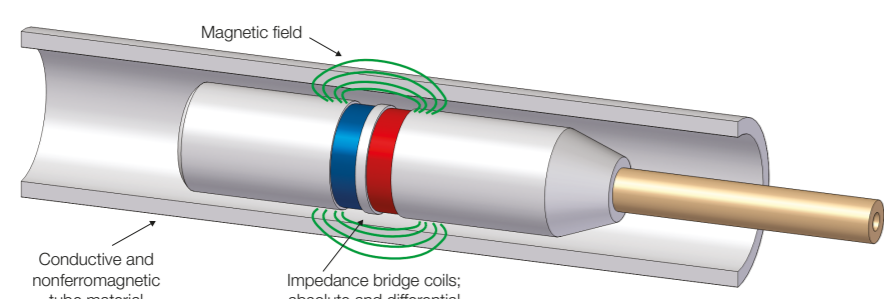
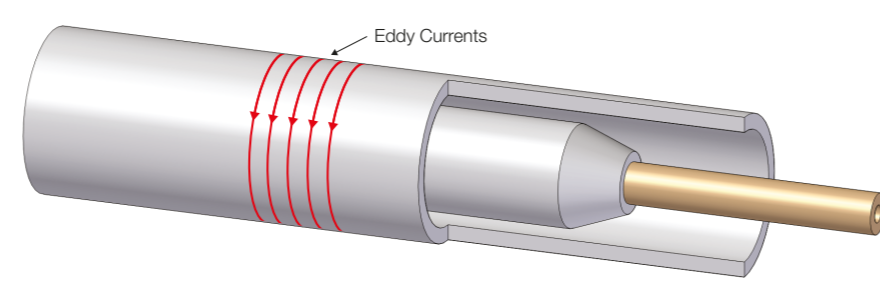


Compreendendo a tecnologia de inspeção de tubos

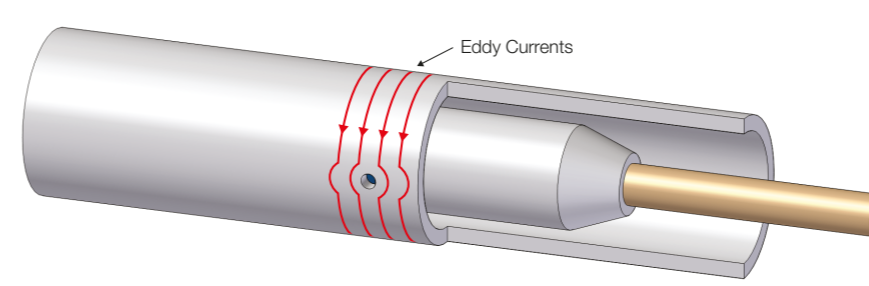
Conceitos básicos do teste com correntes parasitas



Dois elementos são ativados pela corrente alternada, produzindo um campo magnético ao redor delas.

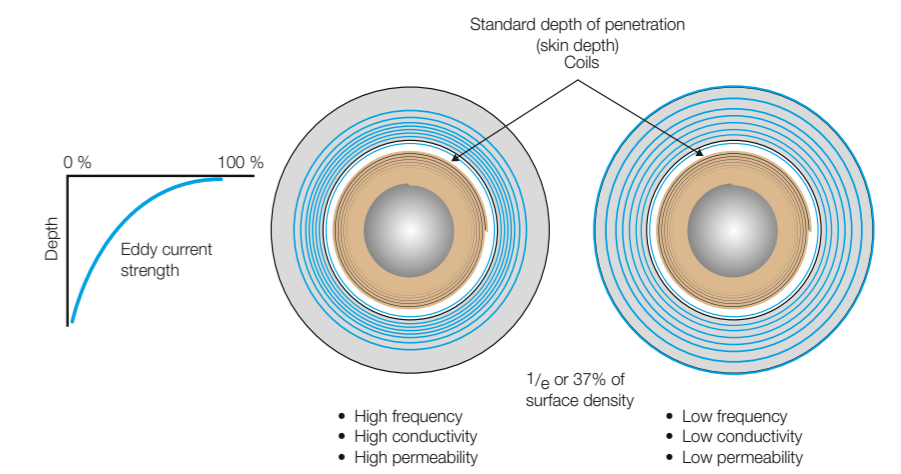


O campo magnético penetra na parede do tubo e gera correntes alternadas opostas no material. Estas correntes são chamadas de "correntes parasitas".



