



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

(11) BR 112018008774-2 B1



(22) Data do Depósito: 03/11/2016

(45) Data de Concessão: 30/11/2021

(54) Título: TUBULAÇÃO, PROCESSO DE REGULAÇÃO DA ALTURA DE ÁGUA EM UMA TUBULAÇÃO E MÉTODO DE IMPLANTAÇÃO DE UMA TUBULAÇÃO EM UM CORPO DE ÁGUA

(51) Int.Cl.: F16L 1/12; E21B 19/09; E21B 21/08; F16L 1/235; F16L 55/10.

(30) Prioridade Unionista: 03/11/2015 FR 15 60514.

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

(72) Inventor(es): SYLVAIN ROUTEAU; PHILIPPE BOUTEYRE; EMILIE LACHAUD.

(86) Pedido PCT: PCT EP2016076569 de 03/11/2016

(87) Publicação PCT: WO 2017/076977 de 11/05/2017

(85) Data do Início da Fase Nacional: 30/04/2018

(57) Resumo: TUBULAÇÃO, MÉTODO DE REGULAÇÃO DA ALTURA DE ÁGUA NA TUBULAÇÃO E MÉTODO DE IMPLANTAÇÃO ASSOCIADO. Trata-se de uma tubulação (14) que se estende entre uma extremidade de superfície (20) e uma extremidade de fundo (22), e define uma passagem interior (24) que desemboca na extremidade de fundo (20) e na extremidade de superfície (20). A tubulação (14) compreende um membro de obturação dinâmico (30) na extremidade de fundo (22), próprio para se abrir acima de uma pressão de limite, que se aplica desde o exterior para o interior da tubulação (14), e para se fechar abaixo da pressão de limite. A pressão de limite é definida em função de pelo menos um parâmetro representativo do balanço vertical da tubulação sob o efeito da variação de altura.

**“TUBULAÇÃO, PROCESSO DE REGULAÇÃO DA ALTURA DE ÁGUA EM
UMA TUBULAÇÃO E MÉTODO DE IMPLANTAÇÃO DE UMA TUBULAÇÃO
EM UM CORPO DE ÁGUA”**

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção refere-se a uma tubulação destinada a ser implantada em um corpo de água desde uma superfície submetida a uma variação de altura, em que a tubulação se estende entre uma extremidade de superfície e uma extremidade de fundo e define uma passagem interior que desemboca na extremidade de fundo e na extremidade de superfície, em que a tubulação compreende um membro de obturação dinâmico na extremidade de fundo próprio para se abrir acima de uma pressão de limite, que se aplica desde o exterior para o interior da tubulação, e para se fechar abaixo da pressão de limite.

[002] A tubulação é especificamente um duto (pipeline) resistente à corrosão.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[003] É conhecido utilizar uma tubulação cuja superfície interna é realizada em uma liga resistente à corrosão, a tubulação é então denominada uma tubulação CRA. CRA é o acrônimo de “Corrosion Resistant Alloy”, ou liga resistente à corrosão. Existem diferentes tipos de tubulações CRA. Os SDP “Super Duplex pipelines” (dutos super duplex) são fabricados em uma única liga que é resistente à corrosão. Os MCP “Metallurgically clad pipelines” ou “dutos cobertos” são tubulações cuja superfície interna é coberta por uma liga resistente à corrosão por meio de um processo de tratamento de superfície. Os MLP “Mechanically lined pipelines” (dutos mecanicamente revestidos) são tubulações que incluem uma camisa interna fabricada em uma liga resistente à corrosão. Os MLP são por vezes também chamados “dutos cobertos”. As tubulações CRA podem ser igualmente obtidas por outros meios de fabricação.

[004] É conhecido utilizar outros tipos de tubulações resistentes à corrosão, em particular, tubulações PLP. PLP é o acrônimo de “Plastic Lined Pipe”, para tubo com revestimento em plástico.

[005] Em águas profundas, o peso de uma tubulação a ser colocada se torna um problema em razão de capacidades limitadas dos equipamentos de colocação.

[006] A colocação de tubulações vazias permite limitar esse problema de peso. Mas essa colocação é difícil por várias razões. As tubulações vazias não resistem à pressão hidrostática abaixo de uma certa profundidade. Além disso, o peso da tubulação pode ser útil para estabilizar a tubulação no fundo da água no decorrer de operações de colocação. De fato, quanto mais leve é a tubulação, mais essa é sensível às correntes e tem tendência a se mover nas correntes.

[007] Uma solução é depositar uma tubulação somente parcialmente vazia. Se a tubulação estiver vazia até uma certa profundidade, essa é mais facilmente manipulável.

[008] Portanto, é necessário dominar o peso da tubulação pela dominando-se a altura da coluna de água situada no interior da tubulação.

[009] É conhecido empregar unidades de imersão passiva, as PFU “passive flooding unit” para inibir e filtrar a água do mar que entra na tubulação a fim de limitar a corrosão. Um obturador de inspeção a montante ou a jusante da PFU permite causar ou não a inundação da tubulação de uma maneira passiva.

[010] No entanto, no momento da colocação de uma tubulação parcialmente preenchida desde uma superfície flutuante, por exemplo, desde uma embarcação de colocação, a superfície flutuante é submetida a uma variação de altura. A variação de altura da superfície aciona um movimento da tubulação.

[011] A água dentro da tubulação não é fixa por sua natureza fluida. Conseqüentemente, quando a tubulação inicia seu movimento dinâmico, a água é acionada pelo movimento da tubulação. Rapidamente, a água livre no interior da tubulação é acionada por sua inércia. A água inicia então uma translação alternada em relação ao movimento da tubulação.

[012] Esse movimento dinâmico da água dessincronizado do movimento da tubulação é amplificado pela compressibilidade da água e da tubulação que pode se dilatar, especificamente no sentido de seu diâmetro, sob o esforço gerado pela coluna de água em movimento. Esse movimento dinâmico complexo pode gerar uma onda acústica estacionária.

