



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112016013398-6 B1



(22) Data do Depósito: 11/12/2014

(45) Data de Concessão: 30/11/2021

(54) Título: ENCAIXE DE EXTREMIDADE DE CONEXÃO DE UM CANO FLEXÍVEL, DISPOSITIVO PARA MONITORAR A INTEGRIDADE DE UM CANO FLEXÍVEL E MÉTODO PARA MONITORAR A INTEGRIDADE DE UM CANO FLEXÍVEL

(51) Int.Cl.: F16L 33/01; G01M 3/18; G01M 3/40.

(30) Prioridade Unionista: 12/12/2013 FR 13 62497.

(73) Titular(es): TECHNIP N-POWER.

(72) Inventor(es): YANN NICOLAS; PHILIPPE LEMBEYE.

(86) Pedido PCT: PCT EP2014077466 de 11/12/2014

(87) Publicação PCT: WO 2015/086784 de 18/06/2015

(85) Data do Início da Fase Nacional: 10/06/2016

(57) Resumo: ENCAIXE DE EXTREMIDADE DE CONEXÃO DE UM CANO FLEXÍVEL, DISPOSITIVO PARA MONITORAR A INTEGRIDADE DE UM CANO FLEXÍVEL E MÉTODO PARA MONITORAR A INTEGRIDADE DE UM CANO FLEXÍVEL. Trata-se de uma peça de extremidade (14) que compreende: uma região de extremidade (33) de uma camada a ser monitorada (26) do cano flexível, sendo que a região de extremidade (33) é pelo menos parcialmente feita de metal; um segmento de extremidade (32) de um revestimento de pressão (20) do tubo flexível (10); um alto ponto de extremidade (50) e uma cobertura (51) anexada ao alto ponto de extremidade (50), sendo que o alto ponto de extremidade (50) e a cobertura (51) definem uma câmara (52) entre os mesmos. A peça de extremidade (14) compreende um sensor (58) para detectar a posição da camada a ser monitorada (26), com capacidade de detectar um movimento axial da região de extremidade (33), sendo que o sensor (58) é disposto fora do segmento de extremidade (32) do revestimento de pressão (20) e fora do alto ponto de extremidade (50).

**“ENCAIXE DE EXTREMIDADE DE CONEXÃO DE UM CANO FLEXÍVEL,
DISPOSITIVO PARA MONITORAR A INTEGRIDADE DE UM CANO
FLEXÍVEL E MÉTODO PARA MONITORAR A INTEGRIDADE DE UM CANO
FLEXÍVEL”**

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção refere-se a um encaixe de extremidade de conexão de um cano flexível de transporte de fluido, que tem um eixo geométrico central, sendo que o encaixe de extremidade compreende pelo menos uma região de extremidade de uma camada a ser monitorada do cano flexível, sendo que a região de extremidade é pelo menos parcialmente metálica; um segmento de extremidade de um revestimento de pressão do cano flexível; uma abóbada de extremidade e uma cobertura anexada à abóbada de extremidade, sendo que a abóbada de extremidade e a cobertura definem uma câmara entre as mesmas.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[002] Tal encaixe de extremidade é, em particular, destinado a monitorar a integridade das camadas do cano, em particular, sendo que a integridade da carcaça interna em relação às outras camadas do cano.

[003] O cano é preferencialmente um cano flexível do tipo não ligado projetado para transferir hidrocarbonetos através de uma extensão de água, tal como um oceano, mar, lago ou rio.

[004] Tal cano flexível é, por exemplo, feito de acordo com documentos normativos API 17J (Specification for Unbonded Flexible Pipe) e API RP 17B (Recommended Practice for Flexible Pipe) estabelecidos pelo Instituto Americano de Petróleo.

[005] O cano é geralmente formado por um conjunto de camadas concêntricas e sobrepostas. É considerado "não ligado" dentro do significado da presente invenção quando pelo menos uma das camadas do cano tem

capacidade de se mover longitudinalmente em relação às camadas adjacentes quando o cano é dobrado. Em particular, um cano não ligado é um cano sem materiais de ligação que conectam as camadas que formam o cano.

[006] O cano é geralmente posicionado através de uma extensão de água, entre um conjunto de fundo, projetado para coletar o fluido minerado no fundo da extensão de água, e um conjunto de superfície flutuante ou estacionária projetado para conectar e distribuir o fluido. O conjunto de superfície pode ser uma plataforma semissubmersível, um FPSO ou outro conjunto flutuante.

[007] Alguns desses canos são usados sob condições muito severas. Desse modo, o transporte de hidrocarbonetos pode ter uma pressão e temperatura muito altas, por exemplo, uma pressão compreendida entre 50 Mpa (500 bar) e 100 Mpa (1.000 bar), e a temperatura compreendida entre 110 °C e 130 °C. Ademais, no caso em que o cano é submerso em uma grande profundidade, o dito cano precisa ter capacidade de superar uma pressão externa muito alta, por exemplo, aproximadamente Mpa (250 bar) se o cano for submerso em uma profundidade de 2.500 metros.

[008] Os canos destinados para grandes profundidades também precisam superar tensões muito altas, comumente várias dezenas de toneladas, às quais os mesmos são submetidos durante o uso e/ou durante sua instalação no mar.

[009] Ademais, no caso em que o conjunto de superfície é flutuante e móvel como uma função das condições do mar, os risers que conectam o leito marinho ao conjunto de superfície podem, às vezes, ser submetidos a milhões de ciclos de variação de curva. Esses risers dinâmicos também precisam, por esse motivo, ter a capacidade de resistir permanentemente às tensões de fadiga.

[010] Os encaixes de extremidade de conexão, que são

especialmente tensionados, também precisam ser projetados para resistir a tais condições de uso.

[011] Ainda assim, é notado que, sob determinadas condições particularmente agressivas, a extremidade da carcaça interna do cano flexível pode, durante a produção, se retirar e deslizar, movendo-se na direção oposta ao encaixe de extremidade.

[012] Esse problema se refere, mais particularmente, a canos flexíveis de temperatura elevada de revestimento múltiplo. As retiradas da carcaça são acompanhadas por uma retração ou uma ruptura da solda que retém a carcaça no anel-batente fixada na abóbada de extremidade do encaixe de extremidade do cano flexível. Esse fenômeno também tem sido observado em determinados canos de temperatura elevada que compreendem um único revestimento (por exemplo, consultar o documento nº WO 99/19656).

[013] As causas desse fenômeno são complexas e envolvem, em particular, o peso suspenso do cano, os efeitos de expansão térmica e a perda gradual de plastificante inicialmente presente em determinados revestimentos do cano, em particular, aqueles com uma base de fluoreto de polivinilideno. Em alguns casos críticos, a retração da carcaça interna pode ser seguida por uma ruptura na vedação no revestimento de pressão.

[014] Para compensar esse problema, é conhecido o monitoramento regular da evolução dos movimentos relativos da carcaça interna em relação ao encaixe de extremidade, de modo a ter a capacidade de parar a produção durante um movimento anormal da carcaça interna ou durante uma retração.

[015] Para esse fim, métodos conhecidos consistem em inserir uma ferramenta de inspeção na passagem de circulação de hidrocarboneto, por exemplo, uma ferramenta equipada com uma câmera de vídeo que torna possível examinar a zona de transição entre a carcaça interna e o encaixe de

extremidade. Tal método exige interromper a produção e, por esse motivo, não pode ser feito continuamente durante a produção.