Os defeitos que alterem o fluxo das correntes parasitas alteram a impedância dos elementos na sonda. Estas alterações de impedância dos elementos são medidos e utilizados para detectar os defeitos do tubo.

Efeito de profundidade de revestimento.



A densidade das correntes parasitas não é constante no material. A densidade é maior perto do elemento e diminui à medida que penetra o material.

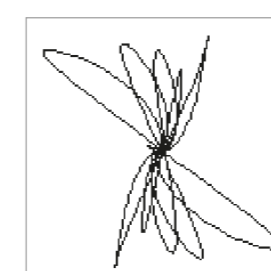
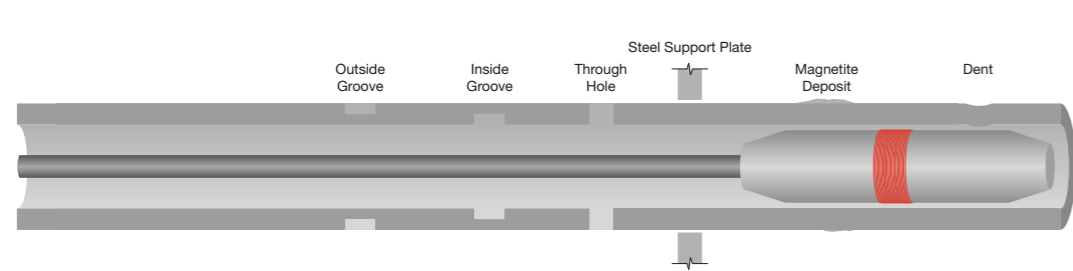
Isto é chamado de efeito de profundidade do revestimento.

A profundidade padrão de penetração é a profundidade em que a densidade das correntes parasitas é 37% do valor da superfície.

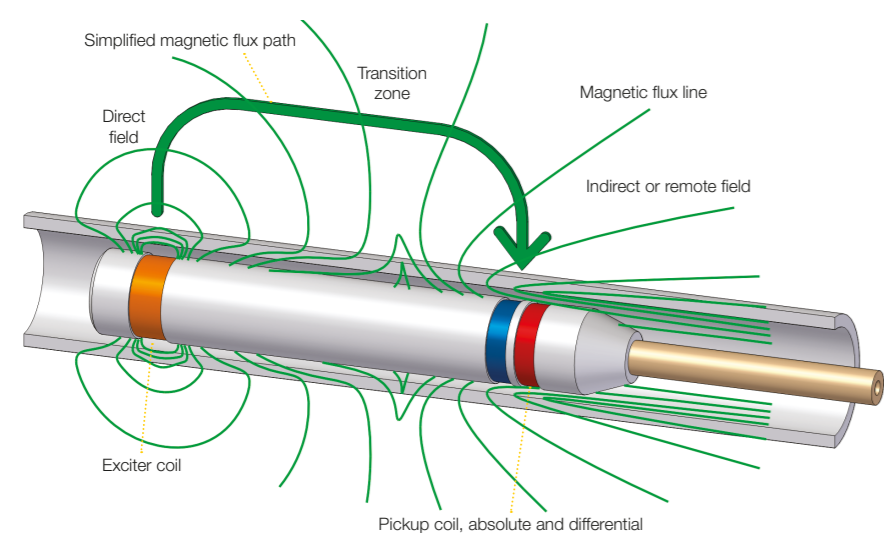
Esta profundidade padrão de penetração é afetada por:

