LÍQUIDOS PENETRANTES

Mar. / 2007

AUTOR: Ricardo Andreucci

apoio

abende

LP

Prefácio

“Este trabalho representa um guia básico para programas de estudos e treinamento de pessoal em Ensaio por Líquidos Penetrantes , contendo assuntos voltados para as aplicações mais comuns e importantes deste método de Ensaio Não Destrutivo. Trata-se portanto de um material didático de interesse e consulta, para os profissionais e estudantes que se iniciam ou estejam envolvidos com a inspeção de materiais por método superficial."

O Autor

Copyright ©

ANDREUCCI, Assessoria e Serviços Técnicos Ltda
e-mail: andreucci@ajato.com.br

Esta publicação poderá ser obtida gratuitamente através de download nos seguintes web sites:

www.infosolda.com.br/ andreucci
www.abende.org.br

Edição

Mar./ 2007

Ricardo Andreucci

- Professor da Faculdade de Tecnologia de São Paulo - FATEC/ SP, nas disciplinas de Controle da Qualidade do Curso de Soldagem e da Universidade São Camilo;
- Qualificado e Certificado pelo IBQN como Nível III nos métodos de ensaio radiográfico, partículas magnéticas ultra-som e líquidos penetrantes, conforme norma CNEN-NN 1.17
- Membro da Comissão de Segurança e Radioproteção da Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos - ABENDE.
- Diretor Técnico da ANDREUCCI Ass. e Serv. Técnicos Ltda.
- Consultor Técnico como Nível III de END para importantes empresas brasileiras e do exterior
- Participante como Autor do livro "Soldagem" editado pelo SENAI / SP
- Autor do Livro "Curso Básico de Proteção Radiológica" - ABENDE / SP
- Autor do livro "Radiologia industrial"- ABENDE / SP - Jan./99

Sumário

Assunto	Pág.
Generalidades	04
Introdução	04
Finalidades do Ensaio	04
Princípios Básicos	04
Vantagens e Limitações do Ensaio	07
Propriedades dos Produtos e Princípios Físicos	09
Propriedades físicas do penetrante	09
Sensibilidade do penetrante	13
Propriedades do revelador	14
Acuidade Visual do Inspetor	16
Procedimentos para Ensaio	20
Preparação da Superfície	20
Métodos de Limpeza da Superfície	20
Temperatura da Superfície e do Líquido Penetrante	21
Aplicação do Penetrante	22
Tempo de Penetração	23
Remoção do Excesso de Penetrante	24
Revelação	26
Secagem e Inspeção	27
Iluminação	27
Limpeza Final	31
Identificação e Correção das deficiências no Ensaio	32
Registros dos Resultados	32
Avaliação e Aparência das Indicações	34
Fatôres que afetam as indicações	34
Segurança e Proteção	37
Critérios de Aceitação	38
ASME Sec. VIII Div. 1 e 2 .	38
CCH-70	39
AWS D1.1	41
Roteiro para Elaboração da Instrução para Ensaio	43
Dicas e Recomendações para a Realização do Ensaio	44
Exercícios de Revisão	46
Obras Consultadas	65

GENERALIDADES

Introdução

O ensaio por líquidos penetrantes é um método desenvolvido especialmente para a detecção de descontinuidades essencialmente superficiais, e ainda que estejam abertas na superfície do material.
Este método, se iniciou antes da primeira guerra mundial, principalmente pela indústria ferroviária na inspeção de eixos, porém tomou impulso quando em 1942, nos EUA, foi desenvolvido o método de penetrantes fluorescentes. Nesta época, o ensaio foi adotado pelas indústrias aeronáuticas, que trabalhando com ligas não ferrosas, necessitavam um método de detecção de defeitos superficiais diferentes do ensaio por partículas magnéticas (não aplicável a materiais não magnéticos). A partir da segunda guerra mundial, o método foi se desenvolvendo, através da pesquisa e o aprimoramento de novos produtos utilizados no ensaio, até seu estágio atual.

Finalidade do ensaio

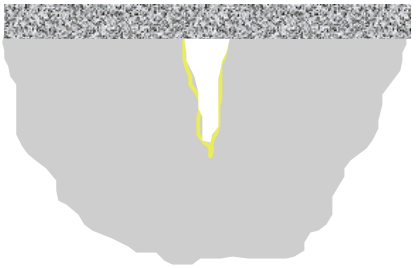
O ensaio por líquidos penetrantes presta-se a detectar descontinuidades superficiais e que sejam abertas na superfície, tais como trincas, poros, dobras, etc..podendo ser aplicado em todos os materiais sólidos e que não sejam porosos ou com superfície muito grosseira.
É muito usado em materiais não magnéticos como alumínio, magnésio, aços inoxidáveis austeníticos, ligas de titânio, e zircônio, além dos materiais magnéticos. É também aplicado em cerâmica vitrificada, vidro e plásticos.

Princípios básicos

O método consiste em fazer penetrar na abertura da descontinuidade um líquido. Após a remoção do excesso de líquido da superfície, faz-se sair da descontinuidade o líquido retido através de um revelador. A imagem da descontinuidade fica então desenhada sobre a superfície.
Podemos descrever o método em seis etapas principais no ensaio , quais sejam:

a) Preparação da superfície - Limpeza inicial

Antes de se iniciar o ensaio, a superfície deve ser limpa e seca. Não devem existir água, óleo ou outro contaminante.
Contaminantes ou excesso de rugosidade, ferrugem, etc, tornam o ensaio não confiável.



Preparação e limpeza inicial da superfície

b) Aplicação do Penetrante:

Consiste na aplicação de um líquido chamado penetrante, geralmente de cor vermelha, de tal maneira que forme um filme sobre a superfície e que por ação do fenômeno chamado capilaridade penetre na descontinuidade. Deve ser dado um certo tempo para que a penetração se complete.

Tempo de penetração do líquido na abertura

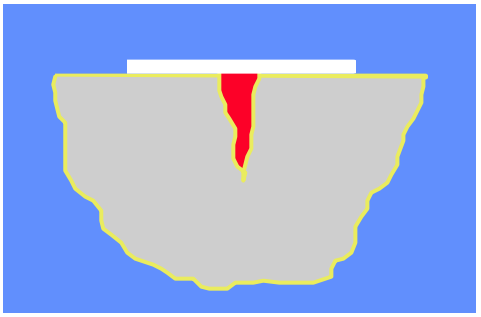
c) Remoção do excesso de penetrante.

Consiste na remoção do excesso do penetrante da superfície, através de produtos adequados , condizentes com o tipo de líquido penetrante aplicado , devendo a superfície ficar isenta de qualquer resíduo na superfície.

Remoção do excesso de líquido da superfície

d) Revelação

Consiste na aplicação de um filme uniforme de revelador sobre a superfície. O revelador é usualmente um pó fino (talco) branco. Pode ser aplicado seco ou em suspensão, em algum líquido. O revelador age absorvendo o penetrante das descontinuidades e revelando-as. Deve ser previsto um determinado tempo de revelação para sucesso do ensaio.



Aplicação do revelador e observação da indicação

e) Avaliação e Inspeção

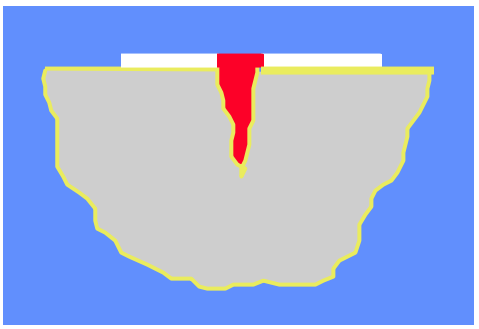
Após a aplicação do revelador, as indicações começam a serem observadas, através da mancha causada pela absorção do penetrante contido nas aberturas, e que serão objetos de avaliação.

A inspeção deve ser feita sob boas condições de luminosidade, se o penetrante é do tipo visível (cor contrastante com o revelador) ou sob luz negra, em área escurecida, caso o penetrante seja fluorescente.

A interpretação dos resultados deve ser baseada no Código de fabricação da peça ou norma aplicável ou ainda na especificação técnica do Cliente.

Nesta etapa deve ser preparado um relatório escrito que mostre as condições do ensaio, tipo e identificação da peça ensaiada, resultado da inspeção e condição de aprovação ou rejeição da peça.

Em geral a etapa de registro das indicações é bastante demorada e complexa, quando a peça mostra muitos defeitos. Portanto , o reparo imediato das indicações rejeitadas com posterior reteste, é mais recomendável.



Absorção do líquido, pelo revelador, de dentro da abertura

f) Limpeza pós ensaio

A última etapa, geralmente obrigatória, é a limpeza de todos os resíduos de produtos, que podem prejudicar uma etapa posterior de trabalho da peça (soldagem, usinagem, etc....).

Vantagens e limitações do ensaio , em comparação com outros métodos.

Vantagens.

Poderíamos dizer que a principal vantagem do método é a sua simplicidade. É fácil de fazer de interpretar os resultados. O aprendizado é simples, requer pouco tempo de treinamento do inspetor.
Como a indicação assemelha-se a uma fotografia do defeito, é muito fácil de avaliar os resultados. Em contrapartida o inspetor deve estar ciente dos cuidados básicos a serem tomados (limpeza, tempo de penetração, etc), pois a simplicidade pode se tornar uma faca de dois gumes.
Não há limitação para o tamanho e forma das peças a ensaiar, nem tipo de material; por outro lado, as peças devem ser susceptíveis à limpeza e sua superfície não pode ser muito rugosa e nem porosa.
O método pode revelar descontinuidades (trincas) extremamente finas (da ordem de 0,001 mm de abertura).

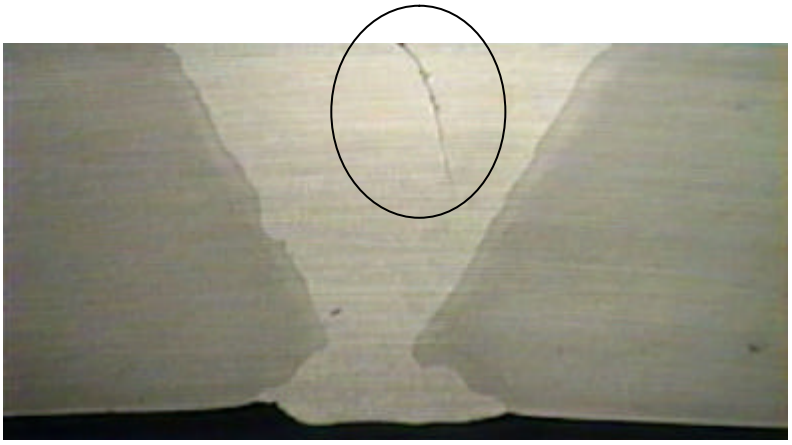
Limitações.

Só detecta descontinuidades abertas para a superfície, já que o penetrante tem que entrar na descontinuidade para ser posteriormente revelado. Por esta razão, a descontinuidade não deve estar preenchida com material estranho.

A superfície do material não pode ser porosa ou absorvente já que não haveria possibilidade de remover totalmente o excesso de penetrante, causando mascaramento de resultados.

A aplicação do penetrante deve ser feita numa determinada faixa de temperatura. permita ou recomendada pelo fabricante dos produtos. Superfícies muito frias (abaixo de 10 ^{o}C) ou muito quentes (acima de 52 ^{o}C) não são recomendáveis ao ensaio.

Algumas aplicações das peças em inspeção fazem com que a limpeza seja efetuada da maneira mais completa possível após o ensaio (caso de maquinaria para indústria alimentícia, material a ser soldado posteriormente, etc). Este fato pode tornar-se limitativo ao exame, especialmente quando esta limpeza for difícil de fazer.



Junta soldada contendo trinca visual

PROPRIEDADES DOS PRODUTOS E PRINCÍPIOS FÍSICOS

Propriedades físicas do penetrante

O nome “penetrante” vem da propriedade essencial que este produto deve ter, ou seja, sua habilidade de penetrar em aberturas finas. Um produto penetrante deve ser fabricado com boas propriedades e deve atender aos seguintes pontos::

a) ter habilidade para rapidamente penetrar em aberturas finas;
b) ter habilidade de permanecer em aberturas relativamente grandes;
c) não evaporar ou secar rapidamente;
d) ser facilmente limpo da superfície onde for aplicado;
e) em pouco tempo, quando aplicado o revelador, sair das descontinuidades onde tinha penetrado;
f) ter habilidade em espalhar-se nas superfícies, formando camadas finas;
g) ter um forte brilho. O fabricante deve verificar a concentração do corante vermelho no penetrante com base na Lei de Beer (pag. 26)
h) a cor ou a fluorescência deve permanecer quando exposto ao calor, luz ou luz negra;
i) não reagir com sua embalagem nem com o material a ser testado;
j) não ser facilmente inflamável;
k) ser estável quando estocado ou em uso;
l) não ser demasiadamente tóxico ;
m) ter baixo custo.

Para que o penetrante tenha as qualidades acima, é necessário que certas propriedades estejam presentes. Dentre elas destacam-se:

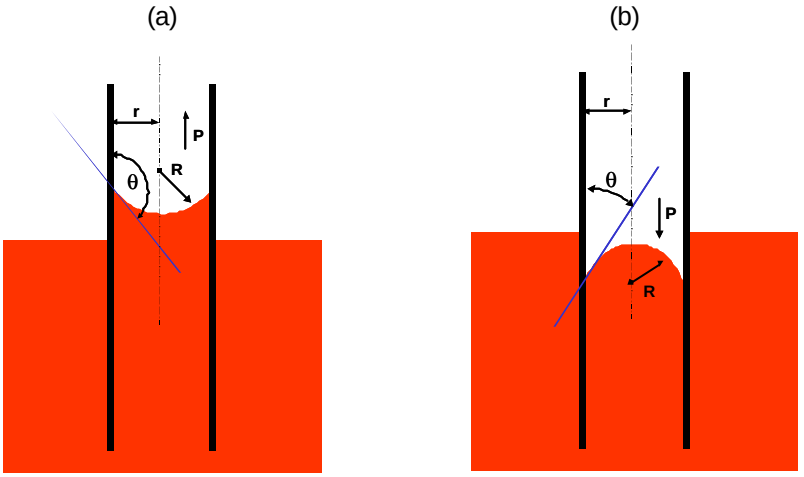
a) Viscosidade.

Esta propriedade por si só não define um bom ou mal penetrante (quando falamos em bom ou mal penetrante nos referimos a sua habilidade em penetrar nas descontinuidades). A intuição nos diz que um líquido menos viscoso seria melhor penetrante que um mais viscoso. Isto nem sempre é verdadeiro, pois a água que tem baixa viscosidade não é um bom penetrante. Todavia, a viscosidade tem efeito em alguns aspectos práticos do uso do penetrante. Ele é importante na velocidade com que o penetrante entra num defeito. Penetrantes mais viscosos demoram mais a penetrar nas descontinuidades. Penetrantes pouco viscosos têm a tendência de não permanecerem muito tempo sobre a superfície da peça, o que pode ocasionar tempo insuficiente para penetração.

