



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

(21) **PI 1104583-3 A2**

(22) Data de Depósito: 14/09/2011  
(43) Data da Publicação: 22/01/2013  
(RPI 2194)



(51) *Int.Cl.:*  
G01F 1/00

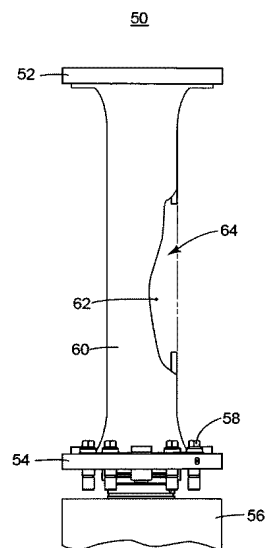
(54) **Título:** FLUXÔMETRO DE ESPAÇO ANULAR DO RISER DO CONDUTO DE LAMA E RISER DO CONDUTO DE LAMA

(30) **Prioridade Unionista:** 15/09/2010 US 12/882,447

(73) **Titular(es):** HYDRIL USA MANUFACTURING LLC

(72) **Inventor(es):** DAVID ALBERT DIETZ

(57) **Resumo:** FLUXÔMETRO DE ESPAÇO ANULAR DO RISER DO CONDUTO DE LAMA E RISER DO CONDUTO DE LAMA. Um fluxômetro de espaço anular do riser do conduto de lama inclui um liner configurado para ser preso a um riser para cobrir um orifício; uma cobertura configurada para ser presa ao riser para cobrir o liner de modo que uma cavidade seja formada pelo liner e pela cobertura; uma haste de sensor configurada para ser presa ao liner e para se estender dentro da cavidade, sendo que a haste de sensor tem um furo; uma montagem de ímã configurada para ser presa fixamente à haste de sensor; e um tubo guia de onda preso à cobertura. O furo da haste de sensor é configurado para receber o tubo guia de onda.



## **“FLUXÔMETRO DE ESPAÇO ANULAR DO RISER DO CONDUTO DE LAMA E RISER DO CONDUTO DE LAMA”**

### **ANTECEDENTES DA INVENÇÃO**

#### **CAMPO TÉCNICO**

5           As realizações do objeto apresentado no presente documento referem-se, de modo geral, a métodos e sistemas e, mais particularmente, a mecanismos e técnicas para medir um fluxo de um fluido em um cano.

#### **DISCUSSÃO DOS ANTECEDENTES**

10           Durante os últimos anos, com o aumento do preço dos combustíveis fósseis, o interesse no desenvolvimento de novos campos de produção cresceu drasticamente. Entretanto, a disponibilidade de campos de produção em terra é limitada. Então, a indústria, agora, estendeu a perfuração a locais marítimos, que parecem deter uma grande quantidade de combustível fóssil. Uma característica dos locais marítimos é a alta pressão à qual o  
15           equipamento de perfuração é submetido. Por exemplo, é convencional ter partes do equipamento de perfuração projetadas para suportar pressões entre 3.515.348 kgf/m<sup>2</sup> e 21.092.088 kgf/m<sup>2</sup> (5.000 e 30.000 libra lb/pol<sup>2</sup>). Além disso, deseja-se que os materiais usados para os vários componentes do equipamento de perfuração sejam resistentes à corrosão e que resistam a altas  
20           temperaturas.

          As tecnologias já existentes para a extração de óleo de campos marítimos usam um sistema 10 conforme mostrado na figura 1. Mais especificamente, o sistema 10 inclui uma embarcação (ou sonda) 12 que tem um tambor de enrolamento 14 que fornece cabos de energia/comunicação 16 a  
25           um controlador 18. O controlador 18 é disposto abaixo da superfície do mar, próximo ao ou no leito do mar 20. A esse respeito, nota-se que os elementos mostrados na Figura 1 não estão desenhados em escala e nenhuma dimensão deve ser inferida a partir da Figura 1.

A Figura 1 mostra também que uma coluna de perfuração 24 é fornecida dentro de um riser 40, que se estende a partir do navio 12 para um BOP 28. Uma cabeça de poço 22 do poço submarino é conectada ao tubo casing 44, que é configurado para acomodar a coluna de perfuração 24 que entra no poço submarino. Ao final da coluna de perfuração 24 há uma broca de perfuração (não mostrada). Vários mecanismos, também não mostrados, são empregados para girar a coluna de perfuração 24, e implicitamente a broca de perfuração, para estender o poço submarino. A sujeira e os fragmentos produzidos pela coluna de perfuração 24 são removidos pela circulação de um fluido especial, chamado de "lama", através de uma parte interior da coluna de perfuração 24 e depois através de um anular formado entre o exterior da coluna de perfuração 24 e uma parte interior do riser 40. Então, a lama é bombeada do navio 12 através da coluna de perfuração 24 para baixo até a broca de perfuração e de volta através do anular do riser 40 de volta ao navio 12.

Contudo, durante a operação de perfuração normal, eventos inesperados podem ocorrer que podem danificar o poço e/ou o equipamento usado para perfuração. Esse evento é o fluxo incontrolável de gás, óleo ou outros fluidos de poço de uma formação subterrânea para dentro do poço. Tal evento é de vez em quando referido como um "influxo inesperado" ou um "esguicho inesperado" e pode ocorrer quando a pressão da formação dentro do poço excede a pressão aplicada a ele pela coluna de fluido de perfuração (lama). Esse evento é imprevisível e, se nenhuma medida for tomada para impedi-lo, o poço e/ou o equipamento associado pode ser danificado. Apesar de a discussão acima ter se dirigido à exploração submarina de óleo, o mesmo é válido para a exploração terrestre de óleo.

Assim, um conjunto de preventores (BOP) poderia ser instalado no topo do poço para vedá-lo em caso de que algum dos eventos acima esteja

ameaçando a integridade do poço. O BOP é convencionalmente implementado como uma válvula para impedir a liberação da pressão tanto no espaço anular, isto é, entre o tubo casing e o cano de perfuração, ou no orifício aberto (isto é, orifício sem cano de perfuração) durante a perfuração ou operações de  
5 completação. Recentemente, uma pluralidade de BOPs foi instalada no topo do poço por várias razões. A Figura 1 mostra dois BOPs 26 ou 28 que são controlados pelo controlador 18.

No entanto, a exploração em águas profundas apresenta muitos outros problemas de perfuração, como a perda substancial de zona de  
10 circulação, incidentes de controle do poço, fluxos em águas rasas, etc. Assim, perdem-se muitos desses poços devido a relevantes problemas mecânicos de perfuração. Uma característica comum desses problemas é o fluxo anormal da lama. Por exemplo, a taxa de fluxo na bomba de superfície pode tornar-se maior do que a taxa de fluxo da lama de circulação na  
15 embarcação. Isso sugere que a integridade do poço está comprometida e a lama está escapando para o ambiente. Outra possibilidade que é mais perigosa para a segurança da equipe trabalhando na sonda é quando a taxa de fluxo da lama de circulação é maior do que a taxa de fluxo da bomba de superfície. Esse evento sugere que a integridade do poço pode estar  
20 comprometida, e/ou uma intrusão de pressão alta no poço tenha ocorrido. Essa alta pressão do gás ou fluido pode então fazer seu caminho pra cima pelo riser e explodir a sonda. Se esses eventos ocorrerem, nota-se que o operador do BOP não tem o tempo para reagir e fechar o BOP. Esses eventos não só podem levar à perda de vidas como também ao aumento do  
25 custo da perfuração e a redução das chances do óleo ser extraído daqueles poços, o que não é desejável.