- Frequência
- Condutividade
- Permeabilidade

Resposta típica de defeito



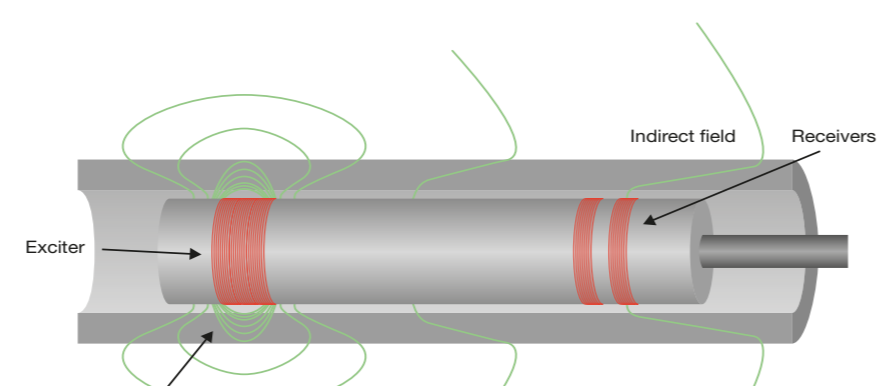
Teste de campo remoto



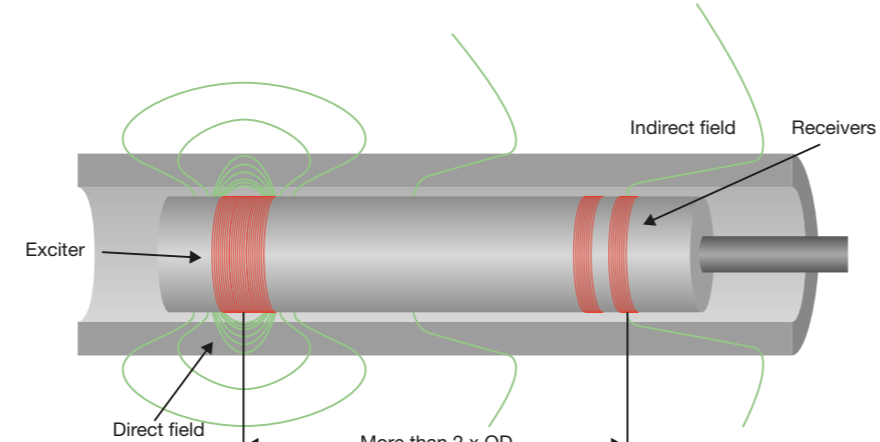
O teste de campo remoto é uma técnica de transmissão que passa através da parede e onde se utiliza sondas para inspecionar tubulações ferromagnéticas, como aço carbono.

A sonda básica é feita de um elemento excitador e dois elementos receptores. Dois campos magnéticos estão presentes – o campo direto, elemento excitador e o campo indireto, que se propaga pelo eixo do tubo e que, em seguida, é redirecionado para trás através da parede do tubo.

A zona onde o campo indireto é dominante é chamada de campo remoto. Esta zona fica a uma distância superior ao diâmetro de dois tubos.

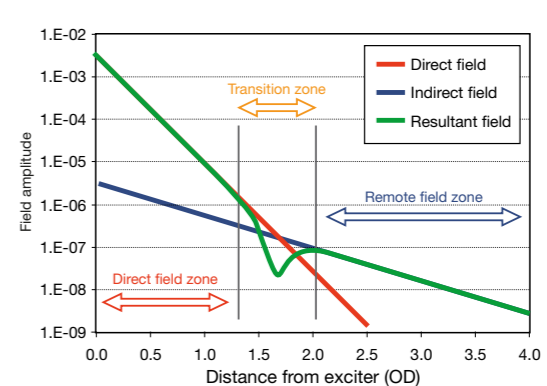
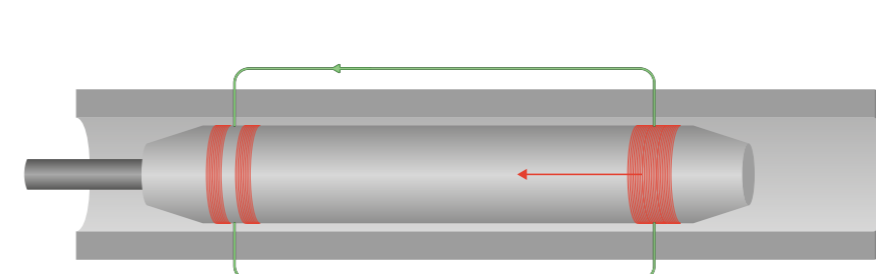


