



AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE
ICP™



Procedimento definido API para dimensionamento ultrassônico avançado de trinca

API-UT-10

Este procedimento define os métodos e técnicas recomendados para o dimensionamento de trincas por exame ultrassônico

1. Procedimento

- 1.1. Este procedimento é aplicável apenas a exames ultrassônicos realizados para o Programa de Certificação de Inspectores de Ensaio Ultrassônicos do American Petroleum Institute (API).
- 1.2. O procedimento a seguir se refere à equipamentos e técnicas de avaliação de dimensionamento para exames de dimensionamento de altura de trincas.
- 1.3. Esse procedimento fornece diretrizes e técnicas para o dimensionamento ultrassônico de trincas planares que se originam do lado oposto da superfície de varredura ou do diâmetro interno (ID).
- 1.4. Esse procedimento é aplicável a materiais de aço carbono de espessuras de 0,375 polegadas a 1,0 polegada.
- 1.5. Procedimento avançado de dimensionamento ultrassônico de trinca descreve os requisitos para métodos de contato, usando onda longitudinal refratada e técnicas de onda de cisalhamento para materiais de aço carbono.
- 1.6. Outros métodos e técnicas podem ser usados quando um bloco de calibração de dimensionamento apropriado é utilizado.
- 1.7. Transdutores ultrassônicos de onda longitudinal e/ou de cisalhamento, e blocos de calibração de dimensionamento ultrassônico especial são usados para exames de dimensionamento.
- 1.8. Estas técnicas de dimensionamento são aplicáveis apenas para exames manuais.

2. Referências

- 2.1. SNT-TC-1A da *American Society for Nondestructive Testing* (ASNT).
- 2.2. Código de caldeiras e vasos de pressão da *American Society of Mechanical Engineers* (ASME).
- 2.3. Norma ASTM de Dimensionamento de Trinca ASTM E-2192.

3. Requisitos de Pessoal

- 3.1. O pessoal que executa esta qualificação deve ser, no mínimo, certificado em UT Nível II ou III, de acordo com a prática utilizada por seus empregadores.

4. Equipamento

4.1. Equipamentos Ultrassônicos

4.1.1. Qualquer equipamento ultrassônico pode ser usado, desde que satisfaça os requisitos deste procedimento. Equipamentos ultrassônicos devem ser equipados com um ganho calibrado dB ou controle de atenuação espaçado em incrementos de 2db ou menos.

4.2. Transdutores ultrassônicos

4.2.1. Transdutores ultrassônicos devem estar na faixa de frequência de 1.0 a 10.0 MHz.

4.2.2. Transdutores ultrassônicos podem ser de tipo de elemento único ou duplo, que poderão produzir onda de cisalhamento ou longitudinal conforme se aplicarem à técnica de dimensionamento de trinca apropriada.

4.2.3. Transdutores ultrassônicos a serem usados no dimensionamento de trincas devem produzir físicas de ondas apropriadas associadas aos seguintes métodos de dimensionamento de trincas descritos neste procedimento:

4.2.3.1. Ondas "*Creeping*" do Diâmetro Interno

4.2.3.2. Difração de Ponta

4.2.3.3. Bimodal

4.2.3.4. Onda "L" Refratada Focalizada ou Onda de Cisalhamento Focalizada

4.3. Cabeamento

4.3.1. Qualquer tipo e comprimento de cabo que for conveniente pode ser utilizado.

4.4. Acoplante

4.4.1. Qualquer material acoplante pode ser utilizado.

4.5. Blocos de calibração e referência

4.5.1. Blocos especiais de calibração de dimensionamento de trincas deverão ser usados para estabelecer calibrações específicas para os métodos de dimensionamento identificados neste procedimento.

4.5.2. Os blocos de calibração de dimensionamento devem conter refletores de

chanfros e/ou perfurações laterais (SDH) a profundidades específicas conhecidas para a calibração do método de dimensionamento aplicável.

- 4.5.3. Os blocos de calibração de dimensionamento devem ser fabricados com aço carbono.
- 4.5.4. Normalmente, uma chapa plana com chanfros de 20% a 80% na parede em espaçamentos de 20% é usada para calibrar a faixa de tela em profundidade. Outras espessuras de blocos na faixa do material sendo examinado podem ser usadas.
- 4.5.5. Blocos especiais podem ser usados para a calibração de outros métodos.
- 4.5.6. Blocos de referência (exemplo: IIW, DSC, Rompas, etc.) podem ser usados para estabelecer faixas de tela lineares e determinar ângulos refratados e informação do ponto de saída. Blocos de calibração devem ser feitos de aço carbono.

5. Calibração

- 5.1. A temperatura do material do bloco de calibração deve estar abaixo de 25 graus Fahrenheit do componente a ser examinado.
- 5.2. Calibração do Sistema
 - 5.2.1. A calibração do sistema deve incluir o sistema de exame completo. Qualquer mudança em transdutores ultrassônicos, sapatas, acoplante ou equipamento deverá ser causa para recalibração.
 - 5.2.2. As técnicas de dimensionamento de trinca utilizadas de acordo com esse procedimento são as seguintes:
 - 5.2.2.1. O Método de Ondas “*Creeping*” do Diâmetro Interno (IDCR), ou técnica de conversão de modo 30-70-70 é usado como um precursor para determinar a altura aproximada da trinca, por exemplo, superficial (1/3t interno), intermediária (1/3t médio), ou profunda (1/3t externo). (Técnica 1)
 - 5.2.2.2. O método de difração de ponta é usado para trincas de superficiais a intermediárias de 10 a 40% em altura. (Técnica 2).
 - 5.2.2.3. O método bimodal é usado para trincas que estão na faixa intermediária, na área de 30% a 70% de altura. (Técnica 3).

- 5.2.2.4. Os métodos Onda Longitudinal Refratada Focalizada e Onda de Cisalhamento Focalizada são usados para trincas que são muito profundas, (mais do que 40% ou 50% em altura), e penetram a superfície externa. (Técnica 4).

Nota: As faixas de altura de trincas são apresentadas como um guia e são indicativas da espessura do material e o método de dimensionamento específico usualmente para um componente de 1 polegada de espessura.

- 5.3. Calibração da faixa de tela pode ser alcançada tanto por percurso sônico direto quanto pela altura real. Calibrações específicas podem ser realizadas conforme descrito nos apêndices (página 8) nas técnicas de dimensionamento apropriadas.
- 5.4. Outras técnicas de dimensionamento ou variações das técnicas supracitadas podem ser usadas conforme esse procedimento.
- 5.5. O método de dimensionamento e o transdutor ultrassônico deverão ser selecionados entre as técnicas apropriadas, baseadas na zona de investigação.
- 5.6. Sempre que for prático, a altura da trinca na parede deve ser verificada por mais de uma técnica de dimensionamento.
- 5.7. Além disso, sempre que prático, o dimensionamento deve ser realizado em ambos os lados da trinca.