[013] Esse movimento dinâmico tem como consequência a expulsão da água interior à tubulação pela extremidade da tubulação situada na embarcação de colocação até o nível do convés ou além.

[014] O movimento dinâmico da água dentro da tubulação é denominado o balanço vertical. O balanço vertical é um movimento em translação de cima para baixo.

[015] A expulsão de água devido ao balanço vertical é perigosa para as pessoas situadas na embarcação de colocação. Ademais, a água expulsa pelo balanço vertical corre o risco de danificar o material presente na embarcação de colocação.

[016] Além disso, o balanço vertical torna complexo as operações de montagem ou de soldagem dos trechos da tubulação na embarcação de colocação. Do mesmo modo, o balanço vertical torna difícil a montagem de um trecho com uma arquitetura submarina como uma arquitetura ILT (*In Line Tee*, T em linha), uma arquitetura FLET (*Flowline End Termination*, terminação de fim de linha de escoamento) ou outras.

[017] De fato, é importante manter a superfície de água no interior da tubulação distante da extremidade superior da tubulação, de

maneira a limitar a umidade e os resíduos de produtos químicos durante as operações de soldagem. A soldadura é particularmente complexa no caso de tubulação CRA. Do mesmo modo, a montagem dos conectores dos trechos de uma tubulação flexível é impactada pelo nível de água.

[018] Um método alternativo para fabricar e colocar tubulações é baseado na inserção de uma tampa na tubulação. A inserção de uma tampa é, por exemplo, empregada para evitar a expulsão de água pela extremidade da tubulação durante as operações de soldagem. No entanto, essa operação é longa e trabalhosa. Ademais, é necessário retirar a tampa no final da implantação para utilizar a tubulação.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

[019] Um propósito da invenção é fornecer uma tubulação que pode ser implantada em um corpo de água desde uma superfície submetida a uma variação de altura, sem perigo e de forma simples e eficaz.

[020] Para esse fim, a invenção tem como objetivo uma tubulação do tipo supracitado, caracterizada pelo fato de que a pressão de limite é definida em função de pelo menos um parâmetro representativo do balanço vertical da tubulação sob o efeito da variação de altura.

[021] A tubulação de acordo com a invenção pode compreender uma ou várias das seguintes características, tomadas isoladamente ou seguindo qualquer combinação tecnicamente possível:

- a pressão de limite é definida em função do período do balanço vertical;
- a pressão de limite é definida em função da amplitude do balanço vertical;
- a passagem interior é parcialmente preenchida de água até uma altura de água regulada pelo membro de obturação dinâmico;
- a pressão de limite é dada pela fórmula:

$$P_c \geq \rho \cdot g \cdot a + \rho \cdot H_o \cdot \left(\frac{2\pi}{T_o} \right)^2 (w_d - a)$$

em que:

P_c é a pressão de limite do membro de obturação dinâmico,

ρ é a densidade da água do corpo de água,

g é a gravidade,

a é a altura de água de referência na tubulação em relação à extremidade de fundo,

w_d é a profundidade da extremidade de fundo em relação à superfície,

H_o é a altura do balanço vertical, e

T_o é o período do balanço vertical.

- a tubulação é formada de trechos de tubulação soldados entre si;

- a tubulação é realizada à base de uma liga resistente à corrosão.

[022] A invenção tem igualmente como objetivo um processo de regulação da altura de água em uma tubulação implantada em um corpo de água desde uma superfície submetida a uma variação de altura, em que a tubulação se estende entre uma extremidade de superfície e uma extremidade de fundo e define uma passagem interior que desemboca na extremidade de fundo e na extremidade de superfície, em que a tubulação compreende um membro de obturação dinâmico na extremidade de fundo próprio para se abrir acima de uma pressão de limite, que se aplica desde o exterior para o interior da tubulação, e para se fechar abaixo da pressão de limite, sendo que o processo compreende as seguintes etapas:

- fornecer um parâmetro representativo do balanço vertical da tubulação sob o efeito da variação de altura,

- calcular uma pressão de limite em função do parâmetro representativo do balanço vertical,

- regular a abertura do membro de obturação dinâmico até a pressão de limite.

[023] O processo de regulação da altura de água de acordo com a invenção pode compreender a seguinte característica:

- a pressão de limite (P_c) é dada pela fórmula:

$$P_c \geq \rho \cdot g \cdot a + \rho \cdot H_o \cdot \left(\frac{2\pi}{T_o} \right)^2 (w_d - a)$$

Em que:

P_c é a pressão de limite P_c do membro de obturação dinâmico

ρ é a densidade da água do corpo de água,

g é a gravidade,

a é a altura de água de referência na tubulação e em relação à extremidade de fundo.

w_d é a profundidade da extremidade de fundo em relação à superfície,

H_o é a altura do balanço vertical, e

T_o é o período do balanço vertical.

[024] A invenção tem igualmente como objetivo um método de implantação de uma tubulação em um corpo de água, em que a tubulação compreende um trecho de fundo que apresenta uma extremidade de fundo e uma extremidade superior, em que a tubulação compreende um membro de obturação dinâmico na extremidade de fundo, próprio para se abrir acima de uma pressão de limite, que se aplica desde o exterior para o interior da tubulação, e para se fechar acima da pressão de limite e pelo menos um segundo trecho, sendo que o método de implantação compreende as seguintes etapas:

- implantar um trecho de fundo que compreende o membro de obturação dinâmico na água,
 - descer o segundo trecho no corpo de água,
- em que a altura de água é regulada na tubulação por um processo de regulação conforme descrito anteriormente, de maneira a estar distante da extremidade superior do trecho de fundo.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[025] A invenção será mais bem compreendida pela leitura da descrição que segue, dada unicamente a título de exemplo, e feita referindo-se aos desenhos anexos, nos quais:

- a Figura 1 é uma vista em corte de uma tubulação de acordo com a invenção; e
- a Figura 2 é uma representação esquemática do balanço vertical dentro da tubulação.