O campo indireto é difundido para fora através da parede do tubo; em seguida, ele se propaga pelo eixo e, posteriormente, é redirecionado de volta através da parede do tubo.



A zona onde o campo indireto é dominante é chamada de zona de campo remoto. Esta zona fica a uma distância superior ao diâmetro de dois tubos.

Localização da zona do campo remoto

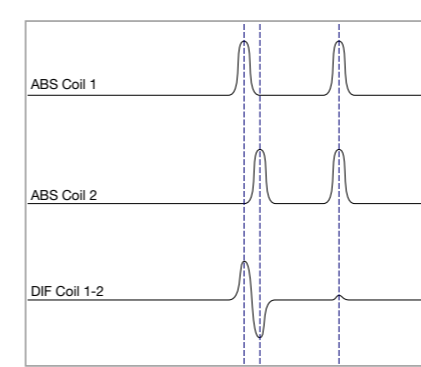


Resposta típica de defeito

Quando a sonda passa sobre um defeito no tubo a resposta é composta por dois efeitos:

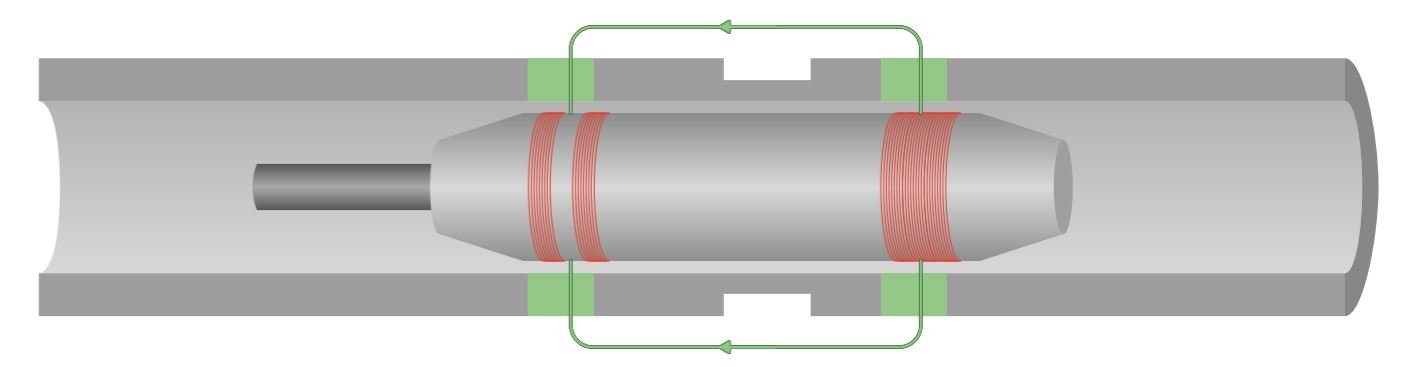
Efeito receptor

- O primeiro receptor produz um sinal que se move pelo defeito e é seguido, pouco tempo depois, por um sinal similar enviado pelo segundo elemento receptor.
- A subtração dos dois sinais gera o sinal diferencial em forma de S.