6. Exame

- 6.1. Requisitos de varredura
- 6.1.1. A área designada pelo supervisor do exame API deverá ser investigada com a técnica de dimensionamento apropriada. O exame de dimensionamento deverá ser realizado ao longo do comprimento da trinca para determinar a **altura máxima da trinca**. A maior profundidade da trinca ou altura na parede deverá ser registrada no Formulário API de Registro de Dimensionamento de Trincas.
- 6.1.2. Além disso, o ligamento remanescente de metal bom acima da trinca deverá ser registrado no Formulário API de Registro de Dimensionamento de Trincas.
- 6.1.3. A configuração do reforço de solda deve restringir o movimento do transdutor ultrassônico para o dimensionamento da trinca usando a técnica específica. Selecione a técnica de dimensionamento de trinca apropriada para acomodar essa limitação.

7. Avaliação de dimensionamento e critério de registro

7.1. Aplicação de dimensionamento

7.1.1. O Fluxograma de Dimensionamento (Figura 1) pode ser usado para categorizar a suspeita de trinca na zona ou volume de material apropriado.

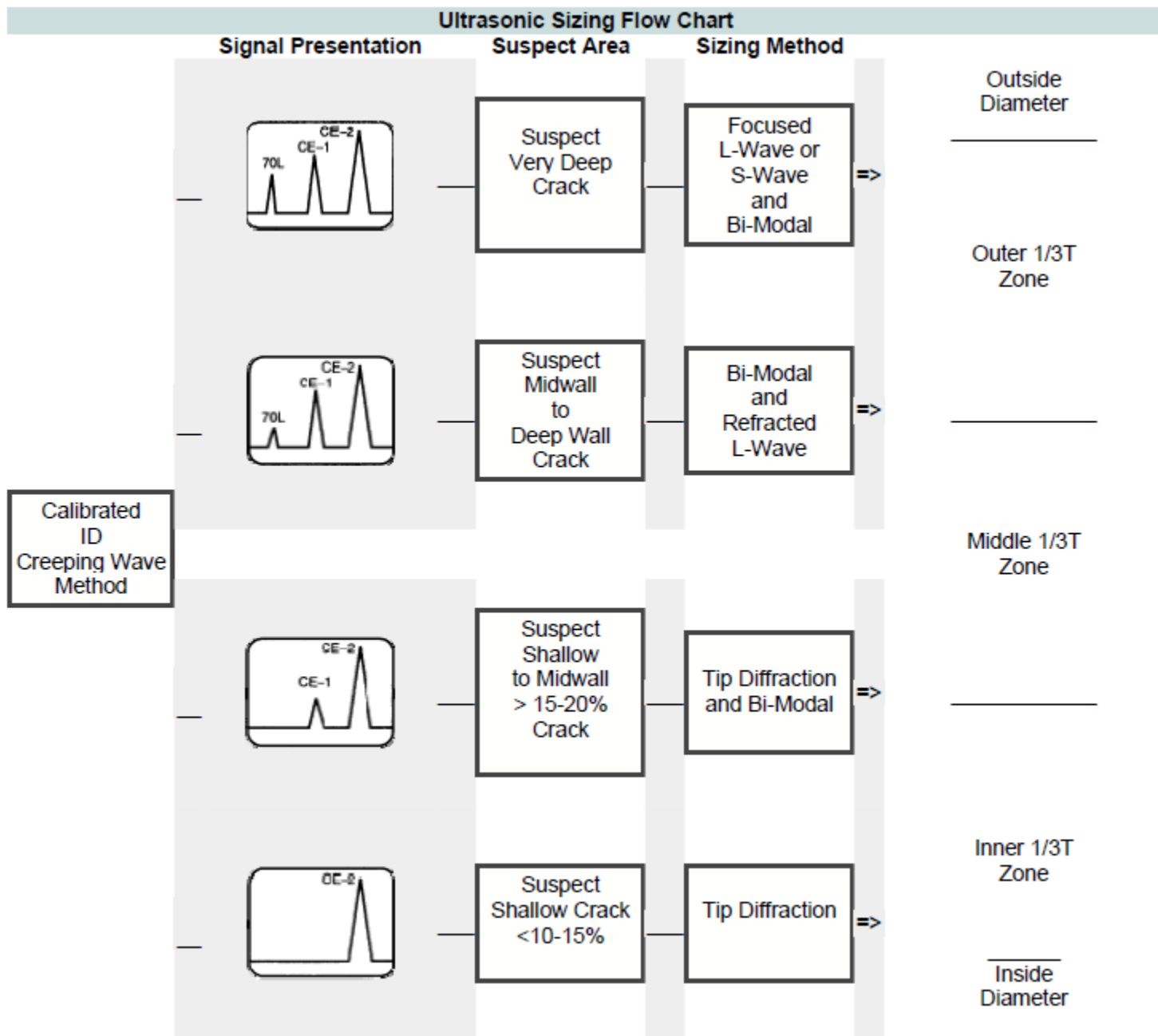


Figura 1. Fluxograma de Onda "Creeping" do Diâmetro Interno

7.1.2. Cada técnica de dimensionamento tem vantagens, desvantagens e limitações. **Nenhuma técnica de dimensionamento é a melhor para dimensionar trincas de qualquer profundidade na parede em todos os tipos de materiais e espessuras.**

7.1.3. É importante entender o uso e a aplicação de cada técnica de dimensionamento e a física de ondas associada para que seja encontrada a dimensão correta da altura da trinca.

7.2. Registro

7.2.1. Documentar claramente a altura de cada trinca no Formulário API de Registro de Dimensionamento de Trincas designado. A profundidade máxima na parede ao longo do comprimento da trinca em polegadas decimais a partir do diâmetro interno deve ser registrada para cada uma das trincas a serem dimensionadas.

Apêndices

Os seguintes apêndices proverão os requisitos da calibração para cada método ultrassônico avançado de dimensionamento de trinca.

