



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

(21) **PI0608527-0 A2**



* B R P I 0 6 0 8 5 2 7 A 2 *

(22) Data de Depósito: 07/02/2006
(43) Data da Publicação: 12/01/2010
(RPI 2036)

(51) *Int.Cl.*:
F16L 55/40 (2010.01)
G01M 3/24 (2010.01)
G01N 27/82 (2010.01)

(54) Título: **SENSOR SEM FIO PARA DETECTAR AS CONDIÇÕES DO OLEODUTO, MÉTODO PARA INSPECIONAR UM OLEODUTO CONTENDO LIQUIDO, E, MÉTODO PARA INSPECIONAR UM OLEODUTO QUE É PREENCHIDO COM LIQUIDO**

(57) Resumo: SENSOR SEM FIO PARA DETECTAR AS CONDIÇÕES DO OLEODUTO, MÉTODO PARA INSPECIONAR UM OLEODUTO CONTENDO LIQUIDO, E, MÉTODO PARA INSPECIONAR UM OLEODUTO QUE É PREENCHIDO COM LIQUIDO. Uma unidade do sensor para uso na detecção das condições no oleoduto, compreende um sensor sem fio em formato de bola adaptado para rolar ao longo da superfície interna do oleoduto, e um instrumento de pacote dentro do envolto em formato de bola, O pacote contém ao menos um magnetômetro ou acelerômetro. Preferivelmente, três magnetômetros, dispostos ortogonalmente, estão presentes. Outros sensores podem também estar presentes como requerido, tal como um sensor acústico para detectar vazamentos e um sensor de temperatura ou químico. O dispositivo de gravação grava os dados adquiridos pelo magnetômetro(s) ou acelerômetro e os sensores, e opcionalmente também grava o tempo decorrido.

(30) Prioridade Unionista: 07/02/2005 CA 2,496,150

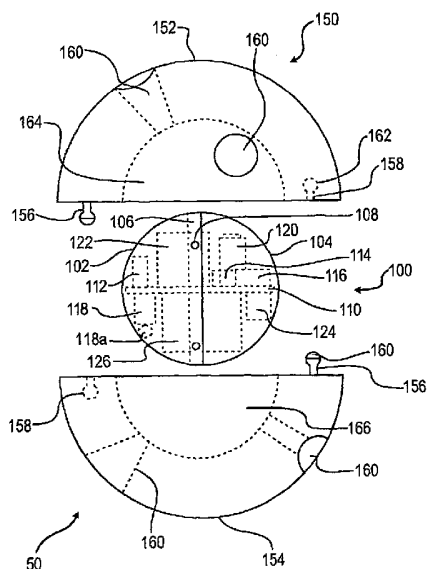
(73) Titular(es): PURE TECHNOLOGIES LTD.

(72) Inventor(es): Peter O. Paulson

(74) Procurador(es): Araripe & Associados

(86) Pedido Internacional: PCT CA2006000146 de 07/02/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2006/081671 de 10/08/2006



“SENSOR SEM FIO PARA DETECTAR AS CONDIÇÕES DO OLEODUTO, MÉTODO PARA INSPECIONAR UM OLEODUTO CONTENDO LIQUIDO, E, MÉTODO PARA INSPECIONAR UM OLEODUTO QUE É PREENCHIDO COM LIQUIDO”.

5 Campo da Invenção

Esta invenção relaciona a um detector para detectar as anomalias em oleodutos que transportam líquidos. Em sua incorporação preferida, a invenção relaciona a uma unidade do sensor que é capaz de inspecionar o oleoduto de transporte de líquido, sem interferir com os líquidos transportados no oleoduto. Em
10 uma incorporação, o detector localiza vazamentos líquidos onde o líquido está escapando do oleoduto. Em outra incorporação, o detector é usado em um oleoduto de concreto com reforço de arame, e detecta as partes corroídas ou danificadas do reforço de arame, ou é usado em um oleoduto de metal e detecta a corrosão e/ou as falhas de soldagem. A unidade do sensor também tem um novo
15 modo de determinar a sua localização dentro do oleoduto.

Descrição da Técnica Anterior

É conhecido usar detectores acústicos para detectar vazamentos em um oleoduto. Por exemplo, os detectores podem ser colocados no lado inferior das portas de inspeção, ou eles podem ser colocados juntamente com um cabo torcido
20 entre as portas de inspeção, ou juntamente com um cabo permitido para arrastar ao longo da parte mais baixa do tubo, como apresentado na Patente Canadense 2,273,979 de Paulson. Tais detectores podem detectar o som feito ao romper o reforço do arame em um oleoduto de concreto de arame-reforçado, ou pode detectar o som do líquido que escapa pelo vazamento em um oleoduto de metal
25 ou concreto.

É conhecido inspecionar oleodutos de diâmetro menores, particularmente oleodutos de óleo, usando um dispositivo chamado de "lingote" que enche o oleoduto e é impelido ao longo deste pela pressão do óleo. Tal inspeção pode ser usada para localizar vazamentos e verificar as soldas entre os
30 comprimentos adjacentes do tubo.

É também conhecido inspecionar oleodutos com um sensor sem fio de densidade neutra, que é impelido pelo líquido do oleoduto como é apresentado no pedido publicado PCT WO 2004/059274. Porém, é difícil dizer o local de tal sensor dentro do oleoduto, e o sensor está sujeito a ser disposto dentro do oleoduto. Em adição, tais unidades de sensor comunicam com os eletromagnéticos que impedem este de usar sensores magnéticos como magnetômetros para detectar as condições do oleoduto.

Se um oleoduto for bem grande (por exemplo, tubos de concreto grandes para trazer água para cidades ou pipa de transporte grande), o tubo pode ser drenado e a pessoa pode administrar a inspeção manual. Alguns tipos de inspeção também são conhecidos em oleodutos drenados usando sensores montados em um carro ou similares. Ver por exemplo, a Patente US 6,781,369 de Paulson.

Resumo da Invenção

A presente invenção provê uma unidade do sensor auto-suficiente, que é liberado no oleoduto em um orifício ou porta de inspeção, enquanto o oleoduto estiver transportando líquido. A unidade do sensor viaja com o fluxo do líquido, e é recuperável na porta de inspeção a jusante ou em outro local onde um acesso conveniente ao tubo pode ser obtido. Este contém ao menos um magnetômetro ou acelerômetro como sensor. Em uma incorporação preferida, este contém três magnetômetros dispostos ortogonalmente.

A unidade do sensor da invenção é menor na seção transversal que o oleoduto, e não impede o fluxo de líquido no oleoduto. Ao invés, viaja com tal fluxo. Assim, este não cria uma pressão de retorno significativa ou impede o fluxo de líquido no oleoduto. Em adição, este pode ser feito pequeno o suficiente para ser usado em oleodutos que são muito pequenos para um humano entrar, e no qual a inspeção pelo humano não é possível.

A unidade do sensor (que inclui os sensores, o equipamento associado, e uma bateria dentro de uma estrutura externa protetora) é geralmente do formato de bola. Em uma incorporação, este é esférico, dando a este a forma,

por exemplo, de uma bola de tênis. Em outra forma, este tem um eixo ligeiramente comprido, dando a este a forma de uma bola como usado no futebol Americano ou Canadense ou em rúgbi inglês (cuja forma será a seguir denominada de "elipsóide"). Formas preferidas da unidade do sensor variam de esférico (todos os eixos iguais) à forma de elipsóide onde um eixo (aqui denominado de "eixo principal") é de até aproximadamente 30% mais longo do que os outros dois, e os outros dois são iguais.

Em uma incorporação preferida, a unidade do sensor tem um pacote interno incompreensível, preferivelmente cilíndrico ou esférico que contém um ou mais sensores, um dispositivo de gravação e a sua fonte de alimentação (por exemplo, uma bateria). Este será denominado de "pacote de sensor" nesta descrição. O pacote de sensor está contido dentro de uma unidade externa em formato de bola, denominado aqui de "bola". O pacote de sensor e a unidade de bola juntos formam a unidade do sensor da invenção.

Em uma incorporação preferida a unidade do sensor é pretendida para rolar ao longo da parte inferior do oleoduto, como uma bola que rola ao longo do chão, com a força motiva para seu movimento de rolagem dada pelo movimento do líquido no oleoduto. Para que a unidade do sensor fique no fundo do oleoduto, sua densidade total é maior do que a densidade do líquido com que o oleoduto é preenchido.

Em outra incorporação, a unidade do sensor é proporcionada com uma densidade total menor do que o líquido no oleoduto, e é pretendida para rolar ao longo da superfície superior da parte interna do oleoduto. Em muitos oleodutos, há portas de acesso dispostas ao longo da superfície superior do oleoduto. Então, quando esta incorporação for usada, a unidade do sensor deveria ser dimensionada de forma a ter uma seção transversal maior do que tal válvula ou porta de acesso entre o local onde este é posto no oleoduto e o local onde será removido, para evitar este de ser aderido.

Em uma forma preferida desta, a unidade do sensor é esférica, como uma bola de tênis ou uma bola de futebol. Se esférica, o diâmetro da unidade do

sensor é preferivelmente menor que a metade do diâmetro do oleoduto com que é pretendido para ser usado. Isto permite este de passar abaixo dos objetos que bifurcam o tubo ao longo do diâmetro horizontal, como válvulas de borboleta abertas. O diâmetro da unidade do sensor também deveria ser suficiente grande, de forma que a unidade do sensor possa rolar facilmente sobre obstáculos pequenos, tal como uma descontinuidade na parede do oleoduto aonde duas seções de tubo se juntam, e de forma que o arraste da água fará com que este continue rolando mesmo quando o tubo inclinar. A ação rolante da unidade do sensor adiciona um impulso angular à unidade do sensor. O impulso angular pode ajudar ao atravessar obstáculos tal como drenos inferiores e tornar a bola menos suscetível de colocação por obstáculos. Em adição, por causa da bola atravessar a parte central inferior do tubo, fluxos de saída pequenos nos tubos adjacentes (que normalmente deixam o tubo em um lado preferível do que no fundo) podem ser atravessados sem dificuldade. Na maioria dos casos, o diâmetro da unidade do sensor deveria ser maior do que aproximadamente $1/10$ do diâmetro de oleoduto, para que este atraia um impulso angular suficiente, mas isto depende um pouco da natureza dos obstáculos e se o tubo é elevado na direção do fluxo.

Com estes fatores em mente, o diâmetro preferido da unidade do sensor esférico é de aproximadamente $1/4$ a aproximadamente $1/3$ do diâmetro do oleoduto no qual será usado. Porém, para oleodutos particulares, sensores esféricos fora desta faixa são usados.

Em outra forma preferida, a unidade do sensor é um elipsóide com o eixo principal ligeiramente mais longo do que os dois outros eixos nos ângulos a direita deste, de forma que este tem uma forma similar a uma bola de rúgbi ou futebol Americano. Se a unidade do sensor desta forma for suficiente densa relativa ao líquido no oleoduto, de forma que este descansa no fundo do oleoduto, este tende, quando impulsionado através do fluxo do líquido no oleoduto, rolar ao longo da parte inferior do oleoduto com seu eixo principal perpendicular à linha central do oleoduto. Similarmente, se a densidade da unidade do sensor elipsóide for menor que a densidade do líquido no oleoduto, este tende a rolar ao longo do

da parte superior interna do oleoduto com seu eixo principal perpendicular à linha central do oleoduto. Isto torna improvável que este entre e efetue a adesão em quaisquer das portas de acesso que tem um corte transversal menor que o seu eixo principal.

