Jurandir Primo

Ensaios Não Destrutivos - END
Fundamentos – Parte 2

Jurandir Primo
Copyright @ 2019
1ª edição – janeiro de 2023

Capa: Jurandir Primo – Sorocaba/SP

Primotech - Engineering Manuals

Primo, Jurandir

Sistemas Industriais, Inspeção e Testes;

Índice para pesquisas: Inspeção Industrial, Automação, Sistemas Industriais.

ISBN:

Livro no sistema de auto-publicação cuja edição, revisão, diagramação e capa foram selecionadas pelo próprio autor, para diminuir custos e facilitar a todos os interessados em engenharia e tecnologia.

O autor permite que todas as partes do livro possam ser copiadas ou reproduzidas para fundamentos educacionais, instrutivos e treinamento técnico.

Para adquirir esta ou outras publicações do autor, enviar solicitação para:

primotechcourses@hotmail.com

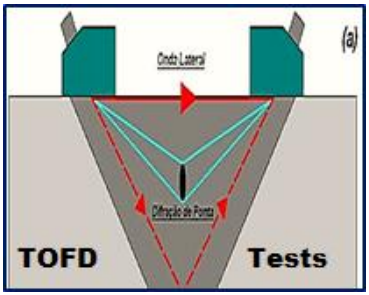
Ensaios Não Destrutivos - END
Fundamentos – Parte 2

















INDICE:

1. Inspeção Dimensional:

2. Ensaio Visual de Solda (EVS):

3. Inspeção por Correntes Parasitas – Eddy Current (EC):

4. Inspeção por Ultrassom Phased Array:

5. Tempo de Voo da Difração (TOFD):

6. Sistema Interno de Inspeção Rotativa (IRIS):

7. Métodos Especiais de END:

1. Vazamento de Fluxo Magnético:
2. Inspeção Interna de Tubos e Dutos – Sistema PIG:
3. Testes de Ondas Guiadas:
4. Tomografia Computadorizada Industrial:
5. Ruído Magnético de Barkhausen (RMB):
6. Análise de Vibrações:
7. Testes Hidrostáticos:
8. Testes Pneumáticos:
9. Testes de Estanqueidade:
10. Testes de Emissão Acústica (EA):
11. Testes de Campo Remoto (RFT):
12. Gamagrafia:
13. Testes de Medição Infravermelho:
14. Termografia:
15. Inspeção e Testes em Pintura Industrial:

8. Identificação de Qualidade dos Materiais:

1. Teste por Pontos:
2. Identificação Positiva de Material (PMI):
3. Identificação de Aço Inoxidável:
4. Ferritoscopia:
5. Espectrometria:
6. Metalografia:

1. Inspeção Dimensional:

Controle dimensional é um método capaz de verificar as características dimensionais de peças, subconjuntos ou equipamentos, de modo a garantir a montagem, o bom funcionamento, a manutenção e a intercambiabilidade de peças e componentes. O controle dimensional é um fator decisivo dentro das grandes indústrias. A produção de peças e objetos dependem do controle para garantir a certeza que todas estão sendo produzidas conforme especificações, normas, tolerâncias e desenho técnico.



O Inspetor Dimensional é um profissional que atua diretamente na obra ou na fábrica executando o controle dimensional de equipamentos, peças, acessórios, estruturas, tubulações conforme projetos, na preparação, durante e após o processo de fabricação, fazendo a medição e o controle da qualidade, baseado nos parâmetros estabelecidos nas normas de projetos e procedimentos específicos para cada modalidade, além da elaboração de relatórios técnicos. Tem o objetivo de zelar pelas ações de prevenção e detecção de possíveis erros existentes na fabricação, na elaboração de projetos e supervisão das atividades de Usinagem, Caldeiraria,

Topografia Industrial, Mecânica e Montagem de Máquinas. Os principais objetivos da inspeção dimensional são:

- ✓ Evitar erros de montagem;
- ✓ Verificar se as dimensões estão corretas conforme especificação ou desenho técnico;
- ✓ Detectar imperfeições de soldas nas peças (como rachaduras, mordeduras e trincas);
- ✓ Verificar a precisão de usinagens e conjuntos montados.