Líquidos de alta viscosidade têm a tendência de serem retirados dos defeitos quando se executa a limpeza do excesso.

b) Tensão superficial.

A força que existe na superfície de líquidos em repouso é denominada tensão superficial. Esta tensão superficial é devidas às fortes ligações intermoleculares, as quais dependem das diferenças elétricas entre as moléculas, e pode ser definida como a força por unidade de comprimento (N/m) que duas camadas superficiais exercem uma sobre a outra.
Este efeito é bem intenso na água e no mercúrio, por exemplo, e pode ser percebido também com a ajuda de outro fenômeno: a capilaridade. Quando um líquido é colocado em um tubo capilar (tubo muito fino), a atração entre as moléculas do líquido e as moléculas do material do tubo podem ser maiores ou menores do que a força de coesão interna do líquido, ocasionando desta forma a formação de uma concavidade (a) ou uma convexidade (b) na superfície do líquido, forma que apenas pode ser obtida devido ao efeito de tensão superficial nos líquidos.



As forças que envolvem o efeito da tensão superficial são aquelas associadas com a ação de capilaridade ou *pressão de superfície* (P) dada pela fórmula:

$$P = \frac{2.\gamma}{R}$$, onde γ é a tensão superficial

Observem que na figura acima (a) o líquido penetra no tubo capilar mostrando uma forma côncava formando um ângulo "θ" de contato com as paredes do tubo maior que 90^0 e no caso da figura (b) o líquido penetra no tubo capilar mostrando uma forma convexa formando um ângulo "θ" de contato com as paredes do tubo menor que 90^0. Como o Cos(θ) = r/R , podemos reescrever a equação da pressão na seguinte forma:

$$P = \frac{2.\gamma.\cos(\theta)}{r}$$

Podemos observar que a pressão de capilaridade (P) aumenta diretamente com a tensão superficial (γ) do penetrante e inversamente proporcional ao raio do tubo capilar (r). Portanto, quanto maior a tensão superficial, melhor a propriedade de capilaridade do líquido penetrante

Variação da Pressão Capilar e a Tensão Superficial

Tensão Superficial g (N.m^{-1})	**Raio do Tubo Capilar r**	**Pressão Capilar - P (Pa)**
0,025	1,0 mm	50
0,035	1,0 mm	70
0,025	0,1 mm	500
0,035	0,1 mm	700
0,025	0,01 mm	5000
0,035	0,01 mm	7000
0,025	1 μm	50000
0,035	1 μm	70000

Fonte: Handbook – Liquid Penetrant Testing, Part 1

c) Molhabilidade

É a propriedade que um líquido tem em se espalhar por toda a superfície, não se juntando em porções ou gotas. Melhor a molhabilidade, melhor o penetrante. Essa característica também está associada à tensão superficial e é por isso que agentes tensoativos são incluídos na formulação do penetrante.

d) Volatibilidade

Podemos dizer, como regra geral, que um penetrante não deve ser volátil, porém devemos considerar que para derivados de petróleo, quanto maior a volatibilidade, maior a viscosidade. Como é desejável uma viscosidade média, os penetrantes são mediamente voláteis.

A desvantagem é que quanto mais volátil o penetrante, menos tempo de penetração pode ser dado. Por outro lado, ele tende a se volatilizar quando no interior do defeito.

e) Ponto de fulgor

Ponto de fulgor é a temperatura na qual há uma quantidade tal de vapor na superfície do líquido que a presença de uma chama pode inflamá-lo.
Um penetrante bom deve ter um alto ponto de fulgor (acima de 200°C). A tabela 2 mostra os pontos de fulgor de alguns líquidos, para comparação. Esta propriedade é Importante quando considerações sobre a segurança estão relacionadas à utilização do produto.

Tabela 2 - Pontos de fulgor de alguns líquidos

LIQUIDO	Ponto de Fulgor
Acetona	- 18° C
Nafta	- 1° C
Álcool metílico	12° C
Álcool etílico	14° C
Glicerina	160° C

f) Inércia química

É obvio que um penetrante deve ser inerte e não corrosivo com o material a ser ensaiado ou com sua embalagem quanto possível.
Os produtos oleosos não apresentam perigo. A exceção é quando existem emulsificantes alcalinos. Quando em contato com água vai se formar uma mistura alcalina.
Numa inspeção de alumínio ou magnésio, caso a limpeza final não seja bem executada, pode haver aparecimento após um certo período de corrosão na forma de “pitting”.
Quando se trabalha com ligas à base de níquel, requer-se um penetrante com baixos teores de alguns elementos prejudiciais.

g) Habilidade de dissolução

Os penetrantes incorporam o produto corante ou fluorescente que deve estar o mais possível dissolvido. Portanto, um bom penetrante deve ter a habilidade de manter dissolvido estes agentes.

h) Toxidez

Evidentemente um bom penetrante não pode ser tóxico, possuir odor exagerado e nem causar irritação na pele.

Sensibilidade do penetrante.

Sensibilidade do penetrante é sua capacidade de detectar descontinuidades. Podemos dizer que um penetrante é mais sensível que outro quando, para aquelas descontinuidades em particular, o primeiro detecta melhor os defeitos que o segundo.

Os fatores que afetam a sensibilidade são:

a) Capacidade de penetrar na descontinuidade
b) Capacidade de ser removido da superfície, mas não do defeito
c) Capacidade de ser absorvido pelo revelador
d) Capacidade de ser visualizado quando absorvido pelo revelador, mesmo em pequenas quantidades.

Algumas normas técnicas classificam os líquidos penetrantes quanto à visibilidade e tipo de remoção. A norma ASTM E-165 classifica os penetrantes conforme a tabela 3 , abaixo:

Tabela 3 - Tipos de Líquidos Penetrantes

TIPOS quanto à visibilidade	MÉTODOS		
	Água	Pós-Emulsificável	Solvente
"TIPO I" (Fluorescente)	A	B (Lipofílico) D (Hidrofílico)	C
"TIPO II" (Luz normal)	A	-	C

OBS. Classificação conforme Código ASME Sec.V - SE-165 ou ASTM E-165

A norma Petrobras N-1596 classifica os produtos penetrantes conforme mostrado na Tabela 3a:

Tabela 3a – Produtos Penetrantes

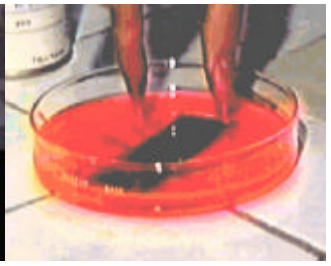
Penetrante		Remoção do Excesso de Penetrante		Revelador	
Tipo	**Designação**	**Método**	**Designação**	**Forma**	**Designação**
I	Penetrante fluorescente	A	Água	a	Seco
II	Penetrante de contraste colorido	B	Emulsificante lipofílico	b	Solúvel em água
		C	Solvente	c	Em suspensão na água
		D	Emulsificante hidrofílico	d	Diluído em solvente

Os líquidos penetrantes devem se analisados quanto aos teores de contaminantes, tais como enxofre, flúor e cloro quando sua aplicação for efetuada em materiais inoxidáveis austeníticos, titânio e ligas a base de níquel.

O procedimento e os limites aceitáveis para estas análises, devem ser de acordo com a norma aplicável de inspeção do material ensaiado.

Penetrante Tipo II A

Penetrante Tipo II C



Penetrante Tipo I B ou D

Propriedades do revelador.

Um revelador com boas características, deve:

a) ter ação de absorver o penetrante da descontinuidade ;
b) servir com uma base por onde o penetrante se espalhe - granulação fina ;
c) servir para cobrir a superfície evitando confusão com a imagem do defeito formando uma camada fina e uniforme;
d) deve ser facilmente removível;
e) não deve conter elementos prejudiciais ao operador e ao material que esteja sendo inspecionado;

Classificam-se os reveladores conforme segue:

a) pós secos.

Foram os primeiros e continuam a ser usados com penetrantes fluorescentes. Os primeiros usados compunham-se de talco ou giz. Atualmente os melhores reveladores consistem de uma combinação cuidadosamente selecionada de pós.

Os pós devem ser leves e fofos. Devem aderir em superfícies metálicas numa camada fina, se bem que não devem aderir em excesso, já que seriam de difícil remoção. Por outro lado, não podem flutuar no ar, formando uma poeira. Os cuidados devem ser tomados para proteger o operador. A falta de confiabilidade deste tipo de revelador, torna o seu uso muito restrito.

b) Suspensão aquosa de pós

Geralmente usado em inspeção pelo método fluorescente. A suspensão aumenta a velocidade de aplicação quando pelo tamanho da peça pode-se mergulha-la na suspensão. Após aplicação a peça é seca em estufa, o que diminui o tempo de secagem. É um método que pode se aplicar quando usa-se inspeção automática.
A suspensão deve conter agentes dispersantes, inibidores de corrosão, agentes que facilitam a remoção posterior.

c) Solução aquosa

A solução elimina os problemas que eventualmente possam existir com a suspensão (dispersão, etc).

Porém, materiais solúveis em água geralmente não são bons reveladores.
Deve ser adicionado à solução inibidor de corrosão e a concentração deve ser controlada, pois há evaporação.
Sua aplicação , deve ser feita através de pulverização.

d) Suspensão do pó revelador em solvente

É um método muito efetivo para se conseguir uma camada adequada (fina e uniforme) sobre a superfície.

Como os solventes volatilizam rapidamente, existe pouca possibilidade de escorrimento do revelador até em superfícies em posição vertical. Sua aplicação, deve ser feita através de pulverização.

Os solventes devem evaporar rapidamente e ajudar a retirar o penetrante das descontinuidades dando mais mobilidade a ele. Exemplos de solventes são: álcool,

solventes clorados (não inflamáveis). O pó tem normalmente as mesmas características do método de pó seco.

Os reveladores ,devem se analisados quanto aos teores de contaminantes, tais como enxofre, flúor e cloro , quando sua aplicação for efetuada em materiais inoxidáveis austeníticos, titânio e ligas a base de níquel. O procedimento e os limites aceitáveis para estas análises, devem ser de acordo com a norma aplicável de inspeção do material ensaiado.

Algumas normas classificam os reveladores com letras de a até d dependendo do tipo e aplicação, é o caso da norma Petrobras N-1596 (ver tabela 3a).

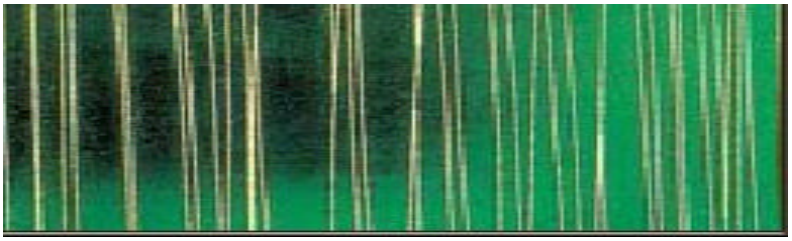


Foto de um Bloco Comparador da norma JIS-Z-2343 com trincas paralelas, usado para verificar a sensibilidade dos produtos penetrantes. A foto foi realizada com penetrante fluorescente. As trincas apresentadas por cada bloco são de várias aberturas, podendo ser adquiridos blocos contendo trincas de 10 µm até 50 µm

A norma da Petrobras N-1596 requer que seja feita uma verificação do lote de materiais penetrantes adquiridos. Assim, deve-se efetuar teste de sensibilidade do material recebido em uma temperatura dentro da faixa prevista, de forma a verificar se a sensibilidade do ensaio, está sendo mantida. O resultado do teste de recebimento deve ser registrado em relatório que conste:

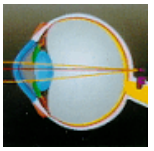
a) nome do emitente
b) identificação numérica;
c) tipo de bloco de referência utilizado;
d) número e revisão do procedimento;
e) materiais penetrantes utilizados;
f) normas de referência para interpretação dos resultados;
g) laudo indicando aceitação ou rejeição;
h) data do ensaio;
i) identificação e assinatura do inspetor/operador responsável;
j) número do lote de material penetrante examinado;
k) número do lote de material penetrante de comparação

ACUIDADE VISUAL DO INSPETOR

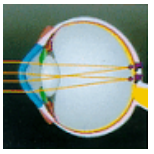
A observação das indicações reveladas pelo ensaio por líquidos penetrantes deve ser feita essencialmente pela visão do inspetor. Assim, a acuidade visual (com ou sem correção) deve ser verificada periodicamente, tanto visão para perto como visão para contraste entre cores. É importante destacar que o olho normal (com ou sem correção) consegue enxergar dois pontos luminosos a 30 cm de distância separados de 0,1mm, porém a acuidade visual pode ser modificada pela iluminação ambiente, reflexões na superfície, e patologias que o órgão da visão do inspetor pode apresentar. Algumas das patologias que prejudicam a boa visão são as seguintes:

Miopia – A imagem de projeta antes da retina, resultando numa visão ruim para longe e boa para perto.

Hipermetropia – A imagem se projeta atrás da retina, resultando em visão ruim para perto e longe, piorando com o envelhecimento.



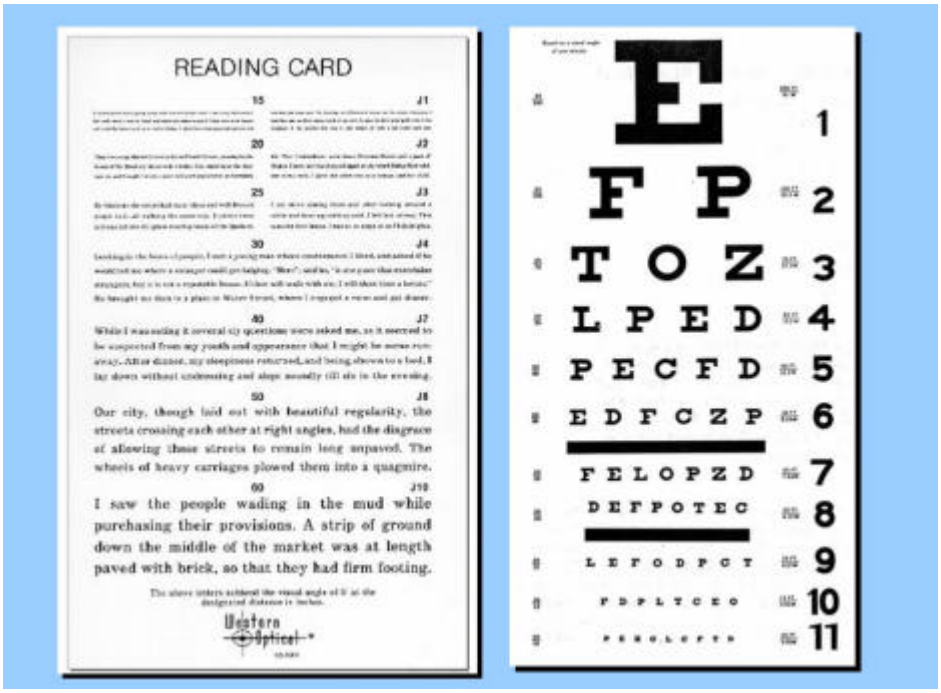
Astigmatismo – A imagem se projeta em pontos diferentes na retina, resultando em visão ruim para longe e perto.