5 Geralmente, as bolas elipsóides terão o seu eixo principal preferivelmente menor que a metade do diâmetro do oleoduto, no qual elas serão usadas, e preferivelmente entre 1/3 e 1/4 do diâmetro do oleoduto. Porém, o uso de unidades de sensor com eixos principais menores ou maiores pode ser adequado, dependendo da natureza do oleoduto.

10 Na incorporação preferida, a bola que cerca o pacote de sensor é formada de uma espuma facilmente-compressível, tal como uma célula aberta de baixa densidade ou espuma de poliuretano reticulado. A espuma reticulada não tem nenhuma estrutura de célula, mas apenas uma matriz formando a espuma. A
15 espuma reticulada é particularmente preferida porque esta é menos provável de reter ar quando imersa no líquido que flui pelo oleoduto. Uma densidade de espuma de menos de cinco libras por pé cúbico é satisfatória, mas uma densidade menor do que um pé libra/cúbica é preferida. A espuma protege o pacote de sensor de dano e dá a forma de bola desejada à unidade. Este também cria
20 menos ruído ao rolar ao longo da parede interna do oleoduto do que o pacote de sensor sozinho faria.

A espuma desta incorporação pode ser comprimida firmemente ao redor do pacote de sensor para inserção no oleoduto, permitindo assim a inserção através da porta de acesso que é menor que a unidade do sensor quando
25 expandida por todo o seu formato esférico ou elipsoidal. Uma vez que este está dentro do oleoduto, a espuma descomprime e a unidade do sensor retoma ao seu tamanho e forma total. A forma quando comprimida pode ser aproximadamente cilíndrica, e de um diâmetro que permite que esta seja inserida ao impulsionar esta através da válvula ou porta de inspeção, que é menor que o diâmetro total da forma esférica expandida ou elipsoidal da unidade do sensor.

30 Uma pluralidade de bolas de diferentes diâmetros externos, ou

algumas bolas que são elipsoidais e algumas que são esféricas, podem ser providas com interiores dimensionados para ajustar a um tamanho padrão de pacote de sensor. Os pacotes de sensor que possuem diferentes tipos de sensor (como a seguir descrito) também podem ser providos. A unidade do sensor usada em qualquer oleoduto, então, pode ser feita para medir ao escolher um pacote de sensor adequado para o trabalho a ser feito, e associar este com uma bola de tamanho apropriado para uso neste oleoduto para formar uma unidade do sensor ótima.

Em uma incorporação alternativa, a bola é formada de barras de suporte que influenciam externamente para formar a forma da bola, e as quais são cobertas por um plástico flexível ou tecido elástico na forma de bola pelas barras de suporte. Nesta incorporação, o líquido no oleoduto pode entrar dentro da bola ao passar através de uma cobertura de tecido permeável líquido ou ao entrar por orifícios adequados em uma cobertura impermeável, de forma que o interior da bola, com exceção da parte ocupada pelo pacote de sensor, é preenchida com o mesmo líquido à medida que está sendo transportada no oleoduto. Nesta incorporação, o pacote de sensor é preferivelmente cilíndrico.

A densidade total da unidade do sensor é escolhida em relação à densidade do líquido sendo carregado no oleoduto. A densidade escolhida pode ser qualquer uma menos a densidade do líquido no oleoduto ou mais do que a densidade líquida, dependendo do uso pretendido. Se a unidade do sensor é de uma densidade mais alta que a do líquido no oleoduto, a unidade do sensor tenderá a rolar ao longo da parte mais baixa das seções de tubo que constituem o oleoduto. Se for de densidade mais baixa do que a do líquido, e o oleoduto está cheio com líquido, a unidade do sensor rola ao longo da parte superior das seções do tubo.

Assim, ao ajustar a densidade da unidade do sensor permite uma inspeção mais detalhada ou estar na parte superior do oleoduto ou na parte mais baixa do oleoduto. É também possível inspecionar usando mais de uma unidade do sensor. Em tal inspeção, uma unidade do sensor pode por exemplo, ser de

densidade menor do que a do líquido, de forma a coletar os dados da parte superior das seções do tubo que formam o oleoduto, e uma pode ser de maior densidade para coletar os dados da parte mais baixa do oleoduto.

Um modo de alcançar a densidade desejada é incluir pesos dentro do pacote de sensor para alcançar a densidade total desejada, levando em conta a densidade da bola com a qual o pacote de sensor será usado. Porém, na maioria dos casos, é preferido ter uma unidade do sensor onde a densidade pode ser variada facilmente, dependendo do uso particular desejado. Isto pode ser realizado facilmente quando a unidade de bola é feita de espuma, ao tornar uma série de unidades de bola de densidade diferente, e ao colocar o pacote de sensor dentro de uma das séries de unidades de bola que darão uma unidade do sensor global da densidade desejada. É também possível, embora menos preferido, fabricar uma unidade de bola e um pacote de sensor de materiais que dão para uma densidade média total menor que a do líquido no oleoduto, e prover dentro da bola ou pesos adequados ao pacote de sensor para trazer a bola de sensor à densidade desejada. Outro modo menos preferido de prover uma densidade variável é fabricar uma unidade de bola que com o seu pacote de sensor forma uma unidade do sensor de maior densidade do que a densidade do líquido, e que tem uma parte removível que pode ser substituída por um material de menos densidade quando desejado.

Um problema que pode surgir é que a quantia de flutuação que surge do uso de umas mudanças de bola de espuma com a pressão do oleoduto por causa de qualquer ar que permanece na bola é comprimido por esta pressão. Para remediar isto, a bola de espuma é exposta preferivelmente ao vácuo somente antes da inserção no oleoduto para reduzir a pressão de ar que cerca a bola a menos de 0.1 bar, e preferivelmente a menos de 0.001 bar. Esta remove virtualmente todo o ar presente e permite que a água sature completamente a espuma, particularmente se a espuma for uma espuma reticulada. Este também melhora a transparência acústica da bola, permitindo uma melhor detecção dos sinais acústicos pequenos por um sensor acústico dentro do pacote de sensor,

porque o ar preso na espuma serviria para bloquear algumas das ondas acústicas. A exposição ao vácuo pode ser realizada em uma câmara fechada antes da inserção da unidade do sensor no tubo. A válvula permite que a unidade do sensor a ser inserida no tubo possa então ser aberta lentamente para permitir que a água preencha a câmara evacuada previamente. Esta também oferece uma oportunidade para esterilizar a bola ao introduzir um esterilizante na mesma câmara. A esterilização da bola pode ser uma consideração importante se o líquido no oleoduto estiver em contato com a água.

O pacote de sensor de acordo com a invenção contém ao menos um sensor que pode detectar e registrar o número de revoluções da unidade do sensor, uma vez que este rola ao longo da parte inferior ou da parte superior de dentro do oleoduto. Por 'revolução' é significado a distância viajada pela circunferência total da unidade esférica que rola ao longo do tubo, ou a distância viajada pela unidade elipsoidal quando esta rola suficientemente, de forma que faça um total de 360 graus de rotação sobre o eixo principal. A detecção e o registro das revoluções podem ser feitos por qualquer instrumento adequado. Por exemplo, um acelerômetro detectará cada revolução como um padrão de repetição de aceleração. Alternativamente, um magnetômetro detectará as mudanças magnéticas à medida que o seu sensor se aproxima e retrai da parede do tubo durante cada revolução. Quando a unidade do sensor for elipsoidal, um único instrumento deste tipo oferece bons resultados, embora devesse ser tomado cuidado, de forma que este é orientado para detectar em uma direção diferente do que exatamente ao longo do eixo principal. Quando a unidade do sensor for esférica, um único magnetômetro ou acelerômetro podem sub-contar ligeiramente as revoluções, uma vez que o eixo de revolução da esfera fortuitamente poderia ser alinhado com o eixo ao longo do qual o instrumento não detecta por períodos curtos. É então preferível ter ao menos dois acelerômetros ou magnetômetros orientados para detectar em diferentes direções angulares (ie., que têm uma separação angular diferente de 180 graus na direção que eles detectam), e solucionar o vetor das suas saídas quando as saídas do sensor forem analisadas.

É particularmente preferido ter três magnetômetros ou três acelerômetros dispostos ortogonalmente, e contar as revoluções ao solucionar o vetor das suas saídas individuais quando as saídas do sensor forem analisadas. Tipicamente a análise é feita por computador após a unidade do sensor ter sido removida do oleoduto e os dados terem sido transferidos para o computador. Uma disposição de três magnetômetros ortogonais é apresentada no pedido de patente Canadense 2,273,979 de Paulson.

O pacote de sensor pode em adição conter quaisquer sensores adequados para examinar os oleodutos. Por exemplo, em uma incorporação, o pacote de sensor contém um sensor acústico, tal como um hidrofone, ou um sensor sensível a pressão, tal como um dispositivo piezoelétrico, ou outro sensor acústico ou de pressão.

Para exigências de detecção particulares, qualquer outro tipo adequado de sensor pode ser usado para satisfazer uma exigência particular. Por exemplo, sensores de temperatura podem ser usados onde for desejado adquirir um perfil de temperatura da temperatura do líquido ao longo do comprimento do oleoduto. Detectores químicos podem ser usados onde for desejado encontrar o local onde um poluente químico estiver entrando no oleoduto.

O pacote de sensor também contém dispositivos para preservar as leituras dos sensor. Geralmente, este será um dispositivo gravador, preferivelmente uma memória digital. O dispositivo de armazenamento preferido é um dispositivo de memória removível, tal como um cartão SD-RAM.

O pacote de sensor também contém uma fonte de alimentação para fornecer energia a estes sensores que requerem e ao dispositivo de gravação. Convenientemente, esta é uma bateria de longa-duração. Uma bateria de lítio não-recarregável é preferida atualmente com base no custo, desempenho e tamanho, mas é possível usar qualquer outra bateria ou outra fonte de alimentação que entrega uma tensão adequada para energizar os sensores e o dispositivo de gravação, e que possa armazenar energia suficiente para energizar estes pelo período de uso pretendido.

Em uma incorporação, o pacote de sensor registra os dados, e os dados são recuperados quando a unidade do sensor é recuperada a um ponto a jusante, e é analisado então por um computador adequado.

5 As anomalias encontradas por quaisquer dos sensores (tal como um vazamento encontrado pelo sensor acústico, ou corrosão encontrada pelos sensores magnéticos) podem ter suas localizações ao longo do oleoduto determinadas ao observar o número de revoluções da unidade do sensor que tinha ocorrido quando a anomalia foi detectada. Porque a circunferência da bola é conhecida, a taxa e a distância de viagem são também conhecidas ao contar as 10 revoluções e multiplicar as revoluções pela circunferência da bola. Magnetômetros são preferidos aos acelerômetros, uma vez que os magnetômetros também registram a passagem sobre as juntas do tubo e passagem próximas as outras características do oleoduto, tal como as passagens laterais, que ajudam a verificar o local.