2. Ensaio Visual de Solda (EVS):

A inspeção por meio do Ensaio Visual de Solda (EVS) é uma das mais antigas atividades nos setores industriais, e é o primeiro ensaio não destrutivo aplicado em qualquer tipo de peça ou componente, estando associado a outros ensaios de materiais. No passado, este ensaio era executado **superficialmente**, pois não era exigido procedimentos e nem um **registro** documentado e, muitas vezes, também não ficava claro quais as características deveriam ser interpretadas pelo executante do método. Com o decorrer dos anos constatou-se que as características e comprovações da qualidade dos produtos só poderiam ser verificadas mediante um ensaio visual de solda normalizado e sistematizado. Foi a partir daí que o desenvolvimento dos Ensaios Não Destrutivos encontrou seu lugar e, mediante a normalização das atividades, foi possível estabelecer algumas exigências.

a. Atuação do EVS: O ensaio visual de solda (EVS) é apenas mais um Ensaio Não Destrutivo básico. Entretanto, é fato que todos os END's devem ser executados após uma boa **Inspeção Visual**, que pode ser feito com o simples olhar, com uma **lupa**, com instrumentos para inspeção remota e contando sempre com auxílio de **medidores** padronizados e **calibrados**. Em geral, pode-se

dizer que é um método para determinar a aceitabilidade dos componentes fabricados por usinagem, soldagem, ou qualquer outro processo produtivo, que apresente como requisito um grau de qualidade, por menor que seja. No entanto, o trabalho depende quase que exclusivamente da **avaliação** individual de cada inspetor, que deve ter sempre de posse as **especificações** necessárias e procedimentos. Para haver uniformidade nas atividades, é necessário um procedimento de inspeção aprovado e de pleno conhecimento do profissional que executará o serviço.

Além do procedimento, o inspetor deve estar familiarizado com todos os demais documentos aplicados à obra. O Ensaio Visual de solda, no controle de qualidade, é utilizado **antes e após** qualquer operação de soldagem. Antes da soldagem o Ensaio Visual tem por finalidade detectar defeitos de **geometria** da junta e detectar descontinuidades no metal de base. Após a operação de soldagem, o Ensaio Visual tem por finalidade detectar possíveis descontinuidades induzidas na soldagem. Além da aplicação na soldagem, o Ensaio Visual de solda se aplica, de uma maneira geral, na detecção de irregularidades superficiais, pontos e estados de corrosão, evidências de vazamento, acabamento de peças e identificação do estado de superfícies.

b. Aplicação do EVS: Para a realização do Ensaio Visual é necessário, como todas as END´s, limpeza local, uma boa **preparação** da superfície e seguir o método visual previsto no procedimento qualificado, sempre sob iluminação adequada. O Ensaio Visual de solda depende grandemente da experiência e conhecimento de soldagem por parte do inspetor. O inspetor deve estar **familiarizado** com projetos industriais e requisitos de soldagem.

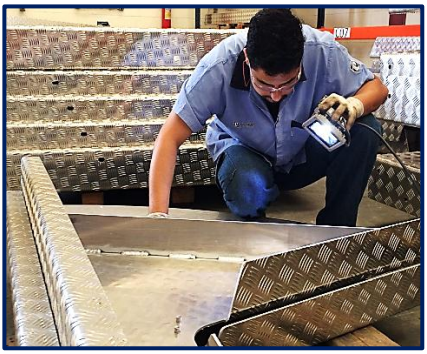
c. Descontinuidades do EVS: Algumas das **principais** descontinuidades que normalmente são encontradas no Ensaio Visual de Solda são: soldas subdimensionadas, mordeduras, sobreposição,

trinca superficial, porosidade superficial, deposição insuficiente, concavidade, falta de penetração da raiz, penetração excessiva da raiz, e reforço excessivo. Não existe nenhum processo industrial em que a **inspeção visual** não esteja presente. Simplicidade de realização e baixo custo operacional são as características deste método, mas que mesmo assim requer uma técnica apurada, obedece a sólidos requisitos básicos que devem ser conhecidos e corretamente aplicados.

