

## 1. OBJETIVO

Este procedimento estabelece as condições necessárias para a execução do ensaio não destrutivo por meio de Líquido Penetrante para detecção de descontinuidades em peças fundidas, forjadas e laminadas a ser utilizado no Sistema Nacional de Qualificação e Certificação de Pessoal em END - SNQC/END.

## 2. NORMAS DE REFERÊNCIA

ASME Seção V edição 2004.

ASME VIII divisão 1 apêndice 7

ASTM E-165 edição 2002.

CCH 70-3 Steel Casting for Hydraulic Machines edição jun/96

## 3. MATERIAIS A SEREM ENSAIADOS

3.1 *Materiais*: ferro fundido, ferro fundido nodular, ferro fundido cinzento, aço carbono e baixa liga, aço inoxidável austenítico, aço inoxidável ferrítico, aço inoxidável martensítico, aço inoxidável duplex, titânio e liga de níquel.

3.2 *Processo de Fabricação*: fundidos, forjados e laminados.

3.3 *Formas*: chapas planas e geometrias variadas.

## 4. SAÚDE E SEGURANÇA

4.1 Antes da aplicação deste procedimento todas as pessoas envolvidas com a inspeção, devem estar familiarizadas com os conteúdos dos procedimentos de segurança local.

4.2 As inspeções devem ser conduzidas em locais ventilados, para se evitar intoxicações por inalação de vapores provocados por aerossóis ou solventes.

4.3 Como alguns materiais utilizados no ensaio por líquido penetrante são inflamáveis, os mesmos devem ser utilizados longe de locais onde possa haver chamas ou superaquecimento.

4.4 Em função dos locais de inspeção e dos produtos a serem utilizados, o inspetor deve avaliar a necessidade de uso de EPI's apropriados.

## 5. PRODUTOS A SEREM UTILIZADOS

Os líquidos penetrantes utilizados deverão estar de acordo com a seguinte tabela.

Tipo I – Ensaio com Penetrante fluorescente	
Técnica A	Lavável a água
Técnica C	Removível com solvente
Tipo II – Ensaio com Penetrante colorido	
Técnica A	Lavável a água
Técnica C	Removível com solvente

5.1 Somente serão utilizados produtos dentro do prazo de validade e com sensibilidade comprovada através de teste de recebimento conforme item 15.1.

5.2 No ensaio de aços inoxidável duplex, aço inoxidável austenítico e titânio somente serão utilizados materiais penetrantes com certificado de análise química quanto ao teor de contaminantes (cloro e flúor), que não deve exceder ao estipulado em 5.2.1 e 5.2.2.

5.2.1 O resíduo da evaporação de 50g do material penetrante (exceto solventes e removedores) deve ser inferior a 0,0025g. Caso o resíduo da evaporação seja igual ou superior a 0,0025g, a soma do conteúdo de cloro e flúor no resíduo, não deve exceder a 1% do resíduo em peso. O procedimento de análise será conforme determinado na norma ASME Section V, item T-641 (b)(1).

- 5.2.2 O resíduo da evaporação de 100g de solventes e removedores deve ser inferior a 0,005g. Caso o resíduo da evaporação seja igual ou superior a 0,005g, a soma do conteúdo de cloro e flúor no resíduo, não deve exceder a 1% do resíduo em peso. O procedimento de análise será conforme determinado na norma ASME Section V, item T-641 (b)(3).
- 5.3 No ensaio de ligas de níquel somente serão utilizados materiais penetrantes com certificado de análise química quanto ao teor de contaminantes (enxofre), que não deve exceder ao estipulado em 5.3.1 e 5.3.2.
- 5.3.1 O resíduo da evaporação de 50g do material penetrantes (exceto solventes e removedores) deve ser inferior a 0,0025g. Caso o resíduo da evaporação seja igual ou superior a 0,0025g, o conteúdo de enxofre no resíduo, não deve exceder a 1% do resíduo em peso. O procedimento de análise será conforme determinado na norma ASME Seção V artigo 6 apêndice I.
- 5.3.2 O resíduo da evaporação de 100g de solventes e removedores deve ser inferior a 0,005g. Caso o resíduo da evaporação foi igual ou superior a 0,005g, o conteúdo de enxofre no resíduo, não deve exceder a 1% do resíduo em peso. O procedimento de análise será conforme determinado na norma ASME Seção V artigo 6 apêndice I.

## 6. EXTENSÃO DA INSPEÇÃO

A inspeção deve cobrir 100% da superfície ou em uma região especificada, neste caso, deve cobrir a área demarcada mais uma faixa 25 mm contornando a área de interesse.