[016] O documento nº WO 03/071179 descreve um método de monitoramento em que um pequeno ímã é inserido dentro do revestimento de pressão. O movimento do ímã é seguido por meio de sensores posicionados na abóbada de extremidade do encaixe de extremidade. O método permite o monitoramento contínuo dos movimentos do revestimento de pressão em relação ao encaixe de extremidade.

[017] Se a carcaça e o revestimento forem completamente presos, em particular, quando o revestimento é ancorado à carcaça por encaixes de deformação, esse método também torna possível monitorar indiretamente os movimentos da carcaça interna em relação ao encaixe de extremidade.

[018] Entretanto, em alguns casos, o revestimento de pressão e a carcaça não são completamente presos, em que o revestimento de pressão tem a capacidade de permanecer em posição durante a retirada da carcaça. Este é, em particular, o caso quando uma camada intermediária do tipo de revestimento sacrificial é inserida entre o revestimento de pressão e a carcaça.

[019] Nesse caso, é desejável monitorar independentemente os movimentos da carcaça em relação ao revestimento de pressão.

[020] O documento nº WO-A-2013/149983 descreve um conjunto que compreende um cano flexível que compreende uma carcaça, um tubo de metal e um transdutor de ultrassom. O tubo de metal é instalado dentro do cano e é seguramente fixado à carcaça. O transdutor de ultrassom tem a capacidade de medir o movimento do tubo de metal em relação a sua posição inicial, o que torna possível deduzir o movimento da carcaça a partir do mesmo.

[021] Entretanto, a presença do tubo de metal dentro do cano reduz localmente o diâmetro interno do cano, o que pode perturbar o fluxo de

fluidos que circulam ao longo do cano.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

[022] Um objetivo da invenção é, por esse motivo, fornecer meios simples e confiáveis para monitorar o movimento de uma camada particular de um cano flexível em relação às outras camadas, sem ter que interromper a produção do fluido que circula através do cano flexível.

[023] Para esse fim, a invenção se refere a um encaixe de extremidade do tipo supracitado, distinguido pelo fato de que o encaixe de extremidade compreende um sensor para detectar a posição da camada a ser monitorada, com capacidade de detectar um movimento axial da região de extremidade, em que o sensor é posicionado na extremidade do segmento de extremidade do revestimento de pressão e fora da abóbada de extremidade, em que o sensor é alojado dentro da cobertura na câmara.

[024] O encaixe de extremidade, de acordo com a invenção, pode compreender um ou mais dos recursos a seguir, considerados sozinhos ou de acordo com qualquer (quaisquer) combinação (ões) tecnicamente possível (is):

- o espaço radial intermediário que se estende entre o sensor e a camada a ser monitorada não tem tela de metal entre o sensor e a camada a ser monitorada;

- a camada a ser monitorada é uma camada de metal disposta dentro do revestimento de pressão, em particular, uma carcaça interna de metal posicionada dentro do revestimento de pressão;

- a região de extremidade é axialmente fixada em relação à abóbada de extremidade na parte frontal do sensor;

- o cano flexível compreende uma abóbada de pressão que circunda o revestimento de pressão, em que o sensor é posicionado axialmente entre parte da região de extremidade da abóbada de pressão, por um lado, e a

abóbada de extremidade do encaixe de extremidade, por outro lado;

- o mesmo define um alojamento radial para receber o sensor, em que o alojamento radial emerge radialmente em direção ao eixo geométrico central, em direção à camada a ser monitorada;

- o alojamento radial é fechado em direção ao eixo geométrico central por um material de preenchimento não metálico;

- o mesmo compreende uma peça encaixada na abóbada de extremidade e/ou na cobertura, em que a peça define o alojamento radial;

- a peça é um anel-batente, em particular um anel-batente intermediário de uma abóbada de pressão do cano flexível;

- o sensor é um sensor de detecção eletromagnética, tal como um sensor indutivo ou um sensor de corrente de Foucault;

- o sensor compreende uma bobina que circunda a camada a ser monitorada, ou compreende pelo menos uma bobina com um eixo geométrico radial em relação ao eixo geométrico central;

- a distância radial que separa o sensor da camada a ser monitorada é menor que 3 cm.

[025] O dispositivo, de acordo com a invenção, pode compreender um ou mais dentre os recursos a seguir, considerados sozinhos ou de acordo com qualquer (quaisquer) combinação (ões) tecnicamente possível (is): - o mesmo compreende:

- um encaixe de extremidade de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes;

- uma unidade de processamento para processar o sinal emitido pelo sensor, conectada ao sensor de detecção;

- a unidade de processamento compreende um módulo de correção, com capacidade de compensar as variações da temperatura no sensor.

[026] A invenção também se refere a um método para monitorar a integridade de um cano flexível, que compreende as seguintes etapas:

- fornecer um dispositivo conforme definido abaixo;
- ativar o sensor;
- detectar um movimento axial da camada a ser monitorada pelo sensor de detecção através do espaço radial intermediário.

[027] O método, de acordo com a invenção, pode compreender um ou mais dos recursos a seguir, considerados sozinhos ou de acordo com qualquer (quaisquer) combinação (ões) tecnicamente possível (is):

- a detecção compreende a determinação de uma variação do campo magnético localizado próximo ao sensor após um movimento axial da camada a ser monitorada.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[028] A invenção será melhor entendida mediante a leitura da descrição a seguir, fornecida apenas como um exemplo e produzida em referência aos desenhos, em que:

- a Figura 1 é uma vista em perspectiva em recorte parcial de um segmento central de um primeiro cano flexível de acordo com a invenção;
- a Figura 2 é uma vista em corte parcial ao longo de um plano mediano axial de um encaixe de extremidade, de acordo com a invenção, do cano da Figura 1;
- a Figura 3 é uma vista de um detalhe da Figura 2, que ilustra um modo de posicionamento do sensor no encaixe de extremidade da Figura 2;
- a Figura 4 é uma vista das partes relevantes do encaixe de extremidade da Figura 2, que ilustra a disposição relativa do sensor e da camada a ser monitorada;
- a Figura 5 é uma vista similar à Figura 4 que ilustra um modelo do campo magnético na presença da camada a ser monitorada;

- a Figura 6 é uma vista similar à Figura 5, que ilustra um modelo do campo magnético sem a camada a ser monitorada.

DESCRIÇÃO DE REALIZAÇÕES DA INVENÇÃO

[029] No restante desse documento, os termos “externo” e “interno” devem ser entendidos, de modo geral, radialmente em relação a um eixo geométrico A-A' do cano, em que o termo “externo” é entendido como sendo, relativa e radialmente, mais distante do eixo geométrico A-A' e em que o termo “interno” é entendido como sendo, relativa e radialmente, mais próximo ao eixo geométrico A-A' do cano.

[030] Os termos “frontal” e “traseiro” devem ser entendidos axialmente em relação a um eixo geométrico A-A' do cano, em que o termo “frontal” é entendido como sendo relativamente mais distante do meio do cano e mais próximo a uma de suas extremidades, em que o termo “traseiro” é entendido como sendo relativamente mais próximo ao meio do cano e mais distante de uma de suas extremidades. O meio do cano é o ponto do cano situado em distâncias iguais a partir de duas extremidades do mesmo.

[031] Um primeiro cano flexível 10 de acordo com a invenção é parcialmente ilustrado na Figura 1.

[032] O cano flexível 10 compreende um segmento central 12 ilustrado parcialmente na Figura 1. O mesmo compreende, em cada uma das extremidades axiais do segmento central 12, uma extremidade de encaixe de extremidade 14 (não mostrada na Figura 1), cujas partes relevantes são mostradas nas Figuras 2 a 6.

