

Avaliação da dispersão do fluxo magnético para ensaios não destrutivos (ENDs)

Rafael Rodrigues Malvino Gomes*
Rômulo Barreto Cândido**
Evaldo Chagas Vigneron***

Resumo

O ensaio de partícula magnética é um método de ensaio não destrutivo para detecção de imperfeições internas ou externas em superfícies metálicas. É um método rápido e confiável para detecção e localização de trincas em superfícies de metal ferroso. Neste trabalho, buscou-se analisar a grande utilização de ensaios não destrutivos por partícula magnética em diversas áreas, e também a sua confiabilidade.

Palavras-chave: Partícula magnética. Confiabilidade. Ensaio.

Introdução

Partículas Magnéticas

O ensaio por partículas magnéticas é usado para detectar descontinuidades superficiais e subsuperficiais em materiais ferromagnéticos. São detectados defeitos de trincas, junta fria, inclusões, gota fria, dupla laminação, falta de penetração, dobramentos, segregações, entre outros.

O método está baseado na geração de um campo magnético que percorre toda a superfície do material. As linhas magnéticas do fluxo induzido no material desviam-se de sua trajetória ao encontrar uma descontinuidade superficial ou subsuperficial, criando assim uma região com polaridade magnética, altamente atrativa a partículas. No momento em que se provoca essa magnetização na peça, aplicam-se as partículas magnéticas por sobre a peça que será atraída à localidade da superfície que contiver uma descontinuidade, formando assim uma clara indicação de defeito.

Alguns exemplos típicos de aplicações são fundidos de aço ferrítico, forjados, laminados, extrusados, soldas, peças que sofreram usinagem ou tratamento térmico (porcas e parafusos), trincas por retífica e muitas outras aplicações em materiais ferrosos.

Para que as descontinuidades sejam detectadas é importante que elas estejam de tal forma que sejam “interceptadas” ou “cruzadas” pelas linhas do fluxo magnético induzido. Consequentemente, a peça deverá ser magnetizada em pelo menos duas direções defasadas de 90°. Para isto, utilizamos os

“yokes”, máquinas portáteis com contatos manuais ou equipamentos de magnetização estacionários para ensaios seriados ou padronizados. O uso de leitores óticos representa um importante desenvolvimento na interpretação automática dos resultados.

Ensaio Não Destrutivo

Os Ensaio Não Destrutivo (END) são definidos como testes para o controle da qualidade, realizados sobre peças acabadas ou semiacabadas, para a detecção de falta de homogeneidade ou defeitos, através de princípios físicos definidos, sem prejudicar a posterior utilização dos produtos inspecionados.

Constituem uma das principais ferramentas do controle da qualidade e são utilizados na inspeção de produtos soldados, fundidos, forjados, laminados, entre outros, com vasta aplicação nos setores petroquímico, nuclear, aeroespacial, siderúrgico, naval, autopeças e transporte rodoviário.

Quais são os Ensaio Não Destrutivo?

O método a ser utilizado depende das propriedades físicas do material. Um conhecimento geral dos métodos de END disponíveis é necessário para a seleção do método adequado.

Algumas situações típicas em que os ensaios não destrutivos são aplicados:

- prevenção de acidentes
- redução de custos
- melhorar a confiabilidade de produtos ser aceito por uma determinada norma
- dar informações para reparo

Para obter resultados válidos, os seguintes tópicos devem ser observados:

- pessoal treinado e qualificado
- um procedimento para conduzir o ensaio
- um sistema para anotar os resultados
- uma norma para interpretar os resultados.

Os END mais utilizados são:

- Inspeção Visual
- Partículas Magnéticas

* Técnico em Eletrotécnica pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro

** Técnico em Eletrotécnica pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro

*** Técnico em Eletrotécnica pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro

- Líquidos Penetrantes
- Ultrassom
- Radiografia
- Emissão Acústica
- Correntes Parasitas

Fluxo Magnético

Suponha uma superfície plana de área A que é colocada na presença de um campo magnético uniforme e de indução magnética B . Sendo n normal à superfície e α o ângulo que n faz com a direção da indução magnética.

