

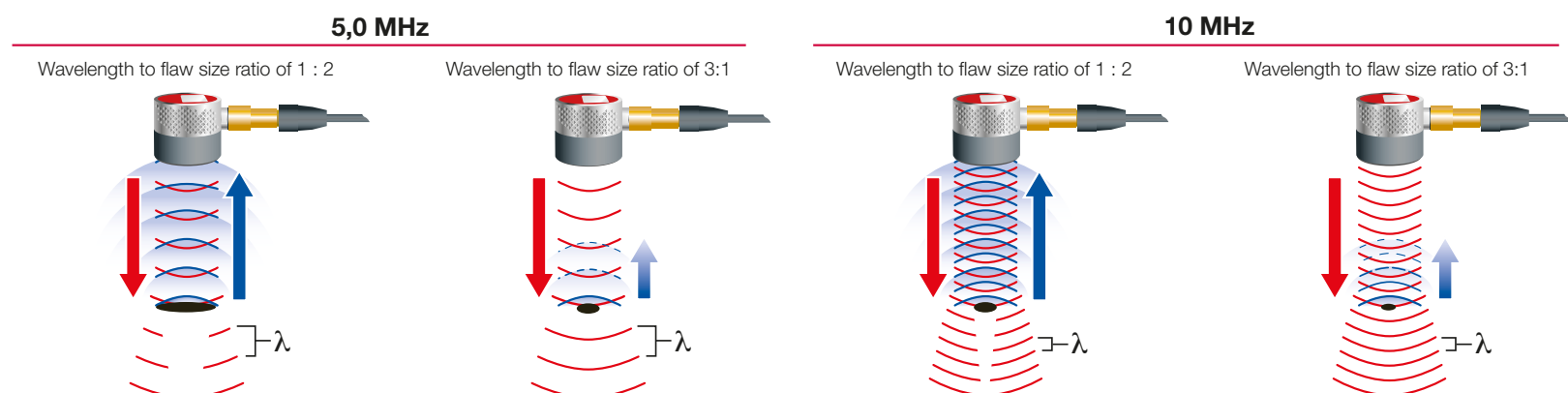
Compreendendo os transdutores ultrassônicos

Como escolher a frequência

Como a frequência aumenta e o comprimento da onda diminui, isto permite a detecção de pequenos defeitos e a precisão de espessura e da localização. Como a frequência diminui e o comprimento de onda aumenta, isto permite uma penetração maior em materiais espessos e/ou atenuantes. Outros fatores como o comprimento do campo próximo, a propagação e o diâmetro do feixe também afetam a seleção da frequência.

As técnicas de contato pulso-eco comuns, como testes de contato de aços de grãos finos, utilizam, normalmente, frequências de 2,25 MHz a 5,0 MHz. Aço carbono médio fundido são testados, geralmente, com frequências de 1,0 MHz e 5,0 MHz. Aços de alto carbono e alta liga podem exigir frequências mais baixas com o intervalo entre frequências de 0,5 MHz e 1,0 MHz. Os testes para plásticos finos e cerâmicas utilizam frequências iguais ou superiores a 20 MHz. Como regra geral, o comprimento da onda deve ser igual ou menor que o menor defeito que deve ser detectado.