15 Outros dispositivos também podem ser usados para verificar os locais. Se a velocidade do fluxo do líquido ao longo do oleoduto é conhecida (como por exemplo ao bombear os registros da estação ou os sensores de fluxo estacionários no oleoduto) e é relativamente constante, o local associado com os dados que são coletados pode ser calculado do tempo decorrido entre o tempo 20 que a unidade do sensor foi liberada no oleoduto para mover com o fluxo do líquido e o tempo de aquisição dos dados de interesse. Se os dados forem gravados como uma gravação em tempo real, nenhum relógio é necessário, embora um rastro de relógio possa ser proporcionado com os dados coletados se desejado. Se os dados forem comprimidos, é preferível ter um rastro de relógio 25 registrado com os dados.

Em outra incorporação, marcadores acústicos são colocados nos locais conhecidos ao longo do oleoduto e um pacote de sensor que registra os dados acústicos é usado. A gravação dos sinais destes marcadores pelo sensor acústico ou piezoelétrico no pacote de sensor dá uma boa indicação da velocidade 30 na qual a bola está viajando no oleoduto, e o ponto no registro de dados no qual o

sensor passa cada marcador. O local de onde os dados de interesse foram coletados pode ser interpolado entre os locais conhecidos, tal como o local onde a bola foi colocada no oleoduto, os locais dos marcadores, e o local onde a bola foi removida do oleoduto. Preferivelmente, cada marcador acústico possui um sinal diferente, de forma que é fácil de distinguir os sinais dos marcadores um do outro. Os pontos no registro do sensor acústico no qual o sensor passa os marcadores de localização podem ser observados, e uma localização particular na qual um sinal anômalo tem sido recebido pode ser determinado ao observar o marcador de localização recentemente passado antes do sinal anômalo, e o próximo marcador de localização que passou após o sinal, e rastrear o sinal contínuo para determinar o local, ao assumir que a velocidade da unidade do sensor entre os dois marcadores de localização é constante. Para verificar se a velocidade era ou não constante, referência pode ser feita à distância viajada de acordo com o número de revoluções.

Outro modo de determinar o local do sensor no oleoduto é proporcionar a unidade do sensor com um sensor magnético, preferivelmente sensível em mais de um eixo, e gravar o sinal de tal sensor magnético. Nos oleodutos de metal, as seções do oleoduto são unidas por solda, que proverão uma anomalia magnética que pode ser observada pelo sensor magnético quando a unidade do sensor passa sobre a junta soldada. Nos oleodutos de concreto, há uma disposição de cone e espicho no final de cada seção, onde uma parte de um tubo (cone) sobrepõe a uma distância curta no outro tubo (espicho). Uma vez que os tubos de concreto são reforçados através de envoltura de arame dentro do concreto, as juntas terão dois grupos de sobreposição de envolturas de arame, um de cada tubo, e também um cone de aço e detalhes de espicho que existem apenas nas juntas, e que também proverá uma anomalia magnética. Assim, uma pessoa ao diagnosticar o local da anomalia acústica pode consultar os registros da construção do oleoduto, para descobrir onde as juntas estão, e correlacionar o número de juntas cruzadas (pelas anomalias magnéticas que são exibidas quando uma junta é cruzada) contra qualquer outra anomalia detectada por qualquer

sensor no pacote de sensor. Assim, se o sensor acústico estiver presente e detectar uma anomalia de acústica, tal como um vazamento, a correlação com os resultados do sensor magnético permite que a localização do vazamento seja identificada por dentro do comprimento do tubo. Ao assumir uma velocidade constante ao longo deste comprimento do tubo, pode-se proporcionar o tempo ocorrido para atravessar o comprimento do tubo, e achar o local do vazamento com uma precisão muito boa.

Um sensor magnético também pode adquirir outra informação útil. Em um tubo de concreto, por exemplo, se os arames que envolvem o tubo tiverem sido severamente corroídos ou danificados, isto pode criar uma anomalia magnética no local que não é a junta entre as seções do oleoduto. Em um oleoduto de metal soldado, se a solda começou a falhar, a assinatura magnética pode ser diferente da assinatura das soldas que estão intactas. Assim, o sensor magnético também pode prover uma informação útil sobre o estado do tubo, como também prover a função de localização para qualquer anomalia acústica.

Em uma incorporação onde o pacote do sensor contém um sensor magnético, transponders magnéticos ou elétricos que têm sinais distintivos podem ser localizados nos locais conhecidos ao longo do oleoduto. Estes registrarão na gravação magnética que é feita à medida que a unidade do sensor passa as suas localizações.

Em uma incorporação particularmente preferida, há três sensores magnéticos dispostos ortogonalmente. Assim, onde uma anomalia magnética inesperada ocorre, por exemplo, uma que não é uma anomalia magnética normal encontrada na junta do tubo, os três sensores magnéticos ortogonais registrarão diferentemente a anomalia magnética. Se a orientação dos três sensores ortogonais for conhecida (como, por exemplo, ao os localizar relativo a direção para baixo como apresentado no pedido de patente Canadense 2,273,979 de Paulson), então o local ao redor da circunferência do oleoduto do qual a anomalia magnética está sendo registrada pode ser determinado. Isto ajuda na localização da anomalia com a finalidade de inspeção subsequente de outra natureza, como

por exemplo pela câmera de vídeo.

Onde há vários caminhos possíveis para a unidade do sensor, o caminho pode ser manipulado ao abrir e fechar seletivamente as válvulas para direcionar o fluxo do líquido, de tal modo a levar a unidade do sensor nos tubos onde a inspeção é necessária.

Em outra incorporação, a unidade do sensor ou a bola podem conter um transmissor ou transponder acústico, os sinais dos quais podem ser escolhidos pelos receptores ou outros transponders em intervalos ao longo do oleoduto (tal como nas portas de inspeção). Isto permite ao operador remoto manter o rasto de progresso da unidade do sensor. Estes transponders emitem freqüências mais altas que a faixa audível, preferivelmente freqüências acima de 20 KHz, porque as freqüências mais altas tendem a propagar distâncias muito longas no tubo. O uso de transponders transmitindo em mais de uma freqüência ou como uma varredura de freqüências em uma faixa pode permitir uma estimativa da proximidade da unidade do sensor do detector de superfície, porque as freqüências mais baixas atenuariam mais rapidamente com a distância. As relações entre a amplitude dos sinais em diferentes freqüências podem prover uma indicação de proximidade e então, com o passar do tempo, a direção de movimento se próximo ou longe do detector. Uma faixa preferida para tal pulso de varredura é estar entre 1 KHz e 200 KHz.

A unidade do sensor é inserida preferivelmente no oleoduto na forma compactada. Se a bola for de espuma, esta é comprimida sobre o pacote do sensor. O pacote do sensor é preferivelmente esférico, e pequeno o suficiente de forma que este, com a bola apertada sobre este, pode ser empurrado através da porta de inspeção ou válvula. Por exemplo, para muitas aplicações é preferível ter uma unidade do sensor que possa ser comprimida, de forma que esta possa ser empurrada através de uma porta de inspeção de 4 polegadas de diâmetro (10 cm). Uma vez dentro do oleoduto, a espuma expande para o diâmetro total pretendido da unidade do sensor, de forma que a unidade do sensor tem uma resistência maior ao fluxo de água, tornando mais fácil para a água empurrar esta inclinação

acima.

Para permitir o colapso da espuma, a bola de espuma pode ter núcleos removidos para formar orifícios circulares ou cônicos pequenos nesta, por exemplo de 1 a 4 centímetros de diâmetro cada. Isto reduz a quantidade de espuma que necessita ser comprimida, mas ainda preserva o diâmetro total da unidade do sensor.

Se a bola for uma incorporação que tem barras de suporte expansíveis, esta é empurrada no oleoduto por um atuador, e então uma pressão é aplicada ao atuador para ampliar as barras de suporte, de forma que elas ocasionam a forma esférica.

Para total inspeção, pode ser desejado liberar várias unidades de sensor dentro de um espaço curto de tempo. Por exemplo, um pode ter uma densidade tal que este rolará ao longo do fundo do oleoduto. Por exemplo, a segunda pode ter menor densidade do que o oleoduto, de forma que este rolará ao longo da parte superior interna do oleoduto. Uma unidade do sensor de menor densidade que a do líquido no oleoduto não deveria ser usada se houver orifícios ou outras portas de acesso nas quais este poderia subir e ser colocado antes de viajar a distância pretendida para inspeção, ou projeções descendentes do teto do oleoduto (como uma estrutura de válvula), o qual este não poderia ser capaz de passar.

Outra ocasião na qual várias unidades de sensor podem ser usadas é quando a primeira unidade do sensor detectou um vazamento, e a posição do vazamento foi diagnosticada pelo número de revoluções pelas quais a unidade do sensor tinha viajado. Então, os transponders de superfície acústica ou vibradores podem ser colocados na superfície perto da posição calculada do vazamento. A segunda unidade do sensor é então liberada, e o local do vazamento e o local dos transponders ou vibradores é observado da gravação que este faz. Isto permite a comparação da posição de vazamento com as posições dos transponders de superfície ou vibradores, permitindo uma estimativa mais precisa das posições de vazamento. Neste caso, o uso de vibradores acústicos de baixa frequência é

preferível, porque os sinais podem penetrar através da cobertura do chão e da parede do tubo.

Após a distância de inspeção desejada ter sido atravessada, dispositivos são providos para recuperar a unidade do sensor. Em uma
5 incorporação simples, uma porta de inspeção é aberta à medida que a unidade do sensor se aproxima, expulsando oleoduto líquido (que está em uma pressão mais alta que a atmosférica) para a atmosfera. Isto dispõe a unidade do sensor no líquido que escapa do oleoduto e lança esta.

Porém, mais preferivelmente um aparelho capturador de bola é
10 disposto. Um aparelho capturador de bola preferido para uma unidade do sensor de bola de espuma é um tubo, que é inserido no oleoduto por uma válvula ou porta de inspeção. O tubo inserido é equipado com uma rede que desdobra para direcionar a unidade do sensor para o orifício no tubo inserido. Inicialmente, a pressão no tubo inserido é igual a do oleoduto. Quando a bola for adjacente ao
15 orifício, a pressão no tubo inserido é reduzida, por exemplo, ao expor a outra extremidade do tubo inserido na atmosfera. A bola é sugada no orifício pela diferença na pressão entre a pressão no oleoduto e a pressão mais baixa dentro do tubo inserido. A espuma comprime para atravessar o orifício no tubo, de forma que a bola é apertada pelo orifício e passa pelo tubo inserido, fora do oleoduto. O
20 tubo é então retirado do oleoduto, afastando a rede à medida que este sai.

Outra incorporação do dispositivo capturador da unidade do sensor, útil com uma unidade do sensor que tem uma bola de espuma ou uma unidade do sensor que tem uma cobertura de tecido e barras de suporte é uma rede abaixada através de um orifício ou abertura da válvula para bloquear a passagem de objetos
25 por pelo menos uma parte do oleoduto, enquanto permite a passagem do líquido. Como a unidade do sensor é conhecida por estar rolando ao longo do fundo do oleoduto (se mais denso do que o líquido) ou rolando ao longo do topo do oleoduto (se menos denso do que o líquido), é necessário bloquear apenas o fundo (ou tampa, como pode ser o caso) com a rede. A unidade do sensor é então retida
30 pela rede. A unidade do sensor pode então ser recuperada ao manipular a rede

para envolver a unidade do sensor, então removendo a rede pelo orifício.