DESCRIÇÃO DAS REALIZAÇÕES DA INVENÇÃO

[026] Daqui em diante, os termos “exterior” ou “exteriormente” e “interior” ou “interiormente” são entendidos geralmente de maneira radial em relação a um eixo geométrico central A-A’ da tubulação. O termo “exterior” é entendido como relativamente mais afastado radialmente do eixo geométrico central A-A’ e o termo “interior” é entendido como mais próximo radialmente do eixo geométrico central A-A’ da tubulação. Além disso, os termos “montante” e “jusante” são entendidos geralmente em relação ao sentido normal de circulação de um fluido de petróleo. No caso particular de uma tubulação de injeção do fluido, o fluido é injetado desde a parte alta para a parte baixa da tubulação, os termos “montante” e “jusante” devem consequentemente ser interpretados ao contrário de uma tubulação normal de produção.

[027] As pressões mencionadas são pressões diferenciais, salvo indicações do contrário.

[028] Uma instalação 1 de colocação de uma tubulação de transporte de fluido em um corpo de água 2 é ilustrada parcialmente pela Figura 1.

[029] A instalação 1 é, por exemplo, destinada a colocar uma tubulação entre um conjunto de fundo próprio para extrair hidrocarbonetos no fundo do corpo de água 2 e um conjunto de recuperação (não representados).

[030] O corpo de água 2 é, por exemplo, um mar, um lago ou um oceano. A profundidade do corpo de água 2 transversalmente à instalação 1 entre a superfície 4 e o fundo 8 está, por exemplo, compreendida entre 50 metros e 3.000 metros.

[031] A água do corpo de água 2 apresenta uma densidade ρ . Por exemplo, a água é água do mar de densidade 1.025 kg/m^3 .

[032] A superfície 4 do corpo de água 2 é, por exemplo, submetida localmente a um movimento oscilante que faz variar sua altura, tal como a onda, como ilustrado pela Figura 2.

[033] A instalação 1 inclui pelo menos um conjunto de superfície 12 vantajosamente flutuante, destinado à colocação de uma tubulação 14. Ademais, a instalação 1 inclui um sensor de medição de características de movimento do corpo de água 2 e uma unidade de cálculo.

[034] A tubulação 14 é destinada a ser disposta através do corpo de água 2 desde o conjunto de superfície 12. A tubulação 14 é destinada a conectar o conjunto de fundo ao conjunto de recuperação.

[035] O conjunto de superfície 12 é uma embarcação de colocação da tubulação 14. Alternativamente, o conjunto de superfície 12 é uma plataforma.

[036] O conjunto de superfície 12 é submetido a uma variação de altura. A variação de altura do conjunto de superfície 12 é dependente da onda.

[037] A variação de altura é, por exemplo, periódica.

[038] A variação de altura do conjunto de superfície 12 apresenta vantajosamente uma amplitude que vai de 0 metro a 15 metros para períodos compreendidos entre 0,5 segundo e 10 minutos.

[039] O conjunto de superfície 12 inclui equipamentos de colocação da tubulação 14.

[040] Os equipamentos de colocação compreendem, por exemplo, tensores e unidades de soldagem. Os equipamentos de colocação têm capacidade para montar sequencialmente trechos da tubulação 14 para fazer a mesma descer progressivamente no corpo de água 2.

[041] A tubulação 14 se estende entre uma extremidade de superfície 20 e uma extremidade de fundo 22 de acordo com um eixo geométrico central de simetria A-A'. A tubulação 14 inclui uma parede 32 externa vedada que define uma passagem interior 24 que desemboca em uma abertura inferior 26 na extremidade de fundo 22 e em uma abertura superior 28 na extremidade de superfície 20. A tubulação compreende adicionalmente um membro de obturação dinâmico 30 da passagem interior 24 situado na extremidade de fundo 22.

[042] A tubulação 14 apresenta, por exemplo, uma seção transversal circular.

[043] A tubulação 14 apresenta um diâmetro interno compreendido entre 12 cm e 102 cm.

[044] A tubulação 14 apresenta um comprimento de acordo com o eixo geométrico central A-A' compreendido entre 100 m e 50 km. A tubulação 14 apresenta, por exemplo, uma forma em catenária de acordo com o eixo geométrico central A-A'.

[045] A tubulação 14 é aqui uma tubulação rígida metálica. A tubulação 14 é vantajosamente formada de uma montagem de trechos. No exemplo, a tubulação 14 é realizada à base de uma liga resistente à corrosão.

A tubulação é uma tubulação CRA, por exemplo, uma tubulação SDP, MCP ou MLP.

[046] Alternativamente, a tubulação 14 é uma tubulação flexível. Alternativamente, a tubulação 14 é uma tubulação híbrida que inclui pelo menos uma parte rígida e pelo menos uma parte flexível.

[047] A tubulação 14 inclui diferentes trechos 62, 64, 70 montados entre si.

[048] Cada trecho 62, 64, 70 inclui uma extremidade inferior e uma extremidade superior. Cada extremidade superior de um trecho é adaptada para ser soldada ou conectada a uma extremidade inferior de um outro trecho 62, 64, 70.

[049] No exemplo, cada trecho 62, 64, 70 é rígido. O comprimento de cada trecho 62, 64, 70 está, por exemplo, compreendido entre 50 m e 200 m.

[050] A tubulação 14 inclui, adicionalmente, um trecho de fundo 64 que define uma extremidade de fundo 66 e uma extremidade superior 68. O trecho de fundo 64 contém em sua extremidade de fundo 66 o membro de obturação dinâmico 30.