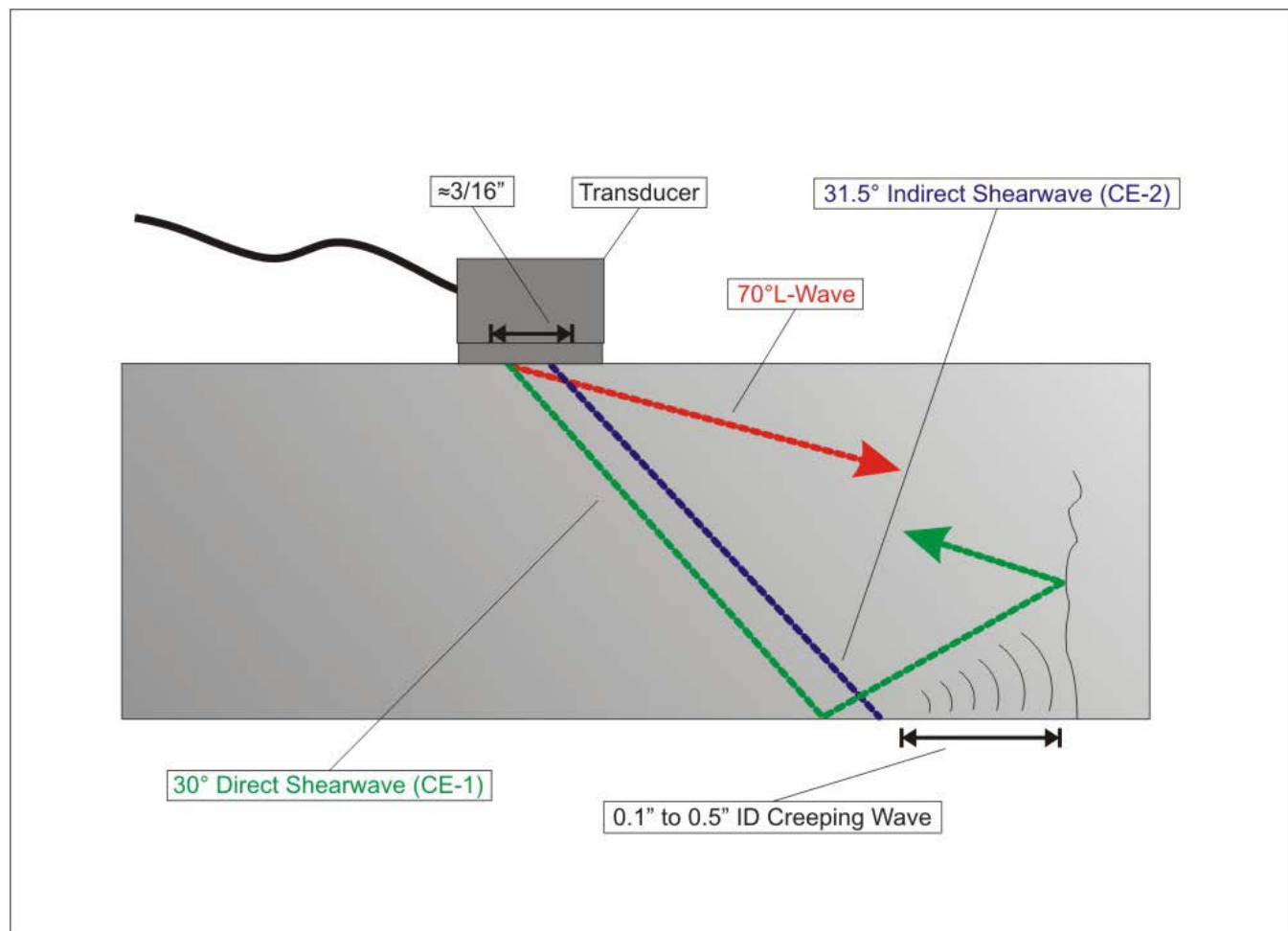
Técnica 1	Método de Ondas “<i>Creeping</i>” do Diâmetro Interno	Página 7
Técnica 2	Método de Difração de Ponta	Página 10
Técnica 3	Método Bimodal	Página 15
Técnica 4	Método de Onda “L” Refratada Focalizada (HALT) e/ou Onda de Cisalhamento Focalizada (HAST)	Página 20

TÉCNICA 1

Método de Ondas “Creeping” do Diâmetro Interno (IDCR)

1.0 Descrição da Técnica

- 1.1 A técnica de Ondas “Creeping” do Diâmetro Interno usa transdutor ultrassônico do tipo de elemento único ou duplo que transmitem uma onda refratada longitudinal a 70 graus, uma onda de cisalhamento direta a 30 graus (CE-1 ou 30-70-70), e uma onda de cisalhamento indireta a 31.5 graus (CE-2 ou Onda “Creeping” do Diâmetro Interno).
- 1.2 Essa técnica é efetiva para a estimativa de profundidade de trinca de 10 a 90% na parede. Ondas “Creeping” do Diâmetro Interno (IDCR) são usadas como técnica precursora de dimensionamento para fornecer medição de dimensionamento de profundidade qualitativa ou não-quantitativa.



2.0 Calibração

- 2.1 Usando o bloco de calibração de aço carbono de espessura similar ao componente a ser examinado com chanfros no diâmetro interno de 20% a 80% de profundidade, ajustar os sinais CE-1 e CE-2 para 4 e 5 divisões de tela horizontais no CRT, respectivamente. Ajustar a amplitude do CE-2 para aproximadamente 80 a 100% da Altura Total de Tela (FSH – do inglês, “**Full Screen Height**”). Adicionar de 6 a 8 dB. Essa é a configuração de varredura e avaliação de ganho. O ganho pode ser aumentado ou diminuído conforme for apropriado para manter uma linha de base de ruído de aproximadamente 5% FSH.
- 2.2 Se, durante a calibração, o sinal CE-1 não for observado quando o sinal CE-2 estiver no máximo (pico), aumentar o ganho da configuração do sinal CE-1 a aproximadamente 10% FSH. Essa será a configuração de varredura e avaliação de ganho.
- 2.3 Para cada um dos chanfros, registrar a amplitude e presença de 70L, e sinais CE-1, e CE-2, quando o CE-2 atingir o máximo. Depois, registrar o movimento da Dinâmica do Eco (ED, do inglês, “**Echo Dynamics**”) de CE-1, em divisões de tela e o sinal 70L máximo nas divisões de telas.
- 2.4 Blocos de calibração ou blocos de referência de outras dimensões e projetos podem ser usados desde que forneçam informação equivalente conforme descrito nos parágrafos 2.1, 2.2 e 2.3.