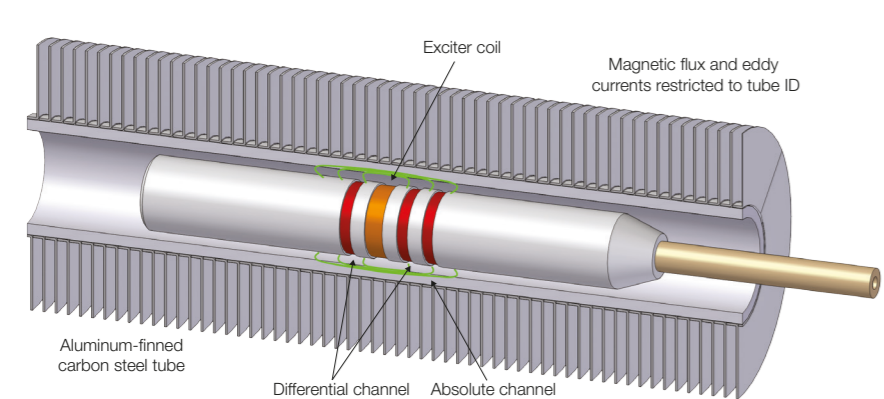


Efeito excitador

- O elemento excitador produz um sinal que se move pelo defeito e afeta o campo detectado pelos receptores.
- Os dois elementos receptores detectam o efeito do excitador simultaneamente e produzem sinais quase idênticos no canal definitivo.

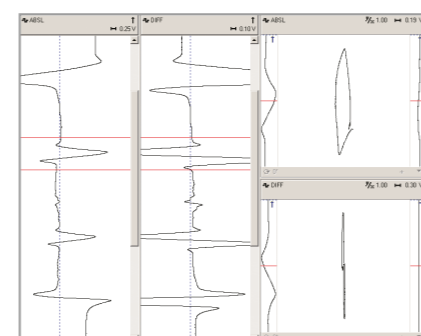


Teste de campo próximo

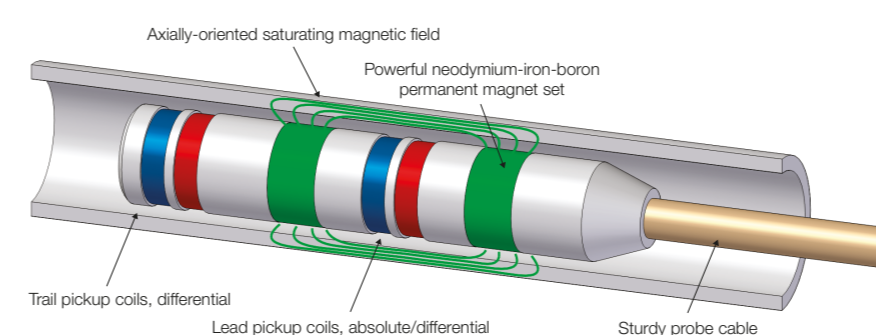


O teste de campo próximo para tubulação fin-fan precisa apenas de uma sonda simples de correntes parasitas driver-pickup sem a necessidade de elemento externo de referência. Ele foi projetado para fornecer sinais muito simples para análise. A sonda mede o fator lift-off e de preenchimento e, em seguida, converte em sinais baseados na amplitude.

O recurso de penetração, que é limitado à superfície interna, torna a sonda insensível à geometria da aleta na parte externa do tubo.



Fuga de fluxo magnético



Dois ímãs fortes e permanentes, acoplados a um núcleo de aço, geram um campo magnético que satura a parede do tubo.

Um elemento absoluto (ABS) é enrolado ao redor do núcleo para medir as variações do campo magnético causadas pela perda de parede.

A fuga de fluxo é detectada pelo elemento diferencial (chumbo), localizado entre os magnetos.

O último elemento (Trail), na extremidade da sonda, detecta o magnetismo residual de furos internos.