[051] Em um exemplo não representado, pelo menos um trecho é, adicionalmente, igualmente montado em um equipamento de arquitetura submarina como uma arquitetura ILT (*In Line Tee*), uma arquitetura FLET (*Flowline End Termination*), um coletor, um separador submarino ou outros.

[052] A extremidade de superfície 20 é disposta vantajosamente acima do nível da superfície do corpo de água 2 no conjunto de superfície 12, ou em um volume gasoso situado sob a superfície 4 do corpo de água 2.

[053] No exemplo representado, a extremidade de fundo 22 da tubulação 14 repousa no fundo 6 do corpo de água 2. Alternativamente, a extremidade de fundo 22 da tubulação 14 é disposta livre no corpo de água 2.

[054] W_d designa a profundidade da extremidade de fundo 22 da tubulação 14 em relação à superfície 4 do corpo de água 2.

[055] A passagem interior 24 é parcialmente preenchida de água até uma altura de água h .

[056] A altura de água h é medida entre a profundidade da extremidade de fundo 22 e a interface 40 entre a água e o ar na passagem interior 24 da tubulação 14.

[057] Denomina-se “coluna de água” a quantidade de água na passagem interior 24 compreendida entre a extremidade de fundo 22 e a interface 40.

[058] A altura de água h varia em função do balanço vertical. A altura de água h é regulada pelo membro de obturação dinâmico 30 para atingir a altura de água de referência a , como será descrito em seguida.

[059] Denomina-se balanço vertical o movimento dinâmico da água no interior da tubulação 14 sob o efeito da variação de altura da superfície 4.

[060] O balanço vertical apresenta, por exemplo, um período T_0 e uma amplitude H_0 , conforme representado na Figura 2. A Figura 2 representa a altura de água h , isto é, a altura da interface 40 na tubulação 14 em função do tempo.

[061] Em funcionamento, a média da altura de água h , por exemplo em um período T_0 , é igual à altura de água de referência a .

[062] A parede 32 é vedada. A parede 32 impede a penetração da água desde o exterior da tubulação 14 para a passagem interior 24.

[063] O membro de obturação dinâmico 30 é próprio para se abrir acima de uma pressão de limite P_c para permitir a entrada de água na passagem interior 24. A abertura pelo membro de obturação dinâmico 30 é, por exemplo, parcial. O membro de obturação dinâmico 30 é próprio para se fechar

abaixo da pressão de limite P_c para impedir a entrada de água na passagem interior 24.

[064] De acordo com a invenção, a pressão de limite P_c se aplica desde o exterior para o interior da tubulação 14.

[065] A pressão de limite P_c é definida em função de pelo menos um parâmetro representativo do balanço vertical da tubulação 14 sob o efeito da variação de altura.

[066] Por exemplo, a pressão de limite P_c é definida em função do período T_o do balanço vertical e/ou em função da amplitude H_o do balanço vertical.

[067] A pressão de limite P_c é, além disso, definida vantajosamente em função da altura de água de referência \underline{a} .

[068] A pressão de limite P_c é definida ao mesmo tempo em função da componente estática e do balanço vertical.

[069] A componente estática é a pressão hidrostática ligada ao peso da coluna de água de altura de água de referência \underline{a} .

[070] A pressão de limite P_c é, de preferência, definida pela fórmula;

$$P_c \geq \rho \cdot g \cdot a + \rho \cdot H_o \cdot \left(\frac{2\pi}{T_o} \right)^2 (w_d - a)$$

Em que:

- P_c é a pressão de limite do membro de obturação 30,
- ρ é a densidade da água,
- g é a gravidade,
- \underline{a} é a altura de água de referência na tubulação 14 entre a interface 40 e a extremidade de fundo 22,
- W_d é a profundidade da extremidade de fundo 22 em relação à superfície 4 do corpo de água 2,

- H_o é a altura do balanço vertical, e
- T_o é o período do balanço vertical.

[071] Por exemplo, a abertura do membro de obturação dinâmico 30 é assim ajustada em função da pressão de limite P_c calculada pela unidade de cálculo.

[072] O membro de obturação dinâmico 30 permite um controle dinâmico da pressão na passagem interior 24 da tubulação 14. O membro de obturação dinâmico 30 controla assim a inundação da tubulação 14.

[073] O membro de obturação dinâmico 30 é, por exemplo, uma válvula de inspeção ou um obturador. Alternativamente, o membro de obturação dinâmico 30 inclui, adicionalmente, outras componentes hidráulicas que permitem melhorar o sistema de pressão de acordo com uma curva de vazão.

[074] A pressão de calibração do membro de obturação dinâmico 30 é regulada por meios hidráulicos, pneumáticos, elétricos e/ou mecânicos.

[075] O membro de obturação dinâmico 30 compreende, por exemplo, uma mola calibrada própria para pressionar o membro de obturação dinâmico para uma posição de fechamento. A passagem de circulação é mantida fechada enquanto a diferença de pressão entre o exterior da tubulação e a passagem interior 24 for inferior à pressão de limite P_c . Quando a diferença de pressão entre o exterior da tubulação e a passagem interior 24 estiver acima da pressão de limite P_c , em que a pressão no exterior é superior à da passagem interior 24, o membro de obturação dinâmico passa para a posição de abertura de encontro à força produzida pela mola. Desse modo, o membro de obturação dinâmico 30 permite a passagem de água desde o exterior para a passagem interior 24 através da abertura inferior 26 parcialmente aberta. A mola exerce um esforço predeterminado que se opõe ao regresso do líquido quando o diferencial de pressão é inferior à pressão de limite P_c .

[076] Alternativamente, a abertura do membro de obturação dinâmico 30 é comandada em função de uma medição eletrônica, pneumática ou hidráulica da diferença de pressão entre o exterior da tubulação 14 e a passagem interior 24.

[077] O sensor é vantajosamente disposto no conjunto de superfície 12.