3.0 Varredura/Avaliação

- 3.1 Mover o transdutor ultrassônico IDCR pela área de interesse e observar o CRT para identificar sinais 70L, CE-1 e CE-2.
- 3.2 A ausência de um sinal CE-2 pode indicar que a suspeita de trinca é na verdade um defeito na parede tal como porosidade, escória, ou reflexão geométrica, como uma incompatibilidade.
- 3.3 Quando o sinal CE-2 estiver no máximo, registrar a amplitude dos sinais CE-1 e 70L, conforme for apropriado. Registrar o movimento da Dinâmica do Eco (ED) do sinal CE-1. Registrar o sinal máximo de amplitude do 70L nas divisões de tela. Comparar a ausência ou presença, a amplitude, a dinâmica de eco, e os sinais máximos de ondas 70L àqueles sinais obtidos no exame do bloco de calibração usando a técnica IDCR.
- 3.4 Em geral, os seguintes pontos podem ser observados:

- a) A presença de um sinal CE-2 e a ausência de um sinal CE-1 é uma boa indicação de que a trinca é superficial (por exemplo, menos de 10% ou 15% de altura na parede).
- b) Quando o sinal CE-1 é observado em conjunção com o sinal CE-2, estima-se que a trinca é de superficial a intermediária (por exemplo, mais que 15% a 20% de altura na parede).
- c) Quando o sinal CE-1 de dinâmica de eco amplo é observado, um sinal 70L será geralmente detectado à esquerda do sinal CE-1. Isso deve indicar uma trinca de intermediária a profunda.

Nota: Esses valores nominais de estimativa da altura da trinca são indicativos do projeto e frequência do transdutor ultrassônico, espessura do bloco de calibração e tipo de material.

4.0 Limitações

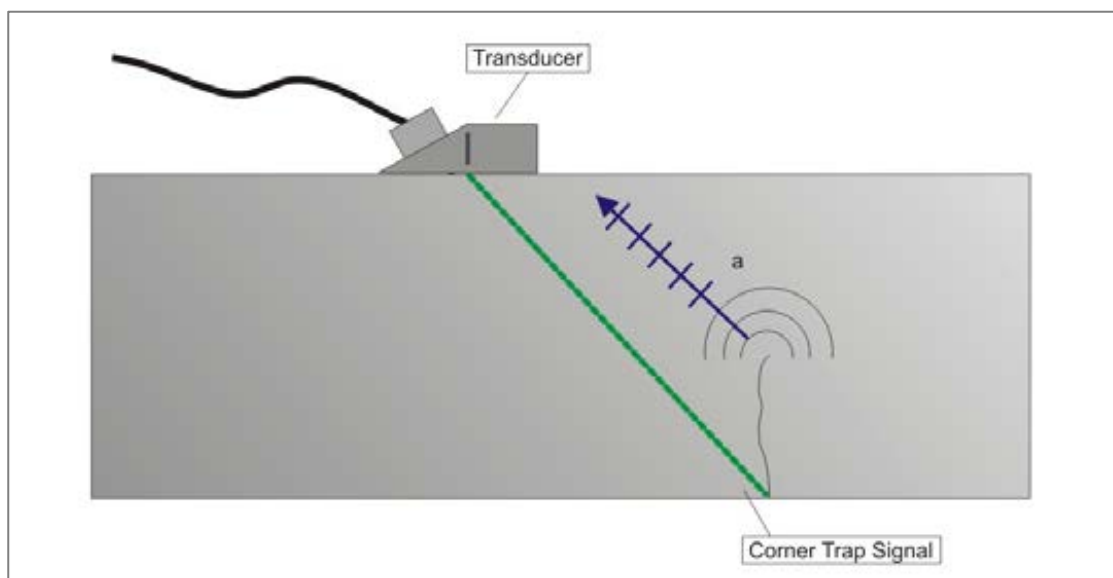
- 4.1 O Método de Ondas IDCR é uma técnica de dimensionamento qualitativo que permite ao examinador classificar trincas conectadas por diâmetro interno como superficiais, intermediárias ou profundas. A análise da altura da trinca final será obtida melhor por um dos outros métodos de dimensionamento de trincas, por exemplo, Difração de Ponta, Bimodal, Onda Longitudinal Refratada Focalizada ou Onda de Cisalhamento Focalizada.