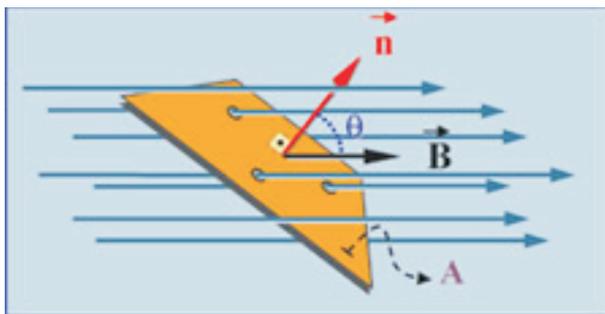


Figura 1 – Fluxo magnético

Dessa forma, podemos definir fluxo magnético pela letra Φ (fi), como sendo o produto entre a indução magnética, a área da superfície plana e o cosseno do ângulo formado:

$$\Phi = BA \cos \theta$$

O fluxo magnético pode ser entendido como sendo o número de linhas de indução que atravessam a superfície, assim sendo, podemos concluir que quanto maior o número de linhas que atravessam a superfície maior será o valor do fluxo magnético.

Objetivos do ensaio

Este procedimento estabelece as condições necessárias para a execução do ensaio por meio de partículas magnéticas pela técnica do “yoke” em materiais ferromagnéticos, a ser utilizado no Sistema Nacional de qualificação e Certificação de Pessoal em END – SNQC/END.

Normas de referência

Código ASME Sec. V – edição 2001

Materiais a serem ensaiados

- Materiais: Aço-carbono.
- Processo de Fabricação: fundidos, forjados, laminados e soldados.
- Formas: Chapas Planas, Juntas Tubulares, Juntas circunferenciais e longitudinais em tubos

com

- diâmetro $\geq 4''$ e Juntas de ângulo em T.

Saúde e segurança

- Antes da aplicação deste procedimento todas as pessoas envolvidas com a inspeção, devem estar familiarizadas com os conteúdos dos procedimentos de segurança local.
- As inspeções devem ser conduzidas em locais ventilados, para evitar intoxicações por inalação de vapores provocados por aerossóis ou solventes.
- Como alguns materiais utilizados no ensaio por partículas magnéticas são inflamáveis, os mesmos devem ser utilizados longe de locais onde possam haver chamas ou superaquecimento.
- Em função dos locais de inspeção e dos produtos a serem utilizados, o inspetor deve avaliar a necessidade de uso de EPI'S apropriados.

Equipamentos e técnica de magnetização

- Equipamentos
 - Só é permitido o uso de “yoke” eletromagnético de corrente alternada.
 - A intensidade do campo magnético tangencial, na área útil do ensaio, deve estar compreendida entre 17 e 65 A/cm.
 - A força magnetizante do “yoke” deve ser verificada através de sua capacidade mínima de levantamento de massa com o máximo espaçamento entre polos que será utilizado no local de ensaio. Cada “yoke” deve ter a capacidade mínima de levantamento de massa de 5,5 kg que deve ser comprovada no início e a cada 8 horas de trabalho. O “yoke” deve ser checado sempre que tenha sofrido algum dano ou tenha sido reparado.
- Técnica de Magnetização
 - Será utilizada a técnica de magnetização longitudinal através do emprego de “yoke” eletromagnético.

Corrente de magnetização

Será utilizada corrente alternada.

Partículas magnéticas

As partículas magnéticas utilizadas no ensaio por via úmida ou via seca devem possuir características geométricas, magnéticas e de visibilidade que proporcionem, na condição de ensaio, mobilidade, contraste e sensibilidade adequada.