[078] O sensor permite medir as variações de altura do conjunto de superfície 12 e/ou da superfície 4. Por exemplo, o sensor determina parâmetros representativos da onda em tempo real.

[079] Alternativamente, o sensor é disposto distante do conjunto de superfície 12, em uma boia, por exemplo. Por exemplo, o sensor disposto distante alimenta uma base de dados de medidas efetuadas a cada dia.

[080] A unidade de cálculo é vantajosamente disposta no conjunto de superfície 12.

[081] A unidade de cálculo é própria para determinar um parâmetro representativo do balanço vertical na tubulação 14 em função da variação de altura.

[082] A unidade de cálculo é própria para determinar, por exemplo, o período T_0 do balanço vertical e/ou a amplitude H_0 do balanço vertical em função da variação de altura da superfície 4.

[083] A amplitude do balanço vertical H_0 é, por exemplo, calculada em função da aceleração do conjunto de superfície 2, em função do comprimento da tubulação 14 preenchida de água e/ou em função do diâmetro da tubulação 14. A amplitude do balanço vertical H_0 é calculada a partir de modelos físicos convencionais de hidrodinâmica marinha. A amplitude do balanço vertical H_0 e o período do balanço vertical T_0 dependem da amplitude e do período da onda. O cálculo da amplitude H_0 e do período T_0 do balanço vertical varia em função do tamanho do conjunto de superfície 12, dos

equipamentos que são dispostos no conjunto de superfície 12 e do tamanho da tubulação 14.

[084] Por exemplo, a amplitude do balanço vertical H_o é estimada a partir de valores predeterminados. Por exemplo, a amplitude do balanço vertical H_o é estimada a partir de uma altura significativa máxima, obtidas a partir dos valores máximos medidos no decorrer de um período predeterminado, por exemplo durante os últimos 50 anos ou os últimos 100 anos. Alternativamente, a amplitude do balanço vertical H_o é estimada a partir de um valor médio significativo calculado a partir das medidas efetuadas no decorrer de um período predeterminado, por exemplo durante os últimos 50 anos ou os últimos 100 anos. Esses valores significativos são geralmente baseados em leituras em mar por meio de uma instrumentação embarcada em uma ou várias boias. Os mesmos podem ser disponibilizados em uma base de dados acessível internamente ou por meio de internet.

[085] A unidade de cálculo é própria para determinar uma pressão de limite P_c em função do parâmetro representativo do balanço vertical na tubulação 14. A unidade de cálculo é própria para determinar uma pressão de limite P_c em função da altura de água de referência \underline{a} .

[086] As forças de inércia associadas ao balanço vertical são convertidas em pressão de limite P_c por um cálculo.

[087] Quanto maior é a altura de referência \underline{a} da coluna de água, maior é pressão de limite P_c .

[088] Por exemplo, a pressão de limite P_c é superior a 1 MPa (10 bar) em uma tubulação de 25 centímetros de diâmetro imersa em 1.500 m de água.

[089] Em um primeiro modo de realização, a pressão de limite P_c é determinada inicialmente escolhendo-se o valor obtido quando a tubulação 14 repousa no fundo do corpo de água 2. O membro de obturação dinâmico 30

é então regulado na pressão de limite P_c em superfície antes de sua imersão e conserva sua regulação no momento da colocação.

[090] Um processo de regulação da altura de água h em uma tubulação 14 implantada em um corpo de água 2 desde uma superfície submetida a uma variação de altura será agora descrito.

[091] É fornecido um parâmetro representativo do balanço vertical da tubulação 14 sob o efeito da variação de altura. Por exemplo, o sensor mede a onda e determina a variação de altura do conjunto de superfície 12.

[092] A unidade de cálculo calcula um parâmetro representativo do balanço vertical, por exemplo o período do balanço vertical e/ou a amplitude do balanço vertical em função da variação de altura. Uma pressão de limite P_c é calculada em função do parâmetro representativo do balanço vertical pela unidade de cálculo.

[093] Uma vez que a pressão de limite P_c foi avaliada pela unidade de cálculo, é possível compensar o efeito do balanço vertical pelo controle do membro de obturação dinâmico 30.

[094] O membro de obturação dinâmico 30 é regulado em função da pressão de limite P_c determinada, no conjunto de superfície 12 antes da imersão da tubulação 14. Uma vez que a pressão de limite P_c foi regulada, a tubulação 14 é imersa no corpo de água 2.

[095] Se a pressão interna da tubulação 14 for inferior à pressão de limite P_c , a água entra na passagem interior 24 pela abertura inferior 26. A altura de água h se eleva até a altura de água de referência a correspondente à altura utilizada para o cálculo da pressão de limite P_c . O volume de água na passagem interior 24 da tubulação aumenta. O nível da interface 40 aumenta até que a pressão no interior da tubulação no nível do membro de obturação dinâmico 30 seja superior ou igual à pressão de limite P_c .

[096] Quando a pressão interna da tubulação é igual à pressão de limite P_c , a altura de água h , o nível da interface 40 está na altura de água de referência a .

[097] O membro de obturação dinâmico 30 se fecha desse modo.

[098] Um método de implantação da tubulação 14 em um corpo de água 2 será agora descrito.

[099] Inicialmente, os trechos 62, 64, 70 destinados a formar a tubulação são fornecidos no conjunto de superfície 12.

[0100] A pressão de limite P_c é avaliada pela unidade de cálculo, tendo em conta o balanço vertical.

[0101] O membro de obturação dinâmico 30 é regulado em função da pressão de limite P_c , por exemplo, no conjunto de superfície 12 antes da imersão do trecho de fundo 66.

[0102] A extremidade de fundo 66 do trecho de fundo 64 é colocada na água por meio dos equipamentos de colocação até uma certa profundidade.

[0103] A altura de água h na tubulação 14 formada pelo trecho de fundo 64 é regulada pelo membro de obturação dinâmico 30 como anteriormente descrito.