TÉCNICA 2

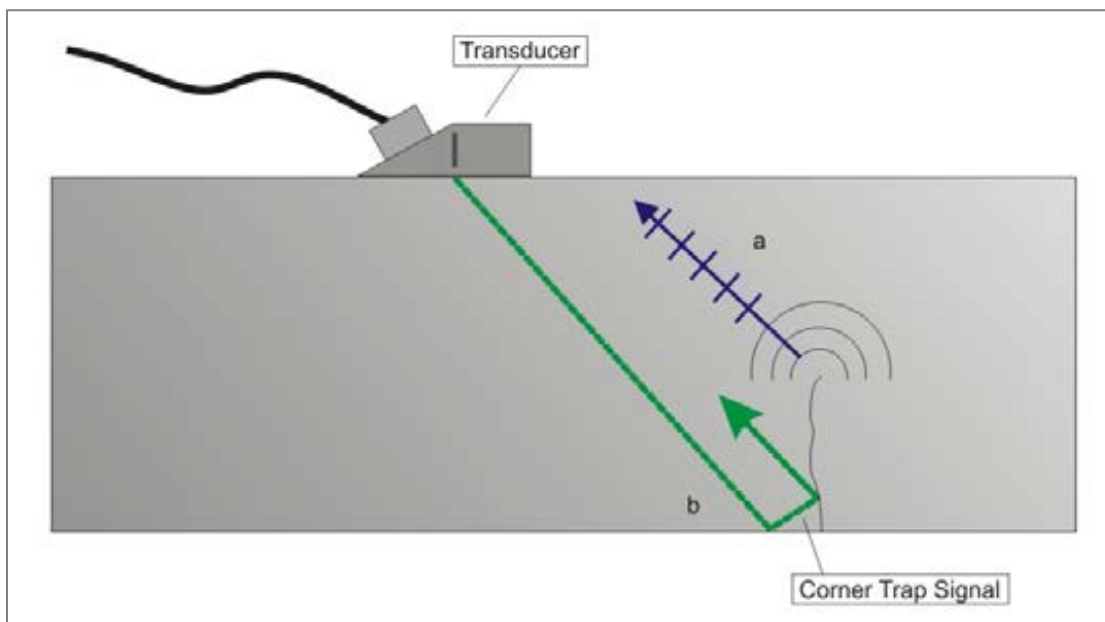
Método de Difração de Ponta

1.0 Descrição

- 1.1 O método de Difração de Ponta é baseado na energia sonora difratada da ponta de uma trinca. Um transdutor ultrassônico de elemento único ou duplo, de 1 MHz a 10 MHz, de ondas de 45 a 60 graus de cisalhamento ou longitudinal é usada para medir por ultrassom o tempo de voo (TOF – do inglês, “*time-of-flight*”) ou a distância do percurso sônico (SP – do inglês, “**S**ound**p**ath”) da ponta da trinca, ou o tempo ou a separação do percurso sônico do sinal da ponta e resposta relativamente maior na abertura da trinca no diâmetro interno. Geralmente, transdutores de 3 a 5 MHz, que produzem ondas de cisalhamento, são usadas para sensibilidade e resolução.
- 1.2 O método de difração de ponta é mais eficaz para dimensionar trincas conectadas por diâmetro interno que têm aproximadamente 5 a 40% de altura na parede.
- 1.3 A técnica do meio V-Path é geralmente usada para o método de Difração de ponta; no entanto, o V-Path completo é aplicável para dimensionamento qualitativo de trincas profundas.
- 1.4 As duas técnicas básicas de Difração de Ponta são:
1. Tempo de voo (TOF), ou, Técnica de Tempo de Chegada de Pulso (PATT – do inglês, “**P**ulse **A**rrival **T**ime **T**echnique”), ou Técnica de Tempo de Chegada Absoluto (AATT – do inglês, “**A**bsolute **A**rrival **T**ime **T**echnique”).



2. Tempo de voo delta (Δ TOF), ou Técnica de Dimensionamento de Observação de Pulso Satélite (SPOT – do inglês, “**S**atellite **P**ulse **O**bservation **S**izing **T**echnique”), ou Técnica de Tempo de Chegada Relativo (RATT – do inglês, “**R**elative **A**rrival **T**ime **T**echnique”).



2.0 Calibração

2.1 Obter um bloco de calibração de espessura conhecida e especificação material similar ao componente a ser examinado (0.375 ou 1 polegada de espessura) com os chanfros de diâmetro interno requeridos, por exemplo, 20%, 40%, 60% e 80%.

2.2 Técnica de Tempo de Voo (TOF), PATT/AATT

- 2.2.1. Como técnica de alcance, ajustar o sinal do diâmetro interno a partir da borda do bloco de calibração usando o atraso ou controle de deslocamento zero em 5 divisões de tela horizontais. Ajustar o sinal do diâmetro externo a partir da borda do bloco de calibração usando o controle de alcance ou varredura em 10 divisões de tela horizontais.
- 2.2.2. Posicionar o transdutor ultrassônico para obter o sinal de base ou de armadilha de canto (“*corner trap*”) do chanfro de 80% do diâmetro interno. Mover o transdutor ultrassônico para frente para obter o sinal da ponta do chanfro de 80%. Usando o controle de atraso ou de deslocamento zero; ajustar o sinal de ponta máximo para 1 divisão de tela horizontal.

- 2.2.3. Posicionar o transdutor ultrassônico para obter o sinal base do chanfro de diâmetro interno de 20%. Mover transdutor ultrassônico para frente para obter o sinal máximo da ponta do chanfro de 20%. Usando o controle de alcance ou varredura, ajustar o sinal da ponta do chanfro para 4 divisões de tela horizontais.
- 2.2.4. Posicionar o transdutor ultrassônico para obter sinais dos chanfros de 40% e 60% para verificar suas respectivas posições em 3 divisões para os chanfros de 40% e em 2 divisões para os chanfros de 60%.

2.3 Técnica de Tempo de Voo Delta (Δ TOF), SPOT/RATT

- 2.3.1. Com a calibração PATT/AATT concluída, registrar a separação em divisões de tela da ponta do chanfro e o sinal de base para cada um dos chanfros de diâmetro interno aplicáveis, por exemplo, 20%, 40%, 60%. Devido às limitações de propagação do feixe do transdutor ultrassônico, o sinal da ponta do chanfro e o sinal da base podem não ser detectáveis ao mesmo tempo de imediato para os mais profundos (chanfros de 60% a 80%). Assim, registrar apenas a separação das profundidades dos chanfros aplicáveis.
- 2.3.2. A técnica SPOT/RATT não requer que os sinais atinjam o máximo.

Nota: No lugar das técnicas de calibração acima mencionadas, são aceitáveis outras faixas de tela, usando blocos de referência apropriados (por exemplo, blocos Rompas, DSC e IIW) para a zona de exame requerida. Isso varia de acordo com a técnica, tipo e espessura do material, frequência e tamanho do transdutor ultrassônico e, mais especificamente, a área de interesse.

3.0 Varredura/Avaliação

- 3.1 Posicionar o transdutor ultrassônico para obter a amplitude máxima do sinal de base da trinca no diâmetro interno do componente para a técnica meio V (*“one-half-vee”*).
- 3.2 Para a técnica TOF ou PATT/AATT, mover o transdutor ultrassônico para frente no meio do sinal de base da trinca para obter a amplitude máxima (pico) e registrar a profundidade da trinca na tela calibrada CRT.
- 3.3 Ao usar a técnica meio V para trincas muito profundas, o sinal da ponta da trinca pode não ser discernível de imediato devido a efeitos do campo adjacente.
- 3.4 A sensibilidade da varredura deverá ser estabelecida a um nível que mantenha o nível de ruído de 10% a 15% do FSH durante a varredura.

- 3.5 Para as técnicas Δ TOF ou SPOT/RATT, registrar a separação das divisões em tela no sinal da ponta da trinca e no sinal da base da trinca. Comparar o resultado da estimativa desse dimensionamento com a estimativa do dimensionamento TOF/PATT/AATT.

4.0 Cálculos

- 4.1 Para exames de dimensionamento nos quais um bloco de calibração de dimensionamento não esteja disponível, poderá ser realizada uma calibração de faixa de tela adequada, por exemplo, 2.5 polegadas, 5.0 polegadas, etc.
- 4.2 As fórmulas a seguir podem ser usadas para calcular a profundidade da trinca em vez das técnicas mencionadas acima, onde a profundidade da trinca é lida diretamente na tela CRT.

4.2.1. Técnica meio V-Path

- a) Quando as leituras da varredura CRT estiverem convertidas para valores de percurso sônico:

$$d = (SPB - SPT) * \text{COS } \emptyset$$

Onde: d = profundidade da trinca a partir diâmetro interno do componente

SPB = percurso sônico até a base da trinca na amplitude máxima

SPT = percurso sônico até a ponta da trinca na amplitude máxima

COS \emptyset = cosseno do ângulo do feixe ultrassônico

5.0 Limitações

- 5.1 Sinais da ponta de trincas muito superficiais, a 0,050 polegadas ou menos do diâmetro interno, podem ser difíceis de dimensionar devido a resolução do transdutor ultrassônico. Em outras palavras, as configurações possíveis de resolução da transdutor ultrassônico podem limitar a separação do sinal da ponta da trinca e o sinal da base da trinca.
- 5.2 Assim, variar frequência, amortecimento e tamanho da transdutor ultrassônico pode melhorar a precisão do dimensionamento para trincas muito rasas ou trincas em materiais muito finos, por exemplo, menos de 0,300 polegadas.

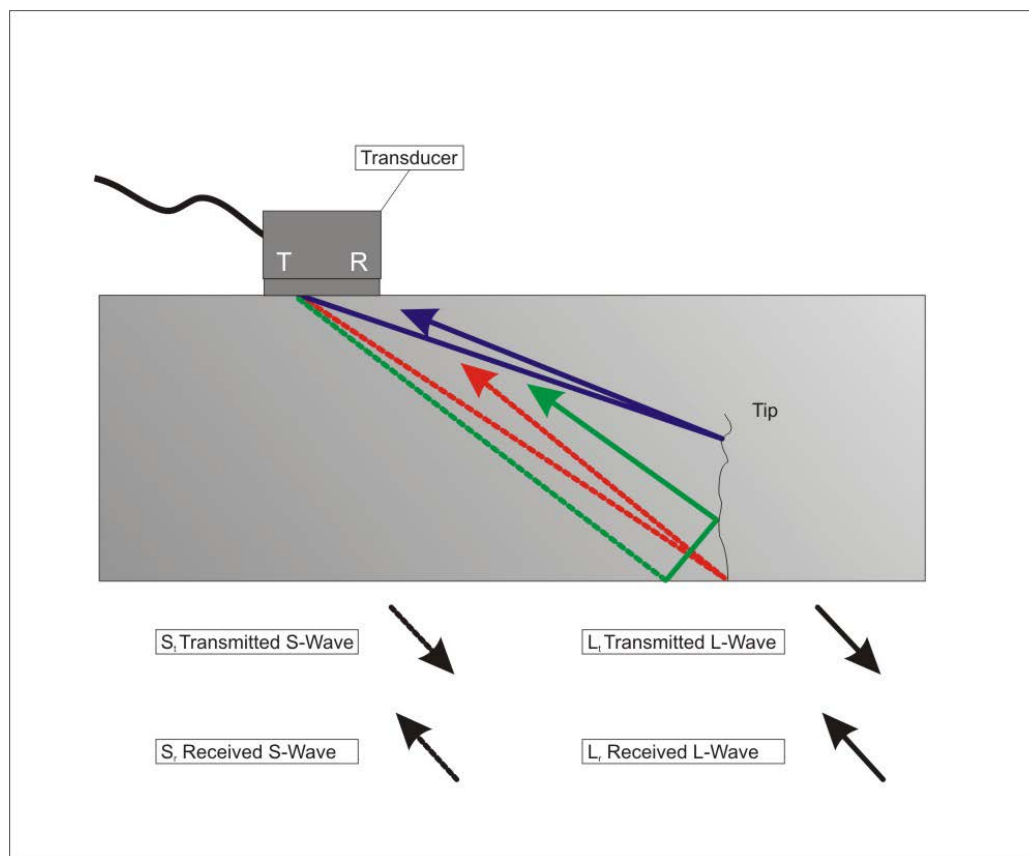
- 5.3 Ao usar a técnica meio V-Path ("*half-vee path*"), os sinais da ponta da trinca de trincas muito profundas podem ser perdidos no campo de ruído adjacente. O examinador deve considerar os efeitos do campo adjacente ao examinar trincas muito profundas. Geralmente, a técnica V-Path completo ("*full vee path*") é usada apenas como uma estimativa de dimensionamento qualitativa.
- 5.4 Ao usar ondas longitudinais, elas deverão ser limitadas ao uso com a técnica meio V ("*half-vee*") exclusivamente.

TÉCNICA 3

Método Bimodal

1.0 Descrição

1.1 O Método Bimodal usa um transdutor ultrassônico de elemento duplo, posicionado lado a lado ou um na frente do outro, produzindo ondas de pulso longitudinais e de cisalhamento. As estimativas de dimensionamento são obtidas refletindo uma onda longitudinal refratada da ponta da trinca, convertendo o modo (“*mode conversion*”) de uma onda de cisalhamento direta da face da trinca e convertendo o modo (“*mode conversion*”) de uma onda de cisalhamento indireta para produzir uma onda “*Creeping*” do Diâmetro Interno, que reflete a partir da base da trinca.



1.2 As duas técnicas básicas de dimensionamento de trinca do método Bimodal são:

1. Tempo de Voo (TOF). Tau ou M-AATT, que é o sinal do pulso 1 máximo, em faixas de tela específicas.

2. Tempo de Voo Delta (Δt), Sigma ou M-RATT, que é a divisão de tela da separação dos sinais do Pulso 1 e Pulso 2.

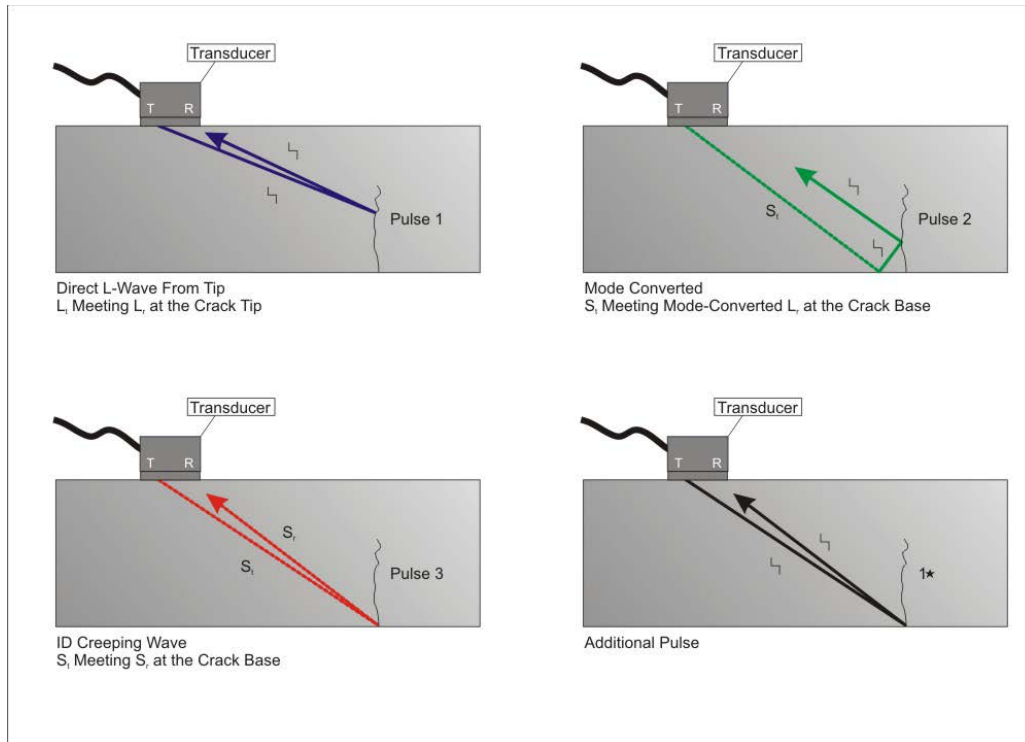
1.3 As técnicas Bimodal são muito eficazes para dimensionar trincas planas conectadas ao diâmetro interno na faixa de espessura de 0,3 a 1,5 polegadas do material. Devido ao efeito de pseudofocalização dos ângulos incidentes dos cristais de transmissão e recepção, a técnica Bimodal é mais eficaz para dimensionar trincas intermediárias conectadas ao diâmetro interno, geralmente de 30 a 70% da parede.

