não é possível identificar uma separação entre os ecos referentes às interfaces aço/camada de óxido e camada de óxido/ar. Porém, neste caso, a probabilidade dos valores da temperatura do metal estarem dentro dos valores de projeto é grande.

Por se tratar de uma técnica inovadora introduzida recentemente no Brasil, os autores incentivam mais pesquisas de maneira a formar banco de dados que considerem as características das caldeiras do Brasil.

Tabela 2. Amostra 1 – Tubo do Superaquecedor Secundário

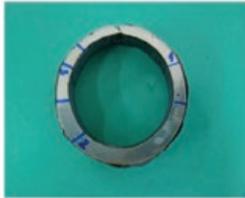
Metalografia		Ultrassom	
			
<p>POINT 1</p> <p>Metali base</p> <p>0,30 mm</p> <p>Espessura encontrada: 0,30 mm</p>	<p>0,32 mm</p> <p>Espessura medida: 0,32 mm</p>		
			
<p>POINT 2</p> <p>0,24 mm</p> <p>Espessura encontrada: 0,24 mm</p>	<p>0,21 mm</p> <p>Espessura medida: 0,21 mm</p>		
			
<p>POINT 3</p> <p>0,58 mm</p> <p>Espessura encontrada: 0,58 mm</p>	<p>0,57 mm</p> <p>Espessura medida: 0,57 mm</p>		

Tabela 3. Amostra 2 – Tubo da Fornoalha

Metalografia		Ultrassom	
			
<p>POINT 1</p> <p>0,08 mm</p> <p>Espessura encontrada: 0,08 mm</p>	<p>0,1 mm</p> <p>Espessura medida: 0,1 mm</p>		

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, o ensaio de ultrassom se mostra eficaz e confiável para medição de camada de óxido de tubos em aço liga de superaquecedores. Para tubos de fornalha, devido à morfologia da camada de óxido, os resultados da inspeção são apenas para referência e necessitam ser confirmados por meio da remoção de tubo de amostra.

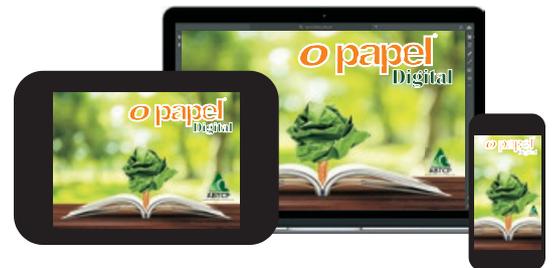
A utilização da técnica descrita no presente trabalho pode ser aplicada no campo sem maiores dificuldades, contribuindo de maneira efetiva à tomada de decisões durante uma parada programada para inspeção de caldeiras de plantas industriais. ■

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASM, METALS HANDBOOK. *Failure Analysis and Prevention*. v. 11, Ohio, Metals Park, ASM International, 2002.
2. FRENCH, D. N. *Failures of Boilers and Related Equipment*. Metals Handbook. v. 10, Failure Analysis and Prevention, ASM, 1975.
3. BRAGA, R. M. *Medição da Camada de Óxidos em Tubos de Superaquecedores de Caldeiras Aquatubulares por Ultrassom*. Tese para Obtenção do Título de Doutor em Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
4. R. Viswanattan, J. R. Foulds, and D. A. Roberts, Methods for Estimating the Temperature os Reheater and Superheater Tubes in Fossil Boilers, in: *Proceedings of the International Conference on Life Extension and Assessment*, The Hague, June 1988.
5. CARDOSO, B. R.; COMELLI, F.W.; SANTANA, R. M.; FURTADO, H.C. *Previsão de Vida em Tubos de Caldeiras com Base na Medição da Espessura da Camada de Óxido por Ultrassom*. Matéria (RJ). v. 16, n.4, Rio de Janeiro, 2011, online version, ISSN 1517-7076.
6. MHPS, MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS Co., LTD. *Cases of Boiler Trouble and the Importance of Preventive Maintenance*. Yokohama Power Systems Service Department, Power Systems Service Headquarters, Japan, 2016.

ANUNCIAR É INVESTIR EM RESULTADOS //////////////

FAÇA SEU PLANEJAMENTO DE MÍDIA 2018 NAS PUBLICAÇÕES – IMPRESSAS E DIGITAIS – DA ABTCP E ABRA NOVOS HORIZONTES DE NEGÓCIOS NO SETOR DE CELULOSE E PAPEL PARA SUA EMPRESA!



- REVISTA O PAPEL impressa** – o veículo que conquistou na pesquisa de satisfação 2017 índices de excelência em qualidade editorial. www.revistaopapel.org.br
- REVISTA O PAPEL digital** – as mídias oferecem formas inovadoras de apresentar seus produtos e serviços ao mercado. www.revistaopapeldigital.org.br
- GUIA ABTCP DE FORNECEDORES & FABRICANTES** – uma lista de empresas, produtos e serviços de credibilidade para pesquisar as principais tecnologias que você procura para melhorar o desempenho dos seus negócios. www.guiacomprascelulosepapel.org.br