[0104] Um segundo trecho 70 é, em seguida, soldado na extremidade superior 68 do trecho de fundo 64 com o auxílio dos equipamentos de colocação.

[0105] A altura de água h é regulada antes da etapa de soldagem de maneira a estar distante da extremidade superior 68 do trecho de fundo 64.

[0106] Em seguida, a tubulação formada pelo segundo trecho 70 e o trecho de fundo 64 é imersa mais profundamente na água.

[0107] Um terceiro trecho 72 é soldado na extremidade superior da tubulação formada pelo segundo trecho 70 e o trecho de fundo 64.

[0108] O processo é assim reproduzido, até obter o comprimento de tubulação 14 desejado.

[0109] No decorrer da colocação da tubulação 14, a extremidade de fundo 22 é inicialmente livre no corpo de água 2 até entrar em contato com o fundo 6 do corpo de água 5 e repousar no fundo 6.

[0110] Em um segundo modo de realização, a unidade de cálculo determina a amplitude H_0 e o período T_0 várias vezes no decorrer da colocação da tubulação 14 a partir das medidas do sensor.

[0111] Vantajosamente, após cada nova determinação da amplitude H_0 e do período T_0 do balanço vertical, uma pressão de limite P_c é calculada pela unidade de cálculo e o membro de obturação dinâmico 30 é regulado à pressão de limite P_c .

[0112] Por exemplo, a unidade de cálculo é própria para determinar uma sequência de pressão de limite P_c em função de uma série de alturas de água de referência a ser adaptada na colocação da tubulação.

[0113] O membro de obturação dinâmico 30 é regulado sucessivamente a uma primeira pressão de limite P_c correspondente, por exemplo, a uma primeira altura de água de referência a , e depois a uma segunda pressão de limite P_c correspondente a uma segunda altura de água de referência \underline{a} .

[0114] O método de implantação da tubulação 14 em um corpo de água 2 de acordo com o segundo modo de realização difere do método anteriormente descrito pelo fato de que a pressão de limite P_c é determinada a cada instante no momento da descida da tubulação 14 no corpo de água 2. O método compreende, então, várias etapas de regulagens do membro de obturação dinâmico 30 à pressão de limite P_c adaptada.

[0115] O nível da pressão de limite P_c é vantajosamente ajustado no membro de obturação dinâmico 30 após cada etapa de imersão.

Alternativamente, o membro de obturação dinâmico 30 é dirigido permanentemente para se abrir em função da pressão de limite P_c determinada a cada instante. Por exemplo, o membro de obturação dinâmico 30 é regulado manualmente por um mergulhador, um veículo submarino teleguiado ou autônomo ROV, AUV. Alternativamente, a parte regulável do membro de obturação dinâmico 30 é telecomandada, por exemplo, desde o conjunto de superfície 12.

[0116] O controle do nível de água é efetuado ao longo da sequência de colocação.

[0117] A regulação do nível de água no decorrer da imersão da tubulação 14 durante sua instalação permite evitar os problemas mencionados. As operações de soldagem em superfície são facilitadas.

[0118] A utilização de um membro de obturação dinâmico 30 permite evitar de bombear o ar úmido e torna as operações de soldagem mais simples.

[0119] A utilização de um membro de obturação dinâmico 30 permite controlar a inundação na tubulação 14. Isso permite limitar o nível da água suficientemente sob o nível da superfície do corpo de água 2.

[0120] A água aplica uma pressão crescente na extremidade de fundo 22 em função da profundidade no exterior do membro de obturação 30.

[0121] A passagem interior 24 é parcialmente inundada pela água do corpo de água 2 no qual é mergulhada a tubulação 14 até uma altura de água de referência \underline{a} dependente da pressão de limite P_c .

[0122] O fato de determinar a amplitude máxima H_o do movimento de balanço vertical da tubulação 14 para regular a pressão de limite P_c do membro de obturação dinâmico 30 permite ter um processo robusto para imergir a tubulação.

[0123] O nível da interface 40 no interior da tubulação é

controlado pelo membro de obturação dinâmico 30 que se abre e se fecha regularmente, tendo em conta o balanço vertical.

[0124] A possibilidade de obter uma tubulação 14 parcialmente vazia permite ter uma tubulação 14 mais leve, mas que permanece pesada no nível do fundo 8 do corpo de água 2. A implantação da tubulação 14 é então facilitada.

[0125] Ademais, esse controle permite impedir a expulsão da água pela abertura superior 28.

[0126] Ademais, o domínio do peso da tubulação 14 dominando-se a altura de água h permite limitar a degradação dos equipamentos de colocação da tubulação 14.

[0127] Em uma realização variante, a tubulação 14 inclui, adicionalmente, uma bomba volumétrica. A bomba volumétrica é utilizada em complemento do membro de obturação dinâmico 30 que mantém o nível da água na tubulação 14 a um nível desejado.

[0128] Alternativamente, a tubulação 14 é desenrolada de maneira contínua desde a superfície 4 e é descida progressivamente no corpo de água 2.

[0129] Em uma realização variante, somente uma parte da tubulação é de liga resistente à corrosão.

[0130] Em uma realização variante, a tubulação 14 é uma tubulação flexível vantajosamente formada de uma montagem de trechos. Por exemplo, a tubulação 14 é uma tubulação flexível de passagem interna lisa, designada usualmente pelo termo tubulação “smooth bore” (de alma lisa) ou outras.

[0131] A tubulação 14 inclui diferentes trechos flexíveis montados entre si. Cada trecho inclui uma extremidade inferior e uma extremidade superior. O comprimento de cada trecho flexível está, por exemplo,

compreendido entre 50 m e 50 km.

[0132] Por exemplo, a tubulação inclui conectores para montar a extremidade superior de um trecho a uma extremidade inferior de um outro trecho.