Uma vez que a unidade do sensor é recuperada, as gravações feitas pelos sensores são lidas. As anomalias acústicas, magnéticas, de temperatura e/ou as químicas são observadas (dependendo de quais sensores estavam presentes) com relação a sua localização ao longo do oleoduto. Outro exame, usando outro tipo de sensor pode ser executado nestes locais, ou a parte externa do oleoduto nestas localizações pode ser acessada para o trabalho de reparo necessário.

Breve Descrição das Figuras

10 A invenção será descrita mais adiante com relação aos desenhos nos quais:

Figura 1 – apresenta um tipo preferido de unidade do detector de acordo com a invenção, que tem uma espuma esférica externa;

15 Figura 2 – apresenta uma variante da Figura 1 na qual o exterior da espuma é elipsóide;

Figura 3 – apresenta uma seqüência de passos para inserção de uma unidade do sensor coberta de espuma em um oleoduto, o oleoduto sendo apresentado em uma seção transversal;

20 Figura 4 – apresenta uma outra incorporação da unidade do sensor, possuindo barras de suporte e a parte externa de tecido, na forma comprimida.

Figura 5 – apresenta a unidade do sensor da Figura 4, na forma expandida;

Figuras 6A e 6B – apresentam a inserção da incorporação da Figura 4 em um oleoduto;

25 Figura 7 – apresenta a passagem da unidade do sensor ao longo do fundo do oleoduto;

Figuras 8A e 8B – apresentam uma seção transversal do oleoduto da Figura 7, apresentando como a unidade do sensor (uma unidade do sensor esférica na Figura 8A e uma unidade do sensor elipsoidal na Figura 8B) move ao longo do fundo do oleoduto;

30

Figura 9 – apresenta duas unidades do sensor de duas densidades diferentes dispostas em um oleoduto;

Figura 10 – apresenta um método para remover uma unidade do sensor do oleoduto, ao inserir uma rede;

5 Figura 11 – apresenta o método preferido para remover uma unidade do sensor de um oleoduto que é pressurizado, usando um tubo de recuperação inserido;

Figura 12 – apresenta o rastro atual registrado por um sensor magnético, apresentando o rastro feito à medida que a unidade do sensor gira
10 enquanto rola ao longo do oleoduto.

Os desenhos são esquemáticos e não desenhados em escala.

Descrição Detalhada da Invenção

A Figura 1 ilustra uma incorporação preferida da unidade do sensor de acordo com a invenção, apresentada na forma parcialmente desmontada. A
15 unidade do sensor parcialmente desmontada (o pacote do sensor mais a unidade da bola) é apresentada diagramaticamente como 50. O pacote do sensor 100 é constituído de algum material rígido, tal como plástico rígido. O pacote do sensor também pode ser de metal ou outro material, se os sensores forem dispostos dentro deste, o pacote de metal não afetaria a sua sensibilidade aos estímulos
20 externos.

Na incorporação apresentada, o pacote do sensor tem duas metades de cápsulas 102 e 104. A meia cápsula 104 tem uma fresta 106 que ajusta sobre a meia cápsula 102 e é segurada na posição por parafusos 108. Obviamente, outros meios para fechar o pacote do sensor e manter este fechado pode ser usado.

25 Dentro do pacote do sensor está uma placa de circuito 110. Este é proporcionado com um circuito adequado para conectar os sensores, a fonte de alimentação, o dispositivo de gravação, o relógio e qualquer outro componente do pacote do sensor. Obviamente, conexões separadas poderiam ser usadas ao invés da placa de circuito, mas isto é incômodo e não preferido.

30 Um ou mais sensores são montados na placa de circuito e

apresentados esquematicamente como 112, 114, 116 e 118. Por exemplo, pode haver um sensor acústico, um ou mais magnetômetros e/ou um ou mais dispositivos de detecção de pressão, ou temperatura e os dispositivos de gravação. Se os magnetômetros estiverem presentes, é preferível ter três magnetômetros orientados ortogonalmente um ao outro. Isto é indicado esquematicamente na Figura 1, onde os sensores 112, 114 e 116 são magnetômetros ortogonais um ao outro. O sensor 118 é um sensor acústico ou de pressão, por exemplo um microfone ou hidrofone, ou um sensor piezoelétrico. O sensor 118 tem sua parte de detecção acústica 118a em contato acústico com a parede do pacote do sensor 100, para obter uma boa passagem dos sinais acústicos através da parede.

Também montado na placa de circuito é disposto um dispositivo de gravação 120, que grava na memória removível 122. Adequadamente, o dispositivo de gravação é um gravador digital simples, que recebe (e converte para digital se necessário) as saídas do sensor e as grava na memória. A memória preferida é um cartão SDRAM.

Opcionalmente é também disposto um relógio 124, que grava o rastro do relógio na memória 122, que é também montada na placa de circuito.

A placa de circuito 110 também tem montada nesta a fonte de alimentação 126. Convenientemente, esta pode ser uma bateria não-recarregável, tal como uma bateria de lítio. Porém, as baterias recarregáveis ou qualquer outra fonte de energia auto-suficiente de tamanho adequado pode ser usada.

Uma unidade de bola de espuma 150 é provida. Esta é apresentada desmontada na Figura 1. Esta é feita preferivelmente de espuma compressível, por exemplo poliuretano macio. A espuma de poliuretano de densidade baixa reticulada é preferível. Esta é provida como duas meias peças esféricas 152 e 154, que podem ser unidas uma a outra ao encaixar os encaixes 156 de plástico rígido nos recessos 158. Os encaixes 158 têm cabeças alongadas 160 que ajustam nas extremidades alargadas 162 dos recessos para manter as meias esferas 152 e 154 juntas em uso. As peças 152 e 154 têm partes côncavas 164 e 166

respectivamente, que são grandes o suficiente para a unidade do sensor 100 se ajustar dentro quando as peças 152 e 154 são montadas para formar a unidade de bola de espuma 150. As peças 252 e 154 têm orifícios de passagem circulares ou cônicos 160 nestas, cujo propósito é reduzir a quantidade de espuma que tem de ser comprimida quando a unidade é comprimida para ser colocada no oleoduto. Preferivelmente um dos orifícios é também localizado, de forma que a parte da parede do pacote do sensor 100 onde o sensor acústico 118a é localizado não está coberta por espuma, para assegurar um sinal acústico bom. Preferivelmente, os orifícios são espaçados o bastante de forma uniforme sobre a superfície das peças 252 e 354, de forma a não impedir a função protetora da espuma e não desequilibrar todo o peso da unidade.

A Figura 2 apresenta uma variante da Figura 1. A unidade do sensor 100 é igual a da Figura 1. Porém a unidade de bola de espuma (numerada por 150A apresentada montada, é elipsoidal (de formato tal como uma bola de futebol rúgbi ou Norte Americano).

A Figura 3 apresenta a inserção de uma unidade do sensor 50 (após ser totalmente montado ao unir as peças 152 e 154) em um oleoduto 200 preenchido com líquido 206 (por exemplo água) fluindo na direção 208. Há uma porta de acesso 202 (também conhecida como porta de inspeção) no topo do oleoduto. Esta é normalmente fechada pela válvula apresentada esquematicamente como 204. Na figura a válvula está fechada.

No topo da porta de acesso 202 é disposto uma rosca de parafuso 232. Inicialmente nada está montado nesta rosca de parafuso. Uma unidade do sensor (mostrado inicialmente na posição 50a) é trazido para o local que é então apertado na posição mostrada como 50b. Uma tampa 230 atarraxada é então aparafusada na sessão sob-pressão na linha 232. A tampa tem uma glândula de pressão 235 pela qual passa uma haste 220, terminando no impulsor 221 que é adequadamente de plástico ou metal. Este também tem um orifício pequeno 236 no qual um valor 239 adequado é preso. A linha 237 pode ser conectada à válvula.

A unidade do sensor é apresentada nas quatro posições seqüenciais 50a, 50b, 50c e 50d. Na posição 50a, esta está descansando na superfície 210, antes da inserção. Na posição 50b, a válvula 204 tem sido aberta e a unidade de espuma tem sido comprimida para apertar pela porta de acesso 202 sobre a válvula 204. Então, a tampa 230 é colocada. Quando a tampa 230 tiver sido segura sob pressão, opcionalmente um vácuo é criado no espaço entre a tampa 230 e a válvula 204 ao retirar o ar pela válvula 139 e a linha 137, para remover o ar da espuma de bola 50. Um esterilizante também pode ser introduzido pela linha 237 e a válvula 239 se desejável. A válvula 239 é fechada e a válvula 204 é então aberta, de forma que o líquido do oleoduto entra no espaço entre a válvula 204 e a tampa 230. Quando o espaço entre a válvula 204 e a tampa 230 está cheio de água, a haste 220 é empurrada manualmente, para forçar a unidade do sensor primeiro na posição 50c e então no oleoduto como no 50d, onde este recupera o seu tamanho total.

As Figuras 4 -6 apresentam a segunda incorporação da unidade do sensor. Esta incorporação geralmente é numerada por 450. Esta tem um pacote de sensor cilíndrico 410, e uma parte externa de tecido 420. O pacote de sensor contém os mesmos sensores e outros componentes (não apresentados), tal como o pacote de sensor 100 da Figura 1. As barras de suporte 430 são presas de forma flexível na extremidade do pacote do sensor 410 no 432, e termina na outra extremidade em uma conexão flexível 436 para o anel 434 que é esticável. O pacote 410 tem um recesso 438 no qual o anel 434 pode fechar, como será mostrado, e duas extremidades planas 412 e 414. A extremidade 412 tem um recesso 416 no qual uma ferramenta de inserção pode ser ajustada. As barras de suporte 430 suportam o tecido 420 que formará o formato bola.

Na Figura 4, a unidade do sensor 450 é desmontada para inserção no oleoduto. As barras de suporte estendem acima da extremidade do pacote do sensor 410, com o tecido 440 revestindo-o. O tecido tem sido cortado para mostrar as barras de suporte. Na Figura 5, a unidade do sensor é completamente montada. O anel 434 é preso em posição no recesso 438 e o tecido, e empurrado

pelas barras de suporte, tem assumido a forma de bola com as extremidades planas 412, 414 na extremidade do pacote do sensor 420.

As Figuras 6a e 6b apresentam a seqüência de inserção da unidade do sensor 450 no oleoduto e sua montagem final dentro do oleoduto. O oleoduto é igual ao da Figura 3, e os mesmos números serão usados para descrever estes como na Figura 3. A unidade do sensor 450 é presa de forma a ser liberada na extremidade do dispositivo de inserção 470, como por um ajuste frouxo da extremidade inferior da borracha 472 do dispositivo de inserção 470 no recesso 416. O dispositivo de inserção é inserido pela válvula 204 no oleoduto. O diâmetro do pacote do sensor cilíndrico 410 é suficientemente pequeno para passar através da porta de acesso 202 e a válvula 204. Na Figura 6a, este está no processo de passar pela válvula 204. Na Figura 6b está dentro do oleoduto. Uma luva 474 é inserida no dispositivo de inserção 470 para empurrar o anel 434. Este empurra até o anel 434 preso no recesso 438, ao mesmo tempo ao dobrar as barras de suporte para forçar o tecido no formato de bola. O interior da bola é preenchido com o líquido do oleoduto. O tecido pode ser permeável ao líquido, ou pode ser provido com orifícios (não apresentados) para permitir o líquido entrar. A luva 474 é então deixada em posição enquanto a ferramenta de inserção 470 é removida do recesso 416. A ferramenta de inserção 470 e a luva 474 são então retiradas pela porta de acesso 202 e a válvula 204 é fechada.