Visão para Perto

A capacidade do inspetor em ter uma boa visão para perto pode ser verificada pelo profissional habilitado, através da leitura de textos e palavras com diferentes tamanhos de letra. O padrão mais usado é o **Jaeger** em que o inspetor deve ler o (com ou sem correção) tamanho de letra definido como grau **J2** a uma distância não maior que 30 cm. Outro padrão que pode ser usado é o **Ortho Rater** com tamanho de letra Nr. 8, a uma distância não menor que 30 cm.

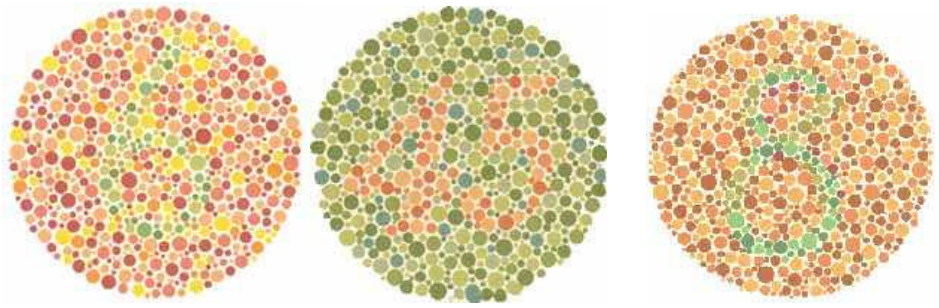
Esse exame normalmente é realizado a cada ano, pois é constatado que a visão humana se modifica sensivelmente, principalmente se a visão é órgão vital para o desempenho profissional do inspetor.



Carta de visão próxima Jaeger (à esquerda) e Ortho Rater (à direita)
(as figuras estão reduzidas, sem escala)

Visão a Cores

A capacidade do inspetor em diferenciar contraste entre cores também é importante ser examinado. Em geral o exame de daltonismo através do padrão ***Ishihara*** é aplicado. O exame é realizado pelo profissional habilitado onde será mostrado ao inspetor uma série de figuras coloridas formando números. Caso o inspetor tenha deficiência em visão a cores, ele não conseguirá definir o número que a figura apresenta. Algumas dessas figuras são mostradas a seguir.



Figuras extraídas do padrão Ishihara
(as figuras estão reduzidas, sem escala)

Uma pergunta que o leitor poderá fazer é a seguinte: "Se o inspetor for reprovado no exame de cores para daltonismo, ele poderá exercer a atividade de inspetor de líquidos penetrantes ?" A resposta para essa questão dependerá da capacidade do inspetor em diferenciar contraste entre cores, no caso, entre o vermelho e branco, sem reconhecer a cor vermelha. Para tanto, ele deve fazer mais um exame complementar de capacidade de perceber tons de cinza. Caso ele tenha essa capacidade, o laudo técnico no ensaio por líquidos penetrantes não será prejudicado, e poderá trabalhar normalmente. Essa é a interpretação das recomendações do documento SNT-TC-1A. Tal exame poderá ser realizado usando um padrão de tons de cinza, como por exemplo o que segue abaixo.

6	9	4	1	3
33	7	2	22	11
18	12	67	39	26
1	84	34	101	68
44	90	45	73	91

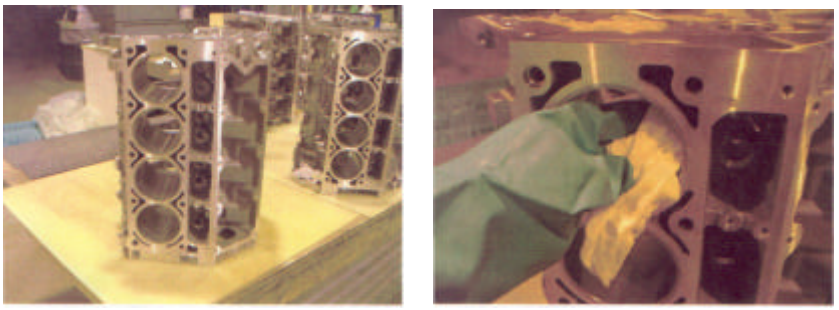
O inspetor deverá diferenciar pelo menos 20 tons de cinza, identificando os números dentro dos vários tons de cinza. O ideal é que a figura acima seja apresentada ao inspetor através de arquivo eletrônico no monitor do computador.

PROCEDIMENTO PARA ENSAIO

Neste capítulo em detalhes as etapas básicas do ensaio, a influência da temperatura, as correções de deficiências de execução do ensaio e a maneira de registrar os dados do mesmo. É importante salientar , que a aplicação do método de inspeção por líquidos penetrantes deve sempre ser feita através de um procedimento préviamente elaborado e aprovado, contendo todos os parâmetros essenciais do ensaio baseado na norma ou especificação aplicável ao produto a ser inspecionado. As informações técnicas a seguir estão baseadas no Código ASME Sec. V Artigo 6.

Preparação da superfície

A primeira etapa a ser seguida na realização do ensaio é verificação das condições superficiais da peça. Deverá estar isenta de resíduos, sujeiras, óleo, graxa e qualquer outro contaminante que possa obstruir as aberturas a serem detectadas.
Caso a superfície seja lisa,preparação prévia será facilitada. É o caso de peças usinadas, lixadas, etc.. Este fator é inerente ao processo de fabricação.
Superfícies excessivamente rugosas requerem uma preparação prévia mais eficaz, pois as irregularidades superficiais certamente prejudicarão a perfeita aplicação do penetrante, a remoção do excesso e, portanto, o resultado final.
As irregularidades irão dificultar a remoção, principalmente no método manual. Além do mascaramento dos resultados, há a possibilidade de que partes dos produtos de limpeza fiquem aderidas à peça (fiapos de pano).
Numa operação de esmerilhamento, um cuidado adicional deve estar presente. Deve-se evitar causar, por exemplo, sulcos sobre a peça, erro muito comum na preparação de soldas.



Inspeção de bloco de motores – Fase de limpeza

Métodos de limpeza da superfície

O sucesso do método depende dos defeitos estarem abertos à superfície.
A limpeza, portanto, é de fundamental importância. Toda forma de corrosão, escória, pinturas, óleo, graxa, etc... deve estar removido da superfície.
Pode-se utilizar o solvente que faz parte dos "kits" de ensaio ou solventes disponíveis no mercado, ou ainda outro produto qualificado. É importante lembrar que produtos como Thinner é difícil obter um certificado de contaminantes para uso em inoxidáveis. Nesse caso, o removedor do mesmo fabricante dos produtos penetrantes, é mais indicado ou apropriado.

Neste caso, deve-se dar suficiente tempo para que o solvente utilizado evapore-se das descontinuidades, pois sua presença pode prejudicar o teste. Dependendo da temperatura ambiente e do método utilizado, este tempo pode variar.
Pode-se utilizar o desengraxamento por vapor, para remoção de óleo, graxa ; ou ainda limpeza química, solução ácida ou alcalina, escovamento manual ou rotativo, removedores de pintura, ultra-som, detergentes.

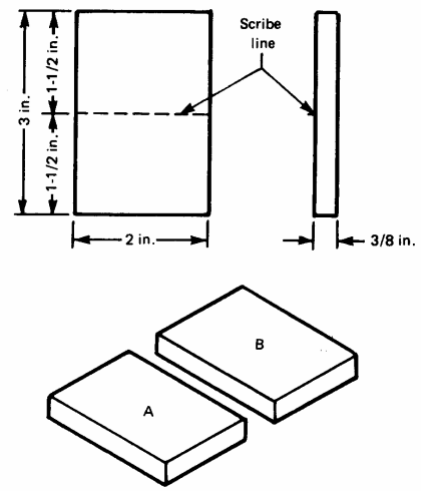
Peças limpas com produtos a base de água, a secagem posterior é muito importante. Cuidados também são importantes para evitar corrosão das superfícies .

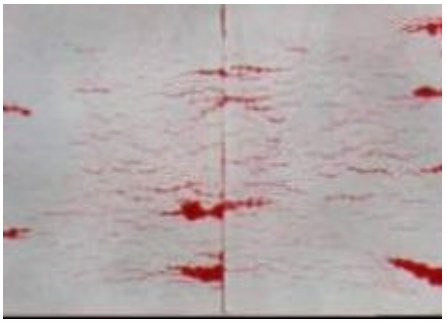
Os processos de jateamento, lixamento e aqueles que removem metal (esmerilhamento), devem ser evitados, pois tais processos podem bloquear as aberturas da superfície e impedir a penetração do produto penetrante. Entretanto, tais métodos de limpeza podem em alguns processos de fabricação do material a ensaiar, serem inevitáveis e inerentes a estes processos.
Esta etapa é muito importante e o operador deve ter consciência de que o material na área de interesse esteje aparente, sem óxidos ou qualquer sujeira que possa mascarar a observação da descontinuidade.

Temperatura da superfície e do líquido penetrante:

É comum que a temperatura ótima de aplicação do penetrante seja de 20 °C. As superfícies não devem estar abaixo de 10 °C. Temperaturas ambientes mais altas (acima de 52 °C) aumentam a evaporação dos constituintes voláteis do penetrante, tornando-o insuficiente. Acima de certo valor (> 100° C) há o risco de inflamar.
A título de ilustração podemos citar que o Código ASME Sec.V Art.6 recomenda temperaturas padrão de 10 a 52 °C e o ASTM E-165 recomenda temperaturas de 10 a 38 °C para penetrantes fluorescentes e de 10 a 52 °C para penetrantes visíveis com luz normal.

A observação e controle da temperatura é um fator de grande importância, que deve estar claramente mencionado no procedimento de ensaio. Caso seja necessário aplicar o ensaio por líquidos penetrantes fora da temperatura padrão, os produtos penetrantes devem ser verificados contra um padrão contendo trincas conhecidas. O desenho abaixo ilustra o padrão recomendado pelo Código ASME Sec. V Art. 6, fabricado em alumínio ASTM B209 tipo 2024. O bloco de alumínio deve ser aquecidos entre 510 °C a 524 °C e resfriados com água, produzindo assim trincas superficiais no bloco. Após, deve ser cortado e as partes identificadas como "A" e "B".





Bloco Comparador tipo ASME

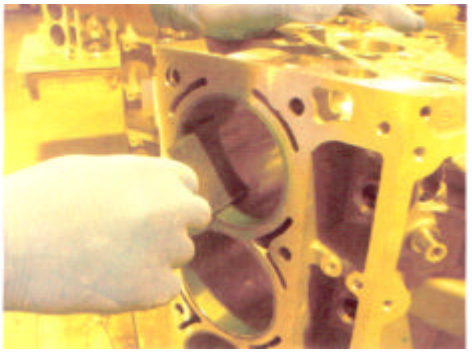
O Bloco comparador acima deve ser usado quando se pretende realizar o ensaio por líquidos penetrantes fora da temperatura padrão. Deve-se aplicar a temperatura desejada no bloco e nos produtos penetrantes, e realizar o ensaio comparando os resultados obtidos com aqueles verificados na faixa de temperatura padrão .

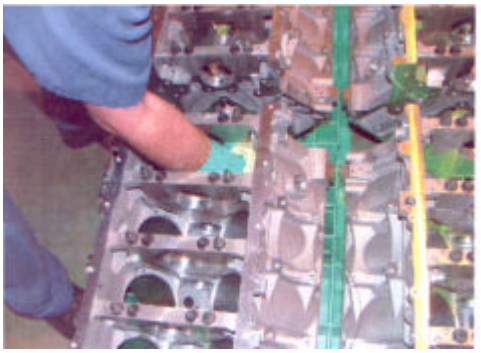
Aplicação do penetrante.

O penetrante pode ser aplicado em “spray”, por pincelamento, com rolo de pintura ou mergulhando-se as peças em tanques. Este último processo é válido para pequenas. Neste caso as peças são colocadas em cestos. Deve-se escolher um processo de aplicação do penetrante, condizente com as dimensões das peças e com o meio ambiente em que será aplicado o ensaio.

Por exemplo : peças grandes,e ambientes fechados, em que o inspetor escolha o método de aplicação do penetrante por pulverização, certamente isto será um transtorno tanto para as pessoas que trabalhem próximo ao local, assim como para o próprio inspetor.

Foto: gentileza de VOITH SIEMENS





Aplicação do penetrante com pincel . Nas fotos acima penetrante colorido vermelho, e na foto abaixo penetrante fluorescente

Tempo de Penetração

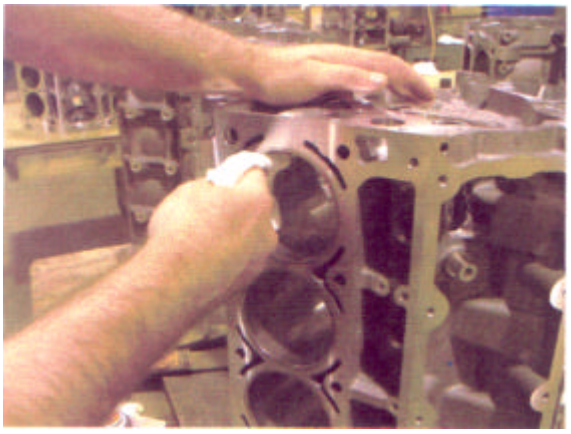
É o tempo necessário para que o penetrante entre dentro das descontinuidades. Este tempo varia em função do tipo do penetrante, material a ser ensaiado, temperatura, e deve estar de acordo com a norma aplicável de inspeção do produto a ser ensaiado.

A tabela 4 abaixo, descreve tempos mínimos de penetração apenas para referência. Os tempos de penetração corretos devem estar de acordo com a norma aplicável de fabricação/inspeção do material ensaiado. A norma da Petrobras N-1596 limita em 10 minutos mínimo e 60 minutos máximo para o tempo de penetração.

Remoção do excesso de penetrante

Os penetrantes não laváveis em água são quase sempre utilizados para inspeções locais e estes são melhor removidos com panos secos ou umedecidos com solvente. Papel seco ou pano seco é satisfatório para superfícies lisas. A superfície deve estar completamente livre de penetrante, senão haverá mascaramento dos resultados.

Deve-se tomar o cuidado para não usar solvente em excesso, já que isto pode causar a retirada do penetrante das descontinuidades.



Limpeza com pano após o tempo de penetração de 15 minutos

Geralmente uma limpeza grosseira com pano e papel levemente embebido em solvente, seguido de uma limpeza feita com pano ou papel seco ou com pouco de solvente é satisfatória.