[0133] Em um modo de realização, como descrito anteriormente, o membro de obturação dinâmico 30 tem capacidade para se abrir quando a diferença entre a pressão no exterior da tubulação 14, que se aplica no membro de obturação dinâmico 30, e a pressão na passagem interna 24, que se aplica no membro de obturação dinâmico 30, é superior ou igual à pressão de limite P_c .

[0134] O membro de obturação dinâmico 30 tem capacidade para ser fechado quando a diferença entre a pressão no exterior da tubulação 14, que se aplica no membro de obturação dinâmico 30, e a pressão na passagem interna 24, que se aplica no membro de obturação dinâmico 30, é inferior à pressão de limite P_c .

[0135] Esse é especificamente o caso quando o membro de obturação dinâmico 30 compreende uma comporta ou um obturador dotado de uma mola calibrada.

[0136] A diferença de pressão que se aplica em ambos os lados do membro de obturação 30 dirige, então, sua abertura.

[0137] Mais geralmente, o membro de obturação dinâmico 30 tem capacidade para se abrir quando a diferença entre a pressão no exterior da tubulação 14, que se aplica em um ponto qualquer situado no exterior da tubulação 14, e a pressão na passagem interna 24, que se aplica em um ponto qualquer da passagem interna 24, é superior ou igual à pressão de limite P_c . De preferência, os pontos de aplicação da pressão são situados no nível do membro de obturação dinâmico 30, em ambos os lados do membro de obturação dinâmico 30.

[0138] O membro de obturação dinâmico 30 tem, então, capacidade para ser fechado quando essa diferença de pressão é inferior à pressão de limite P_c .

[0139] Esse é especificamente o caso quando a abertura do membro de obturação dinâmico 30 é comandada em função de uma medição eletrônica, pneumática ou hidráulica da diferença de pressão entre o exterior da tubulação 14 e a passagem interior 24, no nível dos pontos supracitados.

[0140] Em todo o antecedente, o membro de obturação dinâmico 30 inclui na extremidade de fundo 22 um meio de comando de sua abertura e de seu fechamento. O meio de comando é, por exemplo, um membro mecânico tal como uma mola calibrada.

[0141] Alternativamente, o meio de comando é um atuador, no caso em que a abertura e o fechamento são comandados em função de uma medição eletrônica, pneumática ou hidráulica da diferença de pressão entre o exterior da tubulação 14 e a passagem interior 24.

[0142] O atuador é, por exemplo, dotado de uma unidade de direção situada na extremidade de fundo 22, própria para comparar a diferença de pressão medida na pressão de limite P_c e para conseqüentemente dirigir o atuador.

[0143] Em uma realização variante, a unidade de direção é deslocada em relação ao atuador e é ligada ao atuador.

REIVINDICAÇÕES

1. TUBULAÇÃO (14), destinada a ser implantada em um corpo de água (2) desde uma superfície (12) submetida a uma variação de altura, em que a tubulação (14) se estende entre uma extremidade de superfície (20) e uma extremidade de fundo (22) e define uma passagem interior (24) que desemboca na extremidade de fundo (22) e na extremidade de superfície (20), em que a tubulação (14) compreende um membro de obturação dinâmico (30) na extremidade de fundo (22) próprio para se abrir acima de uma pressão de limite (Pc), que se aplica desde o exterior para o interior da tubulação (14), e para se fechar abaixo da pressão de limite (Pc),

caracterizada pela pressão de limite (Pc) ser definida em função de pelo menos um parâmetro representativo (Ho, To) do balanço vertical da tubulação sob o efeito da variação de altura.

2. TUBULAÇÃO (14), de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pela pressão de limite (Pc) ser definida em função do período (To) do balanço vertical.

3. TUBULAÇÃO (14), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 2, caracterizada pela pressão de limite (Pc) ser definida em função da amplitude (Ho) do balanço vertical.

4. TUBULAÇÃO (14), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizada pela passagem interior (24) ser parcialmente preenchida de água até uma altura de água (h) regulada pelo membro de obturação dinâmico (30).

5. TUBULAÇÃO (14), de acordo com a reivindicação 4, caracterizada pela pressão de limite (Pc) ser dada pela fórmula:

$$Pc \geq \rho.g.a + \rho.Ho.\left(\frac{2\pi}{To}\right)^2 (w_d - a)$$

em que:

P_c é a pressão de limite do membro de obturação dinâmico (30),
 ρ é a densidade da água do corpo de água (2),
 g é a gravidade,
 a é a altura de água de referência na tubulação (14) em relação à extremidade de fundo (22),

w_d é a profundidade da extremidade de fundo (22) em relação à superfície (12),

H_o é a altura do balanço vertical, e

T_o é o período do balanço vertical.

6. TUBULAÇÃO (14), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizada por ser formada de trechos de tubulação soldados entre si.

7. TUBULAÇÃO (14), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizada por ser realizada à base de uma liga resistente à corrosão.

8. PROCESSO DE REGULAÇÃO DA ALTURA DE ÁGUA (a) EM UMA TUBULAÇÃO (14), implantada em um corpo de água (2) desde uma superfície (12) submetida a uma variação de altura, em que a tubulação (14) se estende entre uma extremidade de superfície (20) e uma extremidade de fundo (22), e que define uma passagem interior (24) que desemboca na extremidade de fundo (22) e na extremidade de superfície (20), em que a tubulação (14) compreende um membro de obturação dinâmico (30) na extremidade de fundo (22) próprio para se abrir acima de uma pressão de limite (P_c), que se aplica desde o exterior para o interior da tubulação (14), e para se fechar abaixo da pressão de limite (P_c), caracterizado por compreender as seguintes etapas:

- fornecer um parâmetro representativo (H_o , T_o) do balanço vertical da tubulação (14) sob o efeito da variação de altura,
- calcular uma pressão de limite (P_c) em função do parâmetro

representativo (H_o , T_o) do balanço vertical,

- regular a abertura do membro de obturação dinâmico (30) até a pressão de limite (P_c).