[033] Em referência à Figura 1, o cano 10 delimita uma passagem central 16 para o fluxo de um fluido, vantajosamente um óleo fluido. A passagem central 16 se estende ao longo de um eixo geométrico A-A', entre a extremidade à montante e a extremidade à jusante do cano 10. O mesmo emerge através dos encaixes de extremidade 14.

[034] O cano flexível 10 é projetado para ser posicionado através de uma extensão de água (não mostrada) em uma instalação de exploração de fluido, em particular, para hidrocarbonetos.

[035] A extensão de água é, por exemplo, um mar, um lago ou um oceano. A profundidade da extensão de água na instalação de exploração de fluido está, por exemplo, compreendida entre 500 m e 3.000 m.

[036] A instalação de exploração de fluido compreende um conjunto de superfície, em particular, flutuante, e um conjunto de fundo (não mostrado), que são, de modo geral, conectados entre si pelo cano flexível 10.

[037] O cano flexível 10 é, preferencialmente, um cano “ilimitado”.

[038] Pelo menos duas camadas adjacentes do cano flexível 10 são livres para se moverem longitudinalmente em relação uma à outra quando o cano dobra.

[039] Vantajosamente, todas as camadas do cano flexível são livres para se moverem em relação uma a outra. Tal cano é, por exemplo, descrito nos documentos normativos publicados pelo Instituto Americano de Petróleo (API), API 17J e API RP 17B.

[040] Conforme ilustrado pela Figura 1, o cano 10 delimita uma pluralidade de camadas concêntricas ao redor do eixo geométrico A-A', que se estendem continuamente ao longo do segmento central 12 até os encaixes de extremidade 14 situados nas extremidades do cano.

[041] De acordo com a invenção, o cano 10 compreende pelo menos um primeiro revestimento tubular 20 com uma base de um material polimérico que forma, vantajosamente, um revestimento de pressão.

[042] O cano 10 compreende adicionalmente pelo menos uma camada de reforço de tração 24, 25 posicionada de modo voltado para fora em relação ao primeiro revestimento 20 que forma um revestimento de pressão.

[043] Nesse exemplo, o cano 10 compreende adicionalmente uma carcaça interna 26, posicionada dentro do revestimento de pressão 20, uma abóbada de pressão 28 inserida entre o revestimento de pressão 20 e a(s) camada(s) de reforço de tração 24, 25 e um revestimento externo 30, projetado para proteger o cano 10.

[044] O cano 10 compreende, adicional e vantajosamente, um revestimento sacrificial externo 31 posicionado entre a abóbada de pressão 28 e o revestimento de pressão 20, assim como um revestimento sacrificial interno 77 posicionado entre a carcaça interna 26 e o revestimento de pressão 20. Os revestimentos sacrificiais interno 77 e externo 31 são mostrados nas Figuras 2 e 3.

[045] De uma maneira conhecida, o revestimento de pressão 20 é projetado para confinar, de modo apertado, o fluido transportado na passagem 16. O mesmo é produzido a partir de um material polimérico, por exemplo, com uma base de uma poliolefina, tal como polietileno, uma base de uma poliamida, tal como PA11 ou PA12, ou uma base de um polímero fluorado, tal como fluoreto de polivinilideno (PVDF).

[046] A espessura do revestimento de pressão 20 está, por exemplo, compreendida entre 5 mm e 20 mm.

[047] O revestimento de pressão 20 compreende um segmento de extremidade 32 inserido no encaixe de extremidade 14.

[048] A carcaça 26 é formada, por exemplo, por uma lâmina de metal perfilada, enrolada em uma espiral. As curvas da lâmina são vantajosamente grampeadas entre si. A função primária da carcaça 26 é reagir às forças de esmagamento radiais.

[049] A carcaça 26 é, portanto, completamente metálica.

[050] Nesse exemplo, a carcaça 26 é posicionada dentro do revestimento de pressão 20. O cano é então designado pelo termo “furo

áspero” devido à geometria da carcaça 26.

[051] A carcaça 26 tem a capacidade de entrar em contato com o fluido que circula no revestimento de pressão 20.

[052] O enrolamento helicoidal da lâmina de metal perfilada que forma a carcaça 26 tem um afastamento curto, isto é, o mesmo um ângulo de espiral com um valor absoluto próximo a 90°, tipicamente compreendido entre 75° e 90°.

[053] A carcaça 26 compreende uma região de extremidade 33 posicionada no encaixe de extremidade 14, de modo voltado para dentro em relação ao segmento de extremidade 32 do revestimento de pressão 20. A região de extremidade 33 da carcaça 26 se estende axialmente para frente além do segmento de extremidade 32 do revestimento de pressão 20.

[054] Nesse exemplo, a abóbada de pressão 28 é projetada para reagir às forças relacionadas à pressão que prevalece dentro do revestimento de pressão 20. O mesmo é, por exemplo, formado por um fio de metal perfilado enrolado em uma espiral ao redor do revestimento 20. O fio perfilado tem, de modo geral, uma geometria complexa, em particular no formato de um Z, T, U, K, X ou I.

[055] A abóbada de pressão 28 é enrolada em uma espiral com um afastamento curto ao redor do revestimento de pressão 20, isto é, com um ângulo de espiral com um valor absoluto próximo a 90°, tipicamente compreendido entre 75° e 90°.

[056] A abóbada de pressão 28 tem uma região de extremidade 35 inserida no encaixe de extremidade 14, fora do segmento de extremidade 32 do revestimento de pressão 20. O segmento de extremidade 32 do revestimento de pressão 20 se estende axialmente para frente além da região de extremidade 35 da abóbada de pressão 28.

[057] Os revestimentos sacrificiais interno 77 e externo 31,

quando presentes, servem pra proteger o revestimento de pressão 20 do risco de fissura por fadiga, em particular, no caso de aplicações de temperatura elevada dinâmicas. Um cano equipado com revestimentos sacrificiais é referido como de “revestimento múltiplo”.

[058] Os revestimentos sacrificiais interno 77 e externo 31 são produzidos, vantajosamente, a partir de um material polimérico. Os mesmos têm uma espessura menor que aquela do revestimento de pressão 20, típica e aproximadamente de 3 mm. Os revestimentos sacrificiais interno 77 e externo 31 se estendem parcialmente no encaixe de extremidade 14 axialmente além da região de extremidade 35 da abóbada de pressão 28.

[059] O cano flexível 10 de acordo com a invenção compreende pelo menos uma camada de reforços 24, 25 formados por um enrolamento helicoidal de pelo menos um elemento de reforço alongado 29.

[060] No exemplo mostrado na Figura 1, o cano flexível 10 compreende uma pluralidade de camadas de reforço internas 24, 25, em particular, uma camada interna de reforços 24, pressionados na abóbada de pressão 28, e uma camada de reforços externa 25 ao redor da qual o revestimento externo 30 é posicionado.

[061] Cada camada de reforços 24, 25 compreende elementos de reforço longitudinais 29, enrolados com um afastamento longo ao redor do eixo geométrico A-A' do cano.

[062] “Enrolados com um afastamento longo” significa que o valor absoluto do ângulo de espiral é de menos que 60° e, tipicamente, compreendido entre 25° e 55°.

[063] Os elementos de reforço 29 de uma primeira camada 24 são, de modo geral, enrolados por um ângulo oposto em relação aos elementos de reforço 29 de uma segunda camada 25. Portanto, se o ângulo de enrolamento dos elementos de reforço 29 da primeira camada 24 for igual a $+\alpha$,

em que α está compreendido entre 25° e 55° , o ângulo de enrolamento dos elementos de reforço 29 da segunda camada de reforços 25 posicionada em contato com a primeira camada de reforços 24 é, por exemplo, igual a $-\alpha^\circ$.