Portanto, seria desejável fornecer sistemas e métodos que impeçam as desvantagens e problemas descritos anteriormente.

### DESCRIÇÃO RESUMIDA

De acordo com uma realização exemplificadora, há um fluxômetro de espaço anular do riser do conduto de lama. O fluxômetro inclui um liner configurado para ser preso a um riser para cobrir um orifício; uma cobertura configurada para ser presa ao riser para cobrir o liner de forma que uma cavidade seja formada pelo liner e a cobertura; um inserto configurado para ser disposto dentro do forro; uma base configurada para ser presa ao inserto; uma haste de sensor configurada para ser presa à base e para estender-se pelo interior da cavidade, a haste de sensor que tem um furo; uma montagem de imã configurada para ser presa fixamente à haste de sensor; um sensor de posição preso à cobertura; e um tubo guia de onda preso ao sensor de posição. O furo da haste de sensor é configurado para receber o tubo guia de onda.

De acordo com outra realização exemplificadora, há um riser de conduto de lama que inclui um primeiro fluxômetro. O primeiro fluxômetro é configurado para incluir um liner configurado para ser preso ao riser para cobrir um orifício; uma cobertura configurada para ser presa ao riser para cobrir o liner de forma que uma cavidade é formada pelo liner e pela cobertura; um inserto configurado para ser disposto no forro; uma base configurada para ser presa ao inserto; uma haste de sensor configurada para ser presa à base e para se estender pelo interior da cavidade, a haste de sensor que tem um furo; uma montagem de imã configurada para ser fixamente presa à haste de sensor; um sensor de posição preso à cobertura; e um tubo condutor da lama preso ao sensor de posição. O furo da haste de sensor é configurado para receber o tubo guia de onda.

De acordo, ainda, com outra realização exemplificadora, há um fluxômetro de espaço anular do riser do conduto de lama que inclui um liner configurado para ser preso ao riser para cobrir um orifício; uma cobertura

configurada para ser presa ao riser para cobrir o liner de modo que uma cavidade se forme pelo liner e a cobertura; uma haste de sensor configurada para ser presa ao liner e para se estender pelo interior da cavidade, a haste do sensor que tem um furo; uma montagem de imã configurada para ser fixamente presa à haste de sensor; e um tubo condutor da lama preso à cobertura. O furo da haste de sensor é configurado para receber o tubo guia de onda.

### **BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS**

Os desenhos em anexo, que são incorporados e constituem uma parte da especificação, ilustram uma ou mais realizações e, juntos à descrição, explicam essas realizações. Nos desenhos:

A Figura 1 é um diagrama esquemático de uma sonda marítima convencional;

A Figura 2 é um diagrama esquemático de um riser de acordo com uma realização de exemplo;

A Figura 3 é um diagrama esquemático de um riser que tem um fluxômetro de acordo com uma realização exemplificadora;

A Figura 4 é um diagrama esquemático de um fluxômetro de acordo com uma realização exemplificadora;

A Figura 5 é um diagrama esquemático de um fluxômetro de acordo com uma realização exemplificadora;

A Figura 6 é um diagrama esquemático de um riser que tem vários fluxômetros de acordo com uma realização exemplificadora; e

A Figura 7 é um gráfico de fluxo que ilustra as etapas de um método para prender um fluxômetro a um riser de acordo com uma realização exemplificadora.

### **DESCRIÇÃO DETALHADA**

A descrição a seguir das realizações exemplificadoras referem-se aos desenhos em anexo. Os mesmos números de referência em desenhos

diferentes identificam os mesmo elementos ou elementos similares. A descrição detalhada a seguir não limita a invenção. Em vez disso, o escopo da invenção é definido pelas reivindicações em anexo. As realizações a seguir são discutidas, para a simplificação, em relação à terminologia e a estrutura de um riser conectado a um BOP submarino. Contudo, as realizações a serem discutidas a seguir não se limitam a esses sistemas, mas podem se aplicar a outros sistemas que exigem a detecção de um fluxo de fluido submarino.

A referência ao longo do relatório descritivo a "(1) realização" ou "uma realização" significa que um recurso, estrutura, ou característica em particular descrita em conexão com uma realização é incluída em ao menos uma realização do assunto apresentado. Assim, quando aparecem os segmentos "em uma (1) realização" ou "em uma realização" em vários lugares pelo texto da especificação não é necessariamente uma referência à mesma realização. Além disso, os recursos, estruturas ou características particulares podem ser combinados de qualquer maneira adequada em uma ou mais realizações.

De acordo com uma realização exemplificadora, um fluxômetro é fornecido não somente em uma bomba de superfície que bombeia uma lama através de um riser, mas também em uma localidade próxima ao BOP ou próxima uma superfície do leito do mar. Dessa forma, uma diferença na taxa de fluxo entre a taxa de fluxo da bomba e a taxa de fluxo da lama de circulação na superfície do leito do mar pode ser detectada mais cedo do que no caso em que a taxa de fluxo da lama de circulação é determinado na superfície do mar. Dessa maneira, alguns comportamentos anormais no riser podem ser detectados antes do que aqueles comportamento anormais que chegam de surpresa com efeitos devastadores em potencial. Como certa quantidade de lama que começa sua jornada a partir do leito do mar ou do fundo do poço até a sonda pode levar cerca de 20 minutos para chegar até ela, a detecção de antemão do fluxo anormal da lama no poço pode dar a possibilidade à equipe

que opera na sonda de um intervalo de tempo suficiente para fechar o poço ou abandoná-lo dependendo da situação.

Conforme discutido acima com relação à Figura 1, uma pluralidade de risers 40 é usada para conectar o BOP submarino 26 a uma sonda 12 na superfície do mar. Os risers são tradicionalmente feitos de aço ou outro material resistente que possa suportar altas pressões, ambientes corrosivos e alguma inclinação devido ao movimento constante da sonda. Então, cada riser tem uma pele externa contínua para impedir um vazamento da lama que flui dentro do riser.

De acordo com uma realização exemplificadora ilustrada na Figura 2, há um riser 50 que tem flanges primeira 52 e segunda 54 que são configuradas para se conectarem a outro riser ou outra parte do equipamento, por exemplo, o BOP 56. A Figura 2 mostra aquele riser 50 conectado através da flange 54 a um BOP 56. Por exemplo, o riser 50 pode ser empregado longe do BOP. No entanto, o riser 50 não precisa ser conectado diretamente ao BOP 56. Os parafusos 58 são usados para conectar a flange 54 ao BOP 56. Uma superfície externa ou pele 60 do riser 50 é configurada para impedir o vazamento de um fluido que flui através de uma parte interior 62 do riser 50. Um fluxômetro pode ser preso ao riser como discutido a seguir.

