



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) PI 0716629-0 A2



* B R P I 0 7 1 6 6 2 9 A 2 *

(62) Data de Depósito do Pedido Original:
PI0621691 - 19/12/2006

(22) Data de Depósito: 20/09/2007

(43) Data da Publicação: 15/10/2013
(RPI 2232)

(51) Int.Cl.:
E21B 47/09
G01N 27/90

(54) Título: MÉTODO E DISPOSITIVO PARA
DETECTAR UMA ANOMALIA EM UM CONJUNTO DE
UM PRIMEIRO E SEGUNDO OBJETOS

(30) Prioridade Unionista: 21/09/2006 EP 06121041.5,
21/09/2006 EP 06121044.9

(73) Titular(es): Shell Internationale Research Maatschappij B.V.

(72) Inventor(es): Dave Badoux, Paulus Carolus Nicolaas
Crouzen

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & Cia.

(86) Pedido Internacional: PCT EP2007059949 de
20/09/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/034867 de
27/03/2008

(57) Resumo: MÉTODO E APARELHO PARA TRANSMITIR DADOS. Uma implementação fornece um transmissor que separa porções seqüenciais de dados em um primeiro conjunto de dados por intervalos de tempo permitindo um modo de economia de energia (1005). O transmissor transmite as porções seqüenciais de dados separadas por respectivos intervalos de tempo tendo comprimentos configurados para permitir um receptor entrar e sair de um modo de economia de energia entre as porções de dados de recepção seqüencialmente transmitidas do primeiro conjunto de dados (1010). O transmissor separa as porções seqüenciais de dados em um segundo conjunto por intervalos de tempo que não são de comprimento suficiente para permitir um receptor entrar e sair de um modo de economia de energia durante os intervalos de tempo (1015). O segundo conjunto de dados é depois transmitido (1020).

“MÉTODO E DISPOSITIVO PARA DETECTAR UMA ANOMALIA EM UM CONJUNTO DE UM PRIMEIRO E UM SEGUNDO OBJETOS”

Campo da invenção

5 A presente invenção é relativa a um método e dispositivo para detectar uma anomalia em um conjunto de um primeiro e um segundo objetos que formam um espaço intermediário entre eles.

Fundamento da invenção

10 Poços de hidrocarbonetos são tipicamente completados com um conjunto de tubos de aço concêntricos referidos como condutores, revestimento, ou tubulação. A complementação se estende desde uma cabeça de poço, para baixo, para o interior do furo de poço. A cabeça de poço pode ser em terra ou em instalações fora da costa em uma plataforma. Diversas partes da complementação podem estar sujeitas à corrosão. Em instalações fora da costa, por exemplo, água do mar pode estar presente em uma coroa circular exterior de uma complementação tal como entre um condutor e o

15 revestimento exterior. Áreas sensíveis à corrosão estão ao nível do mar onde efeitos de maré e ondas provocam exposição da complementação do poço à água e ar, ou em uma zona assim chamada de respingo, mesmo à água aerada. Existe uma necessidade de realizar inspeção em tais completações.

20 WO 95/00839 refere-se a um método e aparelho eletromagnético transiente para inspecionar objetos incluindo uma porção de sensoreamento, que tem uma antena de transmissão e pelo menos uma antena de recepção. A porção de sensoreamento é localizada adjacente ao objeto que é para ser inspecionado de modo que as antenas são adjacentes ao objeto.

25 US 4.725.442 refere-se a uma ferramenta de percurso de tubulação para uso em determinar a extensão de defeitos em seções tubulares de uma coluna de tubulação contínua usada em poços de óleo e gás subterrâneos. A ferramenta de percurso de tubulação é montada em um

segue-se a página 1a

aparelho de superfície circundando a coluna de tubulação e defeitos são detectados magneticamente durante remoção de tubulação a partir do furo de poço.

5 US 5.124.641 refere-se a um método e um dispositivo para medir simultaneamente a distância entre tubos de metal substancialmente paralelos formando uma folha, um conjunto de combustível, e a espessura do óxido cobrindo os tubos.

10 Inspeção de revestimento de poço passando uma ferramenta de maneira centralizada para baixo em um tubular ou revestimento é conhecida da Especificação de Patente US 4.701.892. Contudo, tais ferramentas de inspeção interferem com a produção de hidrocarbonetos. Se for conhecido antecipadamente que inspeção de corrosão é desejada, um aparelho de monitoramento de corrosão fixado furo abaixo, que compreende transdutores piezelétricos, como conhecido da US 6.131.659, pode ser instalado. Se 15 equipamento fixo não estiver presente e se a produção não for perturbada diversas vezes, o único trajeto de acesso prático é através da coroa circular aberta entre tubulares.

Uma opção, neste caso, é inspeção visual passando o equipamento de vídeo para baixo na coroa circular; porém existe uma necessidade por um método de inspeção mais preciso que possa detectar anomalias que podem comprometer a integridade de objetos de aço, por exemplo, uma diminuição significativa de espessura de parede em relação a uma norma. Além de compleтаções de poço, problemas similares são também encontrados em outras situações onde dois objetos metálicos, em particular objetos de aço, devam ser inspecionados a partir de um espaço intermediário estreito entre eles.

10 Sumário da invenção

Para esta finalidade a presente invenção fornece um método para detectar uma anomalia em um conjunto de um primeiro e um segundo objetos de material eletricamente condutor, que formam um espaço intermediário entre eles, o método compreendendo

15 fornecer um dispositivo que compreende um arranjo de transmissor/receptor para gerar um campo eletromagnético, e para medir um sinal indicativo de uma corrente parasita que é gerada no conjunto pelo campo eletromagnético;

20 arranjar o dispositivo em uma posição de medição dentro do espaço intermediário;

ativar o dispositivo de modo a receber um sinal indicativo de uma corrente parasita no conjunto; e

comparar o sinal com uma norma, de modo a detectar se uma anomalia está presente na posição de medição.

25 Métodos para inspecionar um objeto eletricamente condutor por meio de medições de corrente parasita, em particular correntes parasitas transitórias, são conhecidos na técnica. Análise da assinatura eletromagnética de correntes parasitas induzidas em um objeto eletricamente condutor produz informação a respeito de anomalias no objeto inspecionado, por exemplo,

variações de espessura de parede podem ser medidas, rachaduras ou defeitos superficiais podem ser localizados. Para aplicações entre dois objetos eletricamente condutores, em particular entre dois objetos de aço, tal como em uma coroa circular formada por tubulares de uma complementação de poço, medições de corrente parasita deveriam, contudo, não eram consideradas no passado.

Uma razão é que a sonda de corrente parasita deveria gerar correntes parasitas em, e apanhar assinaturas de corrente parasita a partir de ambos os objetos. A invenção é parcialmente baseada na visão que em diversos casos não é necessário distinguir entre os dois objetos. Ao invés disso, pode ser suficiente identificar a localização de uma anomalia que pode estar em qualquer um dos objetos ou em ambos. Os primeiro e segundo objetos podem, em particular, ser um tubular interior e um exterior com uma coroa circular como espaço intermediário entre eles, em particular, nos quais os tubulares interior e exterior fazem parte de uma complementação de poço.

Assim, a presente invenção proporciona a utilização de um dispositivo que compreende um arranjo de transmissor/receptor para gerar um campo eletromagnético em um objeto eletricamente condutor, e para medir um sinal indicativo de uma corrente parasita que é gerada no conjunto, por meio do campo eletromagnético para inspecionar um conjunto de um primeiro e um segundo objetos de segundo material eletricamente condutor quanto à presença de uma anomalia.

Uma anomalia é um desvio de um estado esperado ou desejado do conjunto inspecionado de dois objetos. O estado esperado ou desejado é caracterizado por um ou mais parâmetros, tais como duas espessuras de parede, e dá origem a uma resposta do conjunto a uma inspeção de corrente parasita. A resposta esperada ou desejada é referida como a norma, a norma pode também cobrir uma faixa de respostas esperadas e desejadas. Ela pode, por exemplo, ser determinada em uma parte do conjunto que está sem

anomalias, ou pode ser predita tal como fazendo uso de uma calibração ou extrapolação ou interpolação de medições em objetos similares.

Muitas vezes, pré-conhecimento a respeito da sensibilidade relativa do arranjo de transmissor/receptor a correntes parasitas nos primeiro e segundo objetos, pode ser obtido e, em tal caso, a anomalia pode ser atribuída ao objeto com a sensibilidade mais elevada. Um exemplo de tal pré-conhecimento é o espaçamento relativo ou absoluto do arranjo de transmissor/receptor a partir de cada um dos objetos, no qual a sensibilidade é tipicamente mais elevada para o objeto o mais próximo. Um outro exemplo é que a sonda tem um lado mais sensível, e é conhecido que o lado o mais sensível faceia um dos objetos. Tal conhecimento pode, por exemplo, ser obtido de equipamento de vídeo ou de sonar que monitora a orientação da sonda na posição de medição, ou a partir de um sensor de orientação montado na sonda.

Um tipo particular de anomalia que pode ser estudado é uma anomalia de espessura de parede que é um desvio da espessura de parede de uma norma. Tal anomalia de espessura de parede pode ser provocada por corrosão.

Exceto para uma indicação qualitativa ou semiquantitativa de uma anomalia, a anomalia pode também ser quantificada tal como uma indicação de espessura de parede absoluta ou relativa para a norma. Se a distância do arranjo de transmissor/receptor para cada um dos primeiro e segundo objetos é conhecida, estas podem ser utilizadas na quantificação.

Em uma configuração preferida o arranjo de transmissor/receptor é dotado de um dispositivo de fixação que é operado para fixar o arranjo de transmissor/receptor em uma posição de medição em relação ao conjunto, no mínimo, durante a ativação do dispositivo. Movimentos da sonda com o arranjo de transmissor/receptor durante a medição podem perturbar as medições. Consequentemente, também é

fornecido um dispositivo para detectar uma anomalia em um conjunto de um primeiro e um segundo objetos que formam um espaço intermediário entre eles, o dispositivo compreendendo um arranjo de transmissor/receptor para gerar um campo eletromagnético e para medir um sinal indicativo de uma corrente parasita que é gerada no conjunto pelo campo eletromagnético; e no qual o dispositivo ainda compreende um dispositivo de fixação que é arranjado para fixar o arranjo de transmissor/receptor com relação ao conjunto em uma posição de medição dentro do espaço intermediário.

Para operação remota da sonda, tal como em uma linha de cabo ou em uma coroa circular de uma complementação de poço, o dispositivo de fixação é utilizado para localizar firmemente a sonda na posição de medição. Uma maneira adequada é arranjar e operar o dispositivo de fixação tal que ele apóie o arranjo de transmissor/receptor contra ambos, os primeiro e segundo objetos. O dispositivo de fixação pode, em particular, compreender um elemento resiliente que é operado para comprimir o arranjo de transmissor/receptor contra um dos primeiro e segundo objetos e para longe do outro objeto. O elemento resiliente pode, em particular, compreender uma mola e/ou um elemento inflável. Em um arranjo especial, o elemento resiliente pode assumir uma posição retraída e uma expandida, e ser movido para a posição expandida para fixação. Em uma posição retraída é mais fácil manobrar a sonda para a posição de medição.