1.4 Projetos de transdutores ultrassônicos são especificados pelo fabricante. Exemplos de transdutores ultrassônicos aceitáveis incluem: ADEPT 60, SLIC 40, e Sigma Bimodal. Outros transdutores ultrassônicos para o método Bimodal podem ser usadas conforme demonstrado com uma calibração Bimodal aceitável no bloco de calibração de dimensionamento.

1.5 Geralmente, a frequência do transdutor ultrassônico Bimodal é aproximadamente de 3 a 3.5 MHz. Outras frequências poderão ser usadas.

1.6 O método Bimodal é definido a seguir. Três sinais principais são notados:

- Pulso 1 é a onda longitudinal refletida da ponta da trinca.
- Pulso 2 é a onda de cisalhamento direto que converte o modo (“*mode conversion*”) a uma onda longitudinal e, depois, reflete uma onda longitudinal da face da trinca (similar ao CE-1 com o Método de Ondas “*Creeping*” do Diâmetro Interno).
- Pulso 3 é uma onda de cisalhamento indireto que converte o modo (“*mode conversion*”) a uma onda “*Creeping*” do Diâmetro Interno na superfície do diâmetro interno do componente (similar ao sinal CE-2 com o Método de Ondas “*Creeping*” do Diâmetro Interno).
- Um quarto sinal é notado como sinal pulso satélite do Pulso 1. Algumas vezes chamado de 1 estrela. Geralmente, esse sinal não é usado para calibração.



2.0 Calibração

Calibração de Tempo de Voo (TOF), Tau / M-AATT

- 2.1.1. Determinar a espessura do componente a ser dimensionado e obtenha um bloco de calibração de material e espessura nominal similares com chanfros em uma faixa de pelo menos 20% a 80% da profundidade da parede.
- 2.1.2. Posicionar o transdutor ultrassônico na borda do bloco de calibração de dimensionamento. Identifique os três sinais básicos, ou "Pulse Train", Pulso 1, Pulso 2 e Pulso 3. Além disso, observar o sinal de 1 estrela.
- 2.1.3. Como uma técnica de alcance, ajustar o controle de alcance para separar o Pulso 2 e o Pulso 3 em aproximadamente 2 divisões principais.
- 2.1.4. Posicionar o transdutor ultrassônico bimodal para obter os sinais de pulso 1, 2 e 3 do chanfro de 80%. Aumentar o sinal do Pulso 1. Usando o controle de atraso ou de deslocamento zero; ajustar este sinal do Pulso 1 para 1 divisão de tela horizontal.
- 2.1.5. Posicionar o transdutor ultrassônico Bimodal para obter o sinal de Pulso 1 do chanfro de 20%. Usando o controle de alcance ou varredura, ajustar o sinal de Pulso 1 do chanfro de 20% para 4 divisões de tela.

2.1.6. Repetir as etapas 2.1.4 e 2.1.5 até obter uma faixa de tela linear de modo que o sinal de 80% do Pulso 1 esteja em 1 divisão de tela e o sinal de 20% do Pulso 1 esteja em 4 divisões de tela. Os sinais de Pulso 1 de 60% e 40% devem estar em 2 e 3 divisões, respectivamente.

2.2 Tempo de Voo Delta (Δ TOF), Sigma / M-RATT

2.2.1. Com a calibração da técnica (TOF), Tau / M-AATT concluída, registrar as divisões da tela horizontal de separação entre os sinais de Pulso 1 e Pulso 2 para cada um dos chanfros, por exemplo, 80%, 60%, 40% e 20%.

2.3 Com as calibrações TOF/Tau e Δ TOF/Sigma concluídas, registrar as divisões da tela de separação para os sinais Pulso 2 e Pulso 3.

2.4 Se durante a avaliação do tamanho da trinca, a separação dos sinais de Pulso 2 e Pulso 3 mudar em relação a separação observada durante a calibração, a estimativa de dimensionamento de profundidade de Tempo de Voo Delta ou Sigma pode estar incorreta devido a uma trinca com orientação diferente de perpendicular à superfície do diâmetro interno, ou houve uma mudança na espessura.

2.5 Assim, a estimativa de dimensionamento do sinal do Pulso 1 é a estimativa de profundidade mais precisa.

3.0 Varredura/Avaliação

3.1 Realizar a varredura da área de interesse. Primeiro, observar o sinal do Pulso 3 para verificar se a trinca está conectada ao diâmetro interno. Depois, observar o sinal do Pulso 1. Colocar o sinal do Pulso 1 no máximo (pico) para obter uma estimativa de profundidade de dimensionamento TOF/Tau.

3.2 Uma vez obtida a estimativa de profundidade de dimensionamento TOF/Tau, medir as divisões da tela de separação entre os sinais de Pulso 1 e Pulso 2. Esta é a estimativa de profundidade Δ TOF/Sigma. Comparar a separação do Pulso 1 e do Pulso 2 da trinca com as estimativas de separação dos chanfros para determinar a estimativa da altura da trinca.

3.3 Ajustar o ganho do equipamento de forma que o nível médio de ruído seja de cerca de 10% a 15% da altura da tela cheia (FSH).

3.4 Se possível, repetir o exame de dimensionamento a partir do lado da solda para verificar os sinais obtidos do lado do material de base da solda.

- 3.5 Fazer a varredura ao longo do comprimento da trinca para determinar a estimativa de dimensionamento mais profunda.