Conforme mostrado na figura 2, um orifício 64 se forma em um dos lados do riser 50 e esse orifício pode ser coberto com um liner 66 conforme mostrado na figura 3. O formato e tamanho do orifício 64 e, conseqüentemente, do liner 66 pode variar com base na localização do riser 50 relativamente ao leito do mar, um diâmetro interno do riser, etc. Contudo, vários formatos e tamanhos podem ser usados. O liner 66 pode ser feito de um material elastomérico ou um material metálico que tem a propriedade de suportar a pressão da lama e também de se deformar sem quebrar ou rachar quando a pressão da lama for diferente da pressão ambiente. Portanto, em qualquer

aplicação, qualquer material que seja flexível o suficiente e resistente à pressão pode ser usado para o liner 66.

O liner 66 é configurado para cobrir completamente o orifício 64 para que nenhum fluido de dentro do riser 50 tenha permissão de sair do riser ou o contrário. O liner 66 é fixado ao riser, por exemplo, pelo aparafusamento entre um suporte 68 e uma cobertura 70. O suporte 68 pode ser preso ao riser 50. A cobertura 70 pode ser feita de aço ou outro material que possa superar pressões elevadas e/ou ambientes corrosivos. A cobertura 70 pode ser parte de um fluxômetro 71.

De acordo com uma realização exemplificadora, o liner 66 pode incluir um inserto 104 feito, por exemplo, de um metal. É possível também que sejam de outros materiais. O inserto 104 pode ser fornecido em direção ao centro do liner 66. O inserto 104 pode incluir também um orifício rosqueado no qual uma base 108 que tenha uma extensão rosqueada correspondente pode ser rosqueada. A Figura 4 mostra em mais detalhes os elementos discutidos acima. A base 108 tem uma extensão rosqueada 108a inserida no inserto 104 e é configurada para se conectar a uma haste de sensor 110. A haste de sensor 110 pode ter um formato cilíndrico com um furo 111 formado em volta do meio do cilindro. A haste de sensor 110 pode ser feita integralmente com a base 108 ou como duas peças diferentes que se prendem uma a outra, por exemplo, fuso, solda, etc. Uma montagem de ímã 112 pode ser presa à haste de sensor 110, por exemplo, por um parafuso 114. A montagem de ímã 112 pode incluir um ou mais ímãs que têm forma de disco com um furo configurados para encaixar no furo central 111 da haste de sensor 110. Em uma aplicação, a montagem de ímã 112 pode incluir vários ímãs conectados ou não um ao outro.

Um sensor de posição 116 (por exemplo, um transdutor) pode ser preso de um lado externo da pele 60 do riser 50. A Figura 4 mostra o sensor de

posição preso à cobertura 70, no exterior da cavidade 124. O sensor de posição 116 pode ter diversas configurações. Para simplificar, apenas um sensor magnetoestritivo é discutido a seguir. O sensor de posição 116 inclui um tubo guia de onda 118 que é configurado para entrar no furo 111 na haste de sensor 110 para que a haste de sensor 110 fique livre para se mover ao longo de um eixo geométrico X conforme mostrado na figura 4 quando o inserto 104 se move junto ao liner 66 devido às mudanças na pressão dentro do riser 50. Um princípio de operação do sensor de posição 116 é discutido a seguir. No entanto, essa discussão é exemplificativa e não pretende limitar os tipos de sensores que podem ser usados com o riser 50 para a determinação do fluxo da lama.

Um espaçador 120, como um anel em o, pode ser colocado entre a montagem de ímã 112 e a haste de sensor 110. A montagem de ímã 112 pode incluir dois ou mais ímãs permanentes. Em algumas realizações, a montagem de ímã 112 pode incluir três ímãs; quatro ímãs em outras realizações; e mais de quatro ímãs em ainda outras realizações.

O tubo guia de onda estacionário 118 pode estar localizado dentro da haste de sensor 110. Em uma aplicação, a haste de sensor 110 é espaçado radialmente do tubo guia de onda 118 para não interferir no movimento do liner 66 ou para causar desgaste no tubo guia de onda 118. Da mesma forma, a montagem de ímã 112 pode ser radialmente espaçada do tubo guia de onda 118. Nas realizações selecionadas, os ímãs da montagem de ímã 112 podem estar em um plano transversal ao tubo guia de onda 118.

Adicionalmente, um elemento ou fio condutor (não mostrado) pode estar situado através do centro do tubo guia de onda 118. Tanto o fio quanto o tubo guia de onda 118 podem ser conectados ao sensor de posição 116, localizado externamente à cobertura 70, através de uma porta de comunicação 122. O sensor de posição 116 (por exemplo, um transdutor) pode

incluir também uma maneira adequada para posicionar uma corrente de pulso e uma corrente de interrogação de pulso elétrico no fio condutor. Anéis em O apropriados ou outros vedantes (não mostrados) são localizados entre o tubo guia de onda 118, a cobertura 70 e o sensor de posição 116 para vedar contra vazamentos.

Quando a diferença de pressão entre a parte interior 62 do riser 60 e uma cavidade 124 formada entre a cobertura 70 e o liner 60 muda, o inserto 104 com a haste de sensor 110 e a montagem de imã 112 se movem ao longo do eixo geométrico X. Assim, pela operação do sensor magnetoestrutivo disposto no mesmo, é possível determinar de forma contínua a posição do liner 66 ou do inserto 104 relativamente a uma posição livre de perturbações. Com base nesse deslocamento de uma porção do liner 66 e/ou do inserto 104, a taxa de fluxo da lama através do interior 62 do riser 60 pode ser determinada.

Com relação à operação do sensor magnetoestrutivo, magnetoestrição refere-se à capacidade de alguns metais, como o ferro ou níquel ou ligas metálicas de ferro-níquel, de se expandirem ou contraírem quando posicionados em um campo magnético. Um tubo guia de onda magnetoestrutivo 118 pode ter uma área dentro de uma montagem de imã externa 112 que é magnetizada longitudinalmente enquanto a montagem de imã 112 é transladada longitudinalmente em volta do tubo guia de onda 118. A montagem de imã 112, como descrito acima, inclui ímãs permanentes que podem se localizar em posições espaçadas de forma uniforme uma da outra, em um plano transversal ao tubo guia de onda 118, e espaçadas de forma uniforme e radialmente em relação à superfície em relação à superfície do tubo guia de onda 118. Um campo magnético externo é estabelecido pela montagem de imã 112, que pode magnetizar longitudinalmente uma área do tubo guia de onda 118.

O tubo guia de onda 118 circunda um fio condutor (não mostrado) localizado ao longo de seu eixo geométrico. O fio condutor pode ser pulsado ou interrogado periodicamente com uma corrente elétrica de uma maneira bastante conhecida na técnica, como pelo sensor de posição 116 localizado no exterior da cobertura 70. Essa corrente produz um campo magnético toróide em volta do fio condutor e do tubo guia de onda 118. Quando o campo magnético toróide cruza com o campo magnético gerado pela montagem de imã 112, um campo magnético helicoidal é induzido no tubo guia de onda 118 para produzir um pulso sônico que viaja em direção a ambas as extremidades do tubo guia de onda 118. Amortecedores apropriados (não mostrados) nas extremidades do tubo guia de onda 118 podem impedir que ocorram reverberações de eco do pulso. Contudo, na extremidade ou cabeça do transdutor, a onda helicoidal se transforma em um guia de tubo elíptico, que exerce uma tensão lateral em fitas magnetoestrutivas bastante finas conectadas ao sensor de posição 116. Um fenômeno conhecido como efeito Villari faz com que os vazamentos de fluxo de ímãs que atravessam as bobinas de percepção sejam afetados pelas ondas de stresse que viajam nas fitas e desenvolvam uma tensão ao longo das bobinas. O sensor de posição 116 pode também amplificar a tensão para os propósitos de medição em metros e controle.