A ABENDE, Associação Brasileira de Ensaio Não Destrutivos, é um Organismo de certificação acreditado pelo INMETRO, oferecendo a Certificação de Pessoal atendendo a requisitos

internacionais, através do Sistema Nacional de Qualificação e Certificação de Pessoal em Ensaio Não Destrutivos – SNQC/END (Manual: SNQC/END).

Procedimento de end

Técnica do Yoke

PR-003 Revisão: 4 (mar/2004)

- No caso de partículas magnéticas utilizadas por via úmida, a suspensão deve ser preparada segundo as recomendações do fabricante das partículas magnéticas.
- A concentração de partículas no veículo deve ser verificada em tubo decantador¹. Uma amostra de 100 ml da suspensão que está sendo utilizada deve ser decantada por 30 minutos quando o veículo utilizado for água e 60 minutos para destilados de petróleo. A concentração deve ser verificada no início e a cada 4 horas de trabalho. Para partículas fluorescentes, o volume de partículas decantado deve estar compreendido entre 0,1 e 0,4 ml. Para partículas coloridas (visíveis sob luz normal), o volume de partículas decantado deve estar compreendido entre 1,2 e 2,4 ml.

Tinta de contraste

- Quando utilizada, a tinta de contraste não deve influir desfavoravelmente na mobilidade das partículas magnéticas e não deve ocasionar diminuição da sensibilidade do ensaio.
- A tinta de contraste não deve ser solúvel no veículo, durante o tempo necessário à execução do ensaio.
- O uso de tinta de contraste só é permitido quando a inspeção for realizada por meio de partículas magnéticas via úmida colorida.

Extensão da inspeção

A inspeção deve cobrir 100% da solda mais 25 mm adjacente para cada lado da solda. No caso de chapa plana lisa (sem solda), deve ser inspecionada em 100% de sua área.

Condições de ensaio

- Quando o ensaio for conduzido sob luz normal (branca), a intensidade de luz na superfície da peça deve ser de no mínimo 1.000 lux.
- Quando o ensaio for conduzido sob luz ultravioleta, a área escurecida deve apresentar luminosidade máxima de 20 lux.
- A lâmpada ultravioleta, antes da sua utilização, deve ser aquecida por um tempo mínimo de

5 minutos. A intensidade da luz negra medida no início e a cada 8 horas de trabalho deve ser comprovada através do uso de um medidor/monitor sensível à luz ultravioleta, operando num espectro centrado em 365nm (3650°A). Esta intensidade, na superfície da peça, não deve ser inferior a 1.000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$.

- É recomendado que o inspetor deve estar no local do ensaio pelo menos 5 minutos antes de iniciar a inspeção, para adaptação de seus olhos ao ambiente escurecido.
- Óculos com lentes fotocromáticas não devem ser utilizados durante os trabalhos.

Preparação da superfície

A superfície, 100% da solda mais no mínimo 25 mm adjacentes a cada lado da mesma, a ser preparada para a inspeção deve estar secas e livres de carepas, graxa, óleo, fluxo, escória, tinta e outros materiais que possam interferir na execução do ensaio.

Temperatura

Durante a execução do ensaio, a temperatura da peça não deve ser superior a 315°C para o ensaio por via seca e 57°C para o ensaio por via úmida.

Técnica de sobreposição

O ensaio deve ser executado com suficiente sobreposição, de modo a assegurar que 100% da área a ser ensaiada seja coberta com a sensibilidade requerida. Pelo menos dois ensaios devem ser executados em cada área, de modo que as linhas de fluxo magnético do segundo ensaio sejam aproximadamente perpendiculares (ângulo variando entre 50 e 130°) às aquelas obtidas durante o primeiro ensaio.