## 7. CONDIÇÕES DE ENSAIO

- 7.1 A iluminação mínima durante todo ensaio por meio de penetrante colorido deverá ser de 1000 lux.
- 7.2 A iluminação máxima para penetrante fluorescente será de 20 lux.
- 7.3 No ensaio com líquido penetrante fluorescente, tipo I, a luz negra, na superfície em ensaio, deve ter intensidade mínima de 1000  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ . A lâmpada deverá ser aquecida por no mínimo 5 minutos antes de seu emprego.
- 7.4 O inspetor deve estar no local do ensaio pelo menos 1 minuto antes de iniciar a inspeção, para adaptação de seus olhos.
- 7.5 Óculos com lentes fotocromáticas não devem ser utilizadas durante a inspeção.

## 8. PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE

- 8.1 As superfícies a serem ensaiadas e mais 25mm contornando a área de interesse, devem estar livres de graxa, óleo, óxidos, carepas, areia, rebarbas, tintas, etc. Quando necessário, poderá ser efetuada limpeza mecânica por usinagem, escovamento ou esmerilhamento de acordo com a condição superficial, seguida da limpeza com solvente.
- 8.2 A superfície deverá apresentar uma rugosidade máxima de acordo com a tabela abaixo

Classe (critério de aceitação)	Ra ( $\mu\text{m}$ )
1	$\leq 6,3$
2 a 3	$\leq 12,5$
4 a 5	$\leq 12,5$

### NOTA:

- (1). Quando a inspeção for feita em aços inoxidáveis, as ferramentas devem ser de aço inoxidável ou revestidas com o mesmo, as escovas devem ser de aço inoxidável e os discos de corte devem ter alma de nylon ou similar. Estas ferramentas devem ser usadas exclusivamente em aços inoxidáveis.

- 8.3 Após a limpeza a secagem deverá ser feita por evaporação normal e o tempo mínimo de secagem não deverá ser inferior a 5 minutos.

## 9. FAIXA DE TEMPERATURA PARA O ENSAIO

Tanto a superfície como os materiais penetrantes devem estar na faixa de 10 a 52 °C para penetrantes coloridos e de 10 a 38°C para penetrantes fluorescentes, durante todo o ensaio.

## 10. MODO DE APLICAÇÃO DO LÍQUIDO PENETRANTE E TEMPO DE PENETRAÇÃO

10.1 A aplicação será feita por meio de aerosol, pulverização, imersão ou por pincelamento.

10.2 O tempo de penetração será de, no mínimo, 10 minutos, e nunca ser superior a 60min.

## 11. MODO DE REMOÇÃO DO EXCESSO DE LÍQUIDO PENETRANTE

11.1 Para penetrante removível com água, o excesso de penetrante deve ser removido com aplicação de água sobre a superfície em ensaio. A temperatura da água não deve ser superior a 38 °C (100° F) e a pressão não deve exceder 280 Kpa (aproximadamente 40 psi).

11.2 Para penetrante removível com solvente, o excesso de penetrante deve ser removido primeiramente com panos, limpos e secos. Após esta primeira limpeza, devem ser utilizados panos levemente umedecidos com removedor. É proibida a aplicação do removedor diretamente sobre a peça.

### NOTA:

- (1). A comprovação da correta remoção do excesso de líquido penetrante fluorescente tipo I, deve ser feita com o auxílio da lâmpada de luz negra e em ambiente escurecido.

## 12. MODO E TEMPO DE SECAGEM, ANTES DA APLICAÇÃO DO REVELADOR

12.1 A secagem poderá ser feita através da evaporação natural com um tempo mínimo de 5 minutos, ou através da secagem através da circulação de ar quente, neste caso a temperatura da peça não poderá exceder a 38°C para penetrante fluorescente (tipo I) e 52°C para penetrantes coloridos (tipo II).

## 13. MODO E TEMPO MÁXIMO PARA APLICAÇÃO DO REVELADOR

13.1 *Revelador úmido não aquoso* - O revelador deverá ser aplicado por aerossol ou pulverização por meio de ar comprimido, imediatamente após a secagem da superfície e, no máximo após 30 minutos do término da remoção do excesso. Quando for utilizada pulverização por meio de ar comprimido, a linha de ar deve conter filtros para evitar a contaminação do revelador e a pressão deve ser, no máximo, 196 KPa (30 psi).