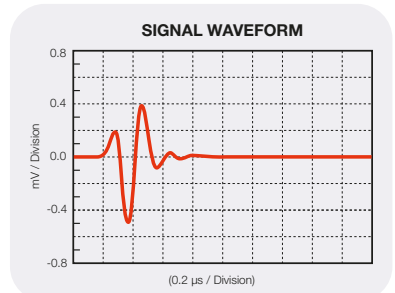
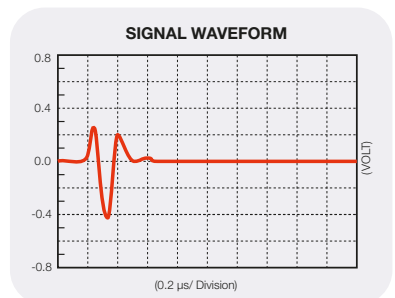
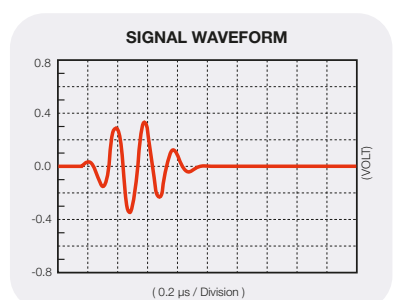
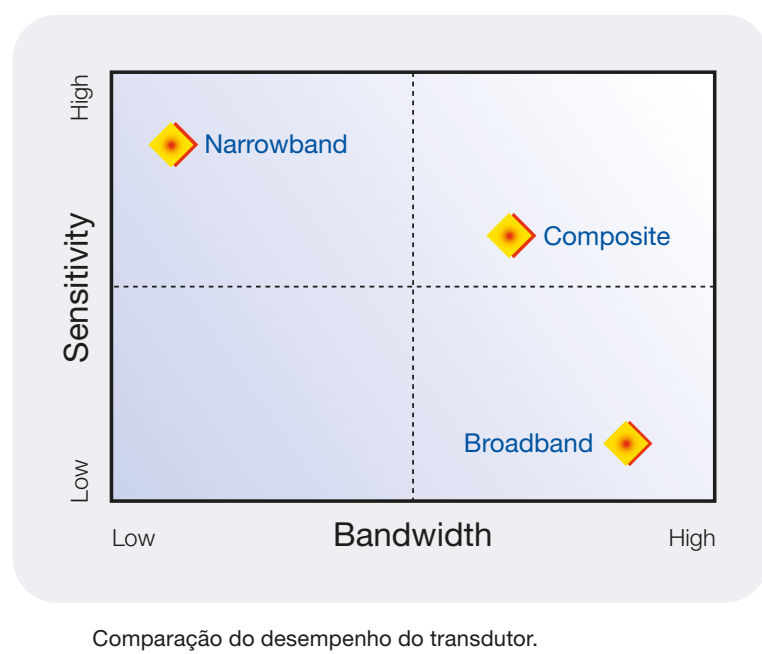
$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \text{Onde:} \quad \begin{array}{l} \lambda = \text{comprimento da onda} \\ c = \text{velocidade do som no material} \\ f = \text{frequência} \end{array}$$



À medida que a frequência aumenta, o comprimento da onda diminui melhorando a sensibilidade para defeitos pequenos.

Por que a largura da banda é importante?

A largura da banda do transdutor define a saída da frequência, o que, por sua vez, afeta o desempenho. A largura da banda é comumente definida como o intervalo entre as frequências máxima e mínima que ocorrem no espectro com amplitude de -6 dB da frequência central. A banda larga estreita, com frequência, melhora a sensibilidade da banda larga ampla e melhora a resolução da superfície.



Transdutores de banda estreita

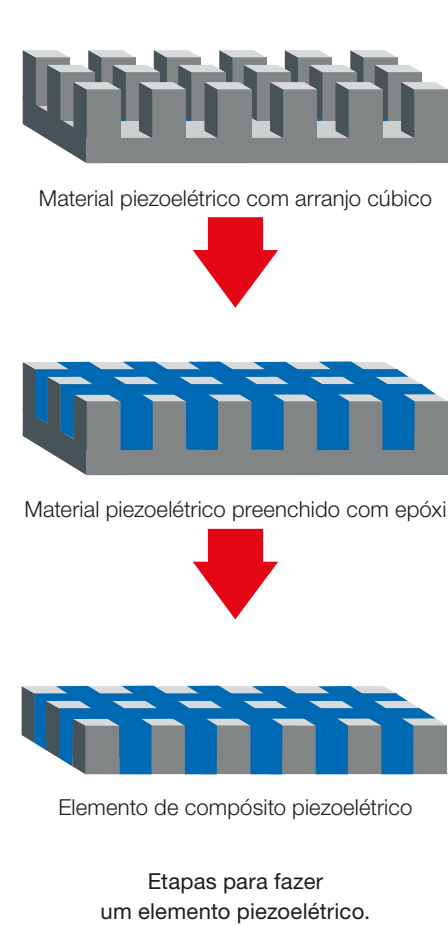
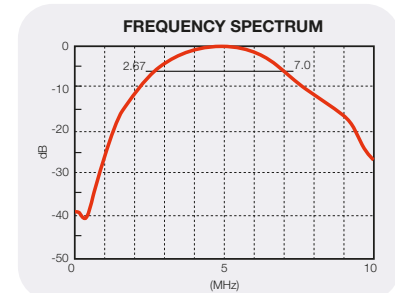
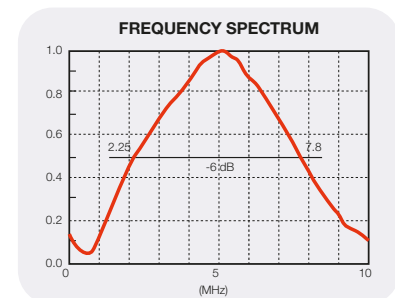
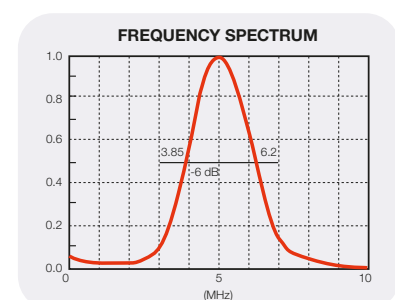
Os transdutores de banda estreita possuem espectro de frequência mais estreito e tempo de resposta mais longo devido ao projeto de amortecimento leve dos transdutores que são mais sensíveis a reflexões de indicações menores. Eles são usados para aplicações de detecção e de dimensionamento de defeitos.

Transdutores de banda larga

Os transdutores de banda larga possuem espectro de frequência mais amplo e tempo de resposta mais curto devido ao projeto de forte amortecimento que melhora a resolução axial e a superfície próxima. Esses transdutores são normalmente utilizados para aplicações de medição de espessura, medição da velocidade do som e técnicas de difração de tempo de voo.

Transdutores para compósitos

O elemento dos transdutores para compósito é feito de elementos com arranjo cúbico e preenchido com epóxi, alterando suas propriedades mecânicas e elétricas. Isto resulta em um transdutor que combina banda larga ampla e alta sensibilidade. Os elementos de compósitos possuem baixa impedância acústica que proporcionam transferência de energia mais eficiente para materiais de baixa impedância. Os compósitos são vantajosos para detecção de defeitos em materiais atenuantes que precisam de boa resolução de superfície próxima, alta sensibilidade e alta proporção de sinal-ruído.

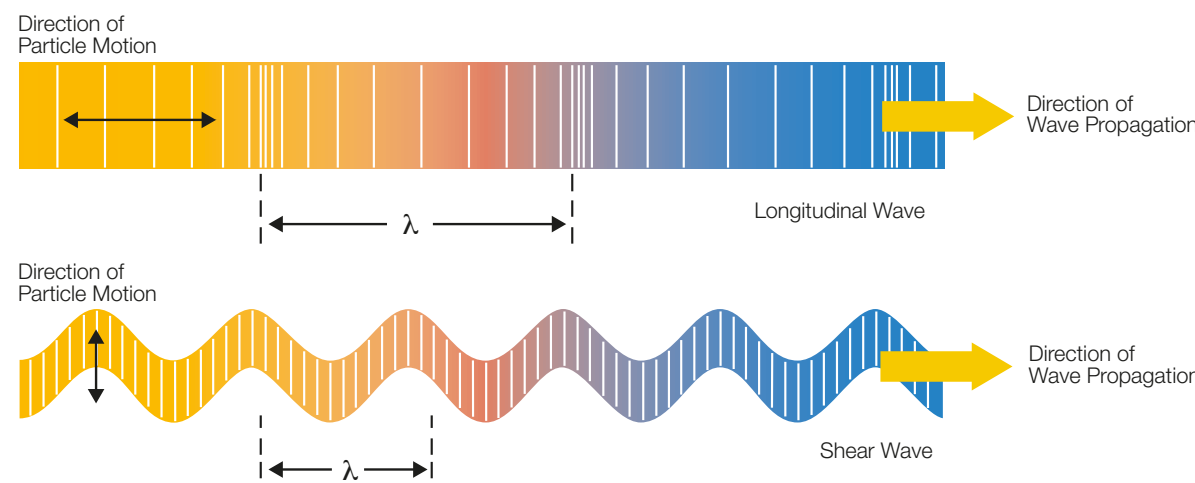


O modo da onda é importante?

O modo da onda é definido pelo movimento das moléculas dentro da amostra. Os dois modos de onda mais comuns utilizados em ensaios não destrutivos ultrassônicos são longitudinal e cisalhamento. Neste dois modos o som viaja em velocidades diferentes no material. O comprimento da onda no modo de cisalhamento é normalmente próximo a 1/2 do comprimento da onda longitudinal em uma dada frequência.

Longitudinal – neste modo, as partículas se movem na mesma direção do trajeto da onda. As ondas longitudinais são usadas na maioria das aplicações de medição de espessura e de detecção de defeitos, assim como a detecção de defeitos em ângulo de feixe em materiais com grãos grandes, como aço inoxidável, onde ondas com comprimentos menores não conseguem penetrar.

Cisalhamento – neste modo, as partículas se movem perpendicularmente em relação à direção do trajeto da onda. Visto que o comprimento da onda de cisalhamento é geralmente de 1/2 do comprimento da onda longitudinal, defeitos menores podem ser localizados em uma dada frequência. As ondas de cisalhamento são utilizadas para aumentar a detecção de refletores pequenos em detecção de defeitos com feixes angulados assim como para determinar os componentes da velocidade da onda de cisalhamento para caracterização de material.



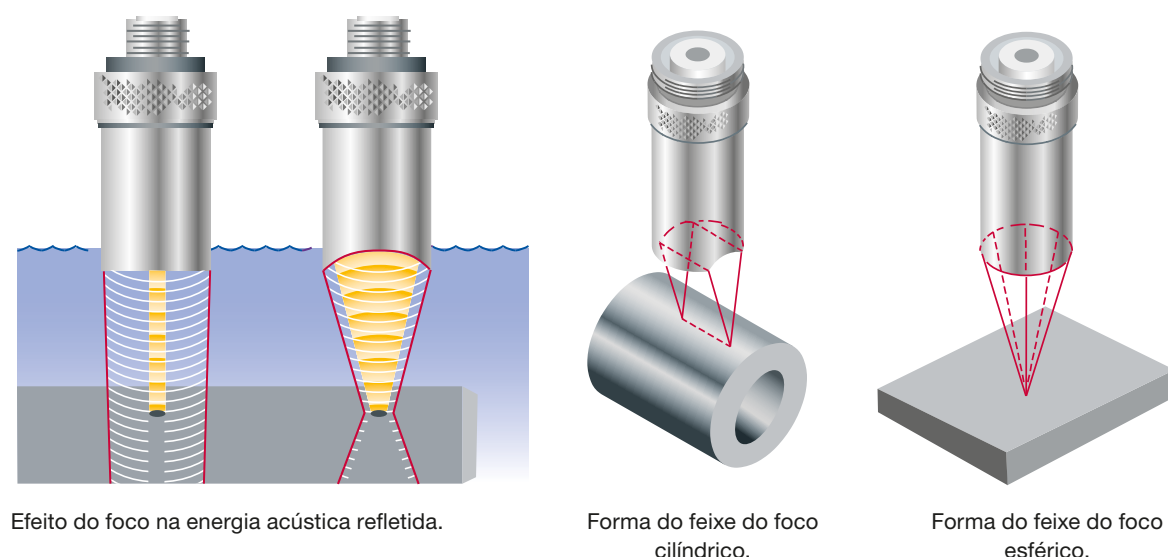
Comparação do movimento da partícula nos modos de ondas de cisalhamento e longitudinal.

O que o foco faz?

No caso do transdutor de face plana, o limite do campo próximo é considerado o foco natural do feixe. É o ponto em que a maior quantidade de energia sonora por unidade de área é encontrado e produzirá o eco máximo do alvo ou do refletor. Os transdutores de imersão podem ser focados usando uma lente para aumentar a concentração da energia do som no ponto focal. Se a energia sonora é focada em feixe de diâmetro menor, uma maior quantidade de energia do transdutor será refletida na indicação pequena. Os transdutores podem ser focados esfericamente ou cilíndricamente.

O diâmetro do feixe está relacionado ao comprimento focal, à velocidade do som no material, à frequência e ao diâmetro do elemento através da seguinte fórmula:

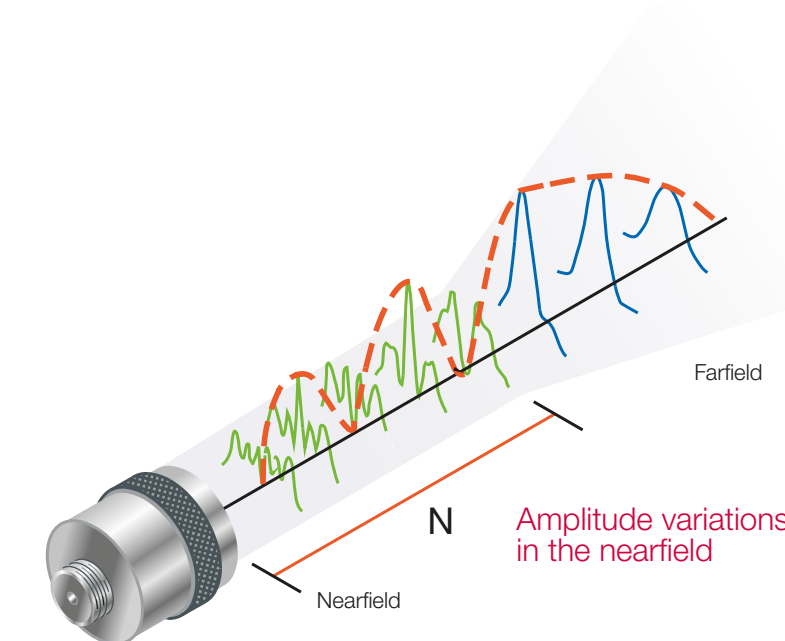
$$BD (-6 \text{ dB}) = \frac{1,02 Fc}{fD} \quad \text{Onde:} \quad \begin{array}{l} BD = \text{diâmetro do feixe} \\ F = \text{comprimento focal} \\ c = \text{velocidade do som no material} \\ f = \text{frequência} \\ D = \text{diâmetro do elemento} \end{array}$$



Qual o efeito do campo próximo?

O campo próximo é a região diretamente à frente do transdutor onde a amplitude do eco varia amplamente devido à interferência construtiva e destrutiva do elemento vibratório ativo. A extremidade do campo próximo é o foco natural do transdutor e é o ponto onde o campo sonoro atinge a amplitude máxima depois que a pressão do campo sonoro começa uma queda gradual para zero. O comprimento do campo próximo está relacionado ao diâmetro do elemento, à frequência e à velocidade do som no material através da seguinte fórmula:

$$N = \frac{D^2 f}{4c} \quad \text{Onde:} \quad \begin{array}{l} N = \text{campo próximo} \\ D = \text{diâmetro do elemento} \\ f = \text{frequência} \\ c = \text{velocidade do som no material} \end{array}$$



Tipos de sondas



Duplo

Este transdutor usa elementos diferentes para transmissão e recepção para criar um foco falso, isto é vantajoso para inspecionar peças com superfícies de fundo irregulares. Entre as aplicações estão a medição de espessura de parede, o monitoramento da corrosão e da erosão e as aplicações em altas temperaturas.

Contato

Concebido para contatar diretamente a peça de teste, este transdutor, normalmente, possui uma superfície de desgaste duradora para contato com a maioria dos materiais. Entre as aplicações estão a detecção de fluxo de feixe linear, a medição de espessura e da velocidade.

Ângulo de feixe

O calço integral ou removível dos transdutores de ângulo de feixe introduz o som em um ângulo na peça. As principais aplicações são a inspeção da solda e outras técnicas de detecção de defeitos e de dimensionamento de defeitos, incluindo a difração de tempo de voo.

Linha de atraso

A utilização de uma peça de material adicional chamado de linha de atraso entre o transdutor e o material de teste separa os ecos da recuperação do pulso de excitação e/ou isola o elemento do transdutor de calor. Entre as aplicações estão a medição da espessura e a detecção de defeitos em materiais finos assim como aplicações para alta temperatura.

Imersão

As sondas de imersão são destinadas à utilização em peças de teste que estão parcialmente ou completamente imersas na água. A água age como um acoplante uniforme assim como uma linha de atraso líquida. Este transdutor é otimizado para rastreamento automático, medição de espessura em linha e detecção de defeitos em alta velocidade e pode ser orientado para aumentar a sensibilidade a refletores pequenos.