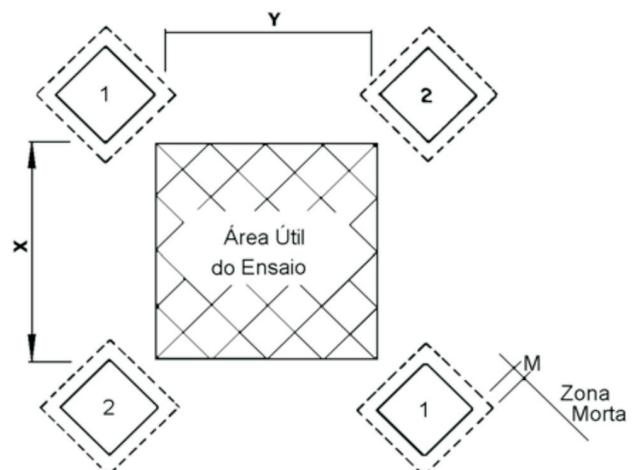


Figura 2 - Esquema de sobreposição aplicável para superfícies planas e juntas soldadas entre chapas planas

¹ O tubo tipo pera pode ser usado tanto para partículas fluorescentes, como para partículas visíveis sob luz normal. Tubo tipo cone somente pode ser utilizado para partículas fluorescentes.

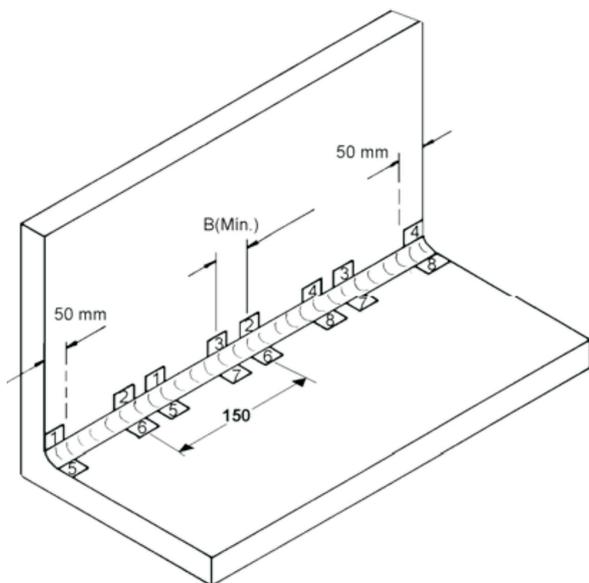


Figura 3 - Esquema de sobreposição aplicável para juntas de ângulo em "T" na 1a. etapa

1ª Etapa do Ensaio

Notas:

1. Os polos dos "yokes" devem ficar encostados na margem da solda
2. O esquema de sobreposição é válido para soldas com largura do cordão ≤ 50 mm.
3. A região da extremidade da junta de no mínimo 50 mm deve ser inspecionada com líquido penetrante ou através da técnica de eletrodos.
4. Distância entre o centro dos pólos deve ser mantida em 150 mm
5. Sequência do ensaio: 1-1; 2-2; 3-3; 4-4; 5-5; n-n

2a Etapa do Ensaio

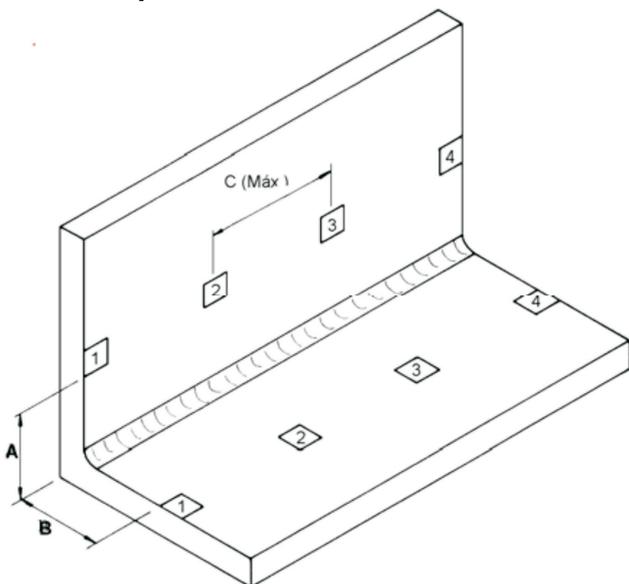


Figura 4 - Esquema de sobreposição aplicável para juntas de ângulo em "T" na 2a. etapa