9. PROCESSO, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pela pressão de limite (P_c) ser dada pela fórmula:

$$P_c \geq \rho \cdot g \cdot a + \rho \cdot H_o \cdot \left(\frac{2\pi}{T_o} \right)^2 (w_d - a)$$

em que:

P_c é a pressão de limite P_c do membro de obturação dinâmico (30)

ρ é a densidade da água do corpo de água (2),

g é a gravidade,

a é a altura de água de referência na tubulação (14) e em relação à extremidade de fundo,

w_d é a profundidade da extremidade de fundo (22) em relação à superfície (12),

H_o é a altura do balanço vertical, e

T_o é o período do balanço vertical.

10. MÉTODO DE IMPLANTAÇÃO DE UMA TUBULAÇÃO (14) EM UM CORPO DE ÁGUA (2), em que a tubulação (14) compreende um trecho de fundo (64) que apresenta uma extremidade de fundo (66) e uma extremidade superior (68), em que a tubulação (14) compreende um membro de obturação dinâmico (30) na extremidade de fundo, próprio para se abrir acima de uma pressão de limite (P_c), que se aplica desde o exterior para o interior da tubulação (14), e para se fechar acima da pressão de limite e pelo menos um segundo trecho (70), caracterizado por compreender as seguintes etapas:

- implantar um trecho de fundo (64) que compreende o membro

de obturação dinâmico (30) na água,

- descer o segundo trecho (70) no corpo de água (2),

em que a altura de água (h) é regulada na tubulação (14) por um processo de regulação, conforme definido em qualquer uma das reivindicações 8 e 9, de maneira a estar distante da extremidade superior (68) do trecho de fundo (64).

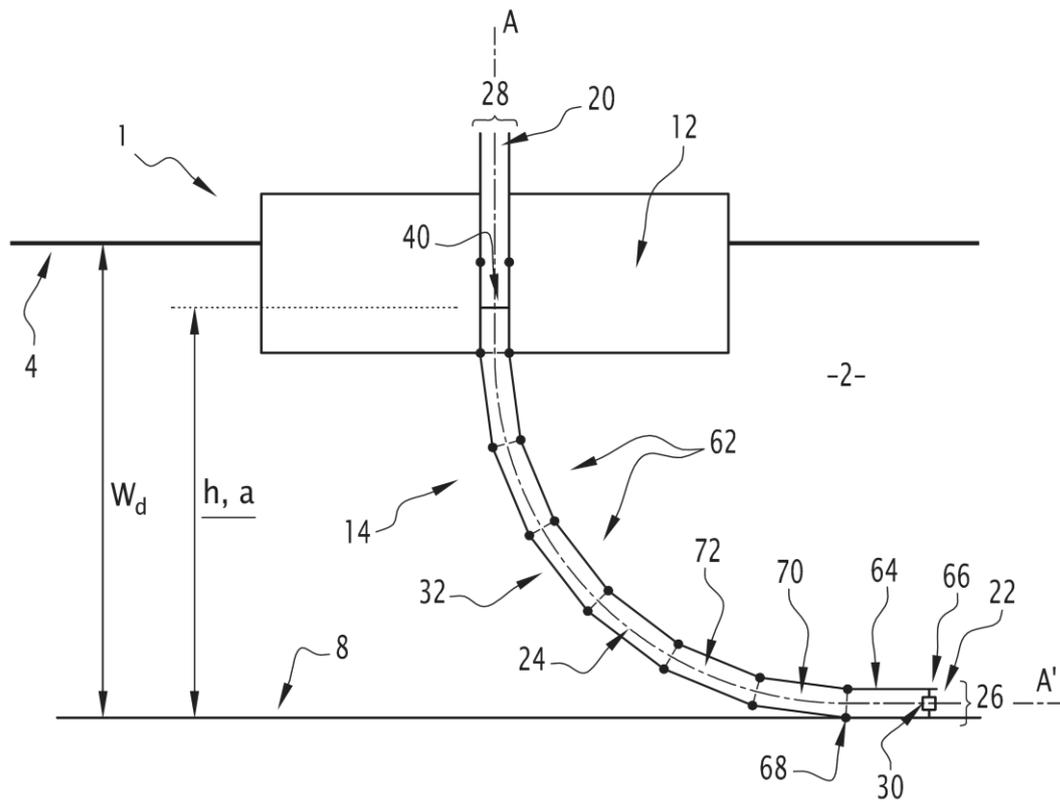
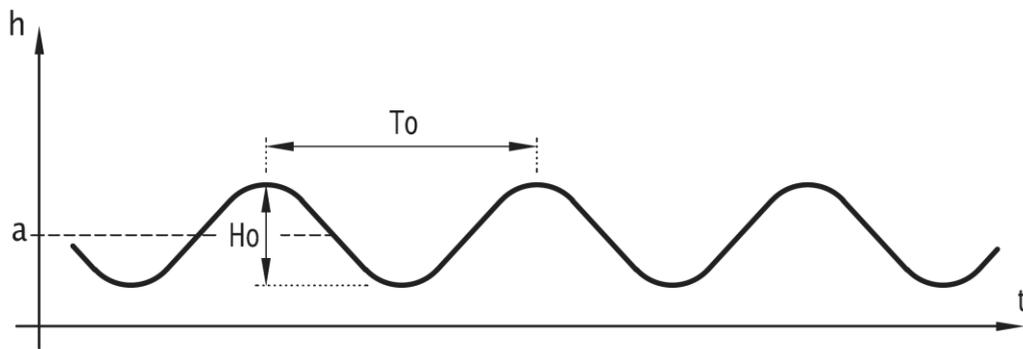


Fig. 1

**Fig. 2**