[064] Os elementos de reforço 29 são, por exemplo, formados por fios de metal, em particular, fios de aço, ou faixas de material compósito, por exemplo, faixas de fibra de carbono reforçadas. Nos exemplos mostrados nas Figuras 2 a 5, os elementos de blindagem 29 são formados por fios de metal.

[065] Conforme será visto abaixo, os elementos de blindagem 29 têm, cada um, um segmento de extremidade 34 inserido no encaixe de extremidade 14. O segmento de extremidade 34 se estende para uma extremidade livre posicionada no encaixe de extremidade 14. A mesma tem, vantajosamente, uma espiral ou trajetória pseudoespiral com o eixo geométrico A-A' no encaixe de extremidade 14, com o enrolamento de espiral em um invólucro cônico.

[066] No exemplo mostrado nas Figuras 2 e 3, para cada camada de reforços 24, 25, os segmentos de extremidade 34 dos elementos de reforço 29 se estendem divergindo na direção oposta ao eixo geométrico AA-A' convergindo, então, em direção ao eixo geométrico A-A' a partir de um ponto não aderente traseiro 62 em direção à extremidade frontal livre 36.

[067] O revestimento externo 30 é projetado para impedir a permeação de fluido a partir do lado de fora do cano flexível 10 em direção ao lado de dentro. O mesmo é produzido, vantajosamente, a partir de um material polimérico, em particular, com uma base de uma poliolefina, tal como polietileno, ou uma base de uma poliamida, tal como PA11 ou PA12.

[068] A espessura do revestimento externo 30 está compreendida, por exemplo, entre 5 mm e 15 mm.

[069] Conforme ilustrado pelas Figuras 2 e 3, além dos

segmentos de extremidade 32, 34 e as regiões de extremidade 33, 35, cada encaixe de extremidade 14 compreende uma abóbada de extremidade 50 e uma cobertura de conexão externa 51 que se projeta axialmente para trás a partir da abóbada 50. A cobertura 51 delimita, com a abóbada de extremidade 50, uma câmara 52 para receber os segmentos de extremidade 34 dos elementos de reforço 29, e a região de extremidade 35 da abóbada 28.

[070] O encaixe de extremidade 14 compreende adicionalmente um conjunto de calçamento axial 53 da carcaça 26 na abóbada de extremidade 50, um conjunto de vedação frontal 54 ao redor do revestimento de pressão 20, um conjunto de vedação traseiro 56 ao redor do revestimento externo 30 e um conjunto de manutenção 57 da abóbada de pressão 28.

[071] De acordo com a invenção, o encaixe de extremidade 14 compreende pelo menos um sensor 58 para detectar a posição de uma camada a ser monitorada, nesse exemplo, a carcaça 26. O sensor 58 é conectado eletricamente a uma unidade de processamento 59, mostrada na Figura 4. O encaixe de extremidade 14 e a unidade 59, portanto, forma um dispositivo para monitorar a integridade do cano flexível 10.

[072] Nesse exemplo, a abóbada de extremidade 50 se destina a conectar o cano 10 a outro encaixe de extremidade de conexão 14 ou a um equipamento de terminal, vantajosamente, por meio de um flange de extremidade 60.

[073] A abóbada de extremidade 50 tem um furo central destinado a receber a extremidade do revestimento de pressão 20 e permitir o fluxo do fluido que circula através da passagem central 16 em direção ao lado de fora do cano 10.

[074] A cobertura 51 compreende uma parede periférica tubular 70 se estende ao redor do eixo geométrico A- A'. A parede periférica 70 tem uma borda frontal 71 fixada na abóbada de extremidade 50, radialmente na

direção oposta das camadas de reforço 24, 25, e uma borda traseira 72 que se estende axialmente para trás além da abóbada de extremidade 50.

[075] A cobertura 51 delimita a câmara 52 radialmente em direção ao lado de fora. Uma face traseira 73 da abóbada de extremidade 50 define axialmente a câmara 52 na direção dianteira.

[076] O conjunto de vedação frontal 54 é situado, vantajosamente, na parte frontal do encaixe de extremidade 14, em contato com a abóbada de extremidade 50.

[077] De uma maneira conhecida, o mesmo compreende um anel de ondulação frontal 74, destinado a engatar no revestimento de pressão 20, um flange de ondulação 76 e, nesse exemplo, uma cânula de rolamento principal 78, posicionada abaixo do flange de ondulação 76.

[078] O aperto do flange 76 contra a abóbada 50 resulta na deformação radial do anel de ondulação frontal 74, de modo que o último engate radialmente no revestimento de pressão 20. O segmento de extremidade 32 do revestimento 20 é, portanto, agarrado entre o anel de ondulação frontal 74 e a cânula de rolamento 78 e/ou a carcaça 26, o que torna possível produzir a vedação.

[079] Quando o cano 10 tem um revestimento sacrificial interno 77, a cânula de rolamento 78 é inserida entre o revestimento sacrificial central 77 e o revestimento de pressão 20.

[080] Quando o cano 10 tem um revestimento sacrificial externo 31, o conjunto de vedação frontal 54 compreende adicionalmente uma cânula auxiliar 80 inserida entre o revestimento sacrificial externo 31 e o segmento de extremidade 32 do revestimento 20, e um anel de ondulação auxiliar 81 do revestimento sacrificial externo 31.

[081] A cânula auxiliar 80 é calçada abaixo do flange de ondulação 76, atrás da cânula principal 78. O anel de ondulação auxiliar 81 é

posicionado na extremidade do revestimento sacrificial externo 31, transversal à cânula auxiliar 80, para agarrar radialmente a extremidade do revestimento sacrificial externo 31.

[082] O conjunto de calçamento 53 da carcaça 26 compreende um anel-batente 82 anexado à abóbada de extremidade 50 com o uso de pinos 84. A região de extremidade 33 da carcaça 26 é fixada no anel-batente 82, por exemplo, por soldagem.

[083] O anel-batente 82 se estende axialmente na parte frontal do segmento de extremidade do revestimento 20, e na frente da cânula principal 78.

[084] Em referência à Figura 3, o conjunto de manutenção 57 da abóbada de pressão 28 compreende uma rolha intermediária 90 da abóbada de pressão 28, e uma manga de manutenção anular 92, fixada axialmente em relação à abóbada de extremidade 50, em que a manga 92 cobre radialmente de modo voltado para fora a região de extremidade 35 da abóbada de pressão 28.

[085] Nesse exemplo, a manga de manutenção anular 92 é fixada na abóbada de extremidade 50 por meio do anel de ondulação frontal 74.

[086] O anel-batente intermediário 90 é posicionado suportado radialmente na manga 92.

[087] O mesmo é calçado radialmente entre a manga 92 e o revestimento de pressão 20, com uma interposição possível da camada intermediária 31, quando tal camada está presente.

[088] A rolha intermediária 90 aqui é posicionada na extremidade frontal da abóbada 28 e, vantajosamente, atrás da cânula auxiliar 80 e/ou atrás do flange frontal 76.

[089] De acordo com a invenção, a rolha intermediária 90 define

um alojamento radial 94 para receber o sensor 58. O alojamento radial 94 emerge radialmente em direção ao eixo geométrico A-A'. O mesmo é radialmente fechado de modo voltado para fora e axialmente em direção à frente e à traseira do corpo do anel 90.

[090] Nesse exemplo, o alojamento 94 é formado por um canal anular disposto no anel intermediário 90, em que o canal emerge em direção ao eixo geométrico A-A'.

[091] O espaço radial 96 definido entre a saída do alojamento 94 e da carcaça contém uma seção circunferencial do revestimento 20 e, opcionalmente, dos revestimentos sacrificiais externo 31 e interno 77. Esse espaço radial 96 não tem uma tela de metal intermediária que possa perturbar a medição a partir do sensor 58.

[092] O sensor 58 é recebido no alojamento 94. Um material de carga pluga, vantajosamente, o alojamento 94 em direção ao eixo geométrico A-A', para manter o sensor 58 no alojamento 94. O material de carga é, por exemplo, uma resina epóxi.

[093] A distância radial que separa o sensor 58 da carcaça 26 é, portanto, menor que 3 cm e, em particular, está compreendida entre 1 cm e 2 cm.

[094] Essa distância é não nula, em que o sensor 58 é posicionado radialmente separado da carcaça 26, sem contato com a carcaça 26. O revestimento de pressão 20 é inserido entre o sensor 58 e a carcaça 26.

[095] O sensor 58 é alojado adicionalmente dentro da cobertura 51 na câmara 52, preferencialmente, radialmente entre o segmento de extremidade 34 dos elementos de reforço 24, 25 e o revestimento de pressão 20.

[096] O sensor 58 é adicionalmente posicionado completamente fora da abóbada de extremidade 50, vantajosamente, axialmente atrás da

abóbada de extremidade 50 ao longo do eixo geométrico A-A'.

[097] Nesse exemplo, o sensor 58 é um sensor de detecção eletromagnética, com capacidade de detectar a variação no campo eletromagnético local durante um movimento da carcaça 26 em relação ao revestimento 20 e em relação ao anel 90.

[098] O sensor 58 é, por exemplo, um sensor indutivo ou, preferencialmente, um sensor de corrente de Foucault.

[099] No último caso, em referência às Figuras 4 a 6, o sensor 58 compreende uma bobina 98 posicionada no alojamento 94. A bobina 98 tem a capacidade de causar, de modo remoto, correntes de Foucault na carcaça 26 com o uso de um campo magnético variável. Esse campo é criado pela bobina 98 sob o controle da unidade 59 durante o abastecimento de potência da bobina 98 e por uma corrente elétrica alternante em uma frequência compreendida, por exemplo, entre 1 kHz e 1 MHz, em particular, entre 5 kHz e 200 kHz.

[0100] As correntes de Foucault causadas na carcaça 26 em sua superfície devido ao efeito de película, por sua vez, criam um campo magnético que opõem o campo que criou as mesmas.

[0101] O campo total resultante no sensor 58 depende, então, da posição da carcaça 26. Esse campo total resultante causa uma tensão através dos terminais da bobina 98 de onde a amplitude e a fase variam conforme uma função da posição da carcaça 26 em relação ao sensor 58.

[0102] A unidade 59 tem a capacidade de medir, em tempo real, a amplitude e a fase da tensão medidas pelo sensor 58, que são representativas da impedância complexa da bobina 98. Essa impedância complexa depende na presença e posição da carcaça 26 e, também, as propriedades eletromagnéticas da carcaça 26 e, de todas as partes condutoras situadas próximas à bobina 98.

[0103] A temperatura do encaixe de extremidade 14 influencia o sinal medido, uma vez que a mesma afeta a condutividade elétrica e a permeabilidade magnética das partes de metal, o que resulta na afetação da distribuição das correntes de Foucault causadas nessas partes.

[0104] A unidade 59, por esse motivo, compreende um módulo de correção para corrigir o sinal com capacidade de eliminar a influência da temperatura, um módulo de quantificação para quantificar o deslizamento axial da carcaça 26 sobre uma amplitude baixa, por exemplo, de cerca de diversos milímetros, e um módulo de detecção para detectar o desaparecimento total da carcaça do espaço radial 96 situado oposto ao sensor 58.

[0105] O módulo de correção de sinal tem a capacidade de eliminar a influência da temperatura, por exemplo, por otimização de frequência, por uma projeção da fase em um eixo geométrico perpendicular àquele que corresponde às variações da temperatura, por processamento por frequência múltipla e/ou por medição diferencial com o uso de uma segunda bobina de referência.

[0106] O módulo para quantificar o deslizamento compreende meios de linearização do sinal. Esses meios são calibrados com o uso de uma calibração feita de antemão.

[0107] O módulo de detecção para detectar o desaparecimento compreende meios para comparar a intensidade do sinal para um valor de pressão, em que a variação de intensidade do sinal significativa na ausência da carcaça 26, em relação ao valor medido quando a carcaça 26 é situada oposta ao sensor 58.

[0108] A bobina 98 circunda vantajosamente o revestimento de pressão 20 e é coaxial com o encaixe de extremidade 14.

[0109] A bobina 98 é compacta. A mesma tem uma altura axial menor que 10 mm e, em particular, compreendida entre 3 mm e 7 mm. A

mesma tem uma espessura radial menor que 5 mm e, em particular, compreendida entre 1 mm e 3 mm.

[0110] A mesma é, por exemplo, formada por um fio de cobre isolado com um diâmetro compreendido entre 0,05 mm e 0,5 mm para ser posicionado dentro do alojamento 94.

[0111] O conjunto de vedação traseiro 56 é posicionado atrás do conjunto de vedação frontal 54.

[0112] O mesmo compreende pelo menos um anel de ondulação 100 que ondula o revestimento externo 30, e um flange traseiro 102 para agarrar o anel traseiro 100 anexado à cobertura 51, vantajosamente, na borda traseira 72 da parede periférica 70.

[0113] A operação do dispositivo de detecção que compreende o encaixe de extremidade 14 de acordo com a invenção será agora descrita, uma vez que a mesma se refere ao monitoramento do movimento da carcaça 26 em relação ao revestimento 20.

[0114] Durante a produção, um hidrocarboneto, por exemplo, petróleo, circula na passagem interna 16 do cano 10, em contato com a carcaça 26.

[0115] O sensor 58 é ativado a cada momento de medição pela unidade 59. Conforme ilustrado pela Figura 5, a bobina 98 do sensor 58 é movida por uma corrente elétrica alternante que cria um campo magnético variável 110 orientado radialmente em direção ao eixo geométrico A-A' em direção à carcaça 26.

[0116] O espaço radial intermediário 96 entre a bobina 98 do sensor 58 e a carcaça 26 não dispõe de uma tela de metal, uma vez que o mesmo contém somente uma seção circunferencial do revestimento 20 e, opcionalmente, os revestimentos sacrificiais externo 31 e interno 77.

[0117] Os materiais poliméricos que constituem o revestimento de

pressão 20 e os revestimentos sacrificiais 31, 77 são, tanto isolantes eletricamente (condutividade elétrica nula) quanto não magnéticos (permeabilidade magnética idêntica àquela de um vácuo).

[0118] Esses materiais, por esse motivo, se comportam como ar ou um vácuo, de modo que o campo magnético variável 110 facilmente passa através do espaço radial 96 sem ser submetido a uma atenuação significativa. Desse modo, o campo magnético variável 110 tem uma intensidade significativa quando o mesmo atinge as proximidades da carcaça 26, o que torna possível aperfeiçoar a detecção e medir a sensibilidade dos deslizamentos da carcaça 26.

[0119] O campo magnético variável 110 causa correntes de Foucault na superfície da carcaça 26, por efeito de película. Conforme indicado acima, as correntes de Foucault induzidas, por sua vez, criam um campo magnético que opõem o campo que levou a sua criação.

[0120] Um campo magnético total resultante é, então, medido nas proximidades da bobina 98. Esse campo magnético total cria uma tensão através dos terminais da bobina 98 de onde a amplitude e a fase são medidas pela unidade 59 e são representativas de uma impedância complexa. Isso equivale a medir a impedância complexa da bobina 98. Essa impedância complexa depende da distribuição das correntes de Foucault induzidas em todas as partes condutoras situadas próximas à bobina 98. A mesma depende, por esse motivo, em particular, da presença e posição da carcaça 26.

[0121] A impedância complexa da bobina 98 pode ser representada por um ponto em um plano complexo, em que o eixo geométrico X desse ponto corresponde à parte real da impedância, isto é, a resistência e o eixo geométrico Y desse ponto que correspondem à parte imaginária da impedância, isto é, a reatância.

[0122] Os parâmetros principais que podem modificar a

impedância complexa da bobina 98 e que podem variar durante a produção são, por um lado, a posição da carcaça e, por outro lado, a temperatura do encaixe de extremidade.

[0123] De fato, a temperatura influencia a condutividade elétrica dos materiais condutores, assim como a permeabilidade magnética dos materiais magnéticos. Ainda assim, diversas partes situadas dentro da faixa do campo magnético variável 110 são compostas de materiais condutores e, às vezes, também de materiais ferromagnéticos, em particular, a carcaça 26, a cânula auxiliar 80, a rolha intermediária 90, a região de extremidade 35 da abóbada de pressão 28, o anel de ondulação auxiliar 81 e a manga de manutenção anular 92. Uma vez que o campo magnético variável 110 tem a capacidade de induzir as correntes de Foucault em todas essas partes, a distribuição dessas correntes de Foucault nessas partes depende, potencialmente, da condutividade elétrica e da permeabilidade magnética dos materiais que constituem essas partes.

[0124] Uma variação de temperatura, por esse motivo, cria uma variação na condutividade elétrica da permeabilidade magnética dessas partes, o que modifica a distribuição das correntes de Foucault e o campo induzido pelo último, o que por fim, resulta na modificação da impedância complexa da bobina 98.

[0125] É vantajoso, por esse motivo, processar o sinal a fim de distinguir a influência da temperatura daquela da posição da carcaça 26. O processamento mais simples consiste em escolher a frequência do campo variável 110, de modo que as variações da impedância complexa, associadas por um lado com uma variação de temperatura e por outro lado com a retirada da carcaça 26, tenham no plano complexo, fases significativamente diferentes e depois, com o uso de desse deslocamento de fase, distingam esses dois fenômenos. Esse tipo de processamento é preferencialmente implantado

quando o deslocamento de fase é maior que 45° , idealmente, próximo a 90° .

[0126] Em uma alternativa, diversas frequências são usadas ao mesmo tempo para realizar o processamento. Isso torna possível medir diversas impedâncias complexas que correspondem a diversas frequências e, depois, combinar esses sinais diferentes para maximizar a sensibilidade de medição dos movimentos da carcaça 26, enquanto se minimiza a influência dos parâmetros de perturbação que um indivíduo não busca medir, tipicamente, a influência da temperatura.

[0127] Na prática, duas a três frequências diferentes são vantajosamente usadas, por exemplo, separadas uma da outra por um fator multiplicativo pelo menos maior que cinco (por exemplo, as três frequências 2 kHz, 15 kHz e 100 kHz). Tal processamento é de uma natureza que varia significativamente o efeito de película e torna possível obter mais informações do que se um indivíduo tivesse trabalhado com uma única frequência. Esse processamento de frequência múltipla tem desempenho mais elevado do que um processamento de frequência única.

[0128] O módulo de correção presente na unidade 59 corrige o sinal medido para se adaptar às variações de temperatura presentes no encaixe de extremidade 14 e eliminar a influência da temperatura, através dos meios descritos acima.

[0129] O módulo de correção, por esse motivo, transforma, em tempo real, a(s) impedância(s) medida(s) em um sinal intermediário que é tanto não muito sensível às variações de temperatura quanto dependente da posição da carcaça 26.

[0130] Esse sinal intermediário é, de modo geral, uma função não linear da posição axial da carcaça. O módulo de quantificação presente na unidade 59 lineariza esse sinal intermediário, o que torna possível, avaliar precisamente a amplitude do movimento da carcaça 26. Esse processamento,

em particular, torna possível medir um deslizamento de amplitude baixa, o que torna possível detectar o início do deslizamento da carcaça muito antes de qualquer ruptura da anexação.

[0131] No caso de ruptura da anexação da carcaça 26 à abóbada de extremidade 50, retraindo-se a carcaça 26 e/ou a solda que anexa a carcaça 26 ao anel 82, a carcaça 26 se move em direção à traseira axialmente separada do sensor 58.

[0132] Conforme ilustrado pela Figura 6, o campo eletromagnético 110 é, então, significativamente afetado.

[0133] O sinal medido, por esse motivo, é submetido a uma variação significativa, por exemplo, de aproximadamente 5%, que é facilmente detectada pelo módulo de detecção da unidade 59.

[0134] A unidade 59, então, tem a capacidade de detectar a separação crítica da carcaça 26 por uma detecção de limite simples, sem necessariamente ter que linearizar o sinal.

[0135] O encaixe de extremidade 14 de acordo com a invenção, por esse motivo, permite a detecção rápida e eficaz de um movimento de uma camada de metal a ser monitorada dentro do encaixe de extremidade 14, ou a separação crítica da camada a ser monitorada. A camada a ser monitorada é, em particular, a carcaça 26, porém, poderia ser outra camada que compreende pelo menos um elemento metálico na sua região de extremidade.

[0136] Essa detecção se adapta facilmente a diferentes configurações de encaixe de extremidade 14. A mesma pode ser feita em encaixes de extremidade 14 situados no nível superior do cano flexível 10, por exemplo, no encaixe de extremidade superior 14 de um riser dinâmico flexível, que se conecta diretamente em um conector posicionado na superfície do encaixe de extremidade 14.

[0137] A medição pode também ser feita em um encaixe de

extremidade 14 situado em ou no fundo da extensão de água. O abastecimento de potência é feito, então, a partir da superfície por um cabo dentro ou fora do cano flexível 10. A medição da impedância é feita no encaixe de extremidade 14 e é escalada em direção à superfície por meio do cabo de potência, ou por meio de um segundo cabo. As informações podem também ser transmitidas à superfície por uma comunicação sem fio sinal entre o encaixe de extremidade 14 e a superfície.

[0138] A instalação do sensor 58 em um alojamento 94 da rolha intermediária 90 é particularmente vantajosa, uma vez que a mesma constitui uma modificação menor do encaixe de extremidade 14 que não exige uma alta qualificação.

[0139] A detecção realizada não perturba a produção e pode ser conduzida continuamente durante o uso do cano flexível 10.

[0140] Na realização descrita acima, o espaço radial intermediário que se estende entre a bobina 98 e a carcaça 26 é completamente livre de qualquer tela de metal, isto é, esse espaço intermediário é não magnético e isolante eletricamente. Essa configuração impede o campo magnético variável 110 de ser grandemente atenuado durante sua passagem através desse espaço intermediário, o que aperfeiçoa a precisão de medição do deslizamento da carcaça 26.

[0141] Entretanto, o dispositivo de monitoramento também funciona no caso em que uma tela fina de metal é inserida entre a bobina 98 e a carcaça 26.

[0142] Tal tela de metal é integrada, por exemplo, no sensor 58, para servir como uma proteção mecânica para a bobina 98 e impedir que a bobina 98 esteja em contato direto com o revestimento sacrificial externo 31.

[0143] A tela de metal é posicionada, por exemplo, abaixo da bobina 98, para fechar o alojamento 94 em direção ao lado de dentro.

[0144] Para manter uma sensibilidade adequada, é preferível, por um lado, produzir essa tela com um metal não magnético que é menos condutivo do que cobre, por exemplo, com um aço inoxidável austenítico e, por outro lado, limitar a espessura da tela, vantajosamente, para um valor abaixo de 2 mm, preferencialmente, abaixo de 1 mm.

[0145] Apesar de a invenção ter sido descrita no caso em que o sensor 58 compreende uma bobina 98 com um eixo geométrico combinado com o eixo geométrico A-A' do encaixe de extremidade 14, outros tipos de bobinas podem também ser usadas.

[0146] Em um exemplo, pelo menos uma bobina tem um eixo geométrico orientado radialmente em relação ao encaixe de extremidade 14.

[0147] Em tal realização, a bobina é alojada, vantajosamente, dentro de um alojamento do tipo furo cego usinado no anel-batente intermediário 90. O mesmo, por esse motivo, tem um comprimento e um diâmetro externos respectivamente menores que a espessura e o comprimento do anel-batente intermediário 90. Vantajosamente, o diâmetro externo de tal bobina orientada radialmente está compreendido entre 5 mm e 30 mm, preferencialmente entre 10 mm e 20 mm.

[0148] De acordo com alternativas dessa realização, diversas bobinas orientadas radialmente podem ser integradas em diferentes posições angulares do anel-batente intermediário 90, por exemplo, duas bobinas afastadas por 180° ou três bobinas distribuídas a cada 120°. Essas alternativas permite o monitoramento independente de diversas geratrizes da carcaça 26.

[0149] De acordo com outras alternativas vantajosas, o sensor 58 é equipado com duas bobinas idênticas posicionadas lado a lado e angularmente deslocadas em relação ao encaixe de extremidade 14.

[0150] A unidade 59 é duplicada, então, para medir a impedância de cada uma das duas bobinas, assim como a diferença de impedância entre

as duas bobinas.

[0151] Essa medição diferencial tem a vantagem de ser intrinsecamente bastante robusta e não muito sensível às variações de temperatura, uma vez que a temperatura tem, praticamente, a mesma influência em cada uma das duas bobinas. Ademais, essa medição diferencial é altamente sensível aos pequenos deslizamentos da carcaça 26, em particular, quando a distância que separa as duas bobinas não é igual a um múltiplo do afastamento espiral da carcaça interna 26.

[0152] Para avaliar precisamente um deslizamento de revestimento, é preferível realizar uma medição diferencial e uma medição absoluta em paralelo, o que essa realização permite.

[0153] Em uma alternativa, o sensor 58 é equipado com um circuito magnético a base de ferrita.

[0154] Isso modifica o campo magnético variável 110 emitido pela bobina 98, para orientar melhor a mesma em direção à carcaça 26. As perdas pelas correntes de Foucault nas partes fora a carcaça 26 são, então, reduzidas.

[0155] Conforme previamente descrito, o sensor 58 é alojado dentro da cobertura 51 na câmara 52 radialmente fora do segmento de extremidade 32 do revestimento de pressão 20. Essa característica traz o sensor 58 para mais perto da camada a ser monitorada. Essa camada tem, por esse motivo, a capacidade de ser monitorada sem ter que montar, no cano flexível, um tubo de metal interno conforme descrito no documento nº WO 2013/149983.

REIVINDICAÇÕES

1. ENCAIXE DE EXTREMIDADE DE CONEXÃO (14) DE UM CANO FLEXÍVEL de transporte de fluido (10), que tem um eixo geométrico central (A-A'), sendo que o encaixe de extremidade (14) compreende:

- pelo menos uma região de extremidade (33) de uma camada a ser monitorada (26) do cano flexível (10), sendo que a região de extremidade (33) é pelo menos parcialmente metálica;

- um segmento de extremidade (32) de um revestimento de pressão (20) do cano flexível (10);

- uma abóbada de extremidade (50) e uma cobertura (51) anexada à abóbada de extremidade (50), sendo que a abóbada de extremidade (50) e a cobertura (51) definem uma câmara (52) entre as mesmas;

caracterizado pelo encaixe de extremidade (14) compreender um sensor (58) para detectar a posição da camada a ser monitorada (26), com capacidade de detectar um movimento axial da região de extremidade (33), sendo que o sensor (58) é posicionado na extremidade do segmento de extremidade (32) do revestimento de pressão (20) e fora da abóbada de extremidade (50), sendo que o sensor (58) é alojado dentro da cobertura (51) na câmara (52).

2. ENCAIXE DE EXTREMIDADE (14), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo espaço radial intermediário (96) que se estende entre o sensor (58) e a camada a ser monitorada (26) não ter tela de metal entre o sensor (58) e a camada a ser monitorada (26).

3. ENCAIXE DE EXTREMIDADE (14), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 2, caracterizado pela camada a ser monitorada (26) ser uma camada de metal disposta dentro do revestimento de pressão (20), em particular, uma carcaça interna de metal posicionada dentro

do revestimento de pressão (20).

4. ENCAIXE DE EXTREMIDADE (14), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pela região de extremidade (33) ser axialmente fixada em relação à abóbada de extremidade (50) na parte frontal do sensor (58).

5. ENCAIXE DE EXTREMIDADE (14), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo cano flexível (10) compreender a abóbada de pressão (28) que circunda o revestimento de pressão (20), sendo que o sensor (58) é posicionado axialmente entre parte da região de extremidade (35) da abóbada de pressão (28) por um lado, e a abóbada de extremidade (50) do encaixe de extremidade (14) por outro lado.

6. ENCAIXE DE EXTREMIDADE (14), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado por definir um alojamento radial (94) para receber o sensor (58), sendo que o alojamento radial (94) emerge radialmente em direção ao eixo geométrico central (A-A'), em direção à camada a ser monitorada (26).

7. ENCAIXE DE EXTREMIDADE (14), de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo alojamento radial (94) ser fechado em direção ao eixo geométrico central (A-A') por um material de preenchimento não metálico.

8. ENCAIXE DE EXTREMIDADE (14), de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 a 7, caracterizado por compreender uma peça (90) encaixada na abóbada de extremidade (50) e/ou na cobertura (51), sendo que a peça (90) define o alojamento radial (94).

9. ENCAIXE DE EXTREMIDADE (14), de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pela peça ser um anel-batente (90), em particular, um anel-batente intermediário de uma abóbada de pressão (28) do cano flexível (10).

10. ENCAIXE DE EXTREMIDADE (14), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo sensor (58) ser um sensor de detecção eletromagnética, tal como um sensor indutivo ou um sensor de corrente Foucault.

11. ENCAIXE DE EXTREMIDADE (14), de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo sensor (58) compreender uma bobina (98) que circunda a camada a ser monitorada (26), ou compreender pelo menos uma bobina com um eixo geométrico radial em relação ao eixo geométrico central (A-A').

12. ENCAIXE DE EXTREMIDADE (14), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, caracterizado pela distância radial que separa o sensor (58) da camada a ser monitorada (26) ser menor do que 3 cm.

13. DISPOSITIVO PARA MONITORAR A INTEGRIDADE DE UM CANO FLEXÍVEL (10) caracterizado por compreender:

- um encaixe de extremidade (14) conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 12;

- uma unidade de processamento (59) para processar o sinal emitido pelo sensor (58), conectado ao sensor de detecção (58).