**C (máximo)
75 mm)**

Notas:

1. Os polos dos "yokes" devem ficar afastados no mínimo 35 mm da margem da solda
2. O esquema de sobreposição é válido para soldas com largura do cordão ≤ 50 mm.
3. O espaçamento entre os polos (internamente) deve ser : $95 \leq a+b \leq 150$ (mm).
4. Sequência do ensaio: 1-1; 2-2; 3-3;n-n

Esquema de sobreposição aplicável para juntas circunferenciais e longitudinais.

1a Etapa do Ensaio

Notas:

1. Os polos dos "yokes" devem ficar encostados na margem da solda
2. O esquema de sobreposição , válido para soldas com :largura do cordão ≤ 50 (mm).
3. Sequência do ensaio: 1-1; 2-2; 3-3;n-n

2ª Etapa do Ensaio

- Notas:
1. Os polos dos "yokes" devem ficar afastados no mínimo 35 mm da margem da solda
 2. O esquema de sobreposição , válido para soldas com :largura do cordão ≤ 50 (mm).
 3. Sequência do ensaio: a-a; b-b; c-c; n-n

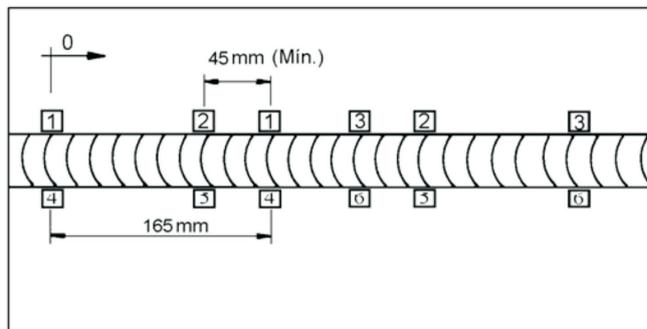


Figura 5 - Esquema de sobreposição aplicavel para juntas tubulares na 1a. etapa

1ª Etapa do Ensaio

Notas:

1. Os polos dos "yokes" devem ficar afastados no mínimo 35 mm da margem da solda.
2. Sequência do ensaio: A-A; B-B; C-C;N-N
3. O espaçamento entre os pólos deve ser : $95 \leq a+b \leq 150$ (mm).
4. Podem ser inspecionados cordões com largura máxima de 50 mm.
5. A inspeção está limitada a 100% da região 1, 50% da região 2, o restante deve ser inspecionado por líquidos penetrantes.

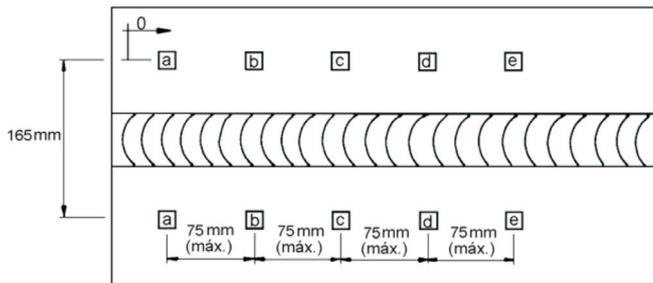


Figura 6 - Esquema de sobreposição aplicável para juntas tubulares na 2ª etapa

2ª Etapa do Ensaio

Notas:

1. Os polos dos “yokes” devem ficar afastados no mínimo 35mm da margem da solda.
2. Sequência do ensaio: 1-1; 2-2; 3-3; 4-4; 5-5; 6-6 ...N-N
3. O espaçamento entre os pólos deve ser de 150 (mm).
4. Podem ser inspecionados cordões com largura máxima de 50 mm.
5. A inspeção está limitada a 100% da região 1, 50% da região 2, o restante deve ser inspecionado por líquidos penetrantes.