Como a corrente de pulso viaja aproximadamente na mesma velocidade que a luz, e o pulso de onda acústica viaja grosso modo somente pela velocidade do som, existe um intervalo de tempo entre o instante em que a extremidade da cabeça do transdutor recebe cada pulso comparado com o ritmo de tempo do pulso elétrico produzido pelos componentes eletrônicos de estação transmissora. Esse intervalo de tempo é uma função da distância que a montagem de imã externa 112 se encontra da extremidade do transdutor do tubo. Ao medir o intervalo de tempo e dividi-lo pela velocidade do som da propagação dentro do tubo, a distância absoluta da montagem de imã da

extremidade da cabeça do tubo pode ser determinada. Pela calibragem apropriada, essa distância pode ser traçada para um fluxo dentro do riser 50. Por exemplo, levando em consideração o diâmetro interno do riser e o diâmetro externo da linha de perfuração, várias diferenças de pressão e deslocamentos implícitos do tubo guia de onda 116 podem ser correlacionados aos fluxos correspondentes através do riser e armazenados em uma tabela predeterminada. Depois, com base na tabela predeterminada, um processador pode identificar o fluxo correspondente a uma dada diferença de pressão ou deslocamento.

10 O sensor de posição 116 pode ter uma interface 126 que permite o envio de sinais elétricos ao guia de onda 118 e também a transmissão de uma medida do guia de onda 118 no exterior do sensor de posição. Em uma aplicação, os sinais elétricos são trocados entre o sensor de posição 116 e um processador no MUX pod (não mostrado) ou em um processador no navio 12.

15 Em outra aplicação, o sensor de posição 116 pode incluir um processador 117 para determinar a taxa de fluxo no interior do riser 50.

O liner 66 é discutido agora em relação à Figura 5. O liner 66 pode ter uma espessura variável com uma porção central 66a que tem uma espessura maior para acomodar o inserto 104. Em uma realização exemplificadora ilustrada na Figura 5, o inserto 104 é totalmente embutido na porção central 66a do liner 66. Ademais, somente o orifício rosqueado 106 do inserto 104 é configurado para ser exposto à cavidade 124 quando a base 108 não está no lugar. De outra forma, o inserto 104 não é exposto ao interior 62 e à cavidade 124.

25 Retornando à Figura 3, um sistema de compensação 130 é configurado para se comunicar com a cavidade 124 para controlar a pressão dentro da cavidade. Com relação a isso, permite-se que a pressão no interior da cavidade 124 seja igual a uma pressão ambiente, por exemplo, pressão da

água do mar nas profundezas onde o riser 50 é empregado. Quando o riser 50 está na superfície, a pressão no interior da cavidade 124 é a pressão atmosférica. No entanto, uma vez empregada abaixo da superfície do mar, a pressão no interior da cavidade 124 é mantida à pressão ambiente pelo uso, por exemplo, de um diafragma ou um pistão 132 para separar o meio no interior da cavidade 124, por exemplo, ar e a água do mar. A pressão no interior da cavidade 124 pode aumentar para dar conta da cabeça hidrostática aplicada pela coluna de lama. Por exemplo, em 3.040 m de água com 2,1 g/cm<sup>3</sup> (18 lb/gal.) de lama, a cabeça hidrostática pode estar por volta de 3.163.813 kgf/m<sup>2</sup> (4500 lb/pol<sup>2</sup>). Essa pressão aplica uma força ao liner que pode exigir ser equilibrado. Se esse for o caso, um pistão 132 em vez de um diafragma pode ser preferível. O sistema de compensação 130 pode ser ligado de forma líquida a uma fonte de pressão, por exemplo, acumuladores no MUX pod, para o fornecimento de uma pressão extra no interior da cavidade 124 para compensar o peso do mar da coluna de lama. Em uma aplicação, a pressão da coluna de lama sendo maior que pressão ambiente da água do mar no nível do fluxômetro, uma pressão suplementar pode ser aplicada à cavidade 124 de forma que a soma da (i) pressão suplementar e (ii) pressão ambiente da água do mar seja igual à pressão da coluna de lama. A pressão suplementar pode ser calculada com base na densidade da coluna de lama, na densidade da água do mar e na profundidade do fluxômetro em relação à superfície do mar. Esses valores podem ser armazenados em um dispositivo de armazenamento que é acessível tanto pelo operador do fluxômetro como pelo processador que determina o fluxo no riser . Assim, em uma aplicação, o processador pode determinar automaticamente a pressão suplementar a ser aplicada à cavidade 124.

Assim, quando está em uso, o fluxômetro detecta a taxa de fluxo de um fluido, por exemplo, da lama no interior do riser, com base na diferença

de pressão da lama àquela profundidade e a pressão da água do mar na mesma profundidade. Se o fluxo pelo riser é constante, a deformação do liner 66 é constante e o sensor de posição 116 determina uma única posição. Contudo, quando o fluxo é irregular, a deformação do liner 66 pode mudar, o que determina a mudança na posição da haste de sensor 110. Então, o sensor de posição 116 pode determinar uma posição de mudança e conseqüentemente, o processador ao analisar esses dados podem determinar a mudança no fluxo do fluido no interior do riser 50.

De acordo com uma realização exemplificadora ilustrada na Figura 6, múltiplos fluxômetros 71a a 71c podem ser adicionados ao riser 50. O número de fluxômetros pode variar entre um e dez. para fornecer uma leitura precisa, um tamanho do liner 66 pode ser correlacionado com um fluxo pelo riser . Assim, por exemplo, um primeiro fluxômetro pode ser usado para fluxos entre 0 e 1.320 lpm (litros por minuto) (300 gpm, galões por minuto) e outro para fluxos entre 1.320 e 2.643 lpm (300 e 600 gpm). Quanto maior a área do liner 66, melhor a precisão da leitura.

O fluxômetro com pressão diferencial 71 discutido acima é adequado para medir um fluxo de fluido em um riser fornecido abaixo da superfície do mar pelas seguintes razões. Porque o fluido que flui através do riser é sujo, ele pode, por exemplo, incluir rochas, pedras, partículas do solo, etc., fazendo com que os fluxômetros de turbina existentes falhem quando as turbinas e /ou a roda de pás podem ficar presas. O fluxômetro de massa termal e ultrasônico não são apropriados, pois a densidade do fluido e a concentração de sólidos no fluxo podem estar mudando. Os medidores de engrenagem ovais e Coriolis também não são adequadas por causa da restrição mínima de fluxo permitida. Nem os metros Doppler são adequados porque o fluxo pode ter bolhas de ar ou sólidos circulando nele. Um fluxômetro magnético submarino não é adequado por causa de suas dimensões mínimas de envelope.