13.2 *Revelador seco* - A aplicação deverá ser feita através da imersão da peça em um tanque contendo revelador seco, ou através de borrifador de pó, ou através de uma pistola de pó convencional ou eletrostática. A aplicação deste revelador também poderá ser feita em uma câmara fechada que crie uma nuvem de pó controlada e que alcance toda a área de ensaio. O excesso de pó seco deve ser removido com pequenas pancadas ou através de jatos de ar comprimido de baixa pressão 34 a 70 KPa (5 a 10 psi). Neste caso a linha de ar deverá possuir filtro para evitar a contaminação do revelador e controlar a pressão. Caso o revelador seja aplicado através da imersão, a peça deverá ficar imersa por no mínimo 10 minutos antes de iniciar o laudo.

## 14. TEMPO PARA INTERPRETAÇÃO

14.1 A interpretação inicial deve ser feita imediatamente após a aplicação do revelador úmido, no caso do revelador seco a interpretação inicial deve ser feita depois de decorrido o tempo de imersão indicado no item 13.2.

14.2 A interpretação final do ensaio deve ser efetuada 20 minutos após a aplicação do revelador.

## 15. REQUISITOS ADICIONAIS

15.1 - *Teste de recebimento dos materiais penetrantes.*

15.1.1 Somente serão aceitos os materiais penetrantes que contenham em suas embalagens a data de fabricação, o prazo de validade e o número de lote ou corrida de fabricação.

15.1.2 Será efetuado teste de recebimento de cada lote de material penetrante, de forma a verificar-se a sensibilidade do ensaio está sendo mantida. O teste de recebimento será feito utilizando-se o bloco padrão JIS de 10 ou 20 µm (para penetrantes fluorescentes, tipo I) e padrão JIS de 30 ou 50 µm (para penetrantes visíveis, tipo II). Para a execução do teste de recebimento, o ensaio será aplicado na



temperatura de utilização dos produtos e os resultados comparados com fotografia previamente obtida das descontinuidades existentes no bloco. Somente serão aceitos materiais penetrantes com sensibilidade igual ou melhor que a mostrada na fotografia do bloco.

## **16. AVALIAÇÃO DO RESULTADO**

16.1 Conforme critério do anexo 2.

## **17. LIMPEZA FINAL**

Será efetuada com escova manual, trapos industriais e solvente. Para aços inoxidáveis e ligas de níquel levar em consideração os itens 5 e 8.

## **18. FORMULÁRIO PARA RELATÓRIO DE REGISTRO DE RESULTADOS**

As descontinuidades deverão ser registradas no formulário conforme anexo 1



**LÍQUIDO PENETRANTE**  
**PROCEDIMENTO DE END**  
**PR-XXX**

Manual: **SNQC/END**

Página: **5 de 8**

Revisão: **0 (jun/2006)**

---

ANEXO 1 – FOLHA DE RELATÓRIO



LÍQUIDO PENETRANTE  
PROCEDIMENTO DE END  
PR-XXX

Manual: SNQC/END

Página: 6 de 8

Revisão: 0 (jun/2006)



RELATÓRIO DE ENSAIO  
LÍQUIDO PENETRANTE

(IDENTIFICAÇÃO DO CEG)

PROCEDIMENTO - N.º REV.		CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO		RELATÓRIO N.º _____
MATERIAL		N.º cp.	CONDIÇÃO DA SUPERFÍCIE	FOLHA: _____ de _____
				NORMA DE REFERÊNCIA

	REMOVEDOR	PENETRANTE	REVELADOR
Fabricante			
Marca/Modelo			
Lote			

N.º	Tipo de Descontinuidade	Localização (mm) de .... a .....	Dimensão (mm)	RESULTADO	Croqui / Obsevação

LEGENDA:

<b>Resultado do Ensaio:</b>	<b>Descontinuidades</b>	
S: Satisfatório	TL: Trinca Longitudinal	RE: Rechupe
N: Não Satisfatório	TT: Trinca Transversal	PO: Poro e/ou Porosidade
NEC: Necessário Exame	DO: Dobras	IN: Inculsões

SATISFATÓRIO       NÃO SATISFATÓRIO       NEC

NOME DO CANDIDATO:		NUMERO:
MODALIDADE DO EXAME		ASSINATURA DO CANDIDATO:
EMPRESA:	DATA:	VISTO DO EXAMINADOR:

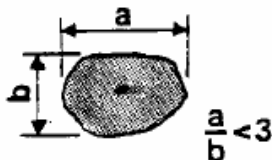
## ANEXO 2 – CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO

### 1. Interpretação dos resultados

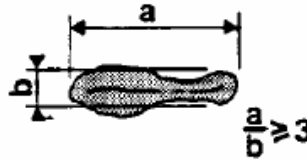
#### a. Definições

- i. Indicação é qualquer sangria detectável (manchamento) após a aplicação do revelador.
- ii. Relevantes são aquelas indicações resultantes de descontinuidades.
- iii. Arredondadas são indicações circulares ou mais ou menos elípticas e com seu comprimento menor que três vezes a largura.
- iv. Lineares são indicações na qual o comprimento máximo representa três vezes ou mais a largura.
- v. Alinhadas são grupos de três ou mais indicações, alinhadas lado a lado, com uma distância entre bordas menor que 2 mm.

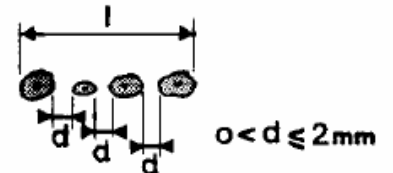
#### arredondada



#### linear



#### alinhada



### 2. Avaliação das Indicações

- a. O limite para considerar uma indicação na contagem é definida para cada classe
- b. Imperfeições superficiais, tais como riscos e outras condições superficiais, podem provocar indicações. Uma indicação suspeita deve ser considerada como um defeito e deve ser reexaminada, para verificar se realmente é um defeito.
- c. Áreas contendo pigmentação ou fluorescência em excesso são inaceitáveis.

### 3. Critério de Aceitação

- a. A área ensaiada deve ser avaliada e classificada pela comparação com os critérios definidos em uma das cinco classes, numeradas de 1 à 5 em ordem decrescente.
- b. A superfície de referência de 1 dm<sup>2</sup>, levado em consideração para esta comparação, pode ser um quadrado ou retângulo em qualquer direção, dependendo da geometria e as dimensões da área ensaiada ou de acordo com a posição mais desfavorável das indicações dentro da área considerada. No caso do retângulo o comprimento não pode exceder 250 mm em qualquer direção.
- c. Casos de indicações especiais ou indicações lineares, as quais obviamente são impossíveis de classificar, devem ser objeto de uma investigação adicional para cada caso particular.

#### 4. Níveis de Classe

- a. Classe 1 - Critério de aceitação:
  - i. Menor descontinuidade a ser considerada:  $a = 0,5 \text{ mm}$
  - ii. Nenhuma indicação com a dimensão maior que  $2 \text{ mm}$
  - iii. Nenhuma indicação linear
  - iv. Nenhuma indicação alinhada
  - v. Superfície total das indicações no intervalo de  $6 \text{ a } 7 \text{ mm}^2$
  
- b. Classe 2 - Critério de aceitação:
  - i. Menor descontinuidade a ser considerada:  $a = 1 \text{ mm}$
  - ii. Nenhuma indicação com a dimensão de  $a > 3 \text{ mm}$
  - iii. Nenhuma indicação linear
  - iv. Nenhuma indicação alinhada
  - v. Superfície total das indicações no intervalo de  $16 \text{ mm}^2$
  
- c. Classe 3 - Critério de aceitação:
  - i. Menor descontinuidade a ser considerada:  $a = 1,5 \text{ mm}$
  - ii. Nenhuma indicação com a dimensão de  $a > 4 \text{ mm}$
  - iii. Nenhuma indicação linear
  - iv. Nenhuma indicação alinhada
  - v. Superfície total das indicações no intervalo de  $40 \text{ mm}^2$
  
- d. Classe 4 - Critério de aceitação:
  - i. Menor descontinuidade a ser considerada:  $a = 1,5 \text{ a } 2 \text{ mm}$
  - ii. Nenhuma indicação com a dimensão de  $a > 6 \text{ mm}$
  - iii. Nenhuma indicação linear
  - iv. Nenhuma indicação alinhada de  $l > 10 \text{ mm}$
  - v. Superfície total das indicações no intervalo de  $100 \text{ mm}^2$
  
- e. Classe 5 - Critério de aceitação:
  - i. Menor descontinuidade a ser considerada:  $a = 2 \text{ mm}$
  - ii. Nenhuma indicação com a dimensão de  $a > 8 \text{ mm}$
  - iii. Nenhuma indicação linear de  $a > 7 \text{ mm}$
  - iv. Nenhuma indicação alinhada de  $l > 16 \text{ mm}$
  - v. Superfície total das indicações no intervalo de  $250 \text{ mm}^2$