Método de ensaio

- As partículas magnéticas secas devem ser aplicadas de tal forma a produzir uma camada leve em forma de poeira, assentando-se sobre a superfície da peça enquanto esta estiver sendo magnetizada. A remoção do excesso deve ser feita ainda sob força magnetizante, sem perturbar as partículas atraídas pelo campo de fuga.
- As partículas magnéticas úmidas serão aplicadas por pulverização ou derramamento sobre a área a ser ensaiada durante a aplicação da força magnetizante.

Verificação da eficiência do ensaio

A verificação da eficiência do ensaio deve ser feita no início de cada jornada de trabalho utilizando-se o indicador de campo magnético. O campo magnético na área útil do ensaio será considerado adequado se aparecer uma linha claramente definida de partículas magnéticas sobre a face do indicador.

Desmagnetização

Não aplicável.

Limpeza final

Será efetuada quando interferir no processo subsequente.

Registro de ensaio

O resultado de ensaio deve ser registrado em relatório.

Avaliação do resultado

A avaliação das descontinuidades deverá ser feita conforme o critério apresentado abaixo.

Conforme ASME Seção VIII, Divisão 1, Apêndice 6.

Avaliação das indicações

Indicação é evidência de imperfeição mecânica. Devem ser consideradas relevantes somente as indicações que tenham dimensões maiores do que 1/16” (1,6mm).

- a) Indicação linear é a que apresenta um comprimento maior que três vezes a largura.
- b) Indicação arredondada é a que apresenta formato circular ou elíptico, com comprimento igual ou menor que três a largura
- c) Quaisquer indicações questionáveis ou duvidosas devem ser submetidas a um reexame, para que se defina se as mesmas são relevantes ou não.

Padrões de aceitação

Devem ser aplicados os seguintes padrões de aceitação, exceto se outros padrões mais restritivos forem estipulados para aplicações ou materiais específicos, dentro dos limites desta divisão.

Todas as superfícies examinadas devem estar isentas de:

- a) Indicações lineares relevantes
- b) Indicações arredondadas relevantes, maiores do que 3/16” (4,8mm)
- c) Quatro ou mais indicações arredondadas relevantes alinhadas, separadas por uma distância igual ou menor que 1/16” (1,6mm), medidas entre bordas de indicações consecutivas.
- d) A indicação de uma descontinuidade pode ser maior do que a própria descontinuidade; entretanto, a indicação é que deve ser utilizada para a aplicação do critério de aceitação.

Referências

ABENDE. Disponível em: <<http://www.abende.org.br>>. Acesso em: dez. 2010.

ANDREUCCI, R. *A radiologia industrial*. Disponível em: <http://abcdeamor.vilabol.uol.com.br/rx_arquivos/rait.htm>. Acesso em: dez. 2010.

ANDREUCCI, R. *Ensaio por partículas magnéticas*. ABENDE, jul. 2003. Disponível em: <<http://www.koende.com.br/>>. Acesso em: dez. 2010.

ESCOLHA de ensaio não destrutivos na inspeção de manutenção. 27 jun. 2008. Inspeção de

equipamentos: artigos sobre confiabilidade e inspeção de equipamentos. Disponível em: <<http://inspecaoequipamentos.wordpress.com/category/ensaios-nao-destrutivos/>>. Acesso em: dez. 2010.

ENSAIO de partícula magnética. Disponível em: <[http://www.br.sgs.com/pt_br/magnetic_particle_testing?serviceId=](http://www.br.sgs.com/pt_br/magnetic_particle_testing?serviceId=17540&lobId=23312)

17540&lobId=23312>. Acesso em: dez. 2010.

ENSAIO não destrutivo. Disponível em: <[http://www.ebah.com.br/busca.buscar.logic?q=Ensaio%](http://www.ebah.com.br/busca.buscar.logic?q=Ensaio%20por%20Part%EDculas%20Magn%E9ticas%201)

20por%20Part%EDculas%20Magn%E9ticas%201>. Acesso em: dez. 2010.