A Figura 7 apresenta uma unidade do sensor 50 que move pelo oleoduto. Na incorporação mostrada, a unidade do sensor é mais densa que o líquido no oleoduto, assim a unidade do sensor rola ao longo do fundo do oleoduto. Este passa as balizas acústicas 701, 702 colocadas na porta de acesso 202a e 202b respectivamente. Os sinais destas balizas são recebidos pelo sensor acústico 118 na unidade do sensor 50. Se é suspeitado que um vazamento está na área (porque por exemplo a unidade do sensor tem previamente detectado um), uma baliza acústica móvel 715 (mostrado aqui posicionada em um veículo 712) pode ser posicionada na superfície perto do vazamento esperado. A baliza móvel 715 transmite à freqüências muito baixas (abaixo de aproximadamente 1000Hz),

de forma que o seu sinal não será atenuado pela terra e as paredes do oleoduto. A baliza móvel 715 é proporcionada também com um transmissor/receptor GPS 710, de forma que sua posição será conhecida exatamente. Os sinais das balizas são registrados pelo sensor acústico, ou eles são registrados pelo dispositivo de gravação 122 para prover uma referência ao local da unidade do sensor quando a gravação é feita.

Há um vazamento 740 no oleoduto, e o escapamento de líquido dá um som característico que é detectado pelo sensor acústico e gravado com os outros sinais deste sensor. Uma análise subsequente pode determinar o local do vazamento, ou ao comparar com os sinais gravados das balizas ou ao ler o rastro de relógio para ver o tempo decorrido, uma vez que a unidade do sensor foi liberada, e conhecer a velocidade do líquido no oleoduto, ou ao contar as revoluções da unidade do sensor.

O oleoduto é um oleoduto de concreto envolto com arame. Os sensores de magnetômetros na unidade do sensor 50 gravam os sinais aumentados quando a unidade do sensor 50 passa o cone e o espicho juntos entre dois tubos como no 780, uma vez que existem mais fios na união do que no tubo e porque há uma inserção de metal neste local. Os sensores de magnetômetros também observam as anomalias magnéticas, se há corrosão nos arames, e estas são gravadas no dispositivo de gravação ou são transmitidas, ou ambos. O local pode ser determinado pelo tempo decorrido ou por correlação com o registro acústico que é deixado pelas balizas acústicas no dispositivo de gravação ou que é transmitido.

A Figura 8A apresenta uma seção transversal do oleoduto 200, mostrando como a unidade do sensor 50 rola ao longo do fundo do oleoduto. A Figura 8B apresenta a posição que o sensor elipsoidal está, com o seu eixo maior nos ângulos direitos ao eixo do oleoduto.

A Figura 9 mostra duas unidades do sensor de densidade diferente, e como elas movem pelo oleoduto. A unidade do sensor 50x é de densidade média menor que o oleoduto, e é usada apenas quando o oleoduto é preenchido com

líquido. Na incorporação apresentada, o oleoduto é preenchido com líquido, de forma que este rola ao longo do teto do oleoduto. Este é maior em diâmetro do que as portas de inspeção encontradas na rota, assim este não é hospedado em tais portas de inspeção. A unidade do sensor 50z é de densidade média maior que o líquido no oleoduto, rolando assim ao longo do fundo. As unidades do sensor são mostradas como tendo diâmetros diferentes, mas podem ser do mesmo diâmetro se desejado.

A Figura 10 apresenta um dispositivo para remover o sensor do oleoduto, quando a inspeção é terminada. Isto é útil em um oleoduto que está na pressão atmosférica. O orifício 1000 tem sido aberto ao remover a tampa do orifício 1002 e a rede 1010 tem sido posicionada para bloquear o oleoduto que usa os pólos de posicionamento 1012. A outra parte 1020 da rede, com as correias de elevação 1022, é posicionada no chão do oleoduto. A unidade do sensor 50 rola ao longo do chão do oleoduto, a unidade do sensor nesta incorporação sendo de maior densidade que o líquido no oleoduto, até que este bata na rede 1010, que impede este de mover. Este está então na parte 1020. Os pólos 1012 e as correias de elevação 1022 são operados para puxar a unidade do sensor do oleoduto. Ao invés de usar a parte da rede 1020 para encaixar a unidade do sensor, alternativamente esta pode encaixar manualmente com um prendedor do tipo-garra 1030.

Onde o líquido no oleoduto está sob pressão e a unidade do sensor tem uma superfície externa de bola esférica compressível 150, o método de recuperação da unidade do sensor mostrado na Figura 11 é preferivelmente usado. A Figura 11 apresenta um tubo de recuperação 1100 inserido pela porta de inspeção (também conhecida como porta de acesso) 202, com a válvula 204 fechada firmemente ao redor do tubo. O tubo de recuperação 1100 tem a sua própria válvula 1102 que também é fechada, de forma que pressão não escapa do tubo. O tubo de recuperação 1100 tem preso a este uma rede em formato de cone 1120, que é desdobrada por barras elásticas de suporte 1122, que são comprimidas durante a inserção do tubo de recuperação na porta de inspeção,

expandindo para desdobrar a rede. A rede ocasiona a unidade do sensor 50 para deslocar para o ápice do cone. No ápice do cone é disposto um orifício 1130 no tubo de inspeção. O orifício é ligeiramente menor do que o diâmetro da unidade de bola. Quando a bola está no cone, a válvula do tubo de recuperação 1102 é aberta rapidamente para a atmosfera. Como a pressão atmosférica é menor que a pressão no tubo, a unidade do sensor é ligeiramente comprimida e sugada no orifício 1130, onde esta sobe e estouros para fora são obtidos do tubo de recuperação acima do chão.

Alternativamente, é possível usar uma rede com uma faixa de aço espiral que expande esta para bloquear o oleoduto, como apresentado no pedido publicado PCT WO 2004/059274.

Uma vez que a unidade do sensor é recuperada, os dados registrados dos seus sensores na sua unidade de gravação são analisados de modo conhecido. Se os dados forem transmitidos pelo transmissor 120 antes da unidade do sensor ser recuperada, a análise de dados pode começar até mesmo antes da recuperação.

A Figura 12 apresenta o rastro atual feito por um único magnetômetro como uma unidade do sensor esférica que tem uma circunferência de 2 pés movida ao longo do tubo. O padrão de cumes regulares e depressões é visto. Os cumes foram numerados de 1201-1212. Cada cume representa a conclusão de uma revolução. É então facilmente visto do gráfico que a unidade do sensor viajou 24 pés. A abscissa do gráfico é o tempo decorrido em segundos, e a ordenada é a tensão de saída do magnetômetro.

Enquanto a descrição precedente e os desenhos têm apresentado as incorporações preferidas da invenção, outras incorporações serão evidentes para o técnico, e são pretendidas para estarem também protegidas.

REIVINDICAÇÕES

1. Sensor sem fio para uso na detecção das condições no oleoduto, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

- um pacote contendo o sensor selecionado de ao menos um sensor magnético e ao menos um acelerômetro; e

- um dispositivo para gravar os dados detectados pelo sensor.

2. Sensor sem fio de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o sensor é um magnetômetro.

3. Sensor sem fio de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o sensor é dois magnetômetros, dispostos com uma separação angular do outro de 180 graus.

4. Sensor sem fio de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o sensor é três magnetômetros dispostos ortogonalmente entre si.

5. Sensor sem fio de acordo com as reivindicações 1 a 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que adicionalmente compreende um envolto externo em formato de bola que envolve e protege o pacote do sensor.

6. Sensor sem fio de acordo com a reivindicação 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o envolto externo em formato de bola é esférico.

7. Sensor sem fio de acordo com a reivindicação 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o envolto externo em formato de bola é elipsoidal.

8. Sensor sem fio de acordo com as reivindicações 1 a 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade do sensor, como um todo, tem uma densidade menor do que a densidade do líquido no oleoduto com o qual esta é pretendida para ser usada.

9. Sensor sem fio de acordo com as reivindicações 1 a 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a unidade do sensor, como um todo, tem uma densidade maior do que a densidade do líquido no oleoduto com o qual esta é

pretendida para ser usada.

10. Sensor sem fio de acordo com as reivindicações 1 a 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o envolto externo em formato de bola compreende uma espuma de poliuretano de célula-aberta.

5 11. Sensor sem fio de acordo com as reivindicações 1 a 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o envolto externo em formato de bola compreende uma espuma de poliuretano reticulada.

10 12. Sensor sem fio de acordo com as reivindicações 1 a 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de que no qual o dispositivo de gravação de dados compreende um dispositivo de memória removível.

13. Sensor sem fio de acordo com as reivindicações 1 a 12, **CARACTERIZADO** pelo fato de que adicionalmente compreende uma bateria para energizar o dispositivo de gravação e para fornecer energia necessária para os sensores.

15 14. Sensor sem fio de acordo com as reivindicações 1 a 13, **CARACTERIZADO** pelo fato de que adicionalmente compreende um sensor acústico.

15. Sensor sem fio de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o sensor acústico é um hidrofone.

20 16. Sensor sem fio de acordo com as reivindicações 1 a 13, **CARACTERIZADO** pelo fato de que adicionalmente compreende um sensor piezoelétrico.

25 17. Sensor sem fio de acordo com as reivindicações 1 a 13, **CARACTERIZADO** pelo fato de que adicionalmente compreende um sensor de temperatura para detectar a temperatura do líquido que envolve a unidade do sensor.

18. Sensor sem fio de acordo com as reivindicações 1 a 13, **CARACTERIZADO** pelo fato de que adicionalmente compreende um transmissor acústico ou transponder.

30 19. Sensor sem fio de acordo com a reivindicação 18,

CARACTERIZADO pelo fato de que no qual o transmissor ou transponder transmite uma faixa de frequências.

20. Sensor sem fio de acordo com as reivindicações 1 a 19, **CARACTERIZADO** pelo fato de que adicionalmente compreende um sensor químico.

21. Sensor sem fio de acordo com as reivindicações 5 a 19, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os envoltos são fornecidos com áreas de corte para aumentar as suas compressibilidades e para aumentar as suas penetrações por som.

22. Método para inspecionar um oleoduto contendo líquido, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

- prover uma unidade de sensor de acordo com as reivindicações 1-9 ou 11-16, a unidade de sensor sendo de maior densidade do que o líquido no oleoduto a ser inspecionado;

- permitir a unidade de sensor rolar ao longo do fundo do oleoduto, dentro do oleoduto, enquanto grava um sinal representativo do número de revoluções que a superfície da unidade do sensor tem feito.

23. Método para inspecionar um oleoduto que é preenchido com líquido, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

- prover uma unidade de sensor de acordo com as reivindicações 1-9 ou 11-16, a unidade de sensor sendo de maior densidade do que o líquido no oleoduto a ser inspecionado;

- permitir a unidade de sensor rolar ao longo do topo do oleoduto, dentro do oleoduto, enquanto grava um sinal representativo do número de revoluções que a superfície da unidade do sensor tem feito.