Atualmente a inspeção visual de solda é um importante recurso na verificação de alterações dimensionais, padrão de acabamento superficial e na obtenção de descontinuidades superficiais visuais em materiais e produtos em geral, tais como trincas, corrosão, deformação, alinhamento, cavidade, porosidade, montagem de sistemas mecânicos e muitos outros. Na inspeção de peças ou componentes que não permitem o acesso direto interno para sua verificação (em blocos de motores, turbinas, bombas, tubulações, etc.), hoje utilizam-se **fibras óticas conectadas** a espelhos ou **micro câmeras de TV** com alta resolução, além de sistemas de iluminação, fazendo a imagem aparecer em oculares ou em um monitor. São tecnologias auxiliares com soluções simples e eficientes, conhecidas como técnica de inspeção visual remota.

d. Vantagens do Uso de EVS: Dentre as vantagens desse tipo de ensaio não destrutível, podemos citar: é o ensaio não destrutivo de mais baixo custo; permite detectar e eliminar possíveis descontinuidades antes de se iniciar ou completar a soldagem de uma junta; detecta as descontinuidades maiores e geralmente indicam pontos de prováveis descontinuidades, que devem ser inspecionados por outros ensaios não destrutivos. Ao se inspecionar uma peça metálica pelo método visual e nela se constatando a presença de uma **trinca** ou **furo**, a mesma pode ser recusada (por força de especificações) e nenhum outro ensaio não-destrutivo deve ser mais utilizado. É claro que uma peça cujo exame visual

já a condenou, pode e deve ser inspecionada por outros métodos, com o intuito de se verificar as causas do defeito. Isto poderá se traduzir em, economia e avanço para a empresa no futuro.





3. Inspeção por Correntes Parasitas – Eddy Current (EC):

A inspeção por **correntes parasitas** (Eddy Current) é um dos vários métodos de END que usam o princípio do "*eletromagnetismo*" como base para a realização de exames. Vários outros métodos, como Teste de Campo Remoto (RFT), Vazamento de Fluxo e Ruído de Barkhausen, também usam esse princípio. O teste de correntes parasitas é amplamente utilizado na indústria **aeroespacial** e em outras indústrias que exigem inspeção de metais finos para possíveis problemas relacionados à segurança, na detecção de rachaduras em chapas, tubos metálicos, medições de espessura de metal, identificando **corrosão** sob o revestimento de aeronaves, monitorando os efeitos do tratamento térmico e para determinar a espessura de revestimentos não condutores sobre substratos condutores, como tinta em peças metálicas.

As correntes parasitas são criadas através de um processo chamado **indução eletromagnética**. Quando uma corrente alternada é aplicada ao condutor, como um fio de cobre, um campo magnético se desenvolve dentro e ao redor do condutor. As correntes

parasitas são correntes elétricas induzidas que fluem em um caminho circular. Seu nome vem de "*redemoinhos*" que se formam quando um líquido ou gás flui em um caminho circular ao redor de obstáculos quando as condições são adequadas. Uma das principais vantagens das correntes parasitas como ferramenta de END é a variedade de inspeções e medições que podem ser realizadas. Nas circunstâncias adequadas, as correntes parasitas podem ser usadas para:

• Detecção de trincas;
• Medições de espessura de materiais;
• Identificação de materiais;
• Detecção de danos térmicos;
• Monitoramento do tratamento térmico.

a. Vantagens da inspeção por correntes parasitas:

• O equipamento é simples e portátil;
•. Sensível a pequenas fissuras e outros defeitos;
•. Detecta defeitos superficiais e próximos à superfície;
•. Fornece resultados imediatos;
• O método pode ser usado muitos tipos de detecção de falhas;
•. Necessária preparação mínima da peça;
• A sonda de teste não precisa entrar em contato com a peça;
•. Inspeciona formatos e tamanhos complexos de materiais.

b. Desvantagens da inspeção por correntes parasitas:

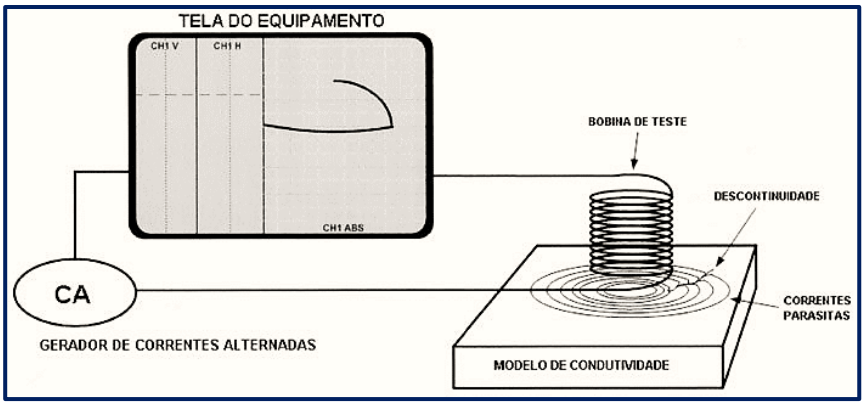
•. Somente materiais condutores podem ser inspecionados;
• A superfície deve ser acessível à sonda;
• O acabamento superficial e a rugosidade podem interferir;
• Padrões de referência necessários para configuração;
• A profundidade de penetração é limitada;
• A direção de varredura da sonda é indetectável.
• Treinamentos são mais extensos do que outras técnicas;

1. História dos Ensaios por Correntes Parasitas: Assim como a ciência do Magnetismo tem suas origens com a descoberta da indução eletromagnética por **Michael Faraday** em 1831. Faraday foi um químico na Inglaterra durante o início de 1800 e é creditado pela descoberta da indução eletromagnética, rotações eletromagnéticas, o efeito magneto-óptico, diamagnetismo e outros fenômenos. Em 1879, Hughes, outro cientista, registrou mudanças nas propriedades de uma bobina quando colocada em contato com metais de diferentes condutividades e permeabilidades. No entanto, foi apenas na Segunda Guerra Mundial que estes efeitos foram postos em prática para testar materiais. Muito trabalho foi feito nas décadas de 1950 e 60, especialmente nas indústrias aeronáutica e nuclear. O **ensaio por correntes parasitas** é atualmente uma técnica de inspeção amplamente utilizada

2. Princípios Básicos: Em geral, a técnica de correntes parasitas é usada para inspecionar uma área relativamente pequena e o projeto da sonda e os parâmetros de teste devem ser estabelecidos com um bom entendimento da falha que será detectada. Como as correntes parasitas tendem a se concentrar na superfície de um material, elas só podem ser usadas para detectar **defeitos superficiais e próximos à superfície**. Em materiais finos, como tubos e chapas, correntes parasitas podem ser usadas para medir a **espessura** do material. Isso torna a corrente parasita uma ferramenta útil para detectar **danos por corrosão** e outros danos que causam afinamento do material. A técnica é usada para fazer medições de redução de corrosão em revestimentos de aeronaves e nas paredes de tubos usados em montagens, como trocadores de calor. O teste de correntes parasitas também é usado para medir a **espessura** de tintas e outros revestimentos.

As correntes parasitas também são **afetadas** pela condutividade elétrica e **permeabilidade** magnética dos materiais. Portanto, medições de correntes parasitas podem ser usadas para saber se

um componente foi tratado termicamente, o que altera a condutividade de alguns materiais. Os escopos Eddy e um **testador** de condutividade vêm embalados em unidades muito pequenas e operadas por bateria para fácil portabilidade. Também estão disponíveis sistemas baseados em computador que fornecem recursos fáceis de manipulação de dados para o laboratório. O software de processamento de sinal também foi desenvolvido para remoção de tendências, subtração de fundo e redução de ruído. Às vezes, **analisadores** de impedância também são usados para permitir medições quantitativas aprimoradas de correntes parasitas.



Nota: A principal vantagem é que a corrente parasita pode examinar grandes áreas muito rapidamente e não requer o uso de líquidos de acoplamento. Alguns laboratórios possuem recursos de digitalização multidimensional que são usados para produzir imagens das regiões digitalizadas. Alguns sistemas de varredura portáteis também existem para aplicações especiais, como varredura de regiões de fuselagens de aeronaves.

3. Medições: Muitas pesquisas continuam a ser feitas para melhorar as técnicas de medição de correntes parasitas. Algumas dessas atividades, que estão sendo realizadas na Iowa State University, são descritas abaixo: