Unisanta Science and Technology, **2015, 6, July**
Published Online 2015 Vol.4 N°1 http://periodicos.unisanta.br/index.php/sat)

UNISANTA
Science and Technology
ISSN 2317-1316

Planejamento de Inspeção de Equipamentos Utilizando a Técnica de Ensaios Não Destrutivos

Nestor Ferreira Carvalho, Aldo Ramos Santos e Deovaldo de Moraes Jr

Unisanta – Universidade Santa Cecília –Programa de Mestrado em Engenharia Mecânica -PPGEMec
Rua Oswaldo Cruz, 266- Santos-SP, Brasil
E-mail*:* thyrson@uol.com.br
Received may, 2015

Resumo: A necessidade de eliminar ou minimizar a ocorrência de vazamentos e a obrigatoriedade de cumprir a Norma Regulamentadora 13 - NR13,levou os empresários e responsáveis pelas atividades industriais a perceberem que essas exigências representam um custo adicional necessário, mas que podem ser reduzidos através de um planejamento da inspeção. Este artigo tem como objetivo mostrar que a correlação entre mecanismos de deterioração, condições operacionais, materiais e os ensaios não destrutivos possibilitam a elaboração de um plano de inspeção, que atende com menor custo os requisitos supracitados.

Palavras chave: Inspeção de equipamentos; ensaios não destrutivos; plano de inspeção.

Planning of Inspection Equipment using the Technique of non-destructive Testing

Abstract: The need to eliminate or minimize the occurrence of leaks and the obligation to comply with the Regulatory Standard13-NR13, took charge of the business and industrial activities to realize that these requirements represent an additional cost required, but can be reduced through planning inspection. This article aims to show that the correlation between deterioration mechanisms, operating conditions, materials and nondestructive testing allow the development of an inspection plan that meets all the above requirements with lower cost.

Keywords: Equipment inspection; non-destructive testing; inspection plan.

1. Introducão

Vasos de pressão, caldeiras, fornos e tubulações são equipamentos normalmente usados em empresas de todos os ramos de atividade para armazenar, processar e transferir fluídos sob pressão interna ou externa. Para atendimento das exigências legais esses equipamentos devem ser inspecionados periodicamente (MTE, 2014). A Norma Regulamentadora 13,tem como objetivo a proteção dos trabalhadores, comunidades próximas das industrias e a preservação ambiental, não especificando como deve ser realizada essa inspeção.

Os empresários têm, então, uma decisão a ser tomada para atender a legislação, garantindo a segurança de sua planta ou equipamento com o menor custo. A elaboração de um plano de inspeção é a maneira mais segura para atender a esses requisitos com menor custo.

O conhecimento dos mecanismos de deterioração, ensaios não destrutivos e a relação desses com as variáveis operacionais possibilitam ao engenheiro de inspeção a criação de um plano de inspeção para atender esses objetivos.

Os ensaios não destrutivos mais conhecidos são aqueles que foram desenvolvidos para avaliar a qualidade de soldas, têm o procedimento de ensaio e o critério de aceitação definidos nos códigos de construção, por isso são chamados de convencionais(Carvalho, 2014).

Copyright © 2015 ISESC.

Com a necessidade de se avaliar mecanismos de deterioração, não associados às tensões de soldagem foram criados outros ensaios não destrutivos, que têm como objetivo avaliar às demais partes dos equipamentos e não apenas às soldas.

O código ASME[1]no documento de pós construção 3 (ASME PCC3, 2007), apresenta tabelas que relacionam os mecanismos de deterioração e as deteriorações associadas a eles. Esses mecanismos de deterioração podem ser agrupados em 10 mecanismos básicos, que estão relacionados na Tabela 1.

O conhecimento das variáveis operacionais e dos mecanismos de deterioração, possíveis de estarem presentes em um equipamento, é o ponto de partida para a definição dos ensaios não destrutivos que devem fazer parte do plano de inspeção.

Após identificados os mecanismos de deterioração e as deteriorações possíveis, a segunda etapa, consiste na definição dos locais mais prováveis de se localizarem essas deteriorações.

As deteriorações que não dependem de tensão para se desenvolver podem estar localizadas em qualquer parte do equipamento e as que dependem de tensões devem estar nos pontos de maior tensão, ou seja, junto às soldas.

Quando se pensa em localizar ou avaliar deteriorações em soldas, a maneira mais adequada para fazer isso é usando ensaios não destrutivos.

Várias normas de inspeção, como a ABNT[2] e o API[3] usam uma tabela que relaciona a deterioração com o melhor ensaio não destrutivo a ser usado, como mostrado na Tabela 2(Carvalho, 2014).

Tabela 1: Principais mecanismos de deterioração em um equipamento*.

MECANISMO DE DETERIORAÇÃO	TIPO DE DETERIORAÇÃO
Fadiga	Trinca superficial
Fluência	Trinca superficial e deformação
Choque térmico	Trinca superficial e deformação
Fratura frágil	Trinca superficial e/ou interna
Corrosão sob tensão	Trinca superficial
Corrosão	Perda de material
Deterioração pelo hidrogênio	Trinca superficiais e/ou interna e empolamento
Erosão	Perda de material
Alterações metalúrgicas	Trinca superficial e/ou interna e modificações microestruturais
Sobre pressão	Trinca superficial e/ou interna e deformação

*adaptada de (ASME PCC3, 2007)

Tabela 2: Escolha do Ensaio Não Destrutivo em função da deterioração procurada

DETERIORAÇÃO	EXAME NÃO DESTRUTIVO				
	Visual	Ultra-som	Liquido Penetrante	Partículas Magnéticas	Radiografia
Perda de espessura uniforme	x	X	NI	NI	X
Perda de espessura localizada	x	O	NI	NI	X
Trincas superficiais	O	NI	X	X	O
Trincas internas	NI	X	NI	NI	O
Falta de fusão	NI	X	NI	NI	X
Falta de penetração	O	X	NI	NI	X
Mordeduras	X	O	NI	NI	O

O: ALGUMA capacidade de detecção - X: BOA capacidade de detecção
NI: Não indicado

[1] ASME: American Society of Mechanical Engineers

[2] ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

[3] API: American PetroleunInstitute

Copyright © 2015 ISESC

2. Material e Métodos

O ensaio de liquido penetrante é empregado para a detecção de deteriorações que afloram à superfície, onde permanecem abertas; seu princípio consiste em penetrar um líquido colorido ou fluorescente na abertura superficial da deterioração e depois retirá-lo de volta pela aplicação de uma solução reveladora, que absorva o líquido penetrado na abertura, como mostrado na Figura 1(Andreucci, Liquidos Penetrantes, 2006).

Outro ensaio não destrutivo, usado com a mesma finalidade do liquido penetrante, é o ensaio de partículas magnéticas que tem poder de detecção superior ao anterior, mas só pode ser aplicado em materiais ferro magnéticos; seu princípio consiste em aplicar um campo magnético perpendicular à direção da deterioração e quando o mesmo encontra a deterioração, é desviado, gerando um campo de fuga que prende partículas magnéticas jogadas sobre a superfície do metal, delineando a deterioração geradora do campo de fuga, como mostra a Figura 2(Andreucci, Partículas Magnéticas, 2006).

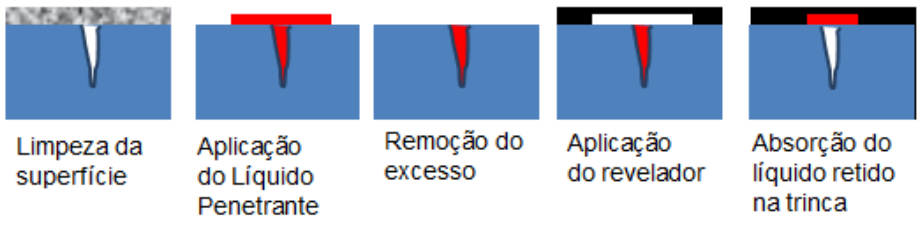


Figura 1: Etapas do ensaio de líquido penetrante – adaptada de Andreucci, (2006).

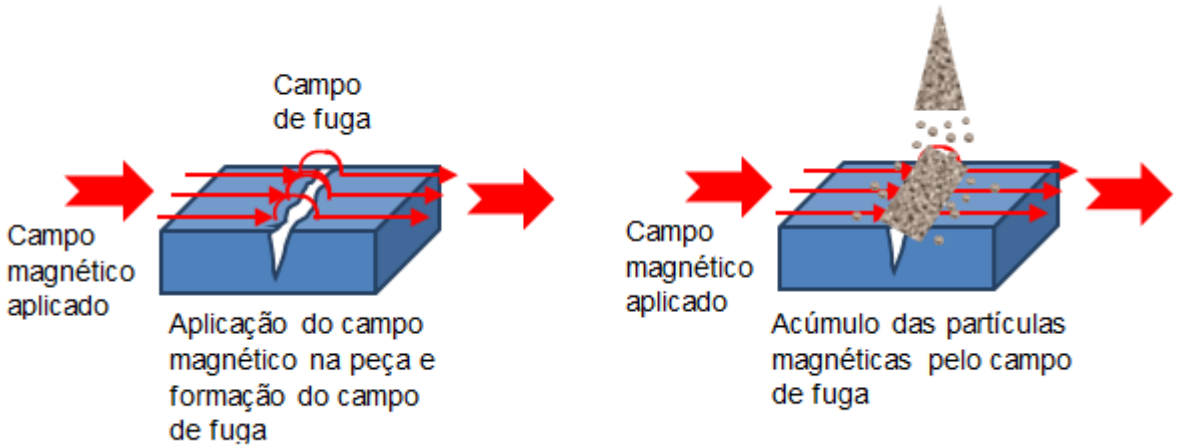


Figura 2: Etapas do ensaio de partículas magnéticas – adaptada de Andreucci, (2006)

Copyright © 2015 ISESC
Unisanta Science and Technology **(34-38) p.p. ISSN 2317-1316**

Os ensaios de ultra som e radiografia têm por objetivo detectar deteriorações internas, ou seja, que não afloram à superfície. O primeiro tem como princípio avaliar o desvio que as deteriorações provocam em ondas sonoras introduzidas, com diversos ângulos, no material, conforme a Figura 3(Andreucci, Ensaio por Ultra-som, 2005).

A radiografia analisa manchas escuras em um filme, cuja imagem foi criada após um feixe de radiação atravessar o material em analise; as deteriorações absorvem menos radiação do que o material bom e o filme fica mais escuro nesses locais, como mostra a figura 4.

A medição de espessura também costuma ser realizada com o uso dos ensaios de ultra-som e radiografia. O primeiro tem a vantagem de que, para realizar a medição, é necessário acesso apenas a uma das superfícies do equipamento e, no segundo, é necessário acesso a ambos os lados. A radiografia é usada para medir a espessura em tubulações de pequeno diâmetro (diâmetro menor do que 2 polegadas), devido às dificuldades de acoplamento do cabeçote normal de ultra-som e nos casos em que são necessárias medições em temperaturas acima de 200°C, onde o método de ultra-som, Figura 5, tem suas limitações.

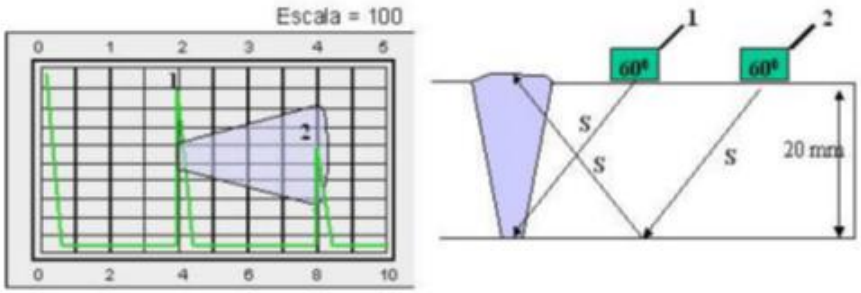


Figura 3: Inspeção de uma solda com ultra-som de uma solda, caso exista uma deterioração na solda aparecerá um pico entre os pontos 4 e 8 do gráfico – adaptada de Andreucci, (2005).

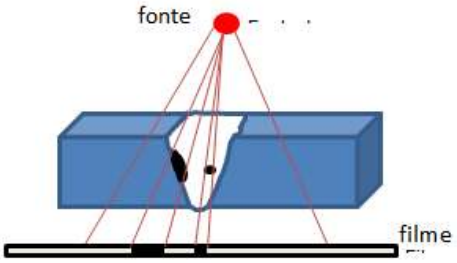


Figura 4: Inspeção com radiografia de uma solda, caso exista uma deterioração na solda o filme ficará mais escuro no local – adaptada de Carvalho, (2014).

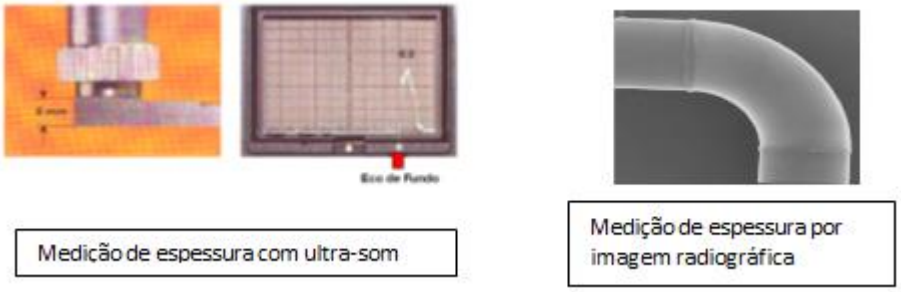


Figura 5: Medição de espessura – adaptada de Andreucci, (2005).

Copyright © 2015 ISESC

3. Discussão

A indicação de ensaios não destrutivos, durante a elaboração de um plano de inspeção, tem a finalidade de localizar deteriorações que não podem ser observadas na inspeção visual. A escolha do ensaio deve estar relacionada com o tipo de deterioração, identificada através de uma análise realizada com base nas condições operacionais, de projeto e dos mecanismos de deterioração que podem estar presentes no equipamento (ABNT NBR-15417, 2013).

A espessura mínima de um equipamento ou tubulação é calculada considerando as dimensões da parte do equipamento (diâmetro), pressão máxima de trabalho admissível a ser aplicada, resistência do material empregado e qualidade das soldas. Assim, para que um equipamento tenha condições de suportar a pressão para a qual foi calculado é indispensável o controle da espessura de todas as suas partes, portanto a medição de espessura é item indispensável em todo plano de inspeção.

Quando da elaboração de um plano de inspeção, deve-se tomar o cuidado de não relacionar ensaios desnecessários, pois além de encarecer o plano de inspeção, não agrega nenhum valor de segurança na inspeção realizada. É importante lembrar que os ensaios não destrutivos são efetivos para a localização de deteriorações em soldas.

Muitos acreditam que a realização do teste hidrostático, após a inspeção de um equipamento, pode trazer maior segurança a inspeção realizada, essa ideia só é aceitável nos casos em que o equipamento tenha partes pressurizadas sem acesso para a inspeção, como no caso de feixes tubulares e caldeiras e mesmo nesses casos, o teste pode ser substituído, com vantagens, por ensaios não convencionais, desenvolvidos para essa finalidade, como o ensaio IRIS, ensaio que introduz uma sonda no interior do tubo e mede sua espessura, de maneira similar ao ultra-som convencional, sem acesso à superfície externa do tubo.

4. Conclusão

A utilização de ensaios não destrutivos é fundamental na elaboração de um planejamento de inspeção para avaliar a espessura das partes pressurizadas de um equipamento e na localização de deteriorações relacionadas às soldas. O avanço tecnológico tem sido no caminho do desenvolvimento de novos ensaios não destrutivos que tem focado a substituição da inspeção visual, que complementa os ensaios convencionais, de maneira a minimizar a necessidade dessa inspeção, pelo fato da mesma ser intrusiva na maioria dos casos. Esses novos ensaios são denominados de não convencionais e fazem parte do planejamento da inspeção não intrusiva, que embora seja mais segura ainda não é aceita pela Norma de Segurança 13, aplicada para caldeiras, vasos de pressão e tubulações no Brasil.

Referências

ABNT NBR-15417. (2013). *Vasos de pressão - inspeção de segurança em serviço.* SP: Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

ANDREUCCI, R. (2005). *Ensaio por Ultra-som.* SP: ABENDI - Asssociação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos .

ANDREUCCI, R. (2006). *Liquidos Penetrantes.*SP: ABENDE - Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos.

ANDREUCCI, R. (2006). *Partículas Magnéticas.* SP: ABENDI - Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos.

ASME PCC3. (2007). *Inspection Planning Using Risk Based Methods.*American Society of Mechanical Engineers - ASME.

CARVALHO, N. F. (01 de junho de 2014). Inspeção em vasos de pressão. *Parte 2 - Inspeção de Fabricação e Exames Não Destrutivos*. Santos, SP, Brasil: Instituto Brasileiro de Petroleo e Gás - IBP.

MTE, M. d. (20 de maio de 2014). *NR13 – Caldeiras, vasos de pressão e tubulações – Portaria N0 594 de 28/04/2014 - item 13.3.1.* Fonte: http://www.portalmte.gov.br.

NETO, A. (2010). Balanço global de Massa e Energia.

SHVARTZMAN, M. M. (2009). Avaliação da suscetibilidade à corrosão sob tensão da ZAC do aço inoxidável AISI 316L em ambiente de reator neclear PWR.

Copyright © 2015 ISESC