14. DISPOSITIVO, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pela unidade de processamento (59) compreender um módulo de correção, com capacidade de compensar as variações da temperatura no sensor (58).

15. MÉTODO PARA MONITORAR A INTEGRIDADE DE UM CANO FLEXÍVEL (10), caracterizado por compreender as seguintes etapas:

- fornecer um dispositivo conforme definido em qualquer uma das reivindicações 13 a 14;

- ativar o sensor (58);

- detectar um movimento axial da camada a ser monitorada (26)

pelo sensor de detecção (58) através do espaço radial intermediário (96).

16. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pela detecção compreender a determinação de uma variação do campo magnético localizado próximo ao sensor (58) após um movimento axial da camada a ser monitorada (26).

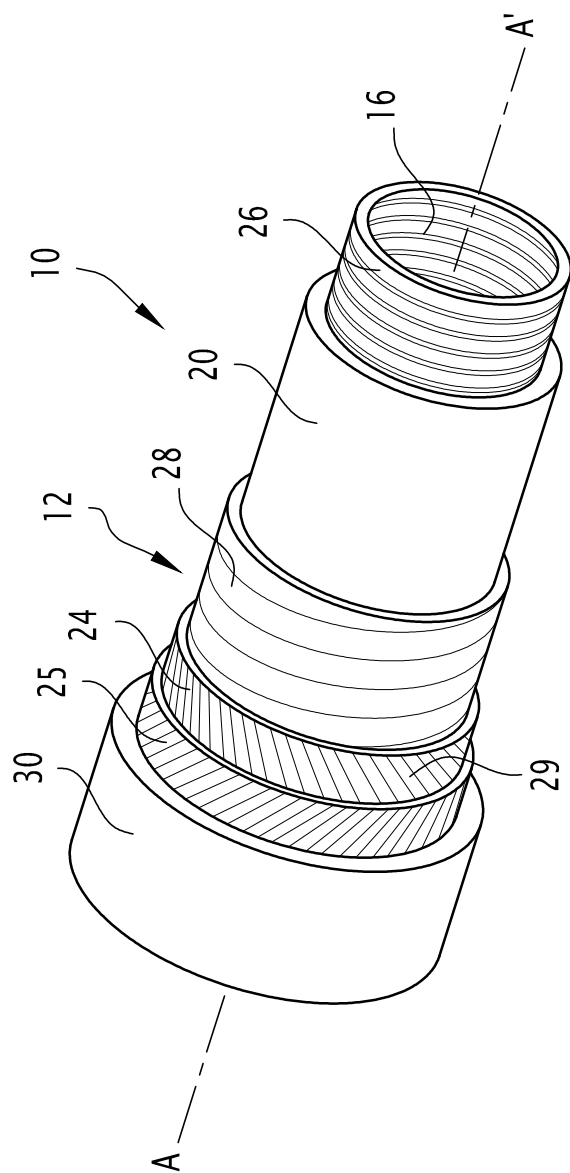


FIG.1

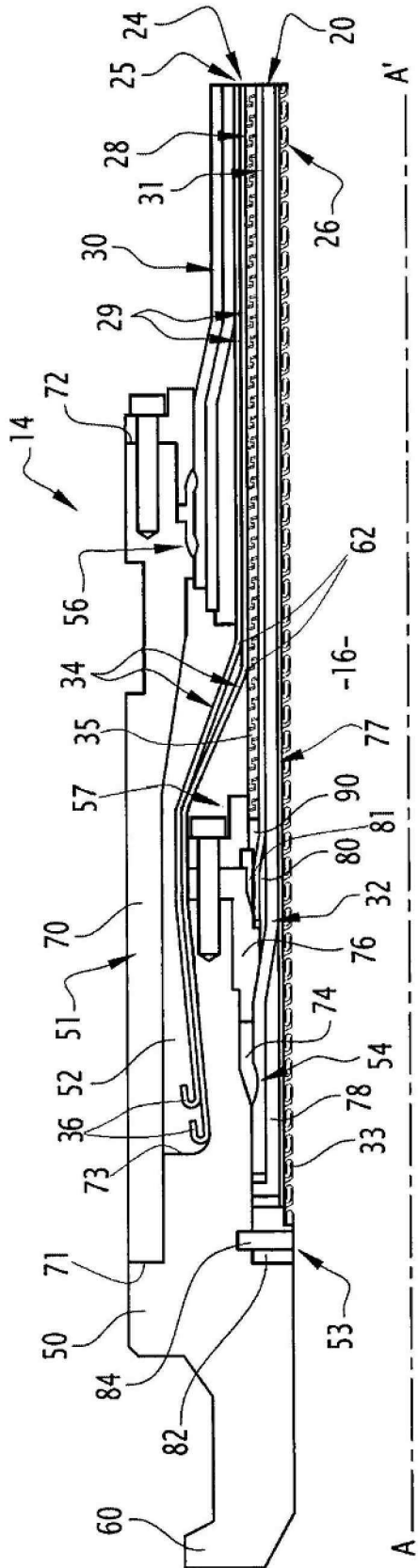


FIG. 2

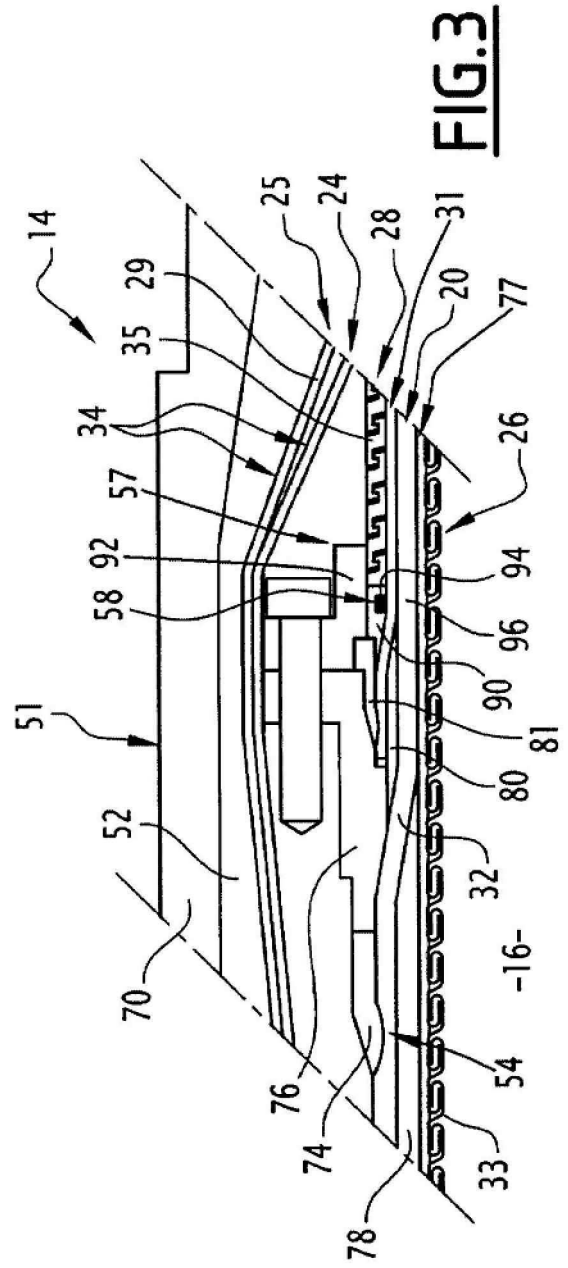


FIG. 3