De acordo com uma realização exemplificadora ilustrada na Figura 7, há um método para prender um fluxômetro a um riser como discutido nas figuras anteriores. O método inclui uma etapa 700 para prender um liner a um riser para cobrir um orifício no riser, uma etapa 702 para prender uma haste de sensor a um forro, uma etapa 704 para fornecer uma cobertura sobre o liner e a haste de sensor, uma etapa 706 para prender um sensor de posição a cobertura, e uma etapa 708 para prender um tubo guia de onda ao sensor de posição de maneira que o tubo guia de onda se estenda para dentro da cobertura e entre parcialmente em um furo na haste de sensor. Opcionalmente, o método inclui uma etapa para prender um inserto ao forro, uma etapa de atarraxar uma base ao inserto, uma etapa de atarraxar a haste de sensor na base, etc.

As realizações exemplificadoras apresentadas fornecem um fluxômetro, um riser e um método para medir um fluxo através de uma parte do interior do riser. Deve ser entendido que essa descrição não pretende limitar a invenção. Ao contrário, as realizações exemplificadoras pretendem cobrir alternativas, modificações e equivalentes, que estão incluídos no espírito e no escopo da invenção como definido pelas reivindicações em anexo. Adicionalmente, na descrição detalhada das realizações exemplificadoras, numerosos detalhes específicos são estabelecidos previamente no intuito de fornecer uma ampla compreensão da invenção reivindicada. No entanto, uma pessoa versada na técnica entenderia que várias realizações podem ser praticadas sem tais detalhes específicos.

Apesar de os recursos e elementos das presentes realizações exemplificadoras estarem descritos nas realizações em combinações particulares, cada recurso ou elemento pode ser usado sozinho sem os outros recursos e elementos das realizações ou em várias combinações com ou sem outros recursos e elementos apresentados no presente documento.

Essa descrição escrita usa exemplos do assunto apresentado para possibilitar a qualquer pessoa versada na técnica a praticar o mesmo, incluindo fazer e usar dispositivos ou sistemas e realizar qualquer dos métodos incorporados. O escopo patenteável do assunto é definido pelas reivindicações, e  
5 pode incluir outros exemplos que ocorrem àqueles versados na técnica. Tais outros exemplos tem a intenção de estar dentro do escopo das reivindicações.

### REIVINDICAÇÕES

1. FLUXÔMETRO DE ESPAÇO ANULAR DO RISER DO CONDUTO DE LAMA, sendo que o fluxômetro (71) compreende:

5 um liner (66) configurado para ser preso a um riser (50) para cobrir um orifício (64);

uma cobertura (70) configurada para ser presa ao riser (50) para cobrir o liner (66) de modo que uma cavidade (124) seja formada pelo liner (66) e pela cobertura (70);

10 um inserto (104) configurado para ser disposto dentro do liner (66);

uma base (108) configurada para ser presa ao inserto (104);

uma haste de sensor (110) configurada para ser presa à base (108) e para se estender dentro da cavidade (124), sendo que a haste de sensor (110) tem um furo (111);

15 uma montagem de imã (112) configurada para ser presa fixamente à haste de sensor (110);

um sensor de posição (116) preso à cobertura (70); e

um tubo guia de onda (118) preso ao sensor de posição (116),

20 em que o furo (111) da haste de sensor (110) é configurado para receber o tubo guia de onda (118).

2. FLUXÔMETRO, de acordo com a reivindicação 1, que compreende adicionalmente:

um mecanismo de compensação conectado à cobertura e configurado para fornecer uma pressão ambiente no interior da cavidade.

25 3. FLUXÔMETRO, de acordo com a reivindicação 2, em que o mecanismo de compensação compreende um pistão configurado para aplicar uma pressão suplementar à cavidade de modo que uma soma da (i) pressão ambiente e da (ii) pressão suplementar é substancialmente igual a uma

pressão determinada por um peso de um fluido no interior do riser .

4. FLUXÔMETRO, de acordo com a reivindicação 1, em que a haste de sensor é fornecida completamente no interior da cavidade.

5 5. FLUXÔMETRO, de acordo com a reivindicação 1, em que uma espessura do liner onde o inserto esteja presente é maior do que a espessura do liner onde o inserto não esteja presente.

6. FLUXÔMETRO, de acordo com a reivindicação 1, em que a base é atarraxada no inserto e a haste de sensor é atarraxada na base.

10 7. FLUXÔMETRO, de acordo com a reivindicação 1, em que o inserto, base, haste de sensor e a montagem de imã são configurados para moverem-se em relação ao tubo guia de onda quando uma pressão no liner for alterada.

15 8. FLUXÔMETRO, de acordo com a reivindicação 1, em que o tubo guia de onda é configurado para gerar um sinal elétrico quando a montagem de imã se move em relação ao tubo guia de onda.

9. FLUXÔMETRO, de acordo com a reivindicação 1, que compreende adicionalmente:

uma interface presa ao sensor de posição e configurada para trocar sinais elétricos com um processador e com o tubo guia de onda.

20 10. RISER DO CONDUTO DE LAMA (50), que compreende:

um primeiro fluxômetro (71a), em que o primeiro fluxômetro (71a) é configurado para incluir,

um liner (66) configurado para ser preso ao riser (50) para cobrir um orifício (64);

25 uma cobertura (70) configurada para ser presa ao riser (50) para cobrir o liner (66) de forma que uma cavidade (124) seja formada pelo liner (66) e pela cobertura (70);

um inserto (104) configurado para ser disposto dentro do liner

(66);

uma base (108) configurada para ser presa ao inserto (104);

uma haste de sensor (110) configurada para ser presa à base (108) e para se estender dentro da cavidade (124), sendo que a haste de sensor (110) tem um furo (111);

uma montagem de imã (112) configurada para ser presa fixamente à haste de sensor (110);

um sensor de posição (116) preso à cobertura (70); e

um tubo guia de onda (118) preso ao sensor de posição (116),

em que o furo (111) da haste de sensor (110) é configurado para receber o tubo guia de onda (118).

11. RISER DO CONDUTO DE LAMA, de acordo com a reivindicação 10, que compreende adicionalmente:

um segundo fluxômetro que tem uma estrutura similar ao primeiro fluxômetro,

em que uma área do liner do primeiro fluxômetro é diferente de uma área de um liner do segundo fluxômetro.

12. RISER DO CONDUTO DE LAMA, de acordo com a reivindicação 11, em que o primeiro fluxômetro é configurado para medir um fluxo de 0 a cerca de 1.320 lpm (300 gpm) no interior do riser e o segundo fluxômetro é configurado para medir um fluxo de cerca de 1.320 lpm (300gpm) até aproximadamente 2.643 lpm (600 gpm).

13. RISER DO CONDUTO DE LAMA, de acordo com a reivindicação 10, em que o primeiro fluxômetro é configurado para medir uma taxa de fluxo de lama que flui através do riser através da diferença de pressão entre uma pressão no interior do riser e uma pressão dentro da cavidade.