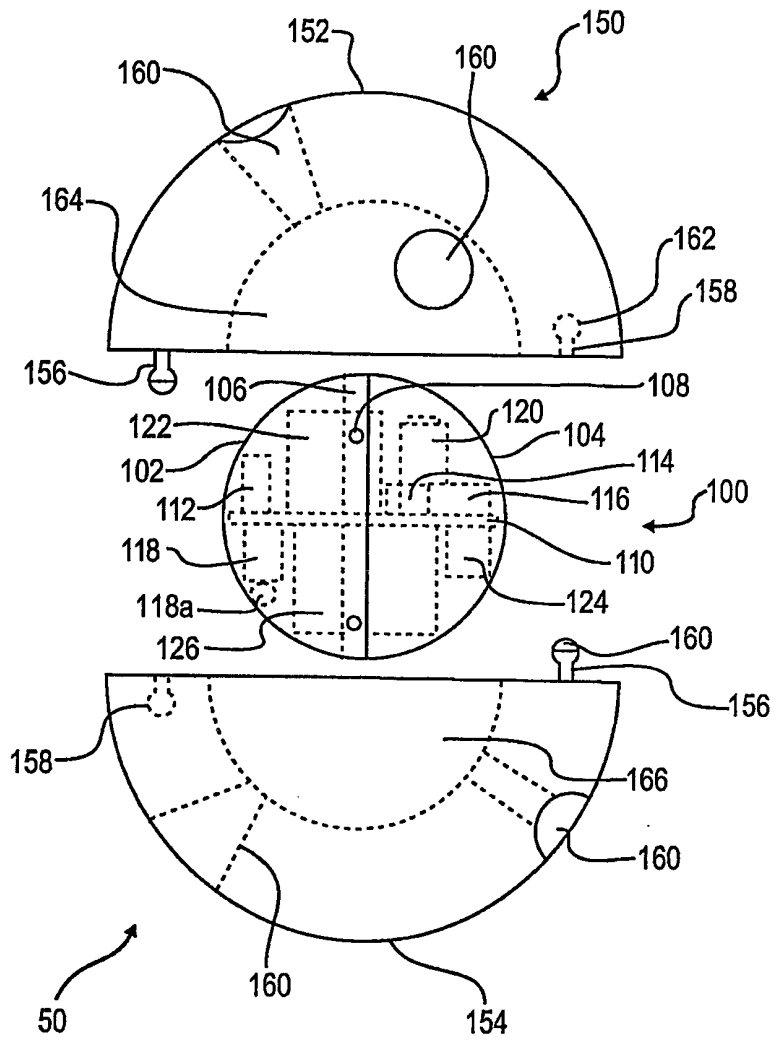


Fig. 1

2/14

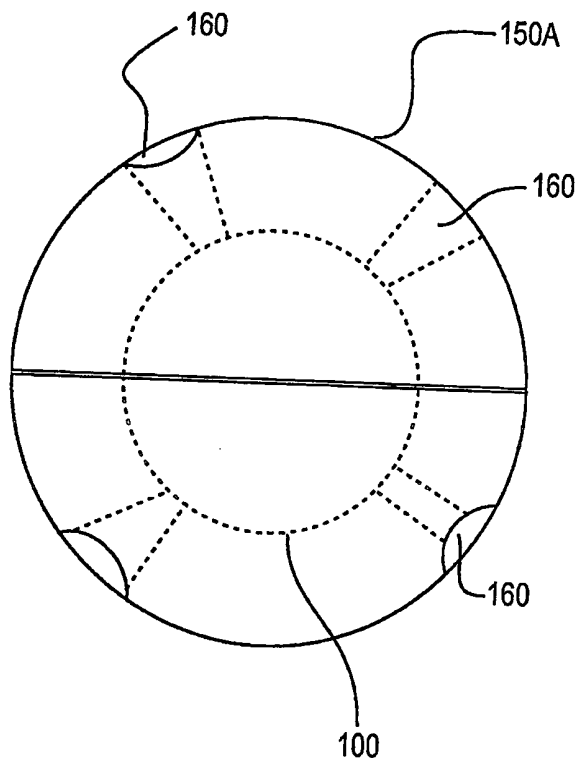


Fig. 2

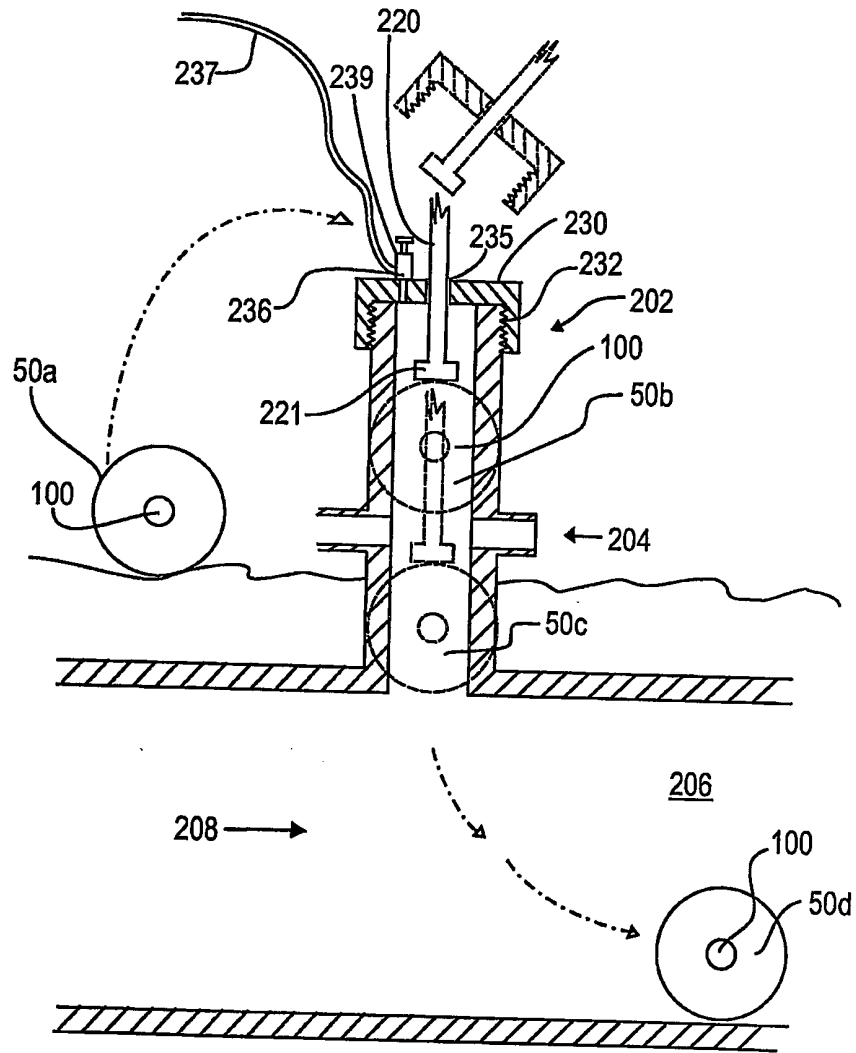


Fig. 3

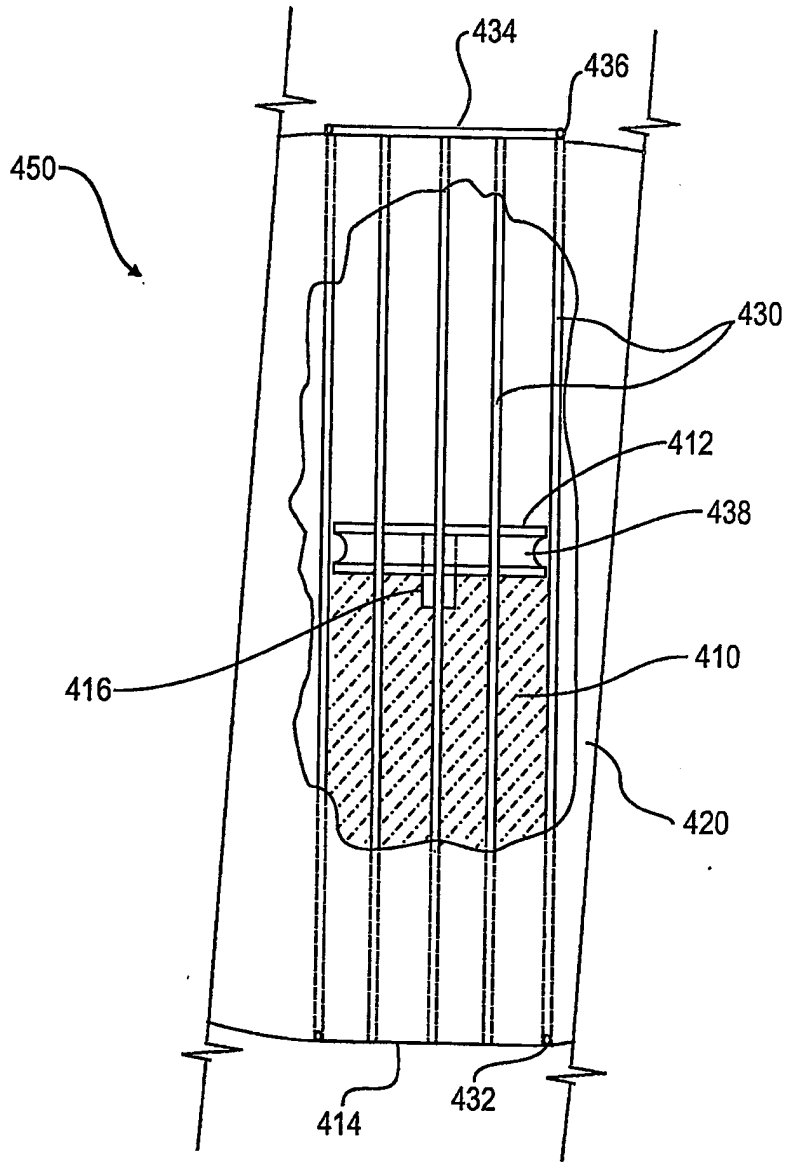


Fig. 4

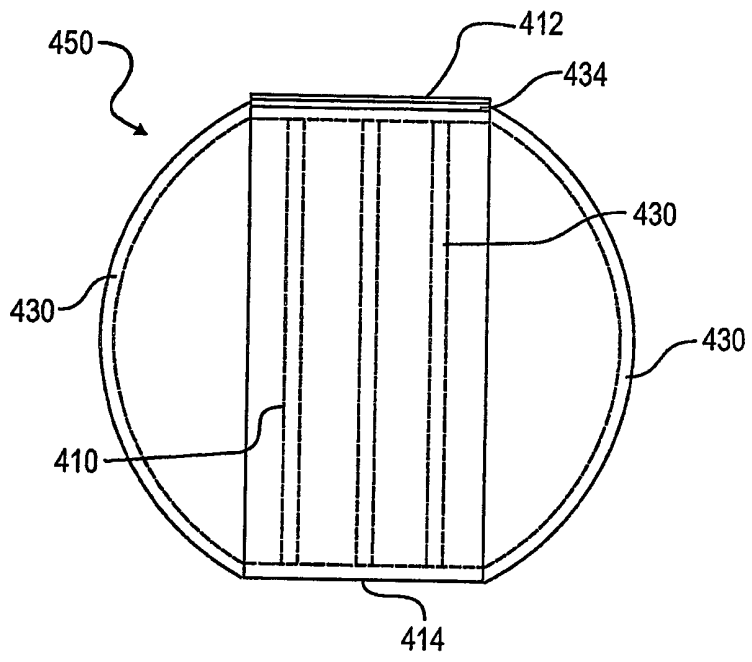


Fig. 5

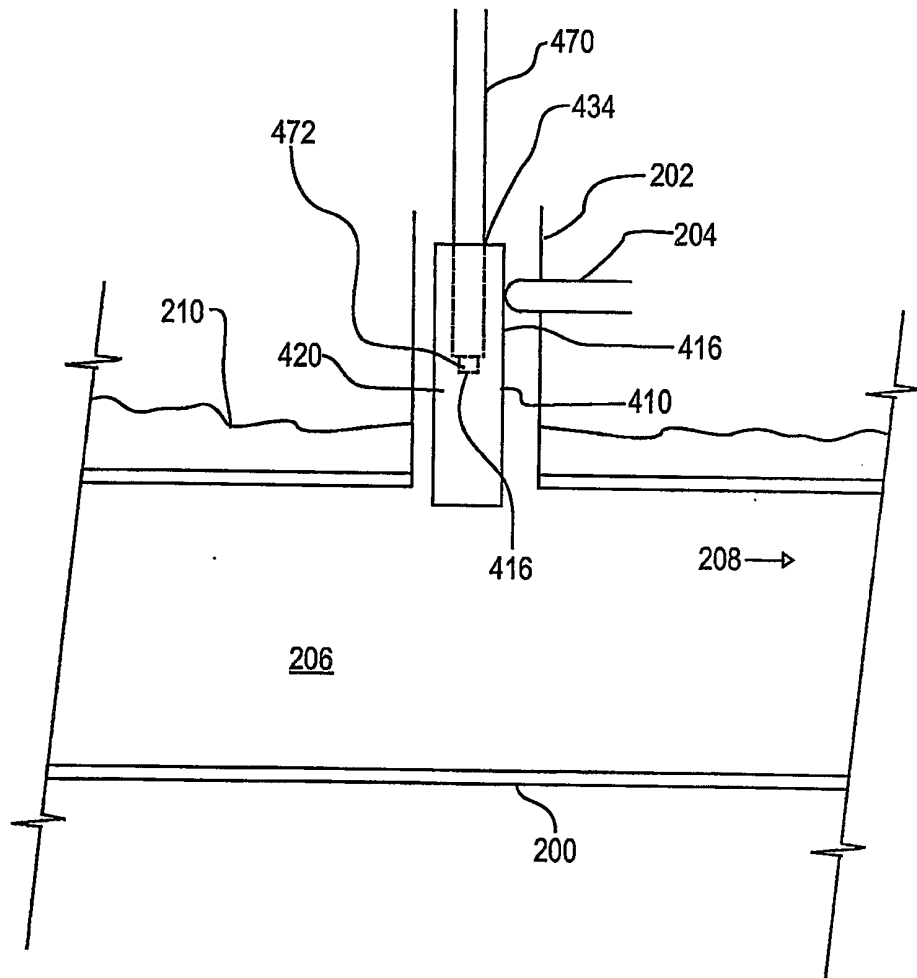


Fig. 6a

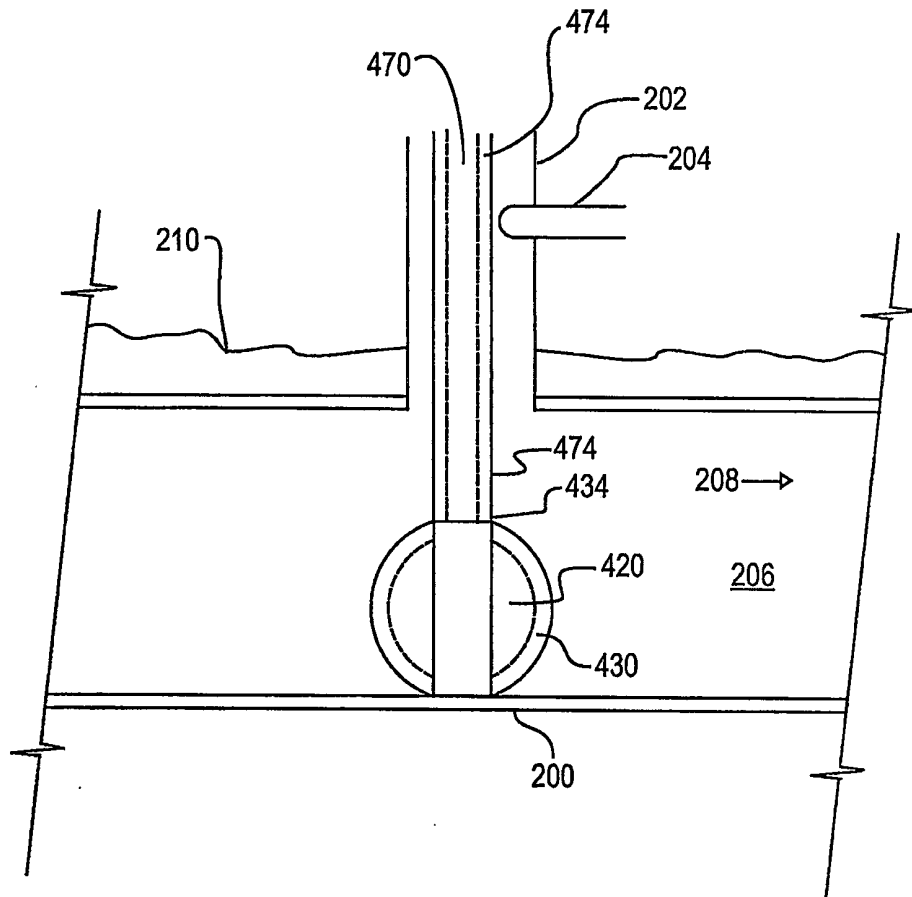


Fig. 6b

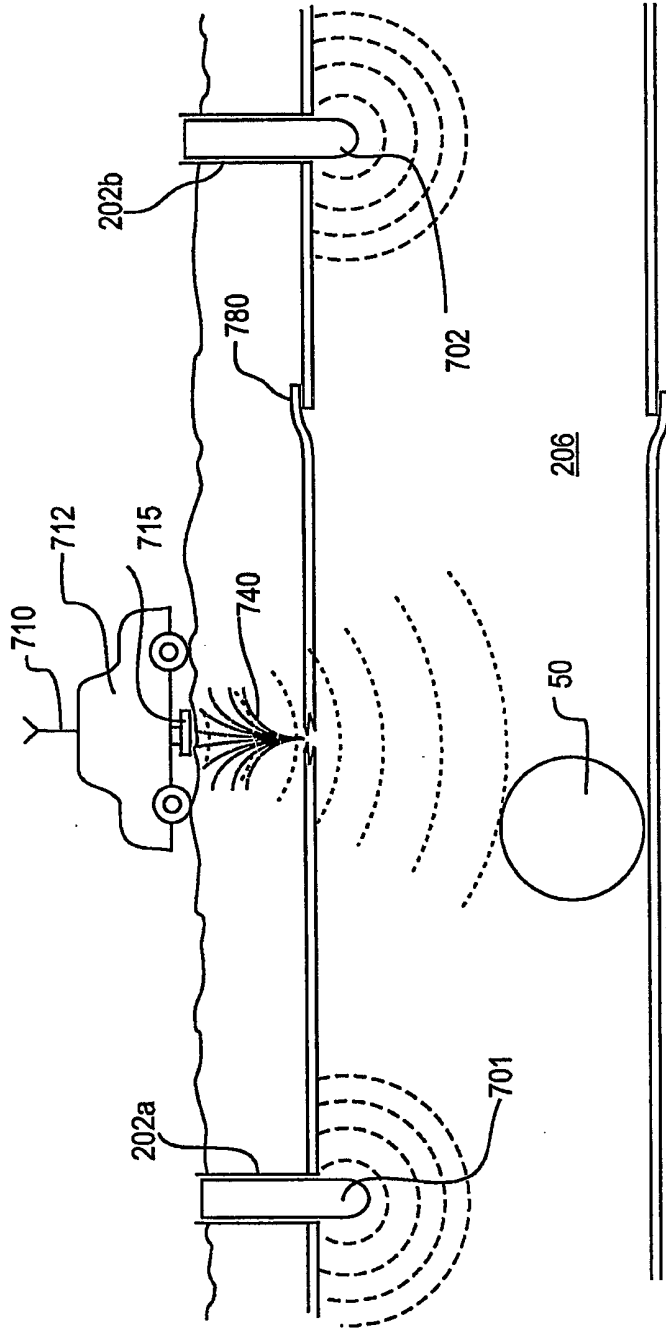


Fig. 7

9/14

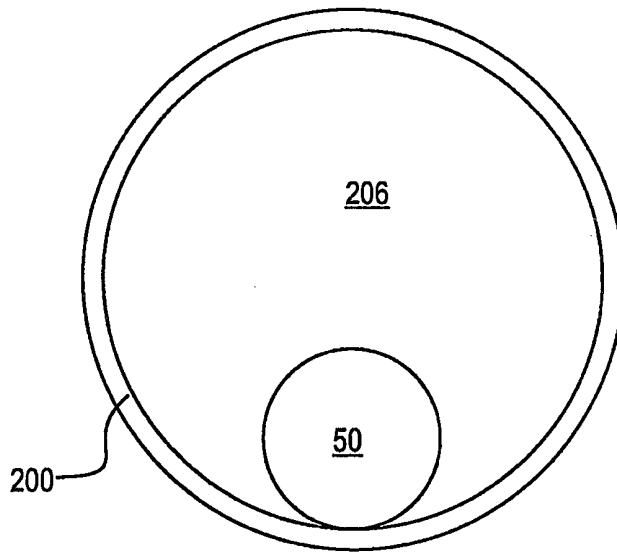


Fig. 8A

10/14

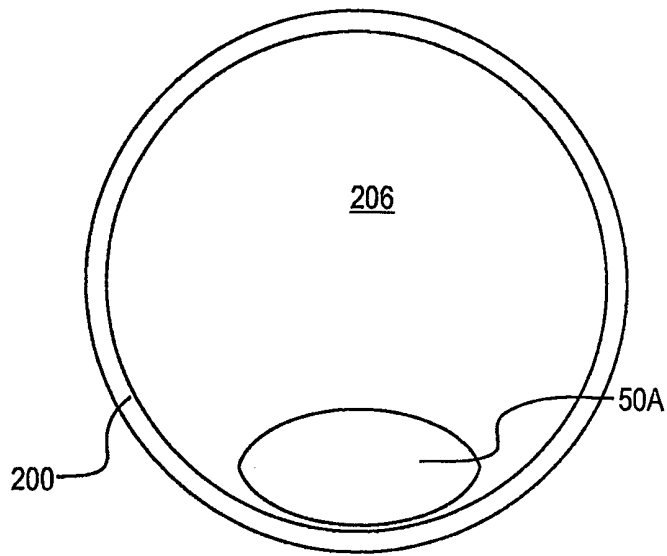


Fig. 8B