Quando as peças são inteiramente umedecidas com solvente a limpeza manual é demorada e difícil. Neste caso pode-se mergulhar a peça em banho de solvente, com o inconveniente de que algum penetrante pode ser removido das descontinuidades. Este método só deve ser usado com muito cuidado e levando-se em conta esta limitação.

Quando se usa o tipo lavável em água, a lavagem com jato de água é satisfatória. Algumas normas limitam o teor de contaminante de cloretos da água em 50 ppm para uso em aços inoxidáveis austeníticos ou titânio (veja norma Petrobras N-1596). O jato deve ser grosso para aumentar sua eficiência ou por spray. Após lavagem com água, a peça deve ser seca com, por exemplo, ar comprimido. A remoção usando solvente a secagem pode ser feita por evaporação natural.

Remoção do penetrante com pano

Foto: gentileza de VOITH SIEMENS

Remoção com spray de água

Os penetrantes do tipo pós-emulsificáveis devem ser removidos após a aplicação do emulsificador, que podem ser de dois tipos: *hidrofílico* e *lipofílico* (ver tab. 3). O emulsificador hidrofílico, é a base de água, possui uma infinita propriedade de tolerância a água, por isso é diluído em água para sua aplicação em spray, porém dependendo da proporção de água + emulsificador (em geral 5%) , sua sensibilidade pode ser alterada.

O emulsificadores lipofílicos são a base de óleo em sua maior parte e são inflamáveis (ponto de fulgor de 125 F), com baixa propriedade de tolerância a água, em razão disso, deve-se dilui-lo com água na proporção correta.

Os emulsificadores possuem uma coloração característica para evidenciar sua aplicação por toda a superfície, e possuem 3 propriedades básicas que são : *atividade , viscosidade e tolerância a água.*

Revelação

A camada de revelador deve ser fina e uniforme. Pode ser aplicada com spray, no caso de inspeção manual. Peças que foram totalmente revestidas com penetrante são mais difíceis para se manter uma camada uniforme de revelador. O melhor método neste caso é o spray. A norma ASTM-165 permite a aplicação do revelador através de várias formas, por outro lado a norma Petrobras N-1596 não admite o uso de escovas, pincéis e similares para a aplicação do revelador.

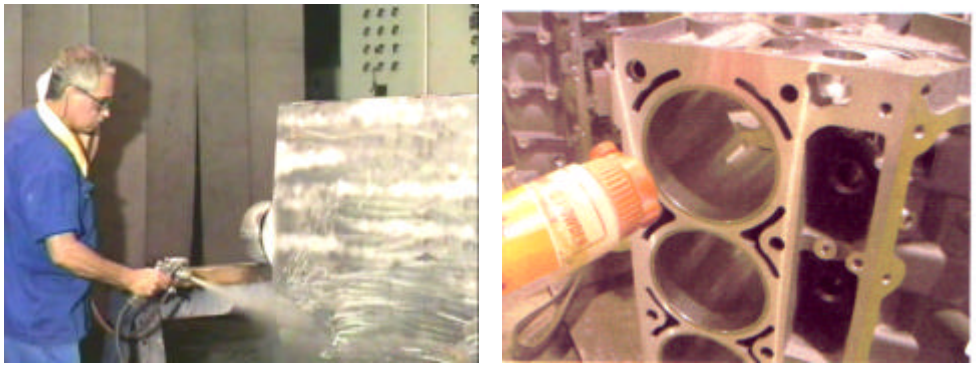


Foto: gentileza de VOITH SIEMENS

Aplicação do revelador por pulverização com pistola de pintura à esquerda e aplicação de revelador seco com pulverizador manual à direita.

Tabela 4 - Tempos mínimos de penetração e revelação mínimos recomendados pelo ASME Sec. V Art. 6 - Tabela 672 e ASTM E-165

Material	**Forma**	**Tipo de Descontinuidade**	**Tempo de Espera [A] min.**	
			Penetrante	Revelador
Alumínio, Magnésio, aço, bronze, titânio, altas ligas	Fundidos e Soldas	porosidade, trincas, (todas as formas) falta de fusão, gota fria	5	10
Plásticos	todas as formas	trincas	5	10
Vidros	todas as formas	trincas	5	10
Cerâmicas	todas as formas	trincas, porosidade	5	10

A - Para temperaturas de 10 a 52 ^{o}C

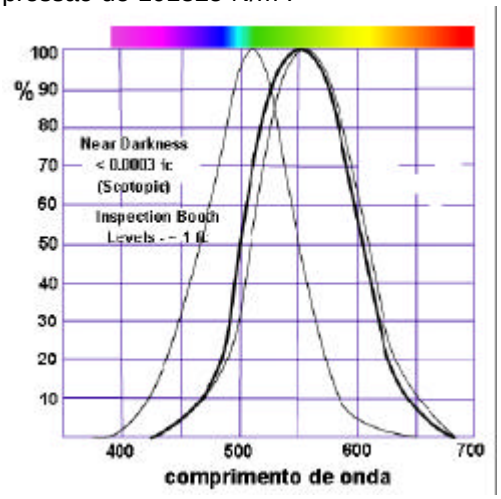
A norma da Petrobras N-1596 requer que para aplicação do revelador através de pulverização por meio de ar comprimido, a pressão máxima permitida seja de 210 kPa (30 psi). Deve ser prevista a instalação de filtros na linha de ar, para evitar a contaminação do revelador com água, óleo ou materiais estranhos

Secagem e inspeção

Deve ser dado um tempo suficiente para que a peça esteja seca antes de efetuar a inspeção. Logo após o início da secagem, deve-se acompanhar a evolução das indicações no sentido de definir e caracterizar o tipo de descontinuidade e diferenciá-las entre linear ou arredondadas.
O tempo de revelação é variável de acordo com o tipo da peça, tipo de defeito a ser detectado e temperatura ambiente. As descontinuidades finas e rasas, demoram mais tempo para serem observadas, ao contrário daquelas maiores e que rapidamente mancham o revelador.
O tamanho da indicação a ser avaliada, é o tamanho da mancha observada no revelador, após o tempo máximo de avaliação permitida pelo procedimento. Em geral tempos de avaliação entre 10 a 60 minutos são recomendados.

Iluminação

Como todos os exames dependem da avaliação visual do operador, o grau de iluminação utilizada é extremamente importante. Iluminação errada pode induzir a erro na interpretação. Além disso, uma iluminação adequada diminui a fadiga do inspetor. A intensidade de iluminação é definida como sendo a quantidade de luz por segundo na unidade de ângulo sólido por uma fonte pontual em uma dada direção. A unidade "candela" é definida como sendo a intensidade luminosa por superfície de 1/600.000 m^2 de um corpo negro na temperatura de congelamento da platina sob pressão de 101325 N/m^2.



O gráfico ao lado mostra a variação da sensibilidade da visão humana às cores. Note que a melhor cor para ser visualizada é a amarelo esverdeado

a) Iluminação com luz natural (branca):

A luz branca utilizada é a convencional. Sua fonte pode ser: luz do sol, lâmpada de filamento, lâmpada fluorescente ou lâmpada a vapor.

Dirigindo a luz para a área de inspeção com o eixo da lâmpada formando aproximadamente 90° em relação a ela é a melhor alternativa. O fundo branco da camada de revelador faz com que a indicação se torne escurecida.

Exemplo de um Luxímetro

A intensidade da luz deve ser adequada ao tipo de indicação que se quer ver, sendo ideal acima de 1000 Lux (conforme recomendado pelo Código ASME Sec. V e ASTM E-165). O instrumento correto para medir a intensidade de iluminação no local é o **luxímetro**, que deve estar calibrado na unidade Lux (ver foto acima).

b) Iluminação com Luz ultravioleta – UV ("luz negra"):

Podemos definir a luz "negra" como aquela que tem comprimento de onda menor do que o menor comprimento de onda da luz visível. Ela tem a propriedade de causar em certas substâncias o fenômeno da fluorescência. O material fluorescente contido no penetrante, tem a propriedade de em absorvendo a luz "negra" emitir energia em comprimentos de onda maiores, na região de luz visível, por exemplo verde-amarelado ou verde-azulado. São usados filtros que eliminam os comprimentos de onda desfavoráveis (luz visível e luz ultravioleta) permitindo somente aqueles de comprimento de onda de 3200 a 4000 Å. A intensidade de luz ultravioleta que se deve ter para uma boa inspeção é de 1000 $\mu W/cm^2$. A norma Petrobras N-1596 requer que a iluminação normal ambiente deva ser controlada e não deve ser superior à 10 Lux.

O instrumento para medir a luz UV é o **radiômetro**, que deve estar calibrado na unidade "$\mu W/cm^2$" .

Luminária de UV

Medidor de UV

c) A Cor e a Fluorescência

Cor é a sensação visual resultante do impacto da luz proveniente de um determinado comprimento de onda, sobre a retina do olho. A observação das indicações devido às descontinuidades, no ensaio, é resultante da absorção da luz. O fenômeno da florescência ocorre quando os penetrantes fluorescentes absorvem a luz de comprimento de onda típico, e emitem luz em outro comprimento de onda visível.

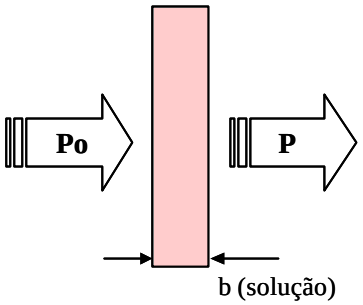
d) A Lei de Beer

Em 1852, August Beer estudou a influência da concentração de soluções coloridas sobre a transmissão de luz.

A lei de Beer explica que quando duas soluções com componentes coloridos de mesma cor são produzidos em um mesmo solvente, um dos quais tem concentração de duas vezes à do outro, a absorção da luz devido a uma dada espessura da primeira solução, deve ser igual a duas vezes a espessura da segunda. Matematicamente pode ser expressada da seguinte forma.

$$I_1 . C_1 = I_2 . C_2$$

A expressão é válida quando a intensidade de luz " I " que passa através de duas soluções com baixa concentração "C" é constante e se a intensidade e comprimento de onda da luz incidente sobre cada solução é a mesma.
Melhor explicando, sabemos que diversas substancias e misturas absorvem luz ultravioleta (UV) ou visível. A figura a seguir mostra um feixe de radiação monocromática de potencia radiante P_0, atravessando uma amostra de solução. Ao atravessar a amostra, parte da intensidade é absorvida e o feixe de radiação que deixa a amostra terá então potencia P.



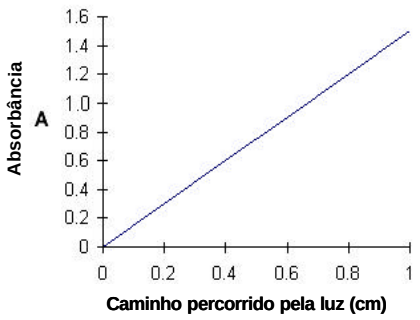
Definimos *transmitância* "T" como sendo T=P/Po e *absorbância* "A" como sendo A = Log_{10} (Po/P)
Então, se a luz passa através de uma solução *sem* absorção nenhuma, a absorbância é zero, e a transmitância percentual é 100%. No caso em que toda a luz é absorvida, a transmitância percentual é zero e a absorbância é infinita.

Observe na foto, que a solução azulada de sulfato de cobre, parece ser mais clara na região de ajuste do menisco, porque o diâmetro do tubo (espessura do absorvedor) é bem menor que na parte inferior do frasco. Essa propriedade é usada na determinação da concentração ideal do corante vermelho no penetrante, pelo fabricante do produto. Essa determinação é feita por um aparelho que emite luz através da amostra num tubo de ensaio contendo o penetrante produzido e um sensor faz a leitura e medida da luz transmitida, comparando com o valor de referência que o fabricante estabeleceu.

Agora suponha que temos uma solução de sulfato de cobre (que aparece azul pois tem um máximo de absorção nos 600 nm de comprimento de onda na luz Vamos ver em que forma a intensidade da luz (potência radiante) muda ao atravessar a solução dentro de uma cuba de 1 cm de espessura. Vamos olhar qual a redução por cada 0.2 cm, como mostrado no diagrama embaixo.

A **Lei de Beer** diz que a fração da luz absorvida por cada camada sucessiva de solução é a mesma. Para ilustrar isto, vamos supor que esta fração seja 0.5 para cada `camada` de 0.2 cm de espessura, e calculamos os dados seguintes:

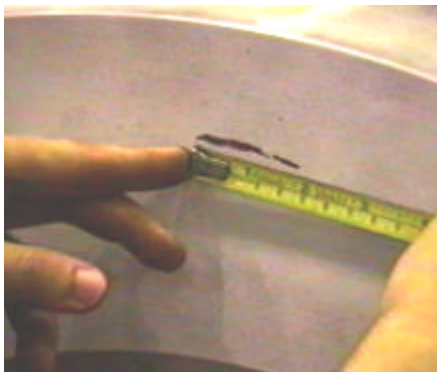
Caminho ótico / cm	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
%T	100	50	25	12.5	6.25	3.125
Absorbância	0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5

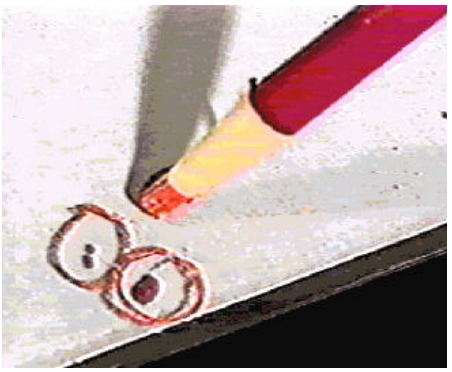


A Lei de Beer não se aplica quando a concentração do elemento corante absorvedor é muito alta na solução, pois nessa condição a função absorbância e concentração não ocorre de forma linear.

Limpeza final

Após completado o exame, é necessário na maioria dos casos executar-se uma limpeza final na peça, já que os resíduos de teste podem prejudicar o desempenho das peças. Uma limpeza final com solvente geralmente é satisfatória. Para peças pequenas a imersão das peças em banho de detergente solventes, ou agentes químicos , geralmente é satisfatório.





Registro dos resultados

Identificação e correção das deficiências no ensaio:

Alguns problemas de deficiência de técnicas de ensaio estão indicadas abaixo:
- preparação inicial inadequada da peça
- limpeza inicial inadequada
- cobertura incompleta da peça com penetrante
- remoção de excesso inadequada, causando mascaramento dos resultados
- escorrimento do revelador
- camada não uniforme do revelador
- revelador não devidamente agitado
- cobertura incompleta de revelador

O inspetor experiente deve, fase por fase, avaliar seu trabalho e detectar as deficiências cujos exemplos são apontados acima. Após detectá-las estas devem ser imediatamente corrigidas.