14. FLUXÔMETRO DE ESPAÇO ANULAR DO RISER DE CONDUTO DE LAMA (71), sendo que o fluxômetro (71) compreende:

um liner (66) configurado para ser preso a um riser (50) para cobrir um orifício (64);

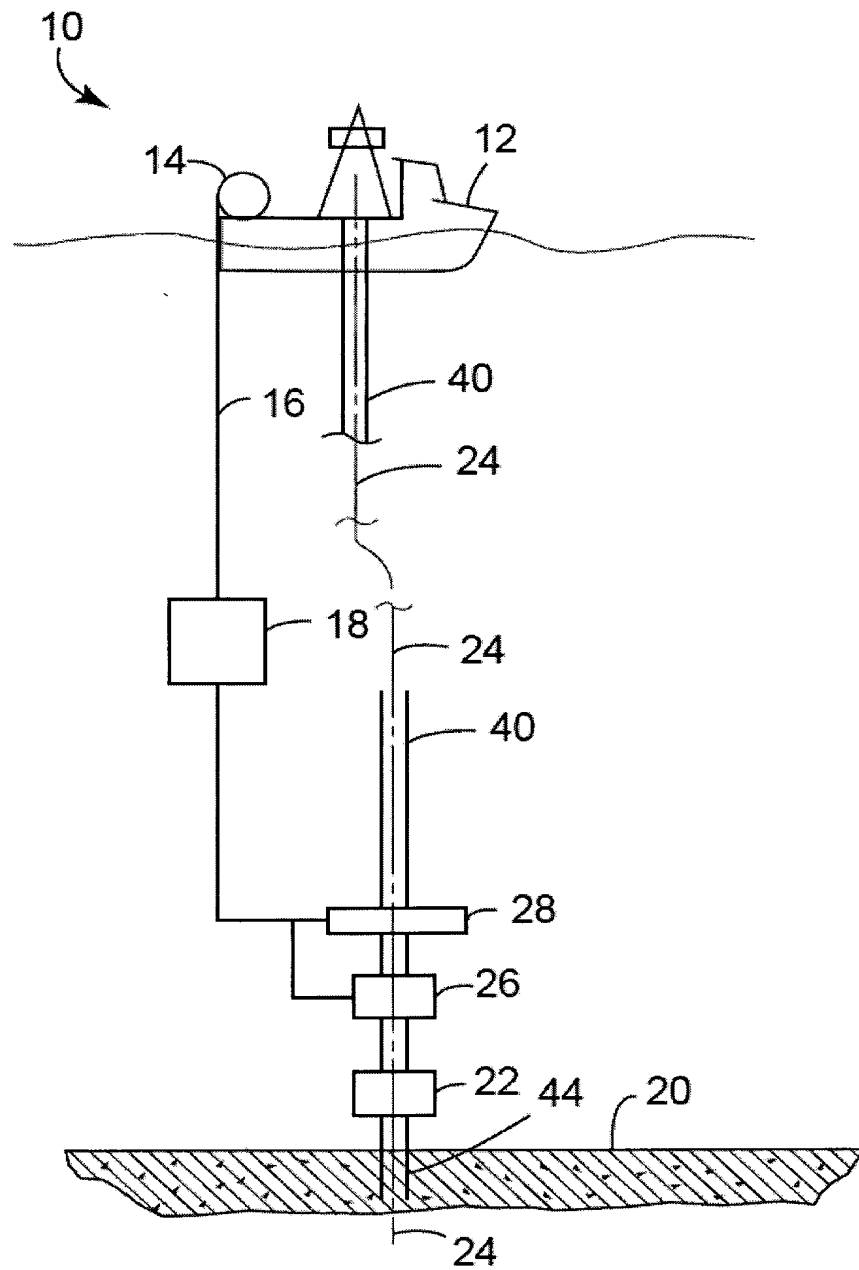
5           uma cobertura (70) configurada para ser presa ao riser (50) para cobrir o liner (66) de modo que uma cavidade (124) seja formada pelo liner (66) e pela cobertura (70);

          uma haste de sensor (110) configurada para ser presa ao liner (66) e para se estender no interior da cavidade (124), sendo que a haste de sensor (110) tem um furo (111);

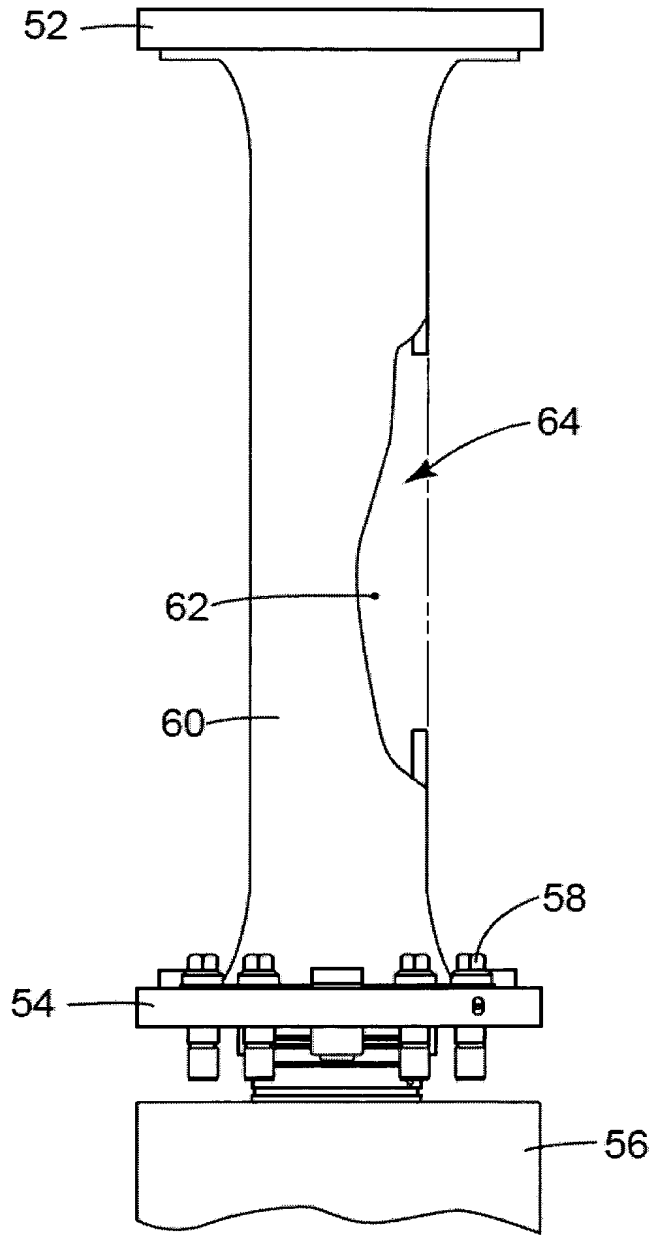
10           uma montagem de imã (112) configurada para ser preso fixamente à haste de sensor (110); e

          um tubo guia de onda (118) preso à cobertura (70),

          sendo que o furo (111) da haste de sensor (110) é configurado para receber o tubo guia de onda (118).