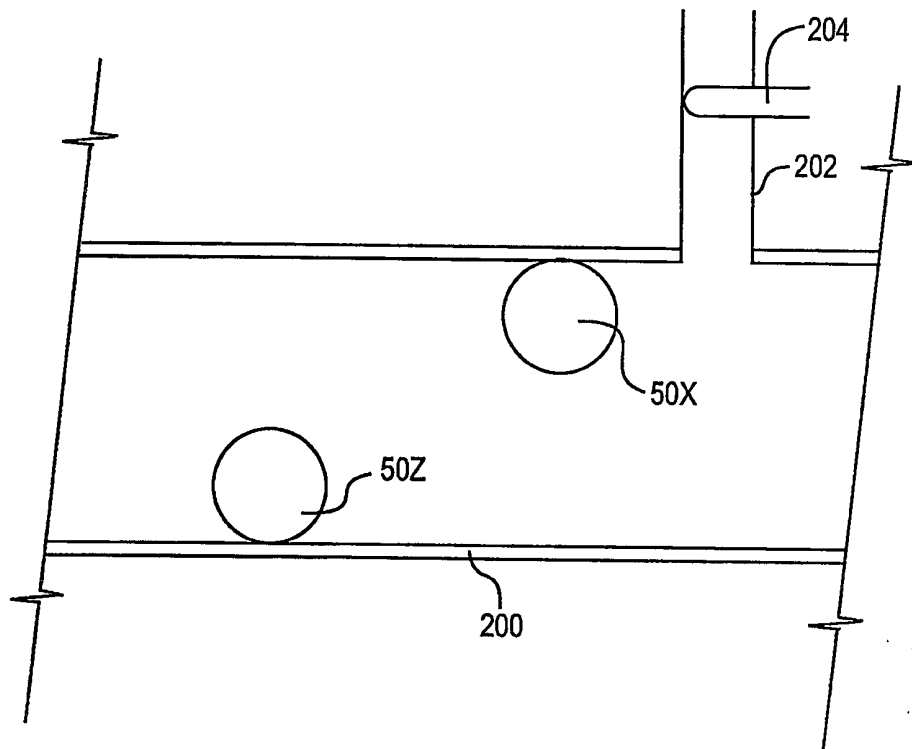


Fig. 9

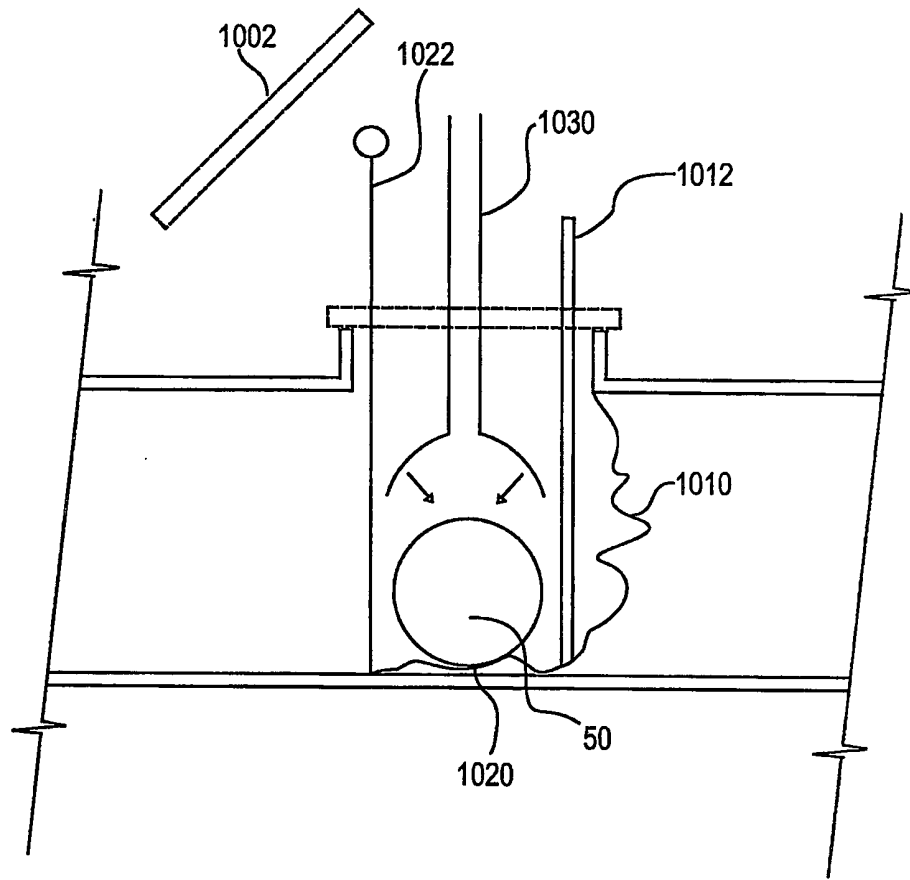


Fig 10

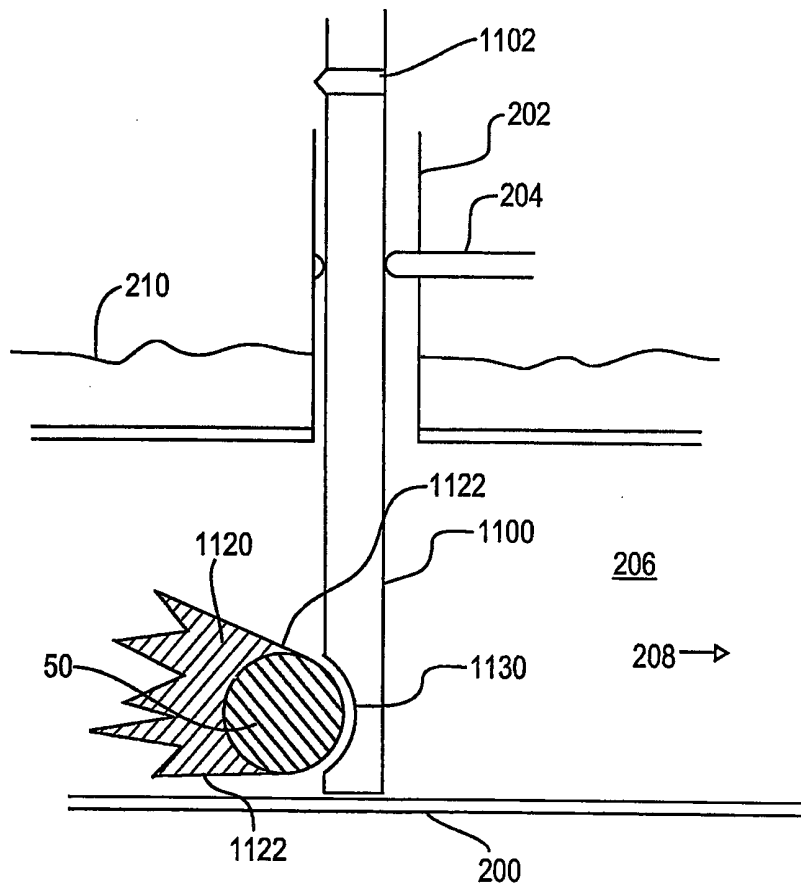


Fig. 11

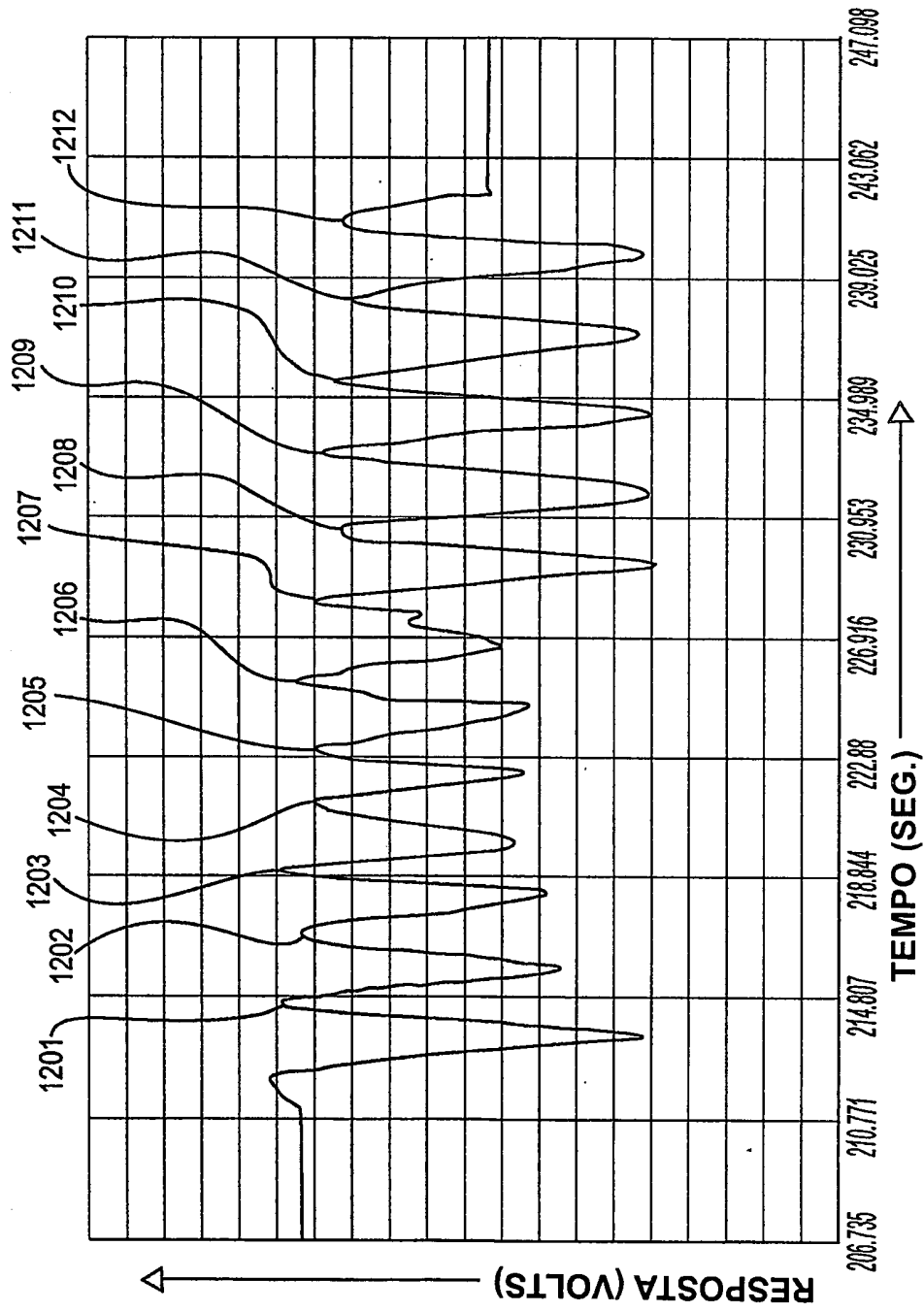


Fig. 12

RESUMO

“SENSOR SEM FIO PARA DETECTAR AS CONDIÇÕES DO OLEODUTO, MÉTODO PARA INSPECIONAR UM OLEODUTO CONTENDO LIQUIDO, E, MÉTODO PARA INSPECIONAR UM OLEODUTO QUE É PREENCHIDO COM LIQUIDO”.

Uma unidade do sensor para uso na detecção das condições no oleoduto, compreende um sensor sem fio em formato de bola adaptado para rolar ao longo da superfície interna do oleoduto, e um instrumento de pacote dentro do envolto em formato de bola. O pacote contém ao menos um magnetômetro ou acelerômetro. Preferivelmente, três magnetômetros, dispostos ortogonalmente, estão presentes. Outros sensores podem também estar presentes como requerido, tal como um sensor acústico para detectar vazamentos e um sensor de temperatura ou químico. O dispositivo de gravação grava os dados adquiridos pelo magnetômetro(s) ou acelerômetro e os sensores, e opcionalmente também grava o tempo decorrido.