Deteção de defeito no diâmetro externo

Se existir um defeito no diâmetro interno localizado no tubo:

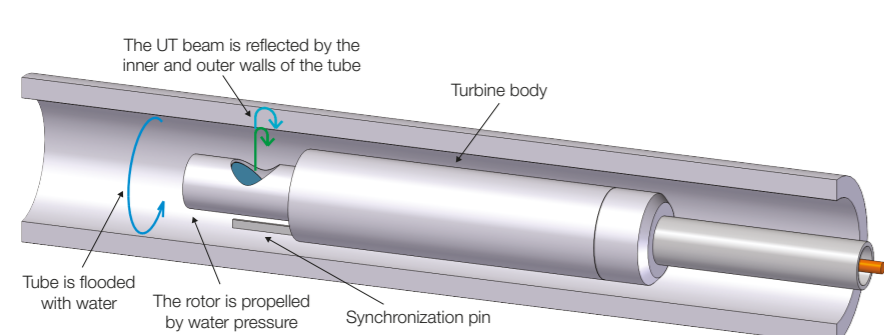
- As linhas de fluxo magnético não são distorcidas apenas no ar fora do tubo, também podem ser distorcidas dentro do tubo.
- Como a parede do tubo já está saturada, as distorções da linha de fluxo não podem estar contidas na parede remanescente e a fuga de fluxo é criado sobre o diâmetro interno (ID).
- O primeiro elemento detecta a fuga de fluxo porque está localizado entre os magnetos, no meio do circuito magnético.
- O outro elemento, que está fora do circuito magnético, não pode detectar o defeito porque não existe fuga de fluxo na parte interna do tubo.

Deteção de defeito no diâmetro interno

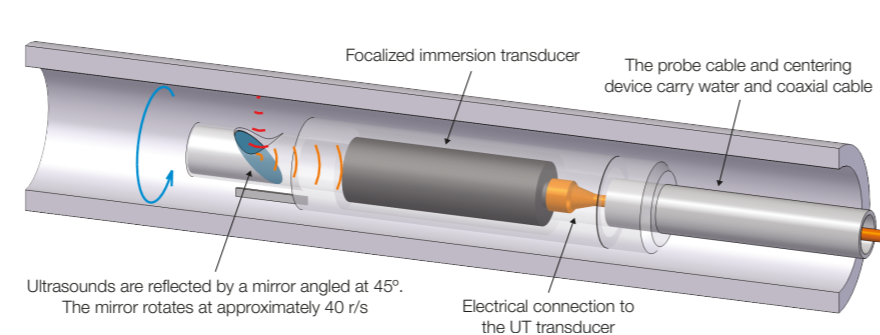
Se existir um defeito no diâmetro interno localizado no tubo:

- As linhas de fluxo magnético são distorcidas em um tubo quando o circuito magnético passa pelo defeito.
- Neste ponto, o primeiro elemento pode detectar a fuga de fluxo.
- Depois que o circuito magnético passa pelo defeito, um pouco de magnetismo residual fica no defeito.
- O último elemento detecta este magnetismo residual e produz o sinal de saída.

Sistema de inspeção interna rotativa (IRIS, sigla em inglês)



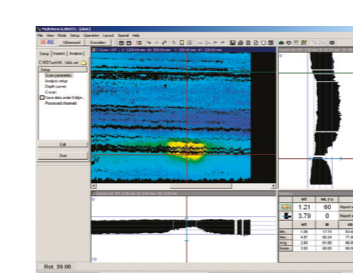
- Um transdutor localizado na parte interna de uma turbina gera um pulso ultrassônico ao longo do eixo do tubo.
- O ultrassom é refletido por um espelho com inclinação de 45° e orientado para o tubo.
- O ultrassom é parcialmente refletido pelo diâmetro interno do tubo (ID) e, em seguida, transmitido através da parede e, finalmente, refletido pelo diâmetro externo (OD) do tubo.
- A velocidade do ultrassom no material do tubo permite que a espessura da parede seja calculada usando a diferença entre o tempo de voo e os ecos dos diâmetros internos e externos.