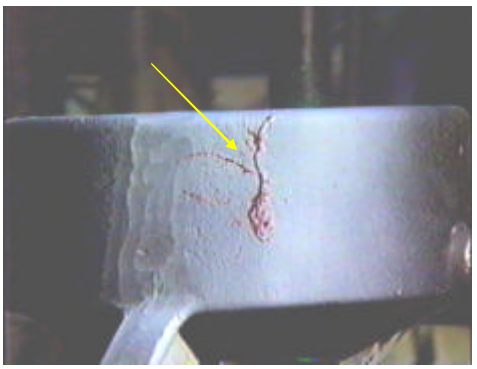
Observa-se que a deficiência mais comum consiste na remoção incompleta do excesso, especialmente em ensaio manual.
Esta é uma fase que deve ser executada com o devido cuidado, especialmente se a superfície é bruta, ou caso de soldas.

Registro de resultados.

Ensaios de peças críticas devem ter seu resultado, além dos dados do teste registrados em relatório, a fim de que haja uma rastreabilidade.

Este registro deve ser executado durante o ensaio ou imediatamente após concluído o mesmo.
É recomendado que o relatório deve conter:

a) descrição da peça, desenho, posição, etc., e estágio de fabricação;
b) variáveis do teste; marca dos produtos, número do lote, temperatura de aplicação tempo de penetração e avaliação
c) resultados do ensaio;
d) laudo / disposição;
e) assinatura do inspetor responsável e data e hora do ensaio.

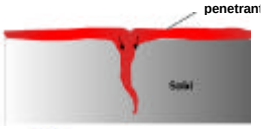


Resultado do ensaio por líquidos penetrantes de uma peça fundida.

RESUMO DA SEQUÊNCIA DO ENSAIO

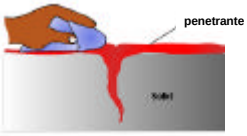
Preparação inicial da Superfície conforme o procedimento;

Tempo para Secagem dos produtos de Limpeza;



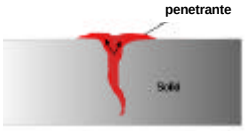
Aplicação do penetrante conforme instruções do procedimento

Tempo de penetração , conforme requerido no procedimento ;



Remoção do Excesso de penetrante, conforme instruções ;

Tempo para Secagem dos produtos de Limpeza ;



Aplicação do Revelador ;

Tempo de Avaliação das indicações

Laudo final e registros

Limpeza final , se requerido

AVALIAÇÃO E APARÊNCIA DAS INDICAÇÕES

Avaliação da descontinuidade

Relembramos o conceito de descontinuidade e defeito: A descontinuidade deve ser analisada de acordo com algum padrão de aceitação, caso seja reprovável ela se constituirá em um defeito.
Ao se analisar a peça o operador deve ter consciência de que o ensaio foi executado corretamente e as descontinuidades foram verificadas contra o padrão de aceitação pré-estabelecido.

Fatores que afetam as indicações

Como já foi analisado no capítulo anterior, vários são os fatores que podem afetar a aparência das indicações tornar o ensaio não confiável.
A fonte mais comum de indicações falsas é a remoção inadequada do excesso de penetrante, o que causa, às vezes, até impossibilidade de avaliação.
No caso dos métodos laváveis com água e pós emulsificável, a lavagem é de fundamental importância. O uso da luz ultra-violeta durante o processo de lavagem é recomendado. Após lavagem, existem fontes que podem re-contaminar a peça, tais como:

a) penetrante nas mãos do inspetor
b) penetrante que sai das descontinuidades de uma peça e passa para as áreas boas de outra peça (caso de peças pequenas).
c) penetrante na bancada de inspeção.

Deduz-se facilmente que cuidado no manuseio das peças e principalmente limpeza são necessários para que o ensaio tenha sucesso.
Independente das indicações falsas existem as indicações não relevantes, que o inspetor deve reconhecer. São indicações de realmente algo que existe no sentido de que elas são causadas por descontinuidades da superfície da peça. A maioria delas é fácil de reconhecer, porque provém diretamente do processo de fabricação. Exemplos destas indicações são:

- pequenas inclusões de areia em fundidos
- marcas de esmerilhamento
- depressões superficiais
- imperfeições de matéria prima

Apesar de facilmente reconhecíveis, há o perigo destes interferirem ou mascararem um defeito. É necessário que o inspetor tenha o cuidado de verificá-las cuidadosamente antes de aprová-las.

Categorias de indicações verdadeiras

a) Indicações em linha contínua

Podem ser causadas por trincas, dobras, riscos ou marcas de ferramentas. Trincas geralmente aparecerem como linhas sinuosas, dobras de forjamento como tem a aparência de linha finas.

b) Linha intermitente

Podem ser causadas pelas mesmas descontinuidades acima. Quando a peça é retrabalhada por esmerilhamento, martelamento, forjamento, usinagem, etc., porções das descontinuidades abertas à superfície podem ficar fechadas.

c) Arrendondadas.

Causadas por porosidade ou por trinca muito profunda, resultante da grande quantidade de penetrante que é absorvida pelo revelador.

d) Interrompidas finas e pequenas

Causadas pela natureza porosa da peça ou por grãos excessivamente grosseiros de um produto fundido.

e) Defeituosas

Normalmente não são definidas tornando-se necessário re-ensaiar a peça. As vezes provém de porosidade superficial.
Podem ser causadas por lavagem insuficiente (falsas).

Tipos e aparências das indicações por processo de fabricação.

a) Fundidos

Os principais defeitos que podem aparecer nos produtos fundidos são:

- trincas de solidificação (rechupes)
- micro rechupes
- porosidade
- gota fria

- inclusão de areia na superfície
- bolhas de gás

b) Forjados

Defeitos típicos em forjados são:
- dobras (“lap”)
- rupturas (“tear”)
- fenda (“burst”)
- delaminação

c) Laminados.

Os laminados apresentam: delaminações, defeitos superficiais, como dobras de laminação, fenda, etc.

d) Roscados.

Apresentam: trincas

e) Materiais não metálicos

Cerâmicos: trincas, porosidade

f) Soldas

Soldas podem apresentar:
- trincas superficiais ;
- porosidade superficial;
- falta de penetração;
- mordeduras.

SEGURANÇA E PROTEÇÃO

Limpeza.

Podemos dizer que as medidas de proteção pessoal contra eventuais problemas de saúde causados por produtos utilizados no ensaio por líquido penetrante iniciam-se como:

- conhecimento do inspetor a respeito do procedimento de ensaio;
- organização pessoal e em decorrência da limpeza da área de trabalho;

Manter a área de trabalho limpa e organizada é fundamental não só para a proteção pessoal como para o sucesso do ensaio.

Toxidade, aspiração exagerada, ventilação, manuseio

Toxidade é a propriedade de causar dano no corpo humano ou num material.
Praticamente todos os materiais para ensaio com líquidos penetrantes atualmente disponíveis não apresentam grandes problemas de toxidade mas certas precauções são necessárias.
Uma aspiração exagerada dos produtos voláteis pode causar náusea e certas dermatoses podem ocorrer quando há contato muito prolongado dos produtos com a pele.
Uma precaução básica é manter uma boa ventilação do local de trabalho. Nestas condições é evitada a aspiração exagerada e elimina-se o problema de uma eventual inflamação dos gases gerados (ver ponto de fulgor).
Como os materiais utilizados no ensaio apresentam propriedades detergentes, eles tendem a dissolver óleos e gorduras. Portanto, o contato exagerado pode causar rugosidade e vermelhão na pele.
Isto pode causar uma infecção causando irritações mais fortes. Deve-se tomar o cuidado de lavar as mãos com bastante água corrente e sabão. O uso de luvas em contatos prolongados é recomendável.
Se houver início de irritação, deve-se usar sobre o local atingido um creme ou loção à base de gordura animal (lanolina).

Luz ultravioleta

A luz ultravioleta usada nos ensaios não apresenta sérios problemas de saúde, já que seu comprimento de onda está por volta de 320 a 400 nonametros, invisíveis para nossos olhos. Quando exposto à radiação UV, a pele pode desenvolver câncer de pele, inflamação na vista, catarata e danos na retina.

CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

O critério de aceitação de descontinuidades deve seguir a norma ou especificação aplicável ao produto ou componente fabricado e inspecionado.
A título de exemplo , o critério de aceitação que segue abaixo , é uma tradução livre do Código ASME Sec. VIII Div.1 Apêndice 8 que é igual ao ASME Sec. VIII Div. 2 Art. 9-2 par. 9-230 , é aplicável para soldas e componentes inspecionadas por líquidos penetrantes, e da norma CCH-70 para componentes hidráulicos aplicável a superfícies fundidas acabadas.

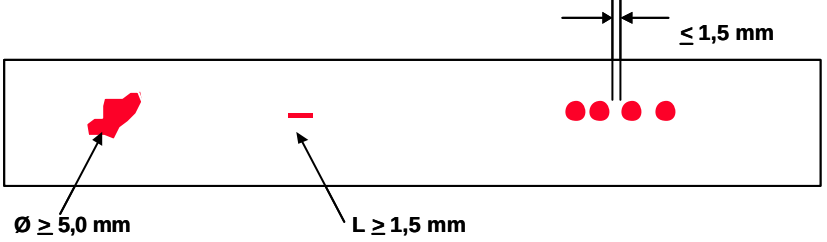
ASME SEC.VIII DIV.1 AP.8 ; SEC. VIII DIV 2 ART. 9-2 Par. 9-230 e SEC. I

Avaliação das indicações

Uma indicação é uma evidência de uma imperfeição mecânica. Somente indicações com dimensões maiores que 1/16 pol. (1,5 mm) deve ser considerada como relevante.
(a) Uma indicação linear é aquela tendo um comprimento maior que três vezes a largura.
(b) Uma indicação arredondada é aquela na forma circular ou elíptica com comprimento igual ou menor que três vezes a largura.
(c) Qualquer indicação questionável ou duvidosa , deve ser reinspecionada para determinar se indicações relevantes estão ou não presentes.

Critério de Aceitação:

Toda as superfícies devem estar livres de :
(a) indicações relevantes lineares ;
(b) indicações relevantes arredondadas maiores que 3/16 pol. (5,0 mm) ;
(c) quatro ou mais indicações relevantes arredondadas em linha separadas por 1/16 pol. (1,5 mm) ou menos (de borda a borda) ;
(d)uma indicação de uma imperfeição pode ser maior que a imperfeição, entretanto , o tamanho da indicação é a base para a avaliação da aceitação .



Especificação técnica para Líquidos Penetrantes - CCH-70 / PT 70-2

Esta norma é geralmente utilizada na inspeção de fundidos para aplicação em componentes hidráulicos, na condição acabado, ou ainda para inspeção de áreas abertas para reparos.

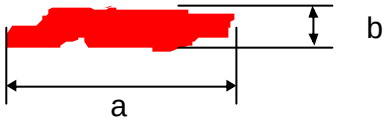
Avaliação das Indicações

Indicações isoladas abaixo de 1,5 mm não devem ser consideradas para efeito de avaliação.

Indicações Lineares:

Indições com comprimento maior ou igual a três vezes a largura será considerada como linear.

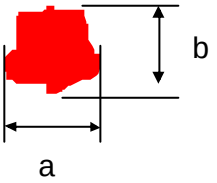
$a \geq 3.\ b$



Indicações Arredondadas

Indicações com comprimento menor que três vezes a largura será considerada arredondada.

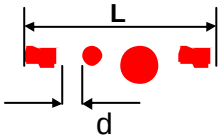
$a < 3.\ b$



Indicações alinhadas:

São indicações agregadas em L com dimensões acima de 1,5 mm arredondadas, separadas entre si de 2 mm ou menos.

$d \leq 2$ mm



Critério de Aceitação

A área inspecionada será avaliada e classificada por comparação com cinco classes de qualidade numeradas de 1 a 5 , em ordem decrescente de qualidade.

A área de referência para avaliação é de 1 dm^2 (100 cm^2) na forma quadrada ou retangular com lado não superior a 250 mm.

Classe 1 de Qualidade

1. Nenhuma indicação arredondada com dimensão a > 3 mm ;
2. Nenhuma indicação linear ;
3. Nenhuma indicação alinhada ;
4. A superfície total de indicações menor ou igual a 10 mm^2 / dm^2

Classe 2 de Qualidade

1. Nenhuma indicação arredondada com dimensão a > 4 mm ;
2. Nenhuma indicação linear ;
3. Nenhuma indicação alinhada ;
4. A superfície total de indicações menor ou igual a 20 mm^2 / dm^2

Classe 3 de Qualidade

1. Nenhuma indicação arredondada com dimensão a > 5 mm ;
2. Nenhuma indicação linear ;
3. Nenhuma indicação alinhada ;
4. A superfície total de indicações menor ou igual a 50 mm^2 / dm^2

Classe 4 de Qualidade

1. Nenhuma indicação arredondada com dimensão a > 6 mm ;
2. Nenhuma indicação linear ;
3. Nenhuma indicação alinhada com L > 10 mm ;
4. A superfície total de indicações menor ou igual a 125 mm^2 / dm^2

Classe 5 de Qualidade

1. Nenhuma indicação arredondada com dimensão a > 8 mm ;
2. Nenhuma indicação linear com a > 7 mm ;
3. Nenhuma indicação alinhada com L > 10 mm ;
4. A superfície total de indicações menor ou igual a 250 mm^2 / dm^2

Critério de Aceitação de Soldas Conforme o Código AWS D1.1

O critério de aceitação conforme AWS D1.1 é o mesmo para inspeção visual e que apresentamos a seguir. O Código AWS D1.1 requer que a aplicação do ensaio seja feito de acordo com ASTM E-165.

Tradução livre da Tabela 6.1 do AWS D1.1: 2004

Categoria da Descontinuidade e Critério de Inspeção	Conexões não tubulares carregadas estaticamente	Conexões não tubulares carregadas ciclicamente	Conexões Tubulares (para todos os tipos de carregamento)
(1) Proibição de Trincas Qualquer trinca é inaceitável, independente do tamanho e localização	X	X	X
(2) Fusão entre metal base e solda Deve existir fusão entre a parte adjacente do metal base e a solda	X	X	X
(3) Cratera Todas as crateras devem ser preenchidas para estabelecer a dimensão específica da solda, exceto nos terminais de soldas de filete intermitente externas ao seus comprimentos efetivos	X	X	X
(4) Perfil das soldas O perfil das soldas devem estar conforme 5.24 da AWS D1.1	X	X	X
(5) Período de Inspeção Inspeção visual das soldas em todos os aços podem iniciar imediatamente após a ter sido solda completada e resfriada na temperatura ambiente. Critério de aceitação para aços ASTM A514, A517 e A 709 Grau 100 e 100W devem estar baseados na inspeção visual realizada não antes que 48 horas da solda estar completada.	X	X	X
(6) Soldas Subdimensionadas A dimensão da solda de filete em qualquer trecho contínuo pode ser menor que o valor nominal especificado (L) sem correção pelos seguintes valores de (U): L — Dimensão nominal específica da solda (mm) / U — Redução permitida de L (mm) ≤ 5 / ≤ 2 6 / ≤ 2,5 ≥ 8 / ≤ 3 Em todos os casos , a porção de sobreposição não deve exceder a 10% do comprimento da solda. Em soldas de flanges , sobreposição não é permitida nos terminais para um comprimento igual a duas vezes a largura do flange.	X	X	X

Tradução livre da Tabela 6.1 do AWS D1.1: 2004 (CONT.)