4.0 Limitações

- 4.1 O equipamento ultrassônico deve ter um monitor RF para auxiliar o examinador de dimensionamento a encontrar o sinal da ponta da trinca. O sinal da ponta da trinca pode ter uma relação sinal-ruído baixa. O monitor RF pode ajudar o inspetor de dimensionamento a detectar o sinal da ponta da trinca.
- 4.2 As técnicas Bimodal são um pouco difíceis. O inspetor de dimensionamento deve ser totalmente treinado nas aplicações das técnicas TOF/Tau e Δ TOF/Sigma.
- 4.3 O método bimodal pode detectar vários sinais de ponta de trinca. O inspetor de dimensionamento deve estar ciente de que o sinal de maior amplitude nem sempre indica o ponto mais profundo da trinca.
- 4.4 Se os pulsos 2 e 3 forem difíceis de interpretar, então a medição de Tempo de Voo Delta ou Sigma pode produzir estimativas de tamanho falsas.
- 4.5 A profundidade da trinca deve ser estimada com base nas medições de Tempo de Voo ou Tau quando o pulso 2 e o pulso 3 estão ausentes.
- 4.6 O sinal do Pulso 1 nas técnicas TOF/Tau pode ser difícil de detectar, pois rachaduras orientadas podem não produzir os Pulsos 2 e 3.

TÉCNICA 4

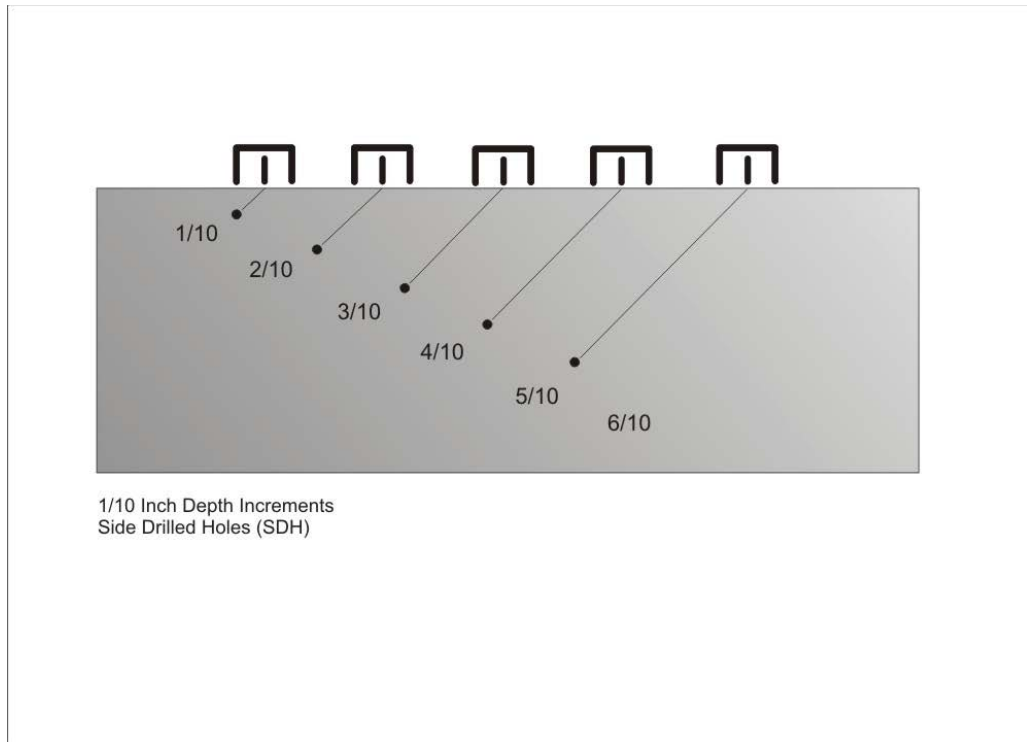
Métodos de Onda Longitudinal Refratada Focalizada (HALT) e de Onda de Cisalhamento Focalizada (HAST)

1.0 Descrição

- 1.1 Esta técnica emprega um transdutor ultrassônico de elemento duplo, focalizada, de onda longitudinal refratada ou de onda de cisalhamento para detectar, localizar e medir o Tempo de Voo e o percurso sônico do sinal da ponta da trinca.
- 1.2 As técnicas HALT ou HAST são efetivas para dimensionar trincas no terço exterior da espessura do material e é um método efetivo para determinar se uma trinca se propagou para próximo da superfície do diâmetro externo do componente.

2.0 Calibração

- 2.1 A apresentação da tela ultrassônica deverá ser ajustada para representar a profundidade real ou o ligamento remanescente à superfície do diâmetro externo do material.
- 2.2 A calibração da profundidade é realizada utilizando um bloco de calibração com perfurações ou chanfros que forneçam um CRT calibrado para a faixa de profundidade desejada.
- 2.3 Por exemplo, um refletor de 0,100 polegadas da superfície do diâmetro externo do bloco de calibração irá aparecer na divisão 1 da varredura, e um refletor de 0,500 polegadas do diâmetro externo irá aparecer na divisão 5 da varredura.



2.4 O o transdutor ultrassônico desejado deverá ser selecionada baseada no ângulo refratado, frequência e profundidade focal.

2.5 Outros métodos de calibração utilizando percurso sônico ou calibrações da profundidade poderão ser usados.

3.0 Varredura/Avaliação

3.1 Mover o transdutor ultrassônico sobre a área a ser examinada perpendicularmente ao eixo da suspeita de trinca e observar sinais no CRT.

3.2 Caso uma resposta seja obtida, registrar o primeiro sinal (mais próximo em tempo) em sua amplitude máxima.

4.0 Cálculos para Dimensionamento de Trinca

4.1 A profundidade da ponta da trinca a partir da superfície do diâmetro externo do tubo, (Ligamento Restante ou "RL" – do inglês, "*Remaining Ligament*") deve ser subtraída da espessura do material da parede no local da trinca para determinar a altura da trinca.

$$\text{Altura da Trinca} = T - \text{RL}$$

Onde: T = espessura do componente/tubo

RL = ligamento remanescente a partir da superfície do diâmetro externo da ponta da trinca

5.0 Limitações

- 5.1 Com o transdutor ultrassônico de onda longitudinal refratada, uma onda de cisalhamento associada está presente, a qual pode produzir sinais confusos ou outros sinais de modo convertido ("*mode conversion*").
- 5.2 A profundidade focal é uma consideração muito importante para o dimensionamento preciso da trinca. Isso é controlado pelo ângulo do teto do transdutor ultrassônico.
- 5.3 O dimensionamento na área menos intensa da propagação do feixe pode produzir imprecisões nas estimativas de profundidade da trinca.
- 5.4 Geralmente, a faixa focal útil é de 0,5 a 1,5 vezes a profundidade focal real de um transdutor refratado de onda L ou onda de cisalhamento.