Alternativamente ou em adição, o dispositivo de fixação também pode compreender um magneto.

Breve descrição dos desenhos

A invenção será descrita agora, a guisa de exemplo, em mais detalhe com referência aos desenhos, nos quais

A figura 1 mostra, de maneira esquemática, uma sonda de corrente parasita pulsada arranjada acima de um objeto de inspeção;

A figura 2 mostra, de maneira esquemática, uma sonda de

corrente parasita pulsada blindada de maneira passiva, arranjada entre um primeiro e um segundo objetos;

A figura 3 mostra diversos sinais de voltagem normalizada $V(t)$ do receptor, como uma função de tempo t ;

5 A figura 4 mostra, de maneira esquemática, uma sonda de corrente parasita pulsada durante inspeção em uma coroa circular de uma complementação de poço.

A figura 5 mostra, de maneira esquemática, a sonda de corrente parasita pulsada da figura 4 ampliada;

10 A figura 6 mostra, de maneira esquemática, uma sonda de corrente parasita pulsada blindada de maneira passiva, arranjada entre um objeto de inspeção e um outro objeto;

A figura 7 mostra, de maneira esquemática, uma sonda de corrente parasita pulsada blindada, arranjada entre um objeto de inspeção e um outro objeto em um arranjo para estudar o efeito de blindagem parcial;

15 A figura 8 mostra, de maneira esquemática, uma sonda de corrente parasita pulsada e um dispositivo de blindagem arranjado em um canto formado por um objeto de inspeção e um outro objeto;

A figura 9 mostra, de maneira esquemática, uma sonda de corrente parasita pulsada blindada de maneira ativa, arranjada entre um objeto de inspeção e um outro objeto;

A figura 10 mostra, de maneira esquemática, a sonda de corrente parasita pulsada da figura 7 ampliada;

25 A figura 11a mostra uma vista frontal da sonda de corrente parasita pulsada em uma orientação preferencial;

A figura 11b mostra uma vista lateral da sonda de corrente parasita pulsada em uma orientação preferencial;

A figura 11c mostra uma vista frontal da sonda de corrente parasita pulsada em uma orientação rolada ou inclinada;

A figura 11d mostra uma vista lateral da sonda de corrente parasita pulsada em uma orientação rolada ou inclinada;

A figura 12a mostra uma vista frontal de uma configuração da sonda de corrente parasita pulsada que apresenta um sensor de orientação.

5 A figura 12b mostra uma vista lateral de uma configuração da sonda de corrente parasita pulsada que apresenta um sensor de orientação;

A figura 13a apresenta o fluxo magnético através das bobinas do receptor de orientação quando a sonda está posicionada normalmente;

10 A figura 13b apresenta o fluxo magnético através das bobinas do receptor de orientação quando a sonda é rolada;

A figura 14 apresenta a voltagem medida sobre as bobinas do receptor de orientação depois de amplificação como uma função de tempo; e

A figura 15 apresenta $\rho(t_1=4\text{ms}, t_2=5\text{ms})$ como uma função do ângulo de rolamento.

15 Onde numerais de referência iguais são utilizados nas figuras, eles se referem ao mesmo ou a objetos similares.

Descrição detalhada da invenção

Métodos de corrente parasita são utilizados para inspeção de objetos eletricamente condutores, por exemplo, para medir espessura de
20 parede. Uma sonda de corrente parasita, em particular uma sonda de corrente parasita pulsada (PEC), tipicamente compreende um arranjo de transmissor/receptor com um dispositivo transmissor e um dispositivo receptor. Para conduzir uma medição, a sonda é colocada em proximidade com a superfície próxima do objeto inspecionado. O dispositivo transmissor
25 tipicamente compreendendo uma bobina eletromagnética ou arranjo de bobina, é ativado, por exemplo, energizando e abruptamente desenergizando a bobina, isto induz correntes parasitas transitórias no objeto. A corrente parasita dá origem a um campo magnético que varia com o tempo, que gera um sinal no dispositivo receptor, tipicamente também compreendendo uma

bobina eletromagnética ou arranjo de bobina. Muitas vezes o sinal recebido é medido como uma função de tempo depois do pulso transmissor. A análise do sinal produz informação a respeito de anomalias no objeto inspecionado, por exemplo, variações de espessura de parede podem ser medidas, rachaduras ou defeitos de superfície podem ser localizados. Exemplos de métodos da técnica precedente estão discutidos em Publicações de Patente EP 321112 A1, EP1311800 A1, EP 1311842 A1, EP1311843 A1, EP 1478899 A2, EP 1576335 A2.

Comumente a sonda é trazida em proximidade com uma superfície exterior de um objeto inspecionado, e distância suficiente é mantida de quaisquer outros objetos eletricamente condutores, uma vez que correntes parasitas geradas nele poderiam também ser captadas pelo receptor. Este pode ser o caso se objetos metálicos estiverem presentes dentro de cerca de dez vezes o comprimento característico do arranjo de transmissor/receptor, em particular dentro de cinco vezes o comprimento característico. O comprimento característico é o comprimento que determina a faixa sensível do arranjo de transmissor/receptor, se parâmetros tais como o número de enrolamentos de bobina e corrente de energização são mantidos constantes. Na faixa sensível, medições de corrente parasita com relação mínima de sinal/ruído podem ser conduzidas. Exemplos de comprimentos característicos serão discutidos abaixo. O comprimento característico pode, em particular, ser a extensão máxima do arranjo de transmissor/receptor.

No método da invenção a sonda é tipicamente colocada em uma posição de medição em um espaço intermediário entre dois objetos, no qual a distância entre a sonda e cada um dos objetos é dez vezes o comprimento característico, ou menos, em particular cinco vezes o comprimento característico ou menos, e em diversos casos dentro de três vezes o comprimento característico.

Cada um dos dois objetos é eletricamente condutor em

particular de um metal ferromagnético, em particular aço, tal como aço carbono. Objetos típicos inspecionados não são de aço ou aço inoxidável ou aço austenítico. Os objetos podem ser cobertos, por exemplo, por um material eletricamente não condutor tal como um polímero, vidro, tinta, concreto ou madeira, ou por um isolamento térmico. Tipicamente, cada objeto tem uma espessura de no mínimo 2 mm, em particular no mínimo 4 mm, mais em particular no mínimo 8 mm. Sinais de corrente parasita transitórios a partir de objetos de aço carbono com tais espessuras dão origem a sinais que são detectáveis por dezenas até centenas de milissegundos e difusão de correntes parasitas através do material pode ser detectada em tempos característicos da ordem de dezenas de milissegundos. Também tipicamente, a relação de espessura de parede entre a mais grossa e a mais fina dos dois objetos na posição de medição está na faixa de 1 até 5, em diversos casos na faixa de 1 até 3. Se os objetos não diferem de maneira significativa em espessura de parede ou material, eles têm assinaturas de corrente parasita similares.

Referência é feita agora à figura 1. A figura 1 mostra a situação tradicional de inspecionar um único objeto de inspeção 1 de material eletricamente condutor, por exemplo, aço carbono. O objeto de inspeção pode, por exemplo, ser um tubular, uma placa, ou uma parede de um recipiente. Uma sonda de corrente parasita pulsada 5 que compreende um arranjo de transmissor/receptor 7 é arranjada em uma posição de medição 10 com relação a uma localização de inspeção 11 na superfície 12 a mais próxima da sonda (a superfície próxima) do objeto 1. O arranjo de transmissor/receptor 7, como mostrado, inclui dispositivo transmissor separado 15, dispositivo receptor 16, ambos os quais estão indicados como uma bobina. Eles também podem ser formados por uma e a mesma bobina. Também é possível que o dispositivo transmissor e/ou receptor compreenda uma pluralidade de bobinas.

A dimensão geométrica que determina principalmente a faixa

sensível da sonda é o diâmetro da bobina transmissora 15. Este diâmetro é o comprimento característico da sonda 1.

A bobina transmissora 15 é conectada a um dispositivo (não mostrado) para energizar a bobina transmissora, e o receptor é conectado a um dispositivo (não mostrado) para registrar os sinais a partir do receptor.

A posição 10 mostrada aqui é caracterizada pelo levantamento L paralelo à superfície 12, que é realizado aqui arranjando um objeto eletricamente não condutor 18 tal como uma placa plástica (calço) entre o arranjo de transmissor/receptor 7 e o objeto de inspeção 1. A espessura do objeto 1 entre a superfície próxima 12 e a superfície afastada 13 do objeto na localização de inspeção 11 é, por exemplo, a ser medida.

O arranjo de transmissor/receptor 7 tem um lado de medição 19 e uma direção de medição indicada pela seta 20 na direção do objeto de inspeção 1 durante operação normal.

A figura 2 mostra o arranjo da figura 1 em uma situação de acordo com a presente invenção em que um segundo objeto 22 de material eletricamente condutor está presente na vizinhança do objeto de inspeção (primeiro objeto) 1. Na situação mostrada na figura 2, o segundo objeto 22 está substancialmente paralelo ao primeiro objeto 1. Será entendido que este é também o caso para um arranjo de um tubular interior e exterior de eixos substancialmente paralelos. Substancialmente paralelo significa, por exemplo, dentro de 10° de desvio. Na invenção o arranjo de transmissor/receptor é colocado no espaço 23 intermediário entre os dois objetos 1, 22. Poder-se-ia tentar inspecionar o objeto 1 a partir do lado da superfície 13 colocando aí o arranjo de transmissor/receptor. Isto, contudo, não é sempre possível, por exemplo, quando o objeto 1 é parte de um tubular através do qual um fluido passa sob condições de processo.

Resultados experimentais obtidos nas configurações das figuras 1 e 2 serão agora discutidos com referência à figura 3. A figura 3

mostra curvas de voltagem recebidas pela bobina receptora 16 como uma função de tempo depois que o transmissor tenha sido desligado. Todas as curvas foram normalizadas na amplitude máxima e são apresentadas em unidades arbitrárias.

5 Curvas rotuladas “a” e “b” na figura 3 foram obtidas no ajuste da figura 1 com uma placa de teste de aço carbono de 4 mm e de 20 mm como o objeto de inspeção 1, respectivamente. O calço plástico 18 tinha 21 mm de espessura e o calço plástico 28 tinha 28 mm de espessura. A curva “a” quebra para baixo mais cedo do que a curva “b” em concordância com a diferença em
10 espessura de parede.

A curva “c” foi registrada com a sonda PEC ensanduichada entre a placa de teste de 4 mm como o objeto de inspeção (primeiro objeto) 1 e a placa de teste de 20 mm como segundo objeto 22 no ajuste apresentado na figura 2, porém sem a chapa de metal- μ 25 presente. A curva “c” decai de
15 maneira intermediária entre as curvas “a” e “b” de modo que se uma espessura de parede devesse ser deduzida do sinal PEC “c” ela iria se situar entre 4 mm e 20 mm.

A curva “x” é uma superposição dos sinais “a” e “b” registrados nas amostras de 4mm e 20 mm, e foi calculada como uma
20 superposição das curvas de voltagem “a” e “b” como uma função de tempo t , $V_a(t)$ e $V_b(t)$, isto é,

$V_x(t) = \alpha V_a(t) + \beta V_b(t)$. Os parâmetros escalares α e β foram variados de modo que a curva “x” se ajuste melhor à curva “c”. É observado que a curva “x” se aproxima da curva “c”. Isto implica em que o sinal PEC
25 registrado entre as duas placas de teste seja aproximadamente uma superposição dos sinais registrados em cada placa separadamente. Parâmetros α e β irão depender da distância entre a sonda PEC e as duas placas. Se a distância do arranjo de transmissor/receptor para cada um dos primeiro e segundo objetos for conhecida, ela pode ser utilizada na quantificação da

anomalia. Com calibração precisa é, em princípio, possível “desenrolar” as respostas e desmembrar as contribuições de cada um dos dois objetos, assim, para cada um dos objetos desvios de uma norma individual podem ser detectados. Contudo, isto não é necessário em diversos casos, uma indicação qualitativa que o sinal combinado se desvia de uma norma pode ser suficiente.

A sonda de corrente parasita da presente invenção é preferivelmente uma sonda de corrente parasita transitória ou pulsada, isto é, que gera um campo magnético transitório no conjunto inspecionado e que mede um parâmetro de uma corrente parasita que é gerada nele por meio do campo eletromagnético transitório, embora uma sonda de corrente parasita de onda contínua convencional possa, em princípio, também ser utilizada. Em uma sonda de corrente parasita de onda contínua, uma resposta em estado constante do objeto inspecionado é medida em resposta a um campo eletromagnético não estático na forma de um campo eletromagnético continuamente alternante. Uma sonda de corrente parasita pulsada é mais sensível do que uma sonda de corrente parasita de onda contínua convencional.

Uma utilização particular da presente invenção é na inspeção de complementações de poços de hidrocarbonetos (petróleo e/ou gás). Tais complementações incluem tipicamente tubos de aço concêntricos, referidos como condutores, revestimento ou tubulação. A complementação se estende desde uma posição furo abaixo dentro do furo de poço até a cabeça de poço que pode estar em terra ou em instalações fora da costa em uma plataforma. Diversas partes da complementação podem estar submetidas à corrosão. Em instalações fora da costa, por exemplo, água do mar pode estar presente em uma coroa circular exterior de uma complementação, tal como entre um condutor e o revestimento exterior. Áreas sensíveis à corrosão estão ao nível do mar onde efeitos de maré e ondas provocam exposição da complementação de poço a água e ar, ou em uma assim chamada zona de respingo, mesmo a água

aerada. Existe uma necessidade de realizar inspeção de tubulares interiores. Muitas vezes o único trajeto prático de acesso é através da coroa circular.

É feita referência à figura 4 que mostra, de maneira esquemática, a inspeção de uma complementação de poço 40 a partir de uma coroa circular interna 42 entre tubulares concêntricos. Aqui parte dos dois tubulares de aço carbono da complementação de poço 40 estão mostrados, o tubular exterior (condutor) 44 (mostrado parcialmente cortado aberto), e o tubular interior (revestimento) 46. Será entendido que no caso de mais tubulares outra coroa circular pode ser inspecionada. Por exemplo, a sonda pode ser inserida ou na coroa circular “D” entre o condutor e o revestimento de superfície, a coroa circular “C” entre o revestimento de superfície e o revestimento intermediário, a coroa circular “B” entre o revestimento intermediário e o revestimento de produção, ou a coroa circular “A” entre o revestimento de produção e a tubulação de produção. Entrada para a coroa circular “D” permite inspeção do condutor e do revestimento de superfície, a coroa circular “C” permite a inspeção do revestimento de superfície e do revestimento intermediário. Entrada para a coroa circular “D” é possível no espaço entre o fundo da cabeça de poço e o topo do condutor. Entrada para as coroas circulares “C”, “B” e “A” requerem abertura de válvulas de braço local e inserir a sonda através destas válvulas.

Dimensões típicas para um condutor são desde 60 até 90 cm, em particular 76 cm (30 polegadas) de diâmetro e desde 20 até 30 mm em particular 25 mm de espessura de parede, e para um revestimento de superfície desde 40 até 60 cm em particular 51 cm (20 polegadas) de diâmetro e desde 8-20 mm, em particular 12 mm de espessura de parede.

Uma sonda PEC 50 é desenvolvida em uma linha de cabo, cabo ou umbilical 53 a partir da cabeça de poço (não mostrado), por exemplo, em uma plataforma fora da costa, para o interior da coroa circular 42. Na extremidade inferior da sonda pesos 55 são montados. Vergas elásticas

transversais 58 (das quais apenas uma está visível na figura 4) são montadas para impedir a rotação da sonda na coroa circular 42.

Quando o cabo, a linha de cabo, ou umbilical 53 é fixado no topo, dispositivo de fixação resiliente comprime a sonda sobre o primeiro
5 objeto, tubular exterior 44, e preferivelmente como mostrado ao mesmo tempo afastando do tubular interior 46 (segundo objeto). Desta maneira o arranjo de transmissor/receptor é fixado se apoiando contra o revestimento e o condutor ao mesmo tempo.

A figura mostra um dispositivo de fixação resiliente na forma
10 de uma alça elástica 60. Mais alças de molas/mola podem ser arranjadas se estendendo em diferentes direções radiais. Também é possível utilizar um elemento inflável tal como um fole ao invés de, ou em adição às molas 60. A mola e/ou o fole podem ser arranjados em uma posição retraída enquanto a sonda é movida para uma posição de inspeção e liberada ou inflada aí, por
15 exemplo, operada de maneira remota por meio do cabo 53.

O dispositivo de fixação neste exemplo realiza uma orientação da sonda no sentido de um dos objetos, a sonda é empurrada sobre o condutor e para longe do revestimento, minimizando ainda mais influências do revestimento nas medições.

Uma outra fixação pode ser fornecida como mostrado aí pelo
20 magneto 63, cuja intensidade é selecionada de tal modo que a sonda seja ainda puxada para baixo pelos pesos 55 quando o cabo 53 está frouxo.

O dispositivo de fixação neste exemplo realiza uma orientação da sonda no sentido de um dos objetos; a sonda é empurrada sobre o condutor
25 e para longe do revestimento. Assim, o sinal será dominado pela contribuição do condutor.

Uma câmara de vídeo 66 é montada no cabo, linha de cabo ou umbilical 53, de modo que a sonda pode ser monitorada durante a sua descida para o interior da coroa circular. Desta maneira, a orientação da sonda no

sentido de qualquer dente o revestimento ou condutor pode ser verificada. Alternativamente, um dispositivo sonar pode ser utilizado ao invés de ou em adição à câmara de vídeo em situações onde inspeção visual não é possível, tal como quando a coroa circular é enchida com um líquido tal como petróleo ou água do mar. Também é possível montar um sensor de orientação tal como um giroscópio na sonda para obter informação de orientação.

O cabo, linha de cabo, ou umbilical 53, tem diversas funções. Em seguida à função de suportar e guiar a sonda 50, ele também fornece conexões elétricas necessárias para e a partir da sonda (inclusive suprimento de energia, controle, operação e transmissão de dados), para e a partir da câmara de vídeo e, de maneira adequada, também conexões elétricas pneumáticas ou hidráulicas, para operar um dispositivo de fixação tal como uma mola liberável, fole inflável/desinflável.

A figura 5 mostra uma vista esquemática ampliada do interior da sonda 50 da figura 4. O arranjo de transmissor/receptor 70 da sonda difere daquele discutido com referência às figuras 1 e 2. As bobinas transmissoras 72, 73 e bobinas receptoras 75, 76 são arranjadas sobre uma forquilha de ferrita conformada em U 79. O campo magnético produzido pelas bobinas transmissoras é guiado para os pólos 81, 82 da forquilha no lado de medição 84 da sonda. O campo gerado pelas correntes parasitas em um objeto inspecionado no lado de medição 84 é guiado para as bobinas receptoras 75, 76. Bobinas transmissoras e/ou receptoras também poderiam ser arranjadas nas pernas da forquilha conformado em U 79.

A sonda é montada em uma carcaça 87. Um espaçador plástico 89, por exemplo de 10 mm de espessura, é arranjado no lado de medição para proporcionar um levantamento constante. Para efeito de clareza, conexões elétricas e partes externas da sonda não estão mostradas.

A espessura total da sonda, exclusive o espaçamento do plástico pode, tipicamente, ser da ordem de 10 a 40 mm. Uma coroa circular

ou espaço intermediário, por exemplo de 100 mm ou menos, tal como 70 mm ou menos, pode ser inspecionado.

A sonda PEC mostrada aqui é funcionalmente similar àquela descrita na EP 910.784 A1, aqui incorporada para referência, em que ela é
5 uma sonda assim chamada focalizada. Quando as bobinas transmissoras 72, 73 são conectadas em série, juntamente com a forquilha 79 elas representam dois emissores lateralmente espaçados separados, para emitir um campo eletromagnético, acionado de tal modo que o campo eletromagnético resultante na região central entre os pólos 81, 82 é intensificado. O
10 comprimento característico da sonda 50 que determina sua faixa sensível é o espaçamento de pólo, isto é, a distância entre os centros dos pólos 81, 82. É também a dimensão máxima do arranjo de transmissor/receptor. O comprimento característico pode, de maneira adequada, estar na faixa desde 10 mm até 200 mm, em particular desde 20 mm até 150 mm.

15 A forquilha conformada em U tem o efeito adicional que existe uma sensibilidade significativamente mais elevada da sonda no sentido do lado de medição 84 do que para o lado oposto, diferentemente por exemplo, da sonda simples 1 das figuras 1 e 2.

Durante operação normal a sonda 50 é abaixada para o interior
20 da coroa circular 42, pelo que, a sonda é principalmente puxada para baixo por meio da força de gravidade de dois pesos 55 ao invés de empurrá-la pelo cabo 53.

Por meio da câmara 66 a orientação correta pode ser verificada, e obstruções na coroa circular podem ser detectadas. A câmara
25 também pode sinalizar uma situação em que a distância anelar entre o revestimento de superfície e o condutor varia, uma vez que os tubulares estão desalinhados e não estão mais concêntricos, e isto pode ser levado em consideração quando da interpretação das medições. É conhecido que variar o levantamento tem uma influência nos sinais. Se o levantamento não varia de

maneira significativa é mais fácil quantificar as medições e atribuir mudanças no sinal para uma anomalia nos objetos metálicos.

Quando a sonda 50 chega a uma posição de medição, o cabo 53 é fixado e a sonda 50 é fixada em posição pela ação combinada da alça de mola 61 e magneto 63, ambos comprimindo a sonda contra a parede do condutor 44, de modo que ela permanece estacionária quando a sonda é ativada.

Energizar as bobinas transmissoras com um pulso de corrente é feito a partir da superfície por meio de cabo 53, e o sinal captado pelo receptor é transmitido para a superfície onde ele pode ser processado para determinar uma anomalia. Inspeção de maneira adequada é realizada em uma pluralidade de posições de medição, nesta maneira diferenças relativas podem ser comparadas e uma norma interna pode ser estabelecida a partir, por exemplo, de uma média adequada de um parâmetro a partir da pluralidade de posições de medição. Também é possível medir um sinal de referência em uma ou mais posições de medição onde não há anomalia, o que pode servir para determinar uma norma.

Uma vez que na presente situação pré-conhecimento seja disponível a respeito do espaçamento próximo da sonda para o condutor e a orientação do lado de medição da sonda no sentido do condutor e, além disto, o condutor tenha uma espessura de parede de nominal maior, uma anomalia detectada pode ser atribuída ao condutor. Claramente, inspeção também pode ser feita preferencialmente para contribuições a partir do tubular interior 46, caso em que a sonda pode ser utilizada de maneira análoga porém girada por 180 graus.

Para diminuir ou suprimir substancialmente a influência da resposta de corrente parasita de um dos objetos nas medições, é possível utilizar uma sonda de corrente parasita blindada que compreende um dispositivo de blindagem magnética que fornece, no mínimo, uma blindagem

magnética parcial para o arranjo transmissor/receptor em uma direção diferente da direção de medição. O dispositivo de blindagem magnética pode compreender em particular uma peça de material ferromagnético, preferivelmente selecionado do grupo que consiste de uma liga
5 ferromagnética e uma cerâmica, mais preferivelmente de metal-mu.

A figura 6 mostra o arranjo da figura 1 na situação em que um outro objeto 22 de material eletricamente condutor está presente na vizinhança do objeto de inspeção 1. Na situação mostrada na figura 6 um outro objeto 22 é substancialmente paralelo ao objeto de inspeção 1. Será
10 entendido que este é também o caso para um arranjo de um tubular interior e exterior de eixos substancialmente paralelos. Substancialmente paralelo significa, por exemplo, dentro de 10° de desvio. O arranjo de transmissor/receptor é colocado no espaço intermediário entre os dois objetos 1, 22. Poder-se-ia inspecionar o objeto 1 a partir do lado da superfície 13
15 colocando aí o arranjo de transmissor/receptor. Contudo, isto não é sempre possível, por exemplo, quando o objeto 1 é parte de um tubular através do qual um fluido passa sob condições de processo. O desafio é, portanto, inspecionar o objeto de inspeção 1 a partir do espaço intermediário, enquanto suprimindo ou minimizando a influência do outro objeto 22 nas medições.

Em uma configuração isto é conseguido na invenção, arranjkando uma blindagem magnética entre o arranjo de transmissor/receptor e o outro objeto, cuja blindagem na configuração da figura 6 assume a forma de uma chapa ferromagnética 25. Outros calços plásticos 28 e 29 são
20 arranjados como espaçadores. A chapa ferromagnética proporciona uma blindagem magnética para o arranjo de transmissor/receptor em uma direção
25 30 diferente da direção de medição 20, neste caso oposta à direção de medição.

Preferivelmente a chapa ferromagnética é de metal-mu, uma vez que ela pode ser, por exemplo, obtida de Mu-Shield Inc. (Goffstown, New

Hampshire, USA) como MIL N 14411C COMP 1. Metal-mu é uma liga principalmente de níquel da ordem de 75 a 82% e ferro da ordem de 13 a 20% em peso e ainda um ou mais outros metais tais como molibdênio, cobalto, cobre, cromo. A permeabilidade magnética relativa do Metal-mu é muito elevada, excedendo 104 e mesmo 105. Experiências foram conduzidas com espessuras de 0,09, 0.15, 0.23 e 1,56 mm, e mesmo para 0,09 mm boa blindagem foi observada. Assim, acredita-se que mesmo chapas de metal-mu mais finas podem ser adequadas, tais como de 0,01 mm de espessura. Chapas mais espessas também podem ser utilizadas, porém pode não ser práticas em sondas compactas. Ferrita ou outros materiais ferromagnéticos podem, em princípio, também ser utilizados, porém são requeridas espessuras tipicamente maiores.

É observado que em projeto convencional de uma sonda de corrente parasita, com a exceção de uma forquilha que se estende opcionalmente através das bobinas, utilizam-se apenas materiais não ferromagnéticos na vizinhança do arranjo de transmissor/receptor de modo a não perturbar os campos magnéticos transmitidos para e a partir do objeto de inspeção. Uma regra de projeto normal é que nenhum material ferromagnético deveria estar presente próximo ao arranjo de transmissor/receptor dentro de um diâmetro característico do arranjo de transmissor/receptor, tal como o diâmetro de um transmissor ou bobina transmissora ou receptora. Em particular, nenhum material ferromagnético que seja condutor elétrico deveria estar presente. A blindagem magnética da presente invenção é colocada muito mais próxima do transmissor. Foi descoberto contudo, que as medições no lado de medição não são perturbadas de maneira substancial pela presença de uma blindagem de metal- mu ou ferrita, se a blindagem é fixada de maneira adequada contra movimento. Acredita-se que isto é devido ao fato que metal-mu tem uma resistividade da ordem de $0,5-0,7 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$, um fator duas a quatro vezes mais elevado do que aço carbono que é tipicamente

inspecionado. Correntes parasitas que são induzidas no metal-mu por uma corrente de medição de corrente parasita pulsada são, portanto, amortecidas rápido o suficiente para não perturbar a medição de um objeto de aço carbono em inspeção. Também amortecimento é mais rápido para chapas finas de metal-mu, um sinal a partir de uma chapa de 3 mm, por exemplo, tem decrescimento para essencialmente zero dentro do tempo morto da sonda de tipicamente 1 a 2 milissegundos, que é o tempo depois que um pulso de transmissor tenha sido desligado e antes que o receptor seja aberto. Ferrita tem uma resistividade muito mais elevada, de modo que correntes parasitas são dificilmente geradas nela.

A figura 7 mostra um ajuste utilizado para experiências conduzidas para avaliar que cobertura do arranjo de transmissor receptor com metal-mu podem ser efetivas quando a blindagem ferromagnética foi puxada lateralmente. A vista superior na parte inferior da figura 8 mostra a longa peça de metal-mu de 0,23 mm de espessura que foi utilizada para esta finalidade, $w=0,85$ mm de largura e $l=150$ mm de comprimento. A distância da aresta deste metal-mu e o centro da sonda é indicado por r . A bobina tem um diâmetro de $D = 15$ mm, de modo que $r = -15$ mm implica que o metal-mu não cobre a bobina transmissora. A bobina é coberta para 50% em caso de $r = 0$ mm e 100% quando $r = 15$ mm. Foi descoberto que para um efeito de blindagem suficiente preferivelmente no mínimo 50% da área de superfície da bobina transmissora voltada para o outro objeto deveria ser coberta, o que é nesta modalidade da figura 7 equivalente à seção transversal do arranjo de transmissor/receptor voltado para o outro objeto 22. Para $r > 15$ mm a blindagem não foi encontrada melhorar de maneira significativa.

Se desejado, uma blindagem magnética na forma de um diafragma ferromagnético pode ser colocado entre o arranjo transmissor/receptor 7 e o objeto de inspeção 1, isto é, uma chapa ferromagnética que tem uma abertura de maneira adequada de cerca do

diâmetro do arranjo de transmissor/ receptor 7 e alinhada com ele.

Também pode ser desejável fornecer uma blindagem lateral ao redor do arranjo transmissor/receptor 7 que está indicada como uma coroa circular opcional 34 na figura 6, para blindar contra campos magnéticos lateralmente.

Blindagem magnética lateral foi descoberta efetiva quando o objeto de inspeção e o outro objeto estavam em uma configuração diferente, não paralela.

A invenção claramente não está limitada a inspecionar um conjunto de objetos substancialmente paralelos. Também objetos que têm ângulo muito maior entre as superfícies voltadas no sentido do espaço intermediário entre eles podem ser inspecionados, A figura 5 mostra a situação em que o outro objeto 22' é perpendicular ao objeto de inspeção, e que medições devem ser realizadas junto ao canto formado pelos dois objetos 1 e 22'. Foi descoberto que blindagem efetiva pode ser conseguida por uma chapa de metal-mu 25' entre o outro objeto e o arranjo de transmissor/receptor, na frente do outro objeto 22', como mostrado. A blindagem 25' é perpendicular em relação ao objeto de inspeção, e paralela à direção de medição 20, de modo que a blindagem magnética proporciona blindagem na direção perpendicular 30' à direção de medição 20.

Pode ser útil para finalidade de utilização genérica, fornecer uma blindagem magnética em todos os lados ao redor da sonda exceto no lado de medição 19 na área de medição ativa da sonda no sentido do objeto de inspeção.

A blindagem magnética pode fazer parte integrante da sonda ou pode ser uma parta removível que é colocada separadamente depois que a sonda foi arranjada em uma posição de medição com relação ao objeto de inspeção, caso em que a sonda e a blindagem formam um conjunto.

A sonda de corrente parasita da presente invenção é

preferivelmente uma sonda de corrente parasita transitória ou pulsada, isto é, que gera um campo magnético transitório no objeto de inspeção e que mede um sinal indicativo de uma corrente parasita que é gerada no objeto de inspeção por meio do campo eletromagnético transitório, embora uma
5 blindagem magnética possa, em princípio, também ser utilizada em uma sonda de corrente parasita de onda contínua convencional. Em uma sonda de corrente parasita de onda contínua, uma resposta de estado constante do objeto de inspeção é medida em resposta a um campo eletromagnético não estático na forma de um campo eletromagnético continuamente alternante.
10 Acredita-se que a blindagem ferromagnética, em particular, uma blindagem de metal- μ é mais efetiva na supressão de campos magnéticos transitórios do que em uma situação de estado constante. Além disto, uma sonda de corrente parasita pulsada é mais sensível do que uma sonda de corrente parasita de onda contínua convencional.

15 É feita referência à figura 9, que mostra uma outra configuração na qual o dispositivo de blindagem magnética compreende um dispositivo de blindagem magnética ativo, transmissor de blindagem eletromagnético na forma de uma bobina de blindagem 40. A bobina de blindagem é ajustada de maneira adequada, de tal modo que ela é ativada
20 juntamente com a bobina transmissora, e tal que corrente escoar em direção oposta comparada com a bobina transmissora. Assim, um campo magnético oposto àquele do transmissor é criado. A geometria das bobinas e correntes pode ser ajustada de tal modo que no lado da sonda voltado para o outro objeto 22, uma compensação substancial ou completa do campo magnético
25 transmissor pode ser alcançada. Devido à distância maior para a bobina de blindagem no lado de medição, é provocada somente uma diminuição limitada do campo magnético gerado pela bobina transmissora.

O objeto de inspeção e um outro objeto são eletricamente condutores, em particular a partir de um metal ferromagnético, em particular

5 aço tal como aço carbono. Objetos típicos inspecionados não são de aço
inoxidável ou de aço austenítico. Os objetos podem ser cobertos, por
exemplo, por um material não eletricamente condutor tal como um polímero,
vidro, tinta, concreto ou madeira, ou por um isolamento térmico. Tipicamente,
10 cada objeto tem uma espessura de no mínimo 2 mm, em particular no mínimo
4 mm, mais ainda em particular no mínimo 8 mm. Sinais de corrente parasita
transitórios de objetos de aço carbono com tais espessuras dão origem a sinais
que são detectáveis por dezenas até centenas de milissegundos e difusão de
correntes parasita através do material pode ser detectada em tempos
15 característicos na ordem de dezenas de milissegundos. Também tipicamente,
a relação de espessura de parede entre a mais espessa e a mais fina dos dois
objetos na posição de medição está na faixa de 1 até 5, em diversos casos na
faixa de 1 até 3. Se os objetos não diferem de maneira significativa em
espessura de parede ou material, eles têm assinaturas de corrente parasita
20 similares. O objeto de inspeção e o outro objeto podem ambos ser partes do
mesmo objeto maior.

Uma utilização particular da presente invenção é na inspeção
de completações de poços de hidrocarbonetos (petróleo e/ou gás). Tais
completções tipicamente incluem tubos de aço concêntricos, referidos como
20 condutos, revestimento, ou tubulação. A completação se estende desde uma
cabeça de poço, para baixo, para o interior do furo de poço. A cabeça de poço
pode estar em terra ou em instalações fora da costa em uma plataforma.
Diversas partes da completação podem estar submetidas à corrosão. Em
instalações fora da costa, por exemplo, água do mar pode estar presente em
25 uma coroa circular exterior de uma completação tal como entre um condutor e
o revestimento exterior. Áreas sensíveis à corrosão estão no nível do mar
onde efeitos de maré e ondas provocam exposição da completação do poço à
água e ar, ou em um assim chamada zona de respingo, mesmo à água aerada.
Existe uma necessidade de realizar inspeção de tubulares interiores. Diversas

vezes o único trajeto de acesso prático é através da coroa circular.

O dispositivo de blindagem magnética pode ser uma parte integrante da sonda como mostrado na figura 10, mas ele também pode ser arranjado separadamente ou modernizado em uma sonda não blindada. É importante que o dispositivo de blindagem seja fixado mecanicamente em relação ao arranjo de transmissor/receptor, uma vez que movimento relativo durante operação pulsada poderia de outra maneira perturbar as medições.

Cada um dos dois objetos é eletricamente condutor, em particular de um material ferromagnético, em particular de aço, tal como aço carbono. Objetos inspecionados típicos não são de aço inoxidável ou aço austenítico. Tipicamente cada objeto tem uma espessura de no mínimo 2 mm, em particular no mínimo 4 mm, mais em particular no mínimo 8 mm. Sinais de corrente parasita transitórios a partir de objetos de aço carbono com tais espessuras dão origem a sinais que são detectáveis por dezenas até centenas de milissegundos, e difusão de correntes parasitas através do material podem ser detectadas em tempos característicos da ordem de dezenas de milissegundos. Também tipicamente, a relação de espessura de parede entre a mais espessa e a mais fina dos dois objetos na posição de medição está na faixa de 1 até 5, em diversos casos na faixa de 1 até 3. Se os objetos não diferem significativamente em espessura de parede ou material, eles têm assinaturas de corrente parasita similares. O objeto de inspeção e o outro objeto podem, ambos, serem partes do mesmo objeto maior.

Em uma configuração, a sonda de corrente parasita pulsada ainda compreende um sensor de orientação que pode ser utilizado para medir a posição da sonda em relação ao objeto que ela está medindo. Até este ponto na aplicação, a orientação foi discutida para indicar genericamente se ou não a sonda está apontada no objeto de inspeção ou um outro objeto dentro da vizinhança do objeto de inspeção. Deste ponto para a frente, uma medição mais refinada de orientação será discutida fazendo referência a uma medição

precisa da posição da sonda em relação ao objeto que ela está medindo, por exemplo, o desvio de uma posição preferida. As figuras 11A e 11B apresentam de maneira esquemática uma sonda PEC 900 com uma bobina transmissora 901, duas bobinas receptoras 902 e uma forquilha de ferrita 903.

5 A sonda tem uma direção de medição que é perpendicular à superfície do objeto de inspeção 906 quando o dispositivo está situado em uma orientação preferida. A sonda tem um eixo de dispositivo que é perpendicular à superfície do objeto de inspeção 906. A orientação do arranjo de bobina receptora (nesta configuração 901 e 902) define um outro eixo que
10 é perpendicular ao eixo do dispositivo e à direção de medição. Quando a sonda está situada em uma orientação preferida, o arranjo para orientação do arranjo de bobina receptora é arranjado de maneira simétrica com relação ao eixo do dispositivo.

 Muitas vezes não é fácil garantir tal orientação, e a sonda 900
15 pode ser inclinada e rolada em relação à orientação preferida. Na figura 11 a sonda é arranjada em um sistema de coordenadas que tem um eixo curto 904 perpendicular à superfície do objeto de inspeção 906, e um eixo longo 905 paralelo à superfície do objeto de inspeção 906. As figuras 11C e 11D mostram a sonda 900 em uma orientação inclinada ou rolada. Nesta situação,
20 a sonda pode ser utilizada para medir um ângulo de desvio desde a orientação preferida detectando rotação ao redor do eixo do dispositivo. O ângulo de rolagem 907 é definido como o desvio da sonda do eixo curto e está mostrado na figura 11C. O ângulo de inclinação 908 é definido como o desvio da sonda do eixo longo e está mostrado na figura 11D.

25 A leitura de uma medição de corrente parasita pulsada depende da orientação da sonda em relação ao objeto de inspeção. Medições feitas em tempos diferentes e/ou localizações no objeto de medição podem ser melhor comparadas quando são tomadas com a sonda na mesma orientação. Monitorando a orientação, tal como monitorando a rolagem e/ou ângulos de

inclinação com um sensor de orientação, pode-se ajustar a posição da sonda e obter medições mais precisas e/ou melhor comparáveis do objeto de inspeção.

As figuras 12A e 12B mostram uma configuração da sonda de corrente parasita pulsada com um sensor de orientação 1001. Na configuração mostrada, o sensor de orientação 1001 compreende um arranjo de sensor de orientação que compreende duas bobinas receptoras de orientação. Contudo, o sensor de orientação 1001 pode compreender uma única bobina receptora ou mais do que uma bobina receptora. Alternativamente, o sensor de orientação 1001 também poderia ser qualquer outro método de sensoriamento conhecido, por exemplo, um giroscópio.

As figuras 13A e 13B ilustram o princípio da operação de uma configuração do sensor de orientação. A figura 13A mostra a sonda 1100, o objeto de inspeção 1101, a primeira bobina receptora de orientação 1102 e a segunda bobina receptora de orientação 1103. De maneira esquemática, a mudança em campo magnético das correntes parasitas induzidas no objeto de inspeção 1101 está mostrada depois que a bobina de transmissão tenha sido desligada. A mudança em fluxo magnético através da primeira bobina receptora de orientação 1102 é igual àquela através da segunda bobina receptora de orientação 1103. Quando a sonda rola para a esquerda como mostrado na figura 11B, a mudança em fluxo através da primeira bobina receptora de orientação 1102 não é mais igual à mudança em fluxo através da segunda bobina receptora de orientação 1103. Isto porque o fluxo magnético aumenta com uma diminuição da distância da bobina para o objeto de inspeção.

No caso onde o arranjo de receptor de orientação compreende mais do que uma bobina receptora de orientação existem diversas opções para o rolamento. Em uma configuração preferida que utiliza duas bobinas receptoras de orientação, as duas bobinas são arranjadas ao longo de um eixo comum e são enroladas juntas para formar uma bobina normal combinada.

Quando as duas bobinas são arranjadas de maneira simétrica em relação ao eixo do dispositivo, como mostrado na figura 30, o fluxo magnético total através do arranjo de bobina é zero, quando a sonda está orientada de tal modo que sua direção de medição é perpendicular à superfície do objeto de inspeção. A saída do arranjo receptor de orientação é zero. Alternativamente, as bobinas do receptor de orientação podem ser enroladas de tal modo que a corrente induzida corre em direções diferentes em cada bobina, caso em que o sinal a partir do arranjo receptor de orientação vai através de um mínimo na orientação perpendicular.

10 A figura 14 apresenta a voltagem medida sobre as bobinas receptoras de orientação depois de amplificação como uma função de tempo. Os terminais da sonda foram conectados a um amplificador que é conectado a um conversor analógico para digital (ADC). O ADC foi programado para amostrar a voltagem em sua entrada em momentos no tempo determinados começando quando a corrente de excitação foi desligada. Sinais foram registrados para diferentes valores do ângulo de rolagem. Como mostrado na figura 14, o sinal está próximo de zero quando o ângulo de rolagem é zero. O sinal é crescentemente negativo para ângulos de rolagem negativos e crescentemente positivos para a

15

20 ângulos de rolagem positivos.

 A intensidade do sinal medida sobre e para as bobinas receptoras de orientação não apenas depende do ângulo de rolagem/inclinação, mas também do levantamento do sensor ou a distância entre a sonda PEC e o objeto de inspeção. É portanto conveniente dividir o sinal medido sobre as bobinas de receptor de orientação pelo sinal registrado nas bobinas receptoras pela espessura de parede. Um conversor analógico para digital (ADC) é utilizado para amostrar e registrar os sinais de voltagem das bobinas receptoras de orientação e bobinas de medição de espessura de parede em intervalos de tempo fixados. A partir dos sinais digitalizados, a

25

quantidade

$$\rho(t_1, t_2) = \frac{\sum_{i=t_1}^{t_2} V(i)}{\sum_{i=t_1}^{t_2} U(i)} .$$

é determinada, onde $V(i)$ é a voltagem medida nas bobinas receptoras de orientação no momento i ; $U(i)$ é a voltagem medida nas bobinas receptoras no momento i , t_1 é o primeiro tempo e t_2 é o segundo tempo. A adição é sobre as amostras ADC. Os tempos i , t_1 e t_2 são desde que a bobina de licitação tenha sido desligada. $\rho(t_1=4\text{ms}, t_2=5\text{ms})$ está mostrado na figura 13 como uma função do ângulo de rolagem. $\rho(t_1=4\text{ms}, t_2=5\text{ms})$ é adimensional e depende do número de espiras das bobinas receptoras de orientação e bobinas para medição de espessura de parede. $\rho(t_1=4\text{ms}, t_2=5\text{ms})$ também depende dos ganhos nos amplificadores. O ângulo de rolagem pode ser determinado depois de uma calibração. Nesta calibração $\rho(t_i, t_2)$ é medido em uma placa de calibração para um conjunto de ângulos de rolagem conhecidos. A partir disto uma curva de calibração tal como aquela na figura 15 é determinada. O ângulo de rolagem em uma outra posição pode, em seguida, ser deduzido por comparação com a curva de calibração.

5 A invenção é claramente não limitada a inspecionar um conjunto de objetos substancialmente paralelos. Também objetos que têm um ângulo maior entre as superfícies voltadas no sentido do espaço intermediário entre elas podem ser inspecionadas, tal como um ângulo de até 30° , até 60° , ou mesmo maior. O primeiro e o segundo objetos podem, ambos, serem partes do mesmo objeto maior.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para detectar uma anomalia em um conjunto de um primeiro e um segundo objetos de material eletricamente condutor que formam um espaço intermediário entre eles, caracterizado pelo fato de
5 compreender:

fornecer um dispositivo que compreende um arranjo de transmissor/receptor para gerar um campo eletromagnético em um objeto eletricamente condutor, e para medir um sinal indicativo de uma corrente parasita que é gerada no conjunto pelo campo eletromagnético;

10 arranjar o dispositivo em uma posição de medição dentro do espaço intermediário;

ativar o dispositivo de modo a receber um sinal indicativo de uma corrente parasita no conjunto; e

15 comparar o sinal com uma norma, de modo a detectar se uma anomalia está presente na posição de medição.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de os primeiro e segundo objetos serem um tubular interior e um tubular exterior com uma coroa circular entre, cuja coroa circular forma o espaço intermediário, em particular no qual os tubulares interior e exterior fazem
20 parte de uma completação de poço.

3. Método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de obter pré-conhecimento a respeito da sensibilidade relativa do arranjo de transmissor/receptor para correntes parasitas nos primeiro e segundo objetos, e atribuir a anomalia ao objeto com
25 a sensibilidade maior.

4. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de a anomalia ser uma anomalia de espessura de parede, em particular uma anomalia de espessura de parede provocada por corrosão.

5. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de a anomalia ser quantificada.

6. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de o arranjo de transmissor/receptor ser dotado de um dispositivo de fixação que é operado para fixar o arranjo de transmissor/receptor em uma posição de medição em relação ao conjunto, no mínimo durante a ativação do dispositivo.

7. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de o dispositivo de fixação ser operado para apoiar o arranjo transmissor/receptor contra o primeiro objeto e contra o segundo objeto.

8. Método de acordo com a reivindicação 6 ou 7, caracterizado pelo fato de o dispositivo de fixação compreender um elemento resiliente que é operado para comprimir o arranjo de transmissor/receptor contra o primeiro objeto e afastado do segundo objeto, preferivelmente compreendendo uma mola e/ou um elemento inflável.

9. Método de acordo com qualquer a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de operar o elemento resiliente compreender mover desde uma posição retraída até uma posição expandida.

10. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de os tubulares interior e exterior fazerem parte de uma completação de poço de um poço de hidrocarbonetos.

11. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de o poço de hidrocarbonetos ser operado de modo a produzir hidrocarbonetos a partir do poço durante ou depois da inspeção para uma anomalia na completação de poço.

12. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, caracterizado pelo fato de ainda compreender: no mínimo um sensor de orientação arranjado no dispositivo para fornecer, no mínimo, um valor de saída; no qual o no mínimo um valor de saída permite detectar se o

dispositivo está arranjado em uma orientação preferida.

5 13. Dispositivo de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de no mínimo um sensor de orientação compreender um arranjo de bobina receptora de orientação que compreende no mínimo uma bobina receptora de orientação.

10 14. Dispositivo de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de o dispositivo ter um eixo de dispositivo perpendicular à direção de medição, no qual o arranjo de bobina receptora de orientação define um eixo perpendicular ao eixo do dispositivo e a direção de medição preferivelmente no qual o arranjo de bobina receptora de orientação é arranjado de maneira simétrica em relação ao eixo do dispositivo.

15 15. Dispositivo para detectar uma anomalia em um conjunto de um primeiro e um segundo objetos que formam um espaço intermediário entre eles, caracterizado pelo fato de compreender um arranjo de transmissor/receptor para gerar um campo eletromagnético e para medir um sinal indicativo de uma corrente parasita que é gerada no conjunto por meio do campo eletromagnético, e no qual o dispositivo ainda compreende um dispositivo de fixação que é arranjado para fixar o arranjo de transmissor/receptor com relação ao conjunto em uma posição de medição dentro do espaço intermediário.

20 16. Dispositivo de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de o dispositivo de fixação ser arranjado para apoiar o arranjo de transmissor/receptor contra o primeiro objeto e contra o segundo objeto.

25 17. Dispositivo de acordo com a reivindicação 15 ou 16, caracterizado pelo fato de o dispositivo de fixação compreender um elemento resiliente arranjado para comprimir o arranjo de transmissor/receptor contra o primeiro objeto e afastado do segundo objeto preferivelmente compreendendo uma mola e/ou um elemento inflável.

18. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 a 17, caracterizado pelo fato de ainda compreender: utilizar no mínimo um sensor de orientação arranjado no dispositivo para fornecer, no mínimo, um valor de saída que é indicativo de um desvio de uma orientação preferida do dispositivo em relação ao objeto de inspeção.

19. Método de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de o no mínimo um sensor de orientação compreender um arranjo de bobina receptora de orientação que compreende, no mínimo, uma bobina receptora de orientação na qual um sinal de orientação é induzido em resposta a correntes parasitas transitórias geradas no objeto de inspeção.

20. Método de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de na orientação preferida a direção de medição ser perpendicular à superfície do objeto de inspeção, no qual o dispositivo tem um eixo de dispositivo perpendicular à direção de medição, no qual o arranjo de bobina receptora de orientação define um eixo perpendicular ao eixo do dispositivo e à direção de medição, e no qual o sinal de orientação é utilizado para detectar um desvio da orientação preferida por meio de rotação ao redor do eixo do dispositivo.

21. Método de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de ainda compreender ajustar a orientação do dispositivo em resposta ao valor de saída.

Fig.1

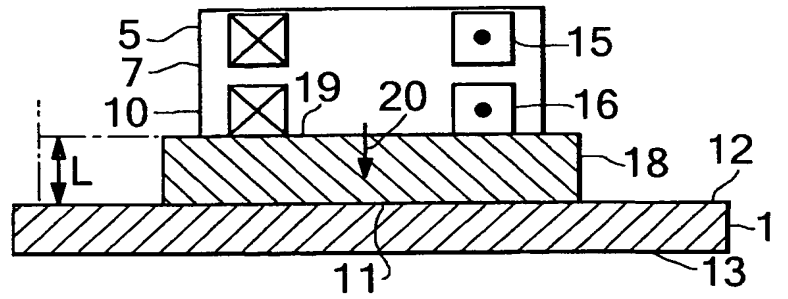
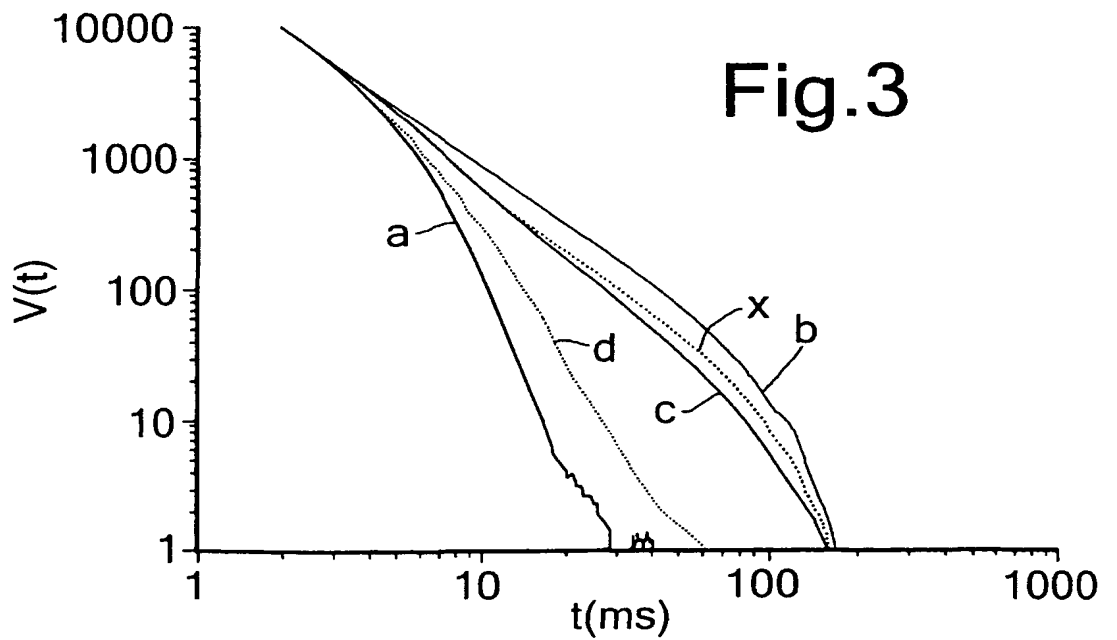
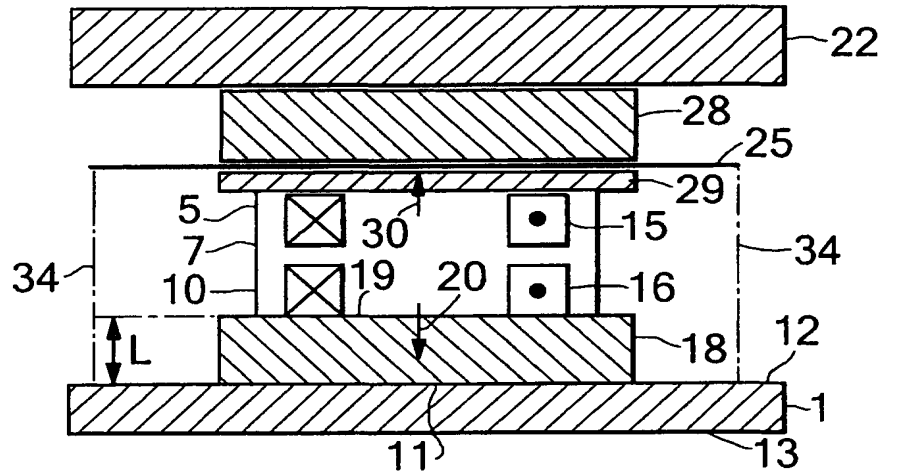


Fig.2



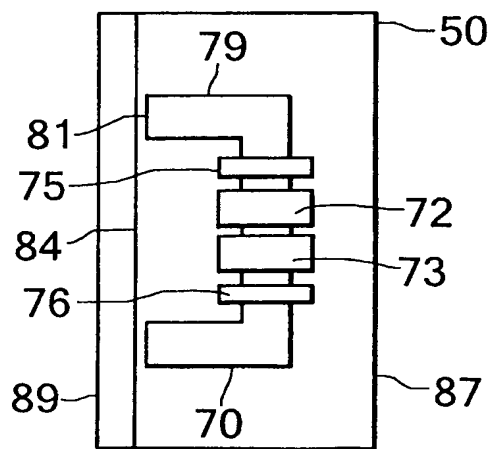
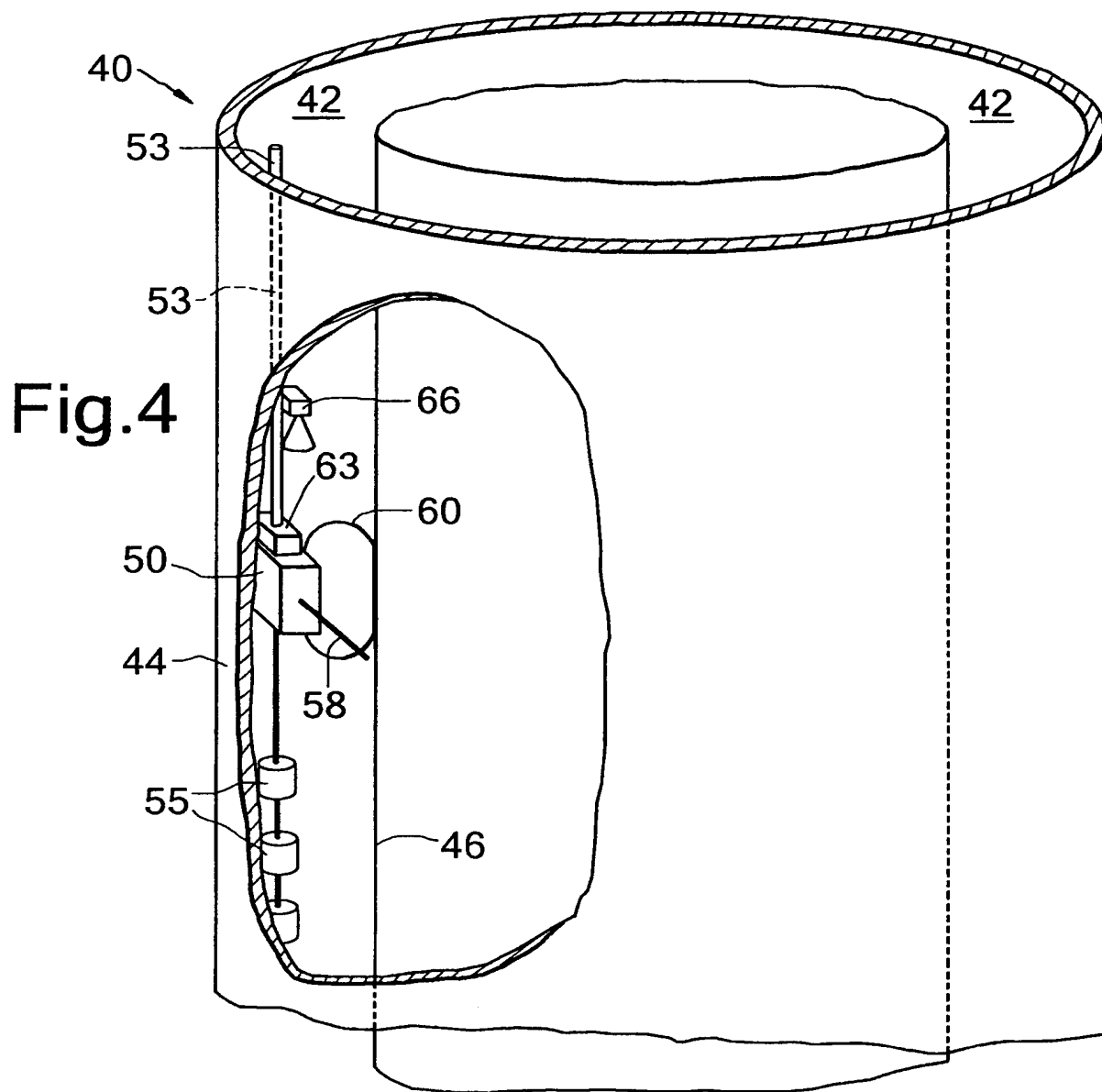


Fig. 5

Fig.6

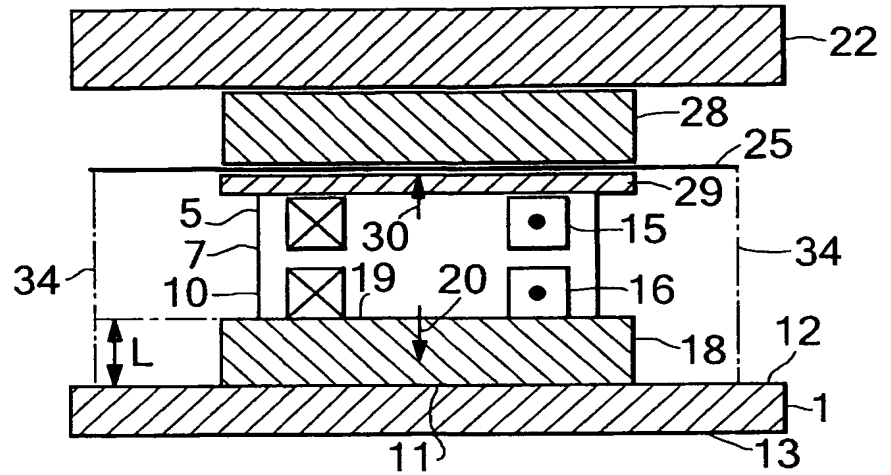


Fig.7

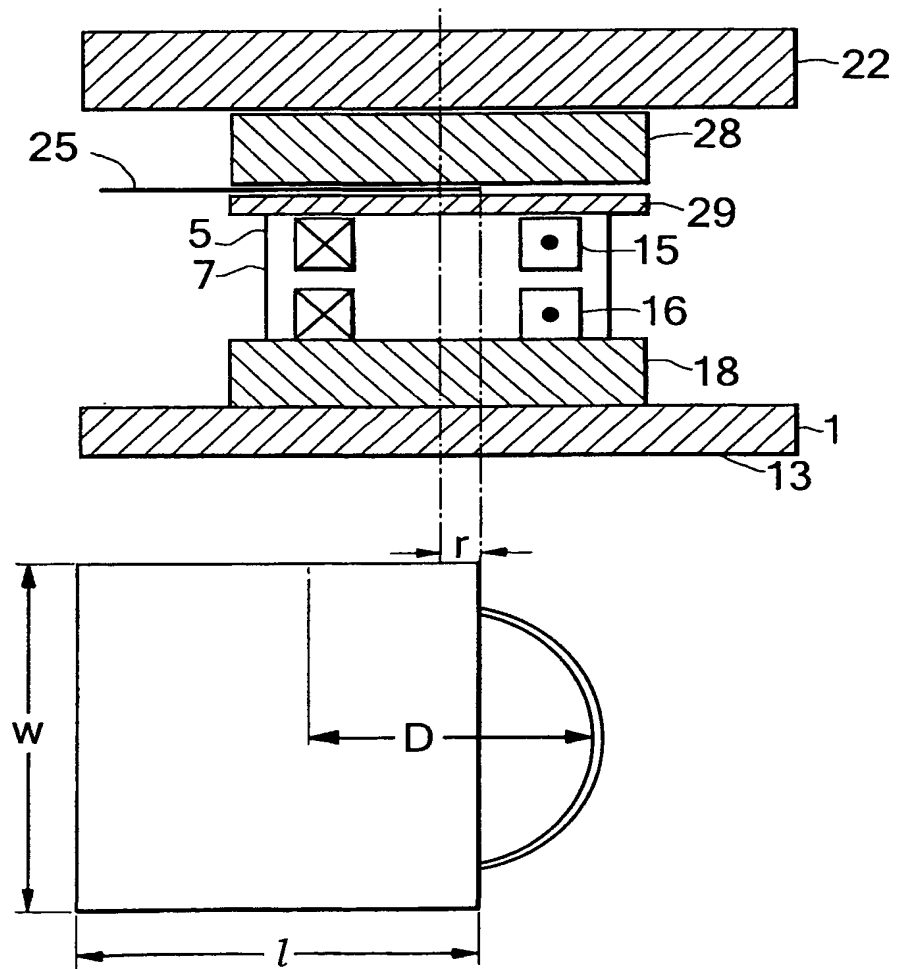


Fig.8

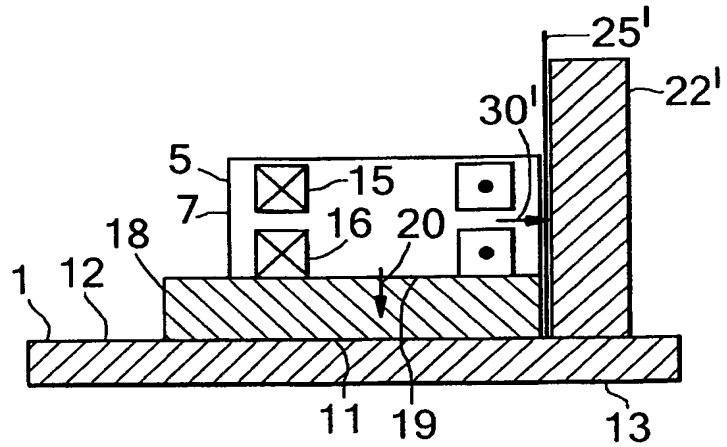


Fig.9

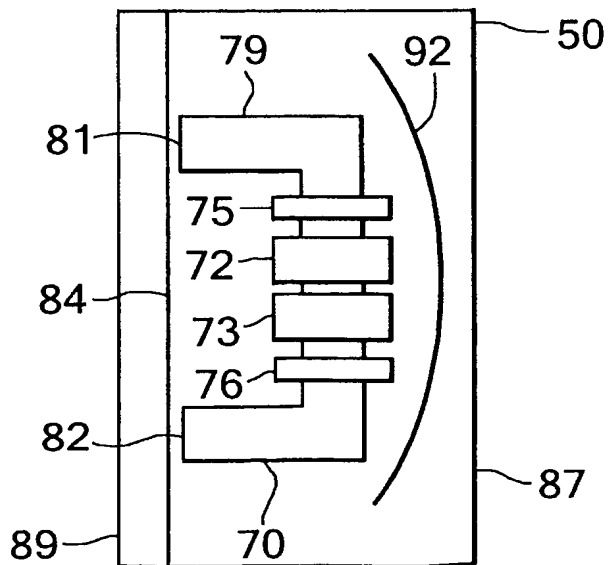
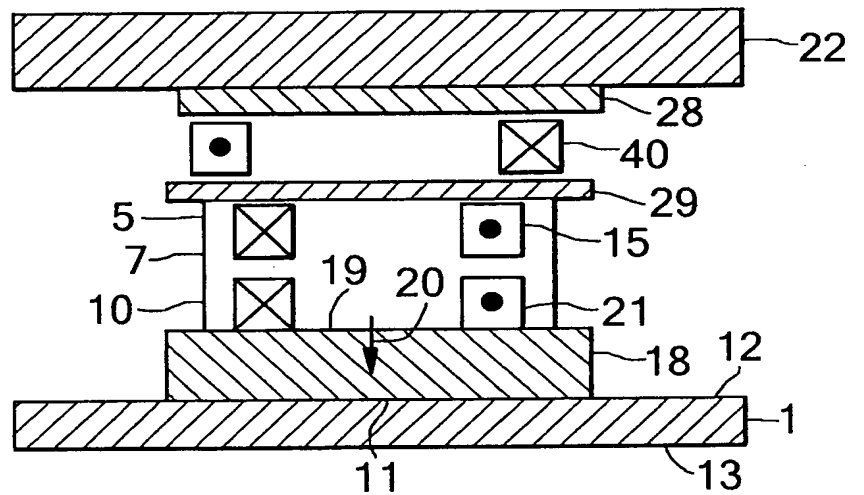


Fig.10

Fig.11A

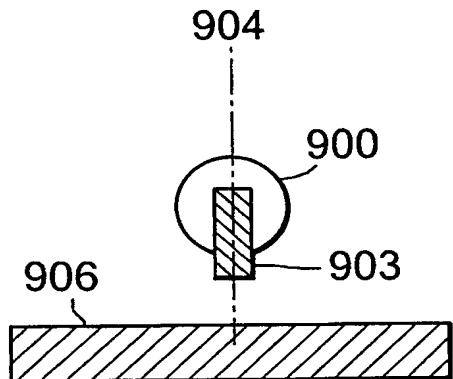


Fig.11B

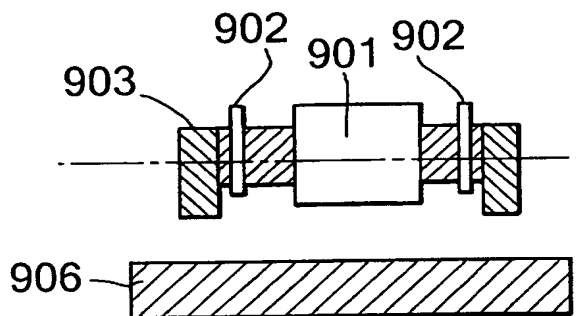


Fig.11C

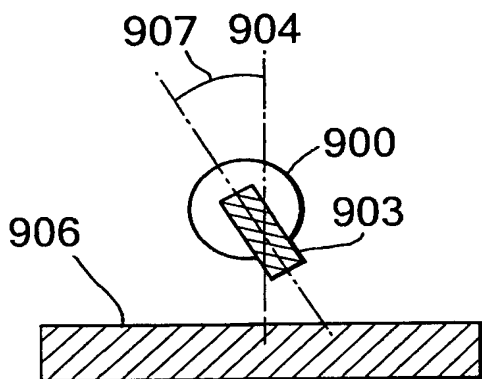


Fig.11D

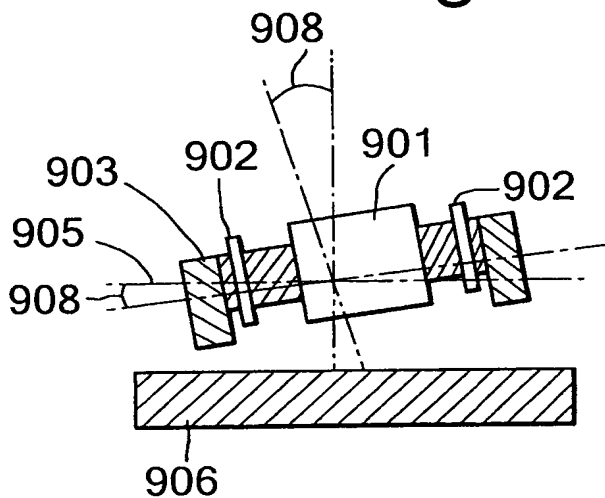


Fig.12A

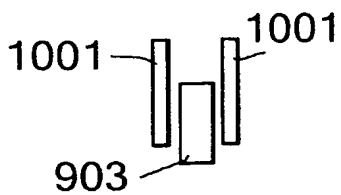


Fig.12B

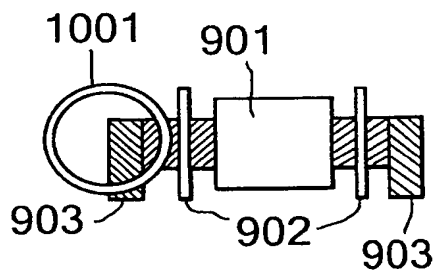


Fig.13A

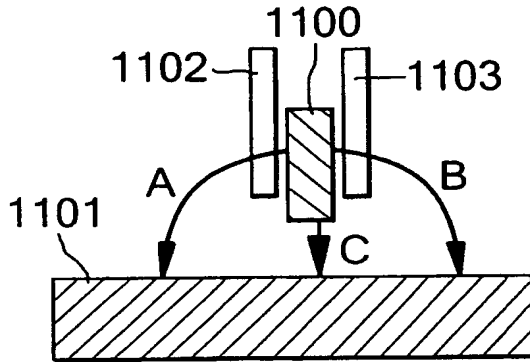


Fig.13B

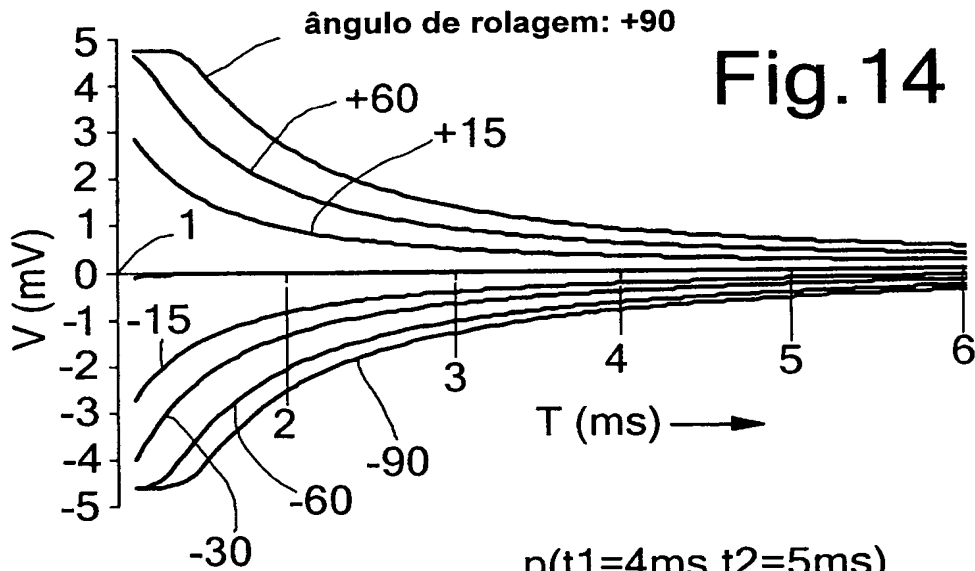
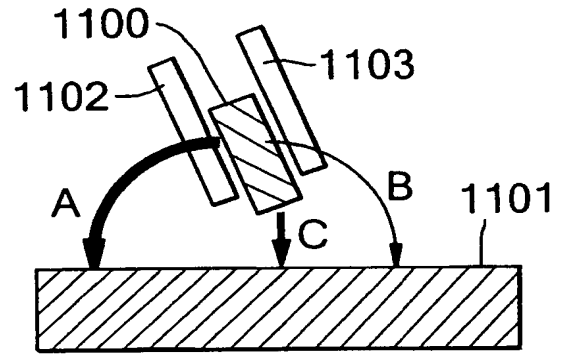


Fig.14

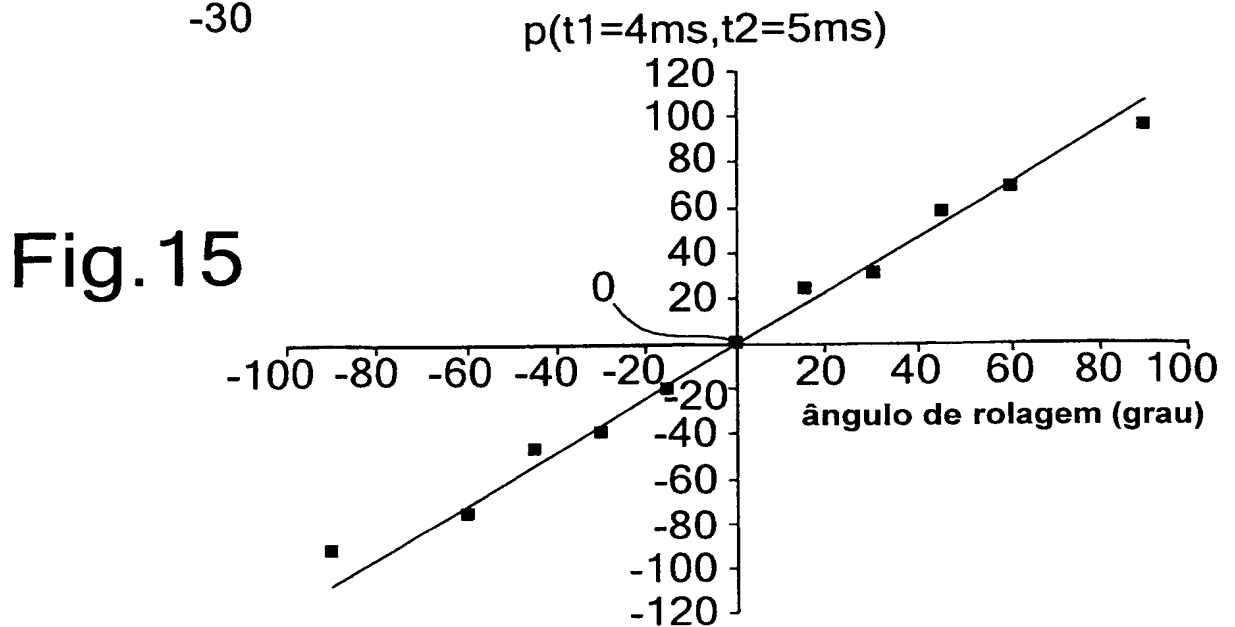


Fig.15

RESUMO

“MÉTODO E DISPOSITIVO PARA DETECTAR UMA ANOMALIA EM UM CONJUNTO DE UM PRIMEIRO E UM SEGUNDO OBJETOS”

Um método para detectar uma anomalia em um conjunto de
5 um primeiro e um segundo objetos de material eletricamente condutor que
formam um espaço intermediário entre eles, que compreende fornecer um
dispositivo que compreende um arranjo de transmissor/receptor para gerar um
campo eletromagnético, e para medir um sinal indicativo de corrente parasita
que é gerada no conjunto por meio do campo eletromagnético; arranjar o
10 dispositivo em uma posição de medição dentro do espaço intermediário;
ativar o dispositivo de modo a receber um sinal indicativo de uma corrente
parasita no conjunto, e comparar o sinal com uma norma, de modo a detectar
se uma anomalia está presente na posição de medição, e um dispositivo para
detectar uma anomalia em um conjunto de um primeiro e um segundo objetos
15 que formam um espaço intermediário entre eles, o dispositivo compreendendo
um arranjo de transmissor/receptor, um dispositivo de fixação que é arranjado
para fixar o arranjo de transmissor/receptor em uma posição de medição em
relação ao objeto de inspeção.