Deteção de eco ultrassônico

- O nível de detecção é definido como um valor que permite a detecção do pino de sincronização e dos ecos do diâmetro interno e externo.
- O primeiro eco é nomeado T0 e o segundo T1.
- Se o T0 é detectado dentro da porta de sincronização uma nova rotação é exibida no C-scan.
- A espessura da parede é medida e exibida como uma representação de cores baseado neste cálculo:

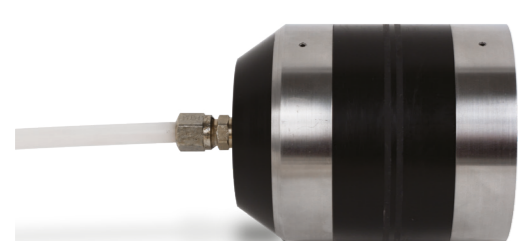
$$WT = V_{ul} \frac{(T1 - T0)}{2}$$



Trajétória do ultrassom no tubo

- O transdutor gera um pulso inicial
- Um pino de sincronização gera um eco para cada rotação.
- O eco do diâmetro interno é gerado com uma forte amplitude depois da indicação do pino.
- Pouco tempo depois, o eco do diâmetro externo é gerado com uma amplitude muito menor (porque a velocidade do ultrassom é maior no etal do que na água).

Tipos de sondas



ECT

- O teste de correntes parasitas é usado para inspecionar materiais não ferrosos como aço inoxidável austenítico, latão, cobre-níquel, titânio, cobre com aletas e muito outros.
- A técnica de correntes parasitas é indicada para detecção e dimensionamento de descontinuidades de metais normalmente encontradas em aplicações para tubulações.
- Ela pode detectar e dimensionar defeitos como corrosão, erosão, desgaste, baffle cuts, furos, perda de parede e fissuras.
- O equipamento de correntes parasitas é adequado para inspeção de tubos de condensadores, aquecedores de água e ares-condicionados.



RFT

- A técnica de teste de campo remoto é usada para inspecionar tubulação ferromagnética, como aço carbono e aço inoxidável ferrítico.
- O RFT é muito sensível a perda de parede provocada pela corrosão, erosão, desgaste, furos e baffle cuts.
- O equipamento para campo remoto se adequa perfeitamente à inspeção de trocadores de calor, aquecedores de água de alimentação e tubos de caldeiras.



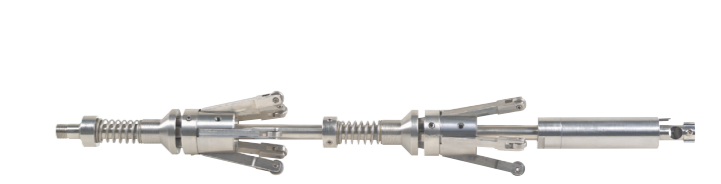
NFT

- A técnica de teste de campo próximo tem sido desenvolvida especificamente para a inspeção de tubos ferromagnéticos fin-fan.
- O campo próximo não é afetado pela presença de aletas ou por sua geometria.
- O NFT não precisa de elemento externo ou sonda.



MFL

- A fuga de fluxo magnético é recomendada para a inspeção de tubos de aço carbono com aletas de alumínio porque o fluxo magnético não é afetado pela presença de aletas.
- A técnica MFL detecta irregularidades como corrosão e erosão causada por vapor.
- Ela também é indicada para detecção de fissuras circunferenciais (um tipo de defeito que não é detectado pelas inspeções RFT e IRIS).



IRIS

- O sistema de inspeção interna rotativa é uma técnica de ultrassom adequada para inspeções petroquímicas e de tubos de balança de planta.
- Ele mede a espessura da parede, perda de material e detecta a orientação do defeito em tubos com diâmetro interno entre 1,27 cm e 7,62 cm.
- O equipamento foi projetado para tubos e os cascos de trocadores de calor, refrigeradores de ar e tubos de caldeira.