



**República Federativa do Brasil**

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,  
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



**(11) BR 112019010709-6 B1**

**(22) Data do Depósito:** 12/12/2017

**(45) Data de Concessão:** 18/07/2023

---

**(54) Título:** SEÇÃO DE FEIXE, FEIXE DE OLEODUTOS PARA INSTALAÇÃO SUBMARINA E MÉTODO DE MONTAGEM

**(51) Int.Cl.:** F16L 39/00; G01M 3/28.

**(30) Prioridade Unionista:** 13/12/2016 GB 1621188.0.

**(73) Titular(es):** SUBSEA 7 LIMITED.

**(72) Inventor(es):** PHILIP DEREK BROWN; ROBERT DICKEN.

**(86) Pedido PCT:** PCT GB2017053710 de 12/12/2017

**(87) Publicação PCT:** WO 2018/109450 de 21/06/2018

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 24/05/2019

**(57) Resumo:** A presente invenção refere-se a uma seção de feixe (20) de um feixe de oleodutos submarino que compreende um tubo transporta-dor rígido (12) que tem uma extremidade fechada por um anteparo transversal (26A, 26B), e um ou mais condutos de fluido em comunicação de fluido com uma abertura que penetram no anteparo. Formações de acoplamento de fluido tal como um ressalto ou um rebaixo sobre uma face externa do anteparo circundam a abertura. Um acoplamento estanque a vazamento entre sucessivos condutos de fluido é efetuado quando os anteparos de duas tais seções de feixe são trazidos juntos. Isto junta formações de acoplamento de fluido complementares opostas dos anteparos. Os anteparos conectam as seções de feixes adjacentes fluidamente e mecanicamente.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"SEÇÃO DE FEIXE, FEIXE DE OLEODUTOS PARA INSTALAÇÃO SUBMARINA E MÉTODO DE MONTAGEM"**.

[001] A presente invenção refere-se a montar feixes de oleodutos longos conectando juntas seções ou porções mais curtas de tais feixes extremidade com extremidade.

[002] Feixes de oleodutos são utilizados comumente na indústria de óleo e gás submarina para prover sistemas de linha de fluxo submarinos robustos e facilmente instalados. Por exemplo, feixes de oleodutos podem ser instalados em campos de petróleo para conectar ou 'ligar por extensão' poços submarinos de produção, coletores ou plataforma de cabeça de poço a instalações hospedeiras ou a pontos de ligação submarinos.

[003] Uma configuração de feixe de oleodutos comum compreende pelo menos um tubo de linha de fluxo rígido para carregar fluidos de produção que compreendem óleo e/ou gás, contido dentro de um tubo transportador rígido contínuo. O tubo de linha de fluxo e o tubo transportador são tipicamente de aço mas qualquer ou ambos poderiam, em princípio, ser de um material composto. Camadas ou componentes podem ser adicionados