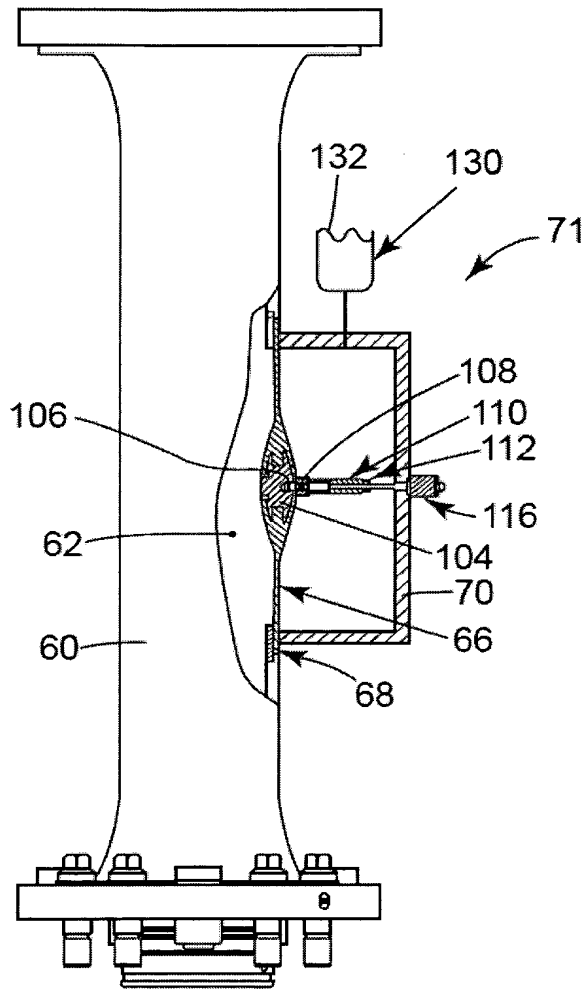
**Fig. 1**

50

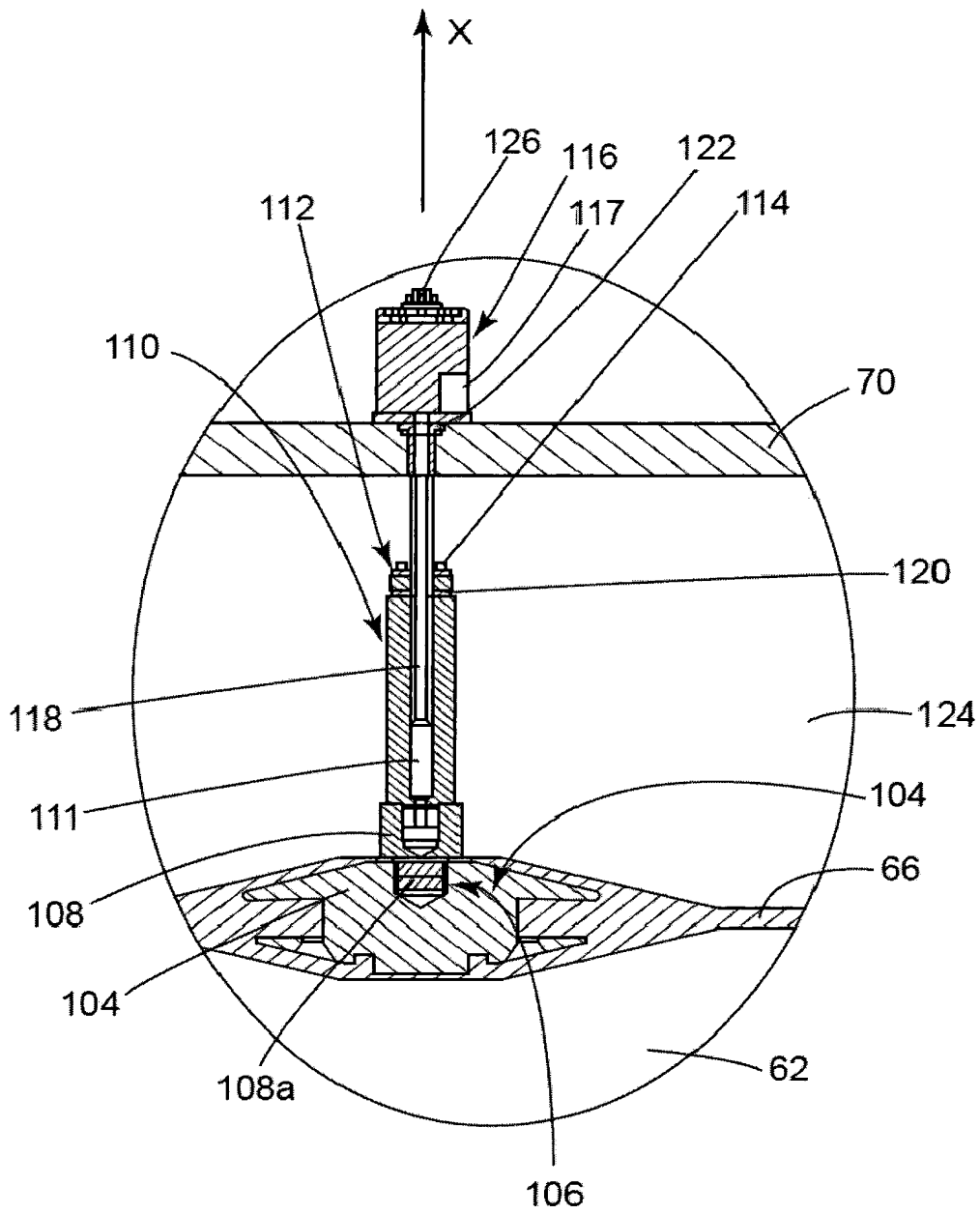


**Fig. 2**

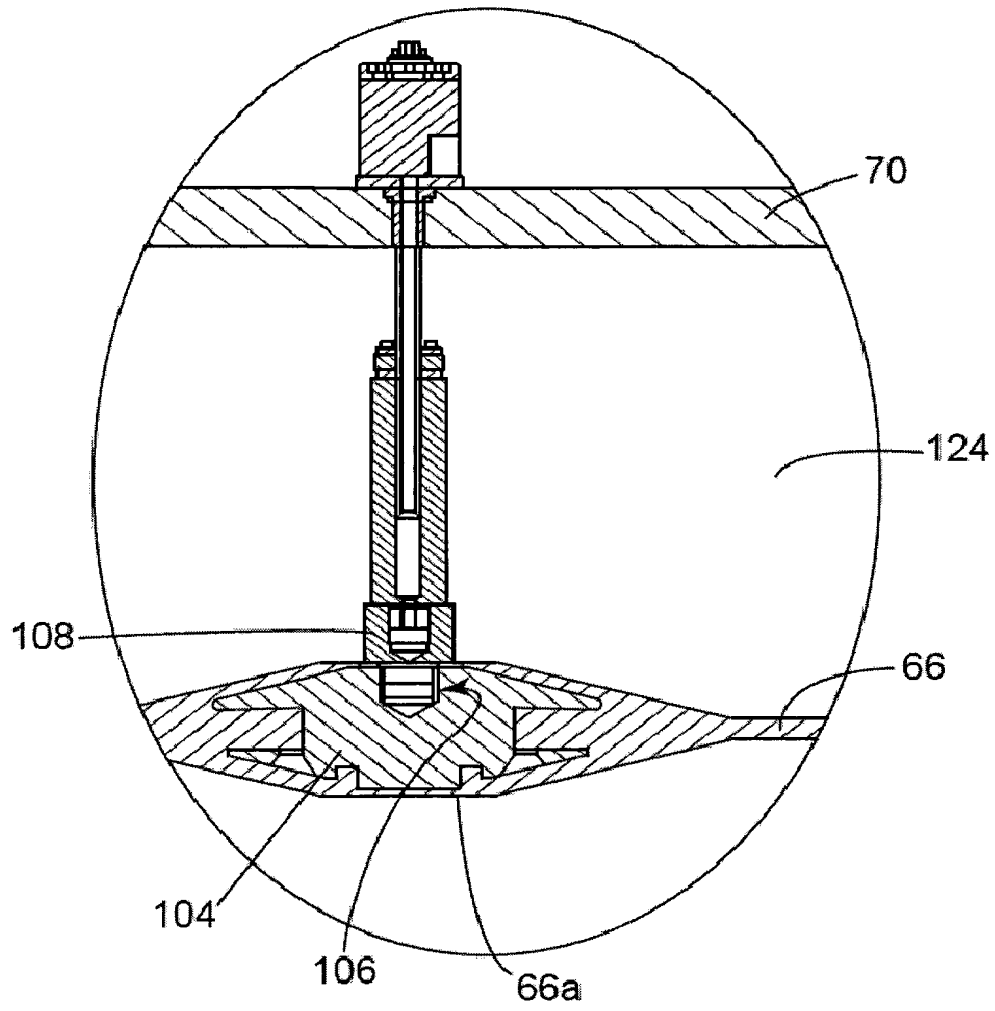
50



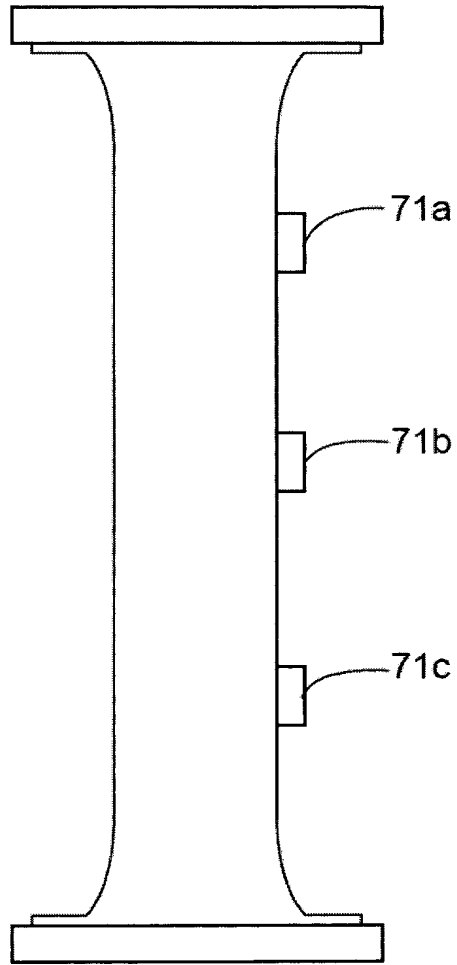
**Fig. 3**



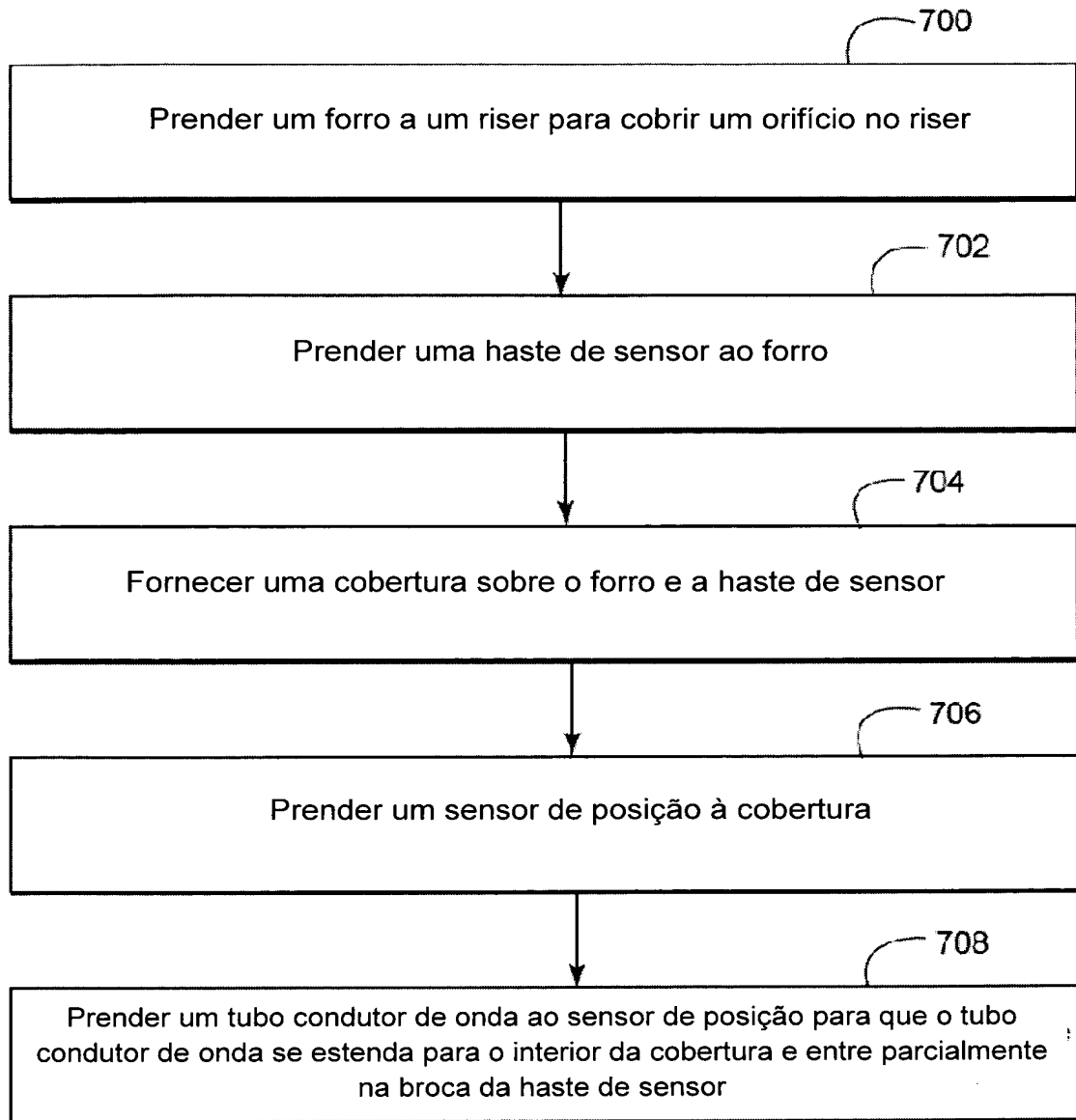
**Fig. 4**



**Fig. 5**



**Fig. 6**

**Fig. 7**

**RESUMO****“FLUXÔMETRO DE ESPAÇO ANULAR DO RISER DO CONDUTO DE LAMA  
E RISER DO CONDUTO DE LAMA”**

Um fluxômetro de espaço anular do riser do conduto de lama  
5 inclui um liner configurado para ser preso a um riser para cobrir um orifício;  
uma cobertura configurada para ser presa ao riser para cobrir o liner de modo  
que uma cavidade seja formada pelo liner e pela cobertura; uma haste de  
sensor configurada para ser presa ao liner e para se estender dentro da  
cavidade, sendo que a haste de sensor tem um furo; uma montagem de imã  
10 configurada para ser presa fixamente à haste de sensor; e um tubo guia de  
onda preso à cobertura. O furo da haste de sensor é configurado para receber  
o tubo guia de onda.