Categoria da Descontinuidade e Critério de Inspeção	Conexões não tubulares carregadas estaticamente	Conexões não tubulares carregadas ciclicamente	Conexões Tubulares (para todos os tipos de carregamento)
(7) Mordedura (A) Para materiais menores que 1 pol. (25,4 mm) de espessura, mordeduras não devem exceder a 1/32 pol. (1 mm) , exceto que um máximo de 1/16 pol. (1,6 mm) sem correção para um comprimento acumulado de 2 pol. (50 mm) em qualquer 12 pol. (305 mm). Para materiais iguais e maiores que 1 pol. de espessura , mordeduras não devem exceder a 1/16 pol. (1mm) para qualquer comprimento de solda.	X	NA	NA
(B) Em membros primários , mordeduras não devem ser maiores que 0,01 pol. (0,25 mm) de profundidade quando a solda for transversal ao esforço de tensão sob qualquer condição de projeto de carga. Mordeduras não devem ser maiores que 1/32 pol. (1 mm) em profundidade para todos os casos.	NA	X	X
(8) Porosidade (A) Juntas de topo com penetração total transversal ao esfôrço de tensão projetada não deve ter porosidade visível. Para outras soldas com chanfros e soldas de filete a soma dos diâmetros das porosidades visíveis de 1/32 pol. (1 mm) ou maior não deve exceder 3/8 pol. (10 mm) em qualquer 12 pol. (305 mm) de comprimento de solda .	X	NA	NA
(B) A frequência da porosidade em soldas de filete não deve exceder uma em cada 4 pol. (100 mm) de comprimento de solda e com máximo diâmetro de 3/32 pol. (2 mm). Exceção: para juntas de filete em refôrços conectados a parte principal , a soma dos diâmetros da porosidade não deve exceder a 3/8 pol. (10 mm) em qualquer polegada linear de solda e não deve exceder 3/4 pol. (19 mm) em qualquer 12 pol. (305 mm) de comprimento de solda.	NA	X	X
(C) Juntas de topo com penetração total transversal ao esfôrço de tensão projetada não deve ter porosidade visível . Para outras soldas com chanfros, a frequência da porosidade não deve exceder uma em 4 pol. (100 mm) de comprimento e o máximo diâmetro não deve exceder a 3/32 pol. (2 mm) .	NA	X	X

1. Um “X” indica aplicabilidade para o tipo da junta ; a área sombreada indica não aplicabilidade

Conforme pode ser observado, a tabela acima apresenta as dimensões máximas das indicações permitidas para a inspeção visual e para testes superficiais, não fazendo nenhuma distinção entre os métodos (partículas magnéticas ou líquidos penetrantes), e depende da condição de carga da peça a ser inspecionada. Sendo assim, fica sendo muito difícil a aplicação desta especificação, pois a indicação por líquidos penetrantes é observada através da mancha do penetrante sobre o revelador e necessariamente a indicação é maior que a descontinuidade, o que não é considerado pelo critério de aceitação acima. Assim devemos rejeitar as indicações com dimensões acima do especificado.

Roteiro para Elaboração da Instrução para Ensaio

A aplicação do ensaio por líquidos penetrantes requer um procedimento escrito e de acordo com a norma ou Código aplicável ao componente inspecionado.

O procedimento para ensaio por líquidos penetrantes deve conter itens julgados relevantes para sua aplicação. Segue abaixo a itenização requerida pelo Código ASME Sec. V Art. 6, como segue:

- Materiais , formas ou tamanhos das peças a ser inspecionadas e extensão do ensaio ;
- Tipo, número ou letra de designação de cada penetrante, removedor, emulsificador , e revelador ;
- Detalhes de processamento para pré-limpeza, e secagem, incluindo materiais de limpeza usados, e tempo mínimo permitido para secagem ;
- Detalhes de processamento para aplicação do penetrante , o tempo que o penetrante deve permanecer na superfície (tempo de penetração) , temperatura da superfície e do penetrante durante o ensaio se diferente da faixa de 10 ^{0}C até 52 ^{0}C ;
- Detalhes de processamento de remoção do excesso de penetrante da superfície, e para secagem da superfície antes de aplicar o revelador ;
- Detalhes de processamento para aplicação do revelador , e o tempo de revelação antes da interpretação;
- Iluminação mínima da superfície ;
- Requisitos de Qualificação de Pessoal ;
- Detalhes de processamento para limpeza após o ensaio.

O procedimento para ensaio deve ser qualificado ou demonstrado de forma atender aos requisitos da norma, Código ou do Cliente, quando requerido, através da aplicação deste em uma peça ou padrão contendo trincas conhecidas e gabaritadas.

Sempre que alterações ou substituições for feita no grupo de família de materiais penetrantes (incluindo reveladores, emulsificadores, etc..) ou na técnica de processamento, pré-limpeza , o procedimento deverá ser revisado.

DICAS PARA A REALIZAÇÃO DO ENSAIO

Esse capítulo é dedicado ao pessoal que deseja seguir um roteiro para aplicação do ensaio, como também para aqueles que irão se submeter a exames práticos de certificação.

Atividade a ser realizada	Dicas e Recomendações
Seleção dos produtos para o ensaio	Verifique no procedimento de ensaio, quais os materiais penetrantes permitidos, e se estes estão dentro do prazo de validade. Caso se tratar de aços inoxidáveis, não esquecer de verificar os certificados de contaminantes. O inspetor de LP deve ter um relógio disponível para controlar as fases do ensaio, assim como um termômetro, luxímetro, trena, escala e iluminação adequada.
Preparação inicial da Superfície conforme o procedimento;	Caso se tratar de aços inoxidáveis, não esquecer de usar ferramentas de mesmo material, e removedores com controle de contaminantes. Os panos usados não podem soltar fiapos.
Tempo para Secagem dos produtos de Limpeza;	Seguir o recomendado no procedimento de ensaio
Aplicação do penetrante	Conforme instruções do procedimento. O uso de spray muitas vezes é prejudicial ao ambiente do ensaio – evitar. Em geral o pincel é ideal. Medir a temperatura da peça antes da aplicação do LP – 10 ^{0}C a 52 ^{0}C
Tempo de penetração	Conforme requerido no procedimento. Em geral mínimo de 10 minutos é recomendado
Remoção do Excesso de penetrante	Se for remover com solvente, este deve ser aplicado no pano de limpeza e não na peça. Essa fase deve ser bem feita, evitar excesso de lavagem com água. Não esquecer de medir a temperatura da água antes da remoção. Caso se tratar de aços inoxidáveis, não esquecer que a norma N-1596 limita o teor de cloretos da água em 50 ppm
Tempo para Secagem dos produtos de Limpeza	Seguir o recomendado no procedimento de ensaio

Aplicação do Revelador	Essa fase é conclusiva, se o inspetor não conseguir aplicar uma camada fina e uniforme, o ensaio terá resultado pouco confiável. Lembre-se de que o material inspecionado não pode se parecer com uma "geladeira ou fogão" após a revelação. É a única fase que o inspetor deve ter um pouco de coordenação motora para revelar corretamente. Usar a pulverização como forma de aplicação. Se for usar ar comprimido, lembre-se do filtro de ar e pressão máxima 30 psi
Tempo de Avaliação das indicações	Após a secagem do revelador, inicia as observações do inspetor quanto ao aparecimento de indicações. Aquelas indicações maiores, já reprovadas pelo critério de aceitação, que mancham rapidamente, devem ser registradas, observando a forma da indicação. Não esquecer da iluminação correta de 1000 Lux.
Laudo final e registros	O laudo final será fechado, no tempo estabelecido pelo procedimento, que de acordo com o Código ASME, é de 60 min. O inspetor deve ter a mão e conhecer o formulário adequado para registro do ensaio. Muitas vezes o formulário é incompleto e não atende à norma de referência, nesse caso usar um campo de observações para completar as informações. É bom registrar a identificação dos instrumentos usados, para rastreabilidade.
Limpeza Final	Deve ser executada quando o penetrante e/ou revelador residuais podem interferir com o processamento subseqüente ou com as condições de serviço da peça, podendo ser empregadas técnicas, tais como: lavagem com água e limpeza com solvente. Os produtos utilizados devem atender aos requisitos de contaminantes para inoxidáveis

O inspetor deve ser organizado durante a seqüência do ensaio, observar limpeza da área de trabalho, segregar panos ou papel toalha já usados, ter a mão todos os produtos e documentos relacionados à peça sob ensaio. Não abandonar a peça durante a realização do ensaio (se tiver que ir ao banheiro, faça antes o início do trabalho).

EXERCÍCIOS DE REVISÃO

1. A diferença entre descontinuidade e defeito é :
   a) O defeito é uma imperfeição grande e descontinuidade é uma imperfeição pequena.
   b) A descontinuidade é sempre um defeito.
   c) uma descontinuidade é sempre inaceitável enquanto que o defeito pode não afetar o serviço da peça ou componente.
   d) O defeito é uma descontinuidade que pode comprometer o serviço ou performance da peça, enquanto que descontinuidade é uma falha na estrutura da peça que pode ou não comprometer a peça.

2. Qual das afirmações abaixo é verdadeira ?
   a) O ensaio radiográfico é destinado a detecção de descontinuidades superficiais e internas.
   b) O ensaio ultra-sonico é ideal para detecção de descontinuidades superficiais.
   c) O ensaio por partículas magnéticas é apropriado a detectar descontinuidades em materiais ferromagnéticos
   d) O ensaio por líquidos penetrantes pode avaliar profundidades de trincas superficiais.

3. Uma vantagem do ensaio por líquidos penetrantes, em relação aos demais E.N.D , é:
   a) o método pode ser aplicado em todos os materiais.
   b) o método não necessita de preparação da superfície.
   c) o ensaio pode detectar qualquer descontinuidade.
   d) o método é mais simples , e de fácil interpretação dos resultados.

4. Quais dos materiais abaixo , o ensaio por líquidos penetrantes não é aplicável?
   a) aços inoxidáveis e plásticos
   b) materiais forjados ou fundidos
   c) materiais porosos.
   d) nenhuma das alternativas

5. Qual das seguintes alternativas corresponde a desvantagens para o ensaio por líquidos penetrantes?
   a) não pode ser aplicado a altas temperaturas.
   b) somente detecta descontinuidades abertas para a superfície.
   c) necessita preparação da superfície.
   d) as alternativas (a) e (b) são corretas.

6. Qual das seguintes descontinuidades, não pode ser detectada pelo ensaio por líquidos penetrantes ?
   a) uma trinca sub-superficial.
   b) uma inclusão interna numa solda.
   c) uma falta de fusão entre passes numa solda.
   d) todas as alternativas são verdadeiras.

7. O método de ensaio por LP , está baseado,principalmente, nas propriedades de ..... dos líquidos.
   a) tensão superficial e capilaridade.
   b) densidade específica e viscosidade
   c) penetrabilidade e viscosidade cinemática
   d) densidade específica e capilaridade

8. Quais das seguintes descontinuidades pode ser detectada por LP ?
   a) porosidade superficial
   b) trincas com abertura acima de 10 μm
   c) dupla laminação na borda de chapas
   d) todas as alternativas são corretas.

9. Qual das propriedades abaixo, é importante que nenhum penetrante possua ?
   a) alto poder de capilaridade
   b) boa molhabilidade
   c) secagem rápida
   d) alta tensão superficial

10. Qual das seguintes propriedades é desejável que um bom penetrante deva ter:
   a) baixa viscosidade
   b) alto grau de molhabilidade
   c) ponto de fulgor não inferior a 200 C
   d) todas as alternativas são corretas.

11. Os penetrantes foram desenvolvidos para penetrar em aberturas:
   a) quaisquer
   b) somente com aberturas maiores que 0,1 mm
   c) com dimensões maiores que 1μm
   d) lineares ou arredondadas

12. Das alternativas abaixo , qual representa uma denominação comumente usada para designar os líquidos penetrantes ?
   a) penetrante removível com solvente
   b) penetrante lavável em água , pós emulsificação
   c) penetrante não aquoso
   d) as alternativas (a) e (b) são corretas.

13.Qual das afirmativas abaixo é verdadeira ?

a) a preparação da superfície no ensaio por LP é somente importante se a superfície da peça estiver contaminada com óleo ou graxa.

b) o jateamento na preparação da superfície, para ensaio por LP, deve ser sempre evitada.

c) a temperatura não tem influência no ensaio por LP.

d) trinca de cratera, na superfície da solda , não pode ser detectada por ensaio com LP.

14.O método mais desejável para a remoção do excesso de penetrante removível com solvente

a) jato de água e detergente, com baixa pressão.

b) forte jato de solvente qualificado

c) escova e pano úmido com solvente

d) pano limpo umedecido com solvente adequado

15 A borda de um chanfro preparado para soldagem, foi cortado com o processo de oxi-corte. Neste caso na preparação da superfície para o ensaio por líquidos penetrantes pode ser feita:

a) usando-se apenas escova.

b) por jateamento

c) por limpeza com solvente e pano limpo.

d) por esmerilhamento

16.Ao se adquirir um lote de penetrante, devemos:

a) verificar se o produto está qualificado pelo procedimento aprovado

b) efetuar teste de sensibilidade numa amostra do lote, usando padrão conhecido.

c) verificar a data de validade do lote.

d) todas as alternativas são aplicáveis.

17.A primeira etapa para a inspeção por líquidos penetrantes, numa superfície que se encontra pintada é:

a) aplicar o penetrante com relativo cuidado na superfície.

b) lavar minuciosamente a superfície com detergente.

c) remover completamente a pintura.

d) escovar a superfície até reduzir a camada de tinta à metade.

18.Qual das técnicas abaixo podem ser utilizadas para a aplicação do líquido penetrante ?

a) mergulhando a peça em banho no penetrante.

b) pulverizando o penetrante sobre a peça.

c) através de rolo de pintura.

d) todas as técnicas acima podem ser utilizadas.

19.Qual das técnicas abaixo é mais recomendada para a aplicação do revelador ?
a) com pincel macio.
b) com rolo de pintura.
c) por pulverização.
d) todas as técnicas podem ser utilizadas.

20.O termo usado para definir o período de tempo que o penetrante fica sobre a superfície ensaiada denomina-se:
a) tempo de espera
b) tempo de escoamento
c) tempo de impregnação
d) tempo de penetração

21.A técnica mais comum de se verificar se o excesso de líquido penetrante fluorescente foi totalmente removido , antes da aplicação do revelador é:
a) aplicar um jato de ar comprimido sobre a superfície
b) examinar a superfície com luz ultravioleta
c) examinar a superfície com luz infravermelha
d) passar pano limpo ou papel sobre a superfície ,para observar resíduos de penetrante.

22.Para a aplicação do revelador **não aquoso**, no ensaio por líquidos penetrantes laváveis com água a superfície:
a) não precisa de estar seca
b) não precisa estar isenta de resíduos de penetrante
c) necessita estar limpa, sem resíduos de penetrante , e seca.
d) não pode ser lisa , ou usinada

23.O problema do re-ensaio de uma peça por LP , que já tenha sido ensaiada por este método, é:
a) o penetrante perderá parte de seu brilho e cor
b) o penetrante terá dificuldade na molhabilidade da superfície
c) o resíduo seco de penetrante dentro das descontinuidades, pode não dissolver , apresentando resultados pouco confiáveis.
d) todas as alternativas são corretas

24.A finalidade do uso do revelador no ensaio por LP é:
a) facilitar a ação de capilaridade do penetrante
b) absorver os resíduos emulsificantes
c) absorver o penetrante de dentro das descontinuidades, e proporcionar um fundo branco.
d) reagir com os resíduos de penetrante na superfície

25.Um ensaio por líquidos penetrantes, realizado utilizando-se produtos classificados como sistema TipoII-C, necessáriamente, o excesso de penetrante deve ser removido por:
a) escovamento com água
b) pano limpo ,sem fiapos , umedecida com solvente
c) jato de água com pressão e temperatura controladas
d) emulsificação e posterior lavagem com água

26.No ensaio por líquidos penetrantes de uma solda o inspetor utilizou-se de uma luz negra para realizar o laudo final. Conclui-se que:
a) o inspetor deve ter se enganado com o tipo de luz recomendada para iluminação da superfície.
b) o inspetor deve ter utilizado revelador fluorescente
c) o inspetor deve ter utilizado penetrante classificado como Tipo I.
d) o inspetor deve ter utilizado a luz negra para aquecer a superfície ,até a temperatura permitida.

27.Qual das seguintes alternativas representa um desvantagem do método de inspeção por líquidos penetrantes pós emulsificável ?
a) necessita uma melhor preparação da superfície
b) requer uma operação adicional em relação aos outros.
c) o tempo de penetração é demasiadamente longo.
d) as alternativas (b) e (c) são corretas.

28.Os tipos de reveladores que dispomos para a inspeção por líquidos penetrantes , são:
a) pós secos.
b) não aquosos
c) aquosos
d) todas as alternativas são corretas.

29.Qual das seguintes , é uma maneira usual de designar um revelador ?
a) revelador não aquoso
b) revelador ferroso
c) revelador com alta densidade
d) revelador tipo "A" ou "B"

30.Quanto à iluminação ambiente para a inspeção por líquidos penetrantes visível com luz natural de acordo com ASME Sec.V :
a) não há nenhum requisito importante.
b) deve ser de no mínimo 500 lux.
c) deve atender no mínimo de 1000 lux , sobre a superfície.
d) a luz deve ser apenas branca.

31.Qual das seguintes é causa para o mascaramento ou não aparecimento das indicações ?
a) lavagem e remoção vigorosa do excesso de penetrante
b) camada excessiva de revelador
c) limpeza do excesso de penetrante por pulverização de solvente sobre a superfície
d) todas as alternativas são verdadeiras

32.O tipo de penetrante classificado como "Tipo II C" de acordo com ASME SEC.V SE-165 trata-se de:
a) penetrante fluorescente ,lavável com água.
b) penetrante visível com luz natural , lavável com água.
c) penetrante visível com luz natural , removível com solvente.
d) penetrante fluorescente , removível com solvente.

33.A fase mais crítica na inspeção com penetrantes pós-emulsificáveis é:
a) no tempo de penetração
b) na preparação da superfície
c) no tempo de avaliação das indicações
d) no tempo de emulsificação

34.O tipo de penetrante classificado como "Tipo I A" de acordo com ASME SEC.V SE-165 , trata-se de :
a) penetrante fluorescente ,lavável com água.
b) penetrante visível com luz natural , lavável com água.
c) penetrante visível com luz natural , removível com solvente.
d) penetrante fluorescente , removível com solvente.

35.Quando utilizamos penetrantes do Tipo II A , a remoção do excesso de penetrante da superfície deve ser feita :
a) com pano limpo ,umedecido com removedor
b) com jato de água , com pressão e temperatura controlada
c) após a aplicação do emulsificador , com uso de jato de água controlado.
d) por imersão da peça no removedor

36.Qual o método mais recomendável para preparação da superfície antes do ensaio por líquidos penetrantes ?
a) jateamento com areia fina.
b) esmerilhamento.
c) escovamento manual ou rotativo.
d) limagem.

37.Das afirmações abaixo, qual a que define melhor o perigo do jateamento com areia para a limpeza da superfície ?
a) a descontinuidade pode ser fechada
b) o óleo contaminante pode ser fechado dentro da descontinuidade.
c)a areia utilizada na operação de jateamento pode ser introduzida dentro da descontinuidade,obstruindo a mesma.
d) a operação com jateamento pode produzir outras descontinuidades.

38.A preparação da superfície de uma junta soldada de aço inoxidável austenítico,deve ser feita:
a) da mesma maneira que aço carbono
b) com escovamento manual ou rotativo
c) com o uso de solventes ou limpeza química
d) com o uso de escovas ou ferramentas revestidas de mesmo material

39.Uma forma usual de se fazer uma qualificação de produtos penetrantes ou mesmo testar o produto penetrante adquirido, é:
a) determinando a viscosidade dos produtos
b) comparar os resultados obtidos no ensaio de um bloco padrão de líquido penetrante
c) medir a umidade dos produtos
d) todas as alternativas devem ser aplicadas

40. Na inspeção de materiais austeníticos e ligas a base de níquel,os produtos penetrantes devem a qual requisito importante ?
a) atender aos requisitos normativos do teor de contaminantes
b) ser fornecidos com número de lote dos produtos
c) ter na embalagem a data de fabricação e vencimento,claramente identificados
d) ser sempre laváveis com água

41.Qual dos tipos de penetrantes é mais indicado para o ensaio de peças fundidas ou com acabamento superficial grosseiro ?
a) penetrante visível colorido, lavável em água
b) penetrante fluorescente, removível com solvente
c) penetrante visível colorido, removível com solvente
d) as alternativas (b) e (c) podem ser usadas

42.O manchamento do revelador causado pelo afloramento do penetrante na superfície contido no interior da descontinuidade , possui dimensões :
a) menores que a dimensão real da descontinuidade
b) maior que a dimensão real da descontinuidade
c) igual que a dimensão real da descontinuidade
d) metade que a dimensão real da descontinuidade

43.A função do emulsificador é:
a) reagir com o penetrante tornando-o lavável com água
b) melhorar o brilho vermelho do penetrante
c) aumentar o poder de penetração do penetrante , após a reação
d) aumentar a fluidez e a molhabilidade do penetrante

44.Uma vantagem do revelador aquoso é:
a) as indicações possuem cores mais vivas
b) não escorre depois de haver sido aplicado
c) não emite vapores inflamáveis
d) todas as alternativas são corretas

45.Quando aplicamos um penetrante de um lado de uma peça e procedemos a revelação pelo lado oposto a esta mesma peça , estamos realizando:
a) um procedimento em desacordo com as normas
b) um ensaio de estanqueidade por líquido penetrante
c) a qualificação dos produtos
d) este procedimento não pode ser executado , em nenhum caso

46.Se no ensaio de uma peça por líquidos penetrantes, o processo de esmerilhamento para limpeza prévia :
a) não é recomendado, pois poderá haver obstrução das aberturas , na superfície.
b) pode ser utilizado, desde que for de material abrasivo do tipo óxido de alumínio.
c) as aberturas superficiais se tornarão mais fáceis de serem observadas.
d) o tempo de penetração deverá ser aumentado para compensar

47.A avaliação final (fechamento do laudo) do ensaio por líquidos penetrantes conforme ASME Sec.V Art. 6, deve ser feita:
a) após um período de 10 minutos, observando o tamanho real das indicações
b) em 60 minutos, observando o tamanho da mancha do líquido penetrante difundido no revelador e comparando com o critério de aceitação.
c) imediatamente após a aplicação do revelador, aplicando o critério de aceitação estabelecido.
d) após um tempo de revelação, que o inspetor desejar, observando o tamanho da mancha difundido no revelador,e comparando com os critérios de aceitação aplicáveis.

48.No ensaio por líquidos penetrantes o tempo de penetração depende:
a) do tipo de material a ser ensaiado.
b) do tipo do líquido penetrante utilizado.
c) do acabamento superficial da peça.
d) as alternativas (a) e (b) são corretas.

49.A faixa limite de temperatura padrão, que a superfície pode estar, para ser aplicado o ensaio por líquidos penetrantes, conforme o ASME Sec.V Art. 6, é:
a) 10 a 52 ^{0}C
b) 5 a 50 ^{0}C
c) 16 a 60 ^{0}C
d) 15 a 60 ^{0}C

50.Qual a iluminação mínima recomendável quando utilizando penetrantes fluorescentes conforme ASME Sec. V Art. 6 ?
a) 800 μW/cm^2
b) 1000 lux
c) 540 lux
d) 1000 μW/cm^2

51.Qual é a única fase do ensaio por líquidos penetrantes que é exigido uma certa habilidade manual do inspetor ?
a) na aplicação do penetrante
b) na limpeza inicial
c) na aplicação do revelador
d) na agitação dos produtos aerosol

52.As avaliações intermediárias , após a aplicação do revelador, são necessárias para:
a) definir a forma da indicação, e diferenciar entre arredondada e linear.
b) registrar e dimensionar as indicações maiores , que mancham rapidamente o penetrante.
c) verificar se não vai ocorrer contaminações durante a revelação das indicações.
d) facilitar o registro final das indicações.

53.Qual das afirmações abaixo é verdadeira ?
a) o ensaio por LP pode avaliar profundidade de trincas
b) o ensaio por LP pode detectar qualquer descontinuidade superficial
c) uma camada de revelador mais fina proporciona melhor sensibilidade no ensaio por LP.
d) penetrantes fluorescentes são menos sensíveis que os visíveis com luz natural

54.Indicações consideradas relevantes conforme o Código ASME Sec. VIII Div.1 são :

a) qualquer mancha do penetrante no revelador com dimensões acima de 1,5 mm
b) qualquer indicação proveniente de descontinuidade com dimensões acima de 1,5 mm.
c) indicações circulares ou elípticas com comprimento maior que três vêzes a largura.
d) qualquer indicação proveniente de descontinuidade com dimensões menores que 1,5 mm.

55.Na inspeção de soldas em aço carbono, o tempo de penetração,de acordo com o recomendado no ASME Sec. V Art. 6, deve ser no mínimo de:

a) 5 minutos
b) 10 minutos
c) 30 minutos
d) depende se o produto é lavável a água ou removível com solvente

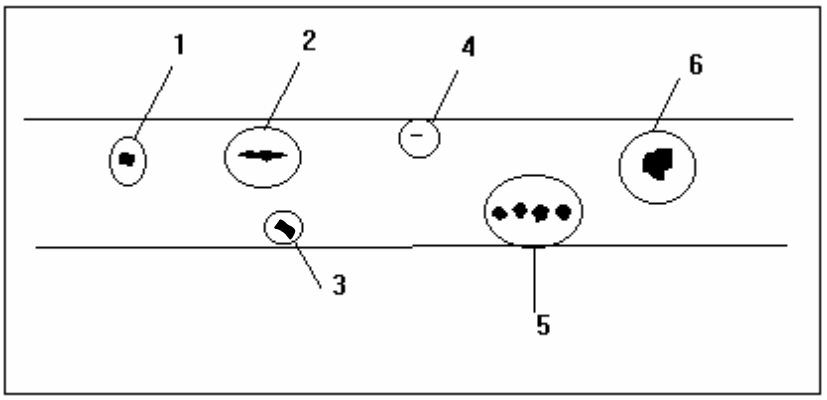
56.Qual das alternativas define melhor a função do profissional Nível II certificado para o ensaio por líquidos penetrantes de acordo com SNQC?

a) interpretar códigos e normas sobre o método
b) relatar e julgar os resultados do ensaio
c) orientar o profissional Nível I
d) as alternativas (b) e (c) são corretas

57.Na remoção do excesso de líquido penetrante removível com solvente , da superfície , o inspetor usou pano limpo e umedecido com tetracloreto. Neste caso:

a) o inspetor agiu de forma correta.
b) o inspetor não procedeu corretamente, uma vez que não utilizou o produto qualificado.
c) o inspetor não agiu corretamente, uma vez que deveria ter aspergido o solvente sobre a superfície primeiramente.
d) nenhuma das alternativas são corretas.

O croquis abaixo representa os resultados obtidos no ensaio por LP numa solda, na escala 1:1



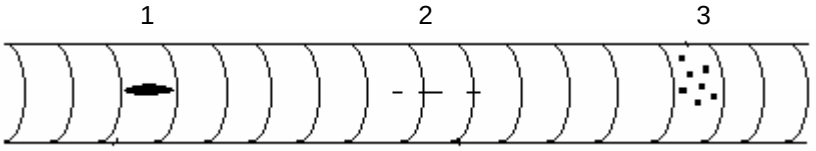
De acordo com o Código ASME Sec.VIII div.1 Ap.8 , responda as questões de 58 a 61

58.No croquis indicado , são indicações lineares;
a) 1 ,2 , 3 e 4
b) 2 e 4
c) 3 e 4
d) não há indicações lineares

59.No croquis indicado , são indicações inaceitáveis :
a) 2, 4, 5
b) 2, 5 , 6
c) 2 ,4, 5 e 6
d) 2 e 5

60.No croquis indicado , são indicações arredondadas:
a) 6 e 1
b) 1, 5 , 6 e 3
c) 1, 2 ,5 e 6
d) não há indicações arredondadas

61.O croquis abaixo ,representa o resultado da inspeção por líquidos penetrante de uma solda acabada.



a) as indicações lineares são reprovadas
b) as indicações (1) e (2) são aceitáveis
c) somente a indicação (3) é inaceitável
d) todas as indicações são reprovadas

62.A limpeza do excesso de líquido penetrante lavável a água deve ser feita através de:
a) por jato vigoroso de água sobre a superfície.
b) por pano umedecido com solvente.
c) por jato de água com pressão e temperatura controlada
d) escovas especiais.

63.Em geral , trincas são:
a) vazios intermetálicos
b) defeito provocado por uma ruptura do metal
c) inclusões indesejáveis
d) inclusões aleatórias

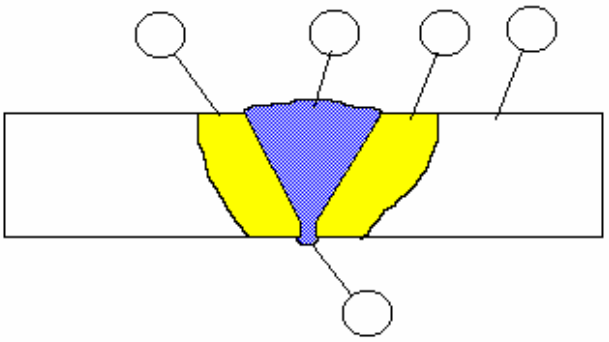
64.A natureza das inclusões em juntas soldadas podem ser:
a) metálicas
b) escórias
c) não metálicas
d) todas as alternativas são corretas

65.Uma descontinuidade que se origina no interior da solda , onde houve contração do metal , do
estado líquido para o sólido se chama:
a) inclusão de escória
b) falta de penetração
c) porosidade
d) trinca

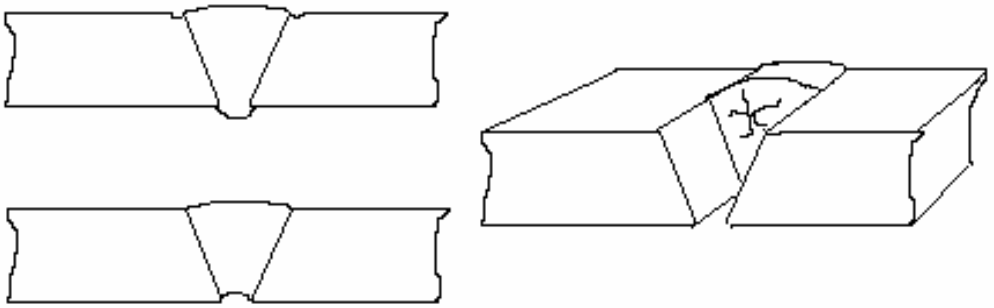
66.Descontinuidades em soldas que se originam na raiz,por falta de deposição de material, denomina-se :
a) falta de penetração
b) falta de fusão
c) porosidade
d) trinca

67.Observe a figura abaixo , e numere os círculos indicados na figura de acordo com a tabela :

1 = metal depositado
2 = metal base
3 = zona térmicamente afetada
4 = raiz da solda



68.Nas figuras abaixo , identifique as descontinuidades existentes , escrevendo o nome sob cada figura:



69.Associe as colunas:

(1) TIG
(2) Arco Submerso
(3) Eletrodo revestido
(4) MIG
(5) MAG

( ) união dos metais com um arco elétrico entre um eletrodo nu e o metal base sob um manto de fluxo granulado.
( ) arco elétrico entre um eletrodo nu e o metal base , com um gás inerte protegendo o arco.
( ) arco elétrico entre um eletrodo de tungstênio e o metal base , com um gás inerte protegendo o arco.
( ) arco elétrico entre um eletrodo com revestimento e o metal base.

70.Um inspetor estabeleceu um procedimento de ensaio de líquidos penetrantes para determinar profundidade de trincas por este método. Qual das alternativas é correta ?
a) isto é possível desde que o inspetor tenha um corpo de prova padrão
b) isto é possível desde que o inspetor utilize penetrante removível com solvente
c) este método de ensaio não foi desenvolvido para esta finalidade
d) isto sómente é possível se a trinca tiver pelo menos 10 μm de abertura

71.Das afirmações abaixo,qual a que define melhor o problema do esmerilhamento para a limpeza prévia da superfície a ser inspecionada por líquidos penetrantes ?
a) a descontinuidade pode ser fechada por ação de remoção de metal
b) o óleo contaminante pode ser fechado dentro da descontinuidade
c) esta operação pode ser usada normalmente sem problemas
d) a operação pode produzir outras descontinuidades

72.Qual dos métodos abaixo é que deve ser utilizado jato de água com pressão e temperatura controlada ?
a) na lavagem do excesso de penetrante lavável em água
b) na lavagem do revelador após o ensaio
c) na limpeza prévia do ensaio por líquido penetrante
d) nunca deve ser utilizada tal técnica no ensaio por líquido penetrante

73.O inspetor de líquidos penetrantes, após aplicar o revelador, foi almoçar, voltando depois de 50 minutos. De acordo com ASME Sec. V Art. 6, é aceitável a conduta do inspetor ?
a) sim
b) sim , se o inspetor for qualificado
c) sim , pois o limite é 60 minutos para o laudo final
d) não

74.A temperatura no ensaio por líquidos penetrantes:
a) é um fator importante que deve ser controlado para a realização do ensaio
b) não é um fator importante, pois a temperatura pode oscilar de um local para o outro
c) deve estar pelo menos sempre acima da temperatura ambiente
d) sómente é importante quando do ensaio de peças sensíveis a alterações de temperatura

75.Qual dos produtos abaixo é mais indicado para limpeza prévia de uma peça contendo resíduos oleosos ?
a) limpeza com água
b) escovamento com querosene
c) uso de solventes ou removedores
d) todas as alternativas

76.Peças em aço carbono , usinadas acabadas , que devam ser inspecionadas por líquidos penetrantes, é mais adequado o uso de penetrantes:
a) removíveis com solvente
b) emulsificáveis
c) laváveis com água
d) fluorescentes

77.Se uma certa quantidade de um produto penetrante possui data de validade vencida, neste caso:
a) o inspetor pode usar normalmente, pois este produto possui uma validade que pode ser estendida
b) o inspetor pode misturar na proporção de 50% este produto com outro dentro do período de validade, assegurando boa sensibilidade no ensaio
c) o produto deve ser descartado
d) o inspetor deve procurar o fabricante para conseguir uma validade maior do produto

78.Considere as afirmações a seguir:

I - O ensaio por líquidos penetrantes pode determinar a profundidade de uma trinca superficial

II - Em geral, solventes orgânicos possuem alto poder de capilaridade

III- Indicações superficiais arredondadas são menos perigosas que as lineares

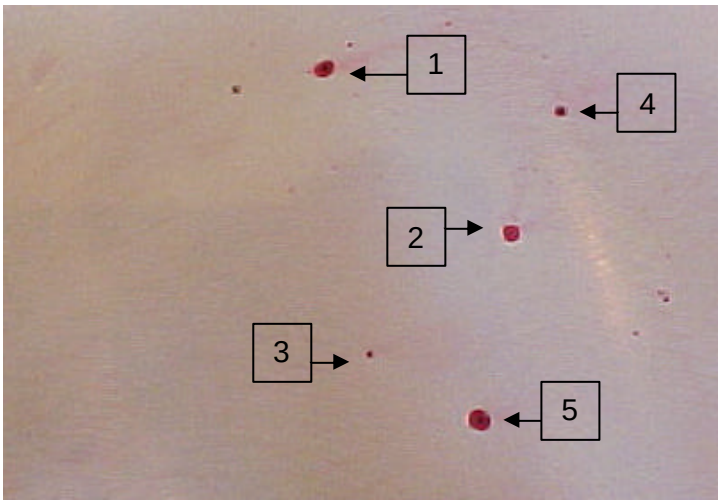
IV - Qualquer pano de limpeza pode ser utilizado no ensaio por líquidos penetrantes

Qual alternativa é correta ?

a) As afirmativas I e II são corretas
b) As afirmativas II e III são corretas
c) As afirmativas I, II e IV são falsas
d) Todas as afirmativas são falsas

79 O inspetor de líquidos penetrantes utilizou um produto penetrante da Metal Chek e para remoção o produto revelador da Magnaflux, único existente no estoque. De acordo com as recomendações do ASME Sec. V Art. 6, qual a alternativa correta ?
a) o inspetor utilizou produtos não qualificados
b) o inspetor misturou produtos de fabricantes diferentes, o que não é permitido
c) o inspetor efetuou a remoção usando produto inadequado
d) poderá ser utilizado desde que o Cliente aprove

80.A foto abaixo representa o resultado em verdadeira grandeza da inspeção de uma região de uma peça fundida que sofreu reparos. Qual das indicações marcadas é reprovada, com base no Código ASME Sec. VIII Div. 1 Ap.8 ?



81. Qual dos exames físicos abaixo o inspetor de líquidos penetrantes Nível 1 ou 2 deve estar aprovado ?
    a) exame radiográfico do pulmão
    b) exame de acuidade visual no mínimo J2 e contraste de cores
    c) exame de hemograma
    d) todos acima são importantes

82. Se durante o processo de revelação, ocorrer um escorrimento do produto revelador na superfície da peça, então:
    a) não há problema pois isto não influirá no resultado do ensaio
    b) o inspetor deverá remover com pano limpo a área afetada e re aplicar o produto
    c) o inspetor deverá repetir o ensaio desde o começo
    d) o escorrimento é difícil de ocorrer

83. Qual das seguintes, poderia ser uma fonte para falsas indicações sobre a superfície da peça no ensaio por líquidos penetrantes ?
    a) resíduo de penetrante sobre a bancada de ensaio
    b) penetrante nas mãos do inspetor
    c) contaminação do revelador com penetrante
    d) todas as alternativas são possíveis

84. Qual dos instrumentos de medição abaixo é importante e mais comum para a avaliação das indicações no ensaio por líquidos penetrantes?
    a) lupa graduada
    b) micrômetro calibrado
    c) goniômetro
    d) trena, escala ou régua calibrada em "mm"

85. O resultado das forças de coesão entre as moléculas que formam a superfície dos líquidos é conhecido como uma propriedade denominada:
    a) molhabilidade
    b) inércia química
    c) penetrabilidade
    d) tensão superficial

86. O ponto de fulgor dos líquidos é um fator importante para a segurança de sua utilização. Em geral os fabricantes desses produtos o fazem com qual ponto de fulgor ?
    a) $\geq$100 ^{0}C
    b) $\geq$200 ^{0}C
    c) $\geq$300 ^{0}C
    d) $\geq$500 ^{0}C

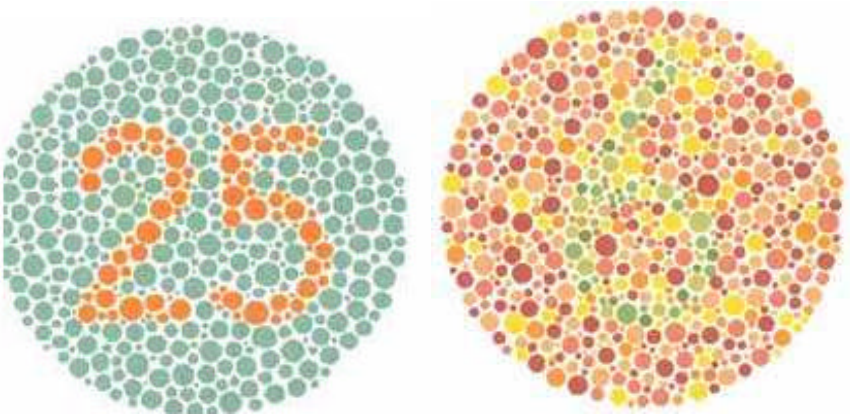
87.Um feixe de luz ao atravessar uma solução colorida é absorvido de forma constante e proporcional à espessura da camada de solução. Essa afirmação se deve à:
a) lei de Avogrado
b) lei de Lambert
c) lei de Beer
d) lei de Brag

88.O líquido penetrante quando estocado não deve reagir com sua embalagem tampouco com o material a ser inspecionado quando utilizado. Esta propriedade denomina-se:
a) viscosidade
b) tensão superficial
c) inércia química
d) volatilidade

89.Os produtos reveladores que se apresentam em um veículo de secagem rápida, é classificado como:
a) revelador aquoso
b) revelador não aquoso
c) revelador úmido
d) as alternativas (b) e (c) são possíveis

90.Um inspetor de líquidos penetrantes, após aplicar o revelador, aguardou 60 minutos para a avaliação final, de acordo com ASME Sec. V Art. 6, mas no entanto ele teve que se retirar do local chamando um outro inspetor para finalizar a interpretação e registro. Nessa situação:
a) o inspetor agiu de acordo com a norma
b) não acorreu nenhum problema , se o inspetor for qualificado
c) o inspetor não poderia ter deixado o local, pois o segundo inspetor não acompanhou o aparecimento das indicações desde o início
d) o inspetor aguardou muito tempo, acima do requerido pela norma

91.As figuras abaixo consiste num padrão de verificação da habilidade visual do inspetor em ver cores, denominado:



a) Jeager
b) Snellen
c) Ishihara
d) Cartas de cores Ortho-Rated

OBRAS CONSULTADAS

1. American Society of Mechanical Engineers - ASME Boiler and Pressure Vessel Code , Section V

2. Leite, Paulo G.P , “Curso de Ensaios Não Destrutivos”, 8a. edição , Associação Brasileira de Metais-ABM , 1966 ;

3. American Society of Mechanical Engineers - ASME Boiler and Pressure Vessel Code , Section VIII Div.1 e 2

4. Mac Master R ; "Non Destructive Testing Handbook, N.York , Ronald Press, 1959 Vol. 1

5. SENAI , "Soldagem" , São Paulo , SP , 1997

6. Sakamoto, A , "Ensaio por Líquidos Penetrantes", ABENDE

7. American Society of Non Destructive Testing –ASNT, SNT-TC-1A, Ed. 2001, Ohio, EUA

8. Petrobras, Norma N-1596 ,” Ensaio Não Destrutivo – Líquido Penetrante” Revisão E , Nov./ 2003

GABARITO DAS QUESTÕES

Questão	Resposta	Questão	Resposta
1	d	51	c
2	c	52	a
3	d	53	c
4	c	54	b
5	d	55	a
6	d	56	d
7	a	57	b
8	d	58	b
9	c	59	a
10	d	60	b
11	c	61	a
12	d	62	c
13	b	63	b
14	d	64	d
15	d	65	d
16	d	66	a
17	c	67	azul=1 , amarelo=3 , branco=2
18	d	68	mordedura, f. penetração , trinca de cratera
19	c	69	2 , 4 , 1 , 3
20	d	70	c
21	b	71	a
22	c	72	a
23	c	73	d
24	c	74	a
25	b	75	c
26	c	76	a
27	b	77	c
28	d	78	b
29	a	79	b
30	c	80	nenhuma
31	d	81	b
32	c	82	c
33	d	83	d
34	a	84	d
35	b	85	d
36	c	86	b
37	c	87	c
38	d	88	c
39	b	89	d
40	a	90	c
41	a	91	c
42	b		
43	a		
44	c		
45	b		
46	a		
47	b		
48	d		
49	a		
50	d		

**DIREITOS RESERVADOS DE PUBLICAÇÃO E VENDAS
COM A AUTORIZAÇÃO DO AUTOR.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS E INSPEÇÃO
Rua Guapiaçu 05 , 04024-020 , São Paulo / SP
www.abende.org.br
Tel: 0XX11-5586-3199 , e-mail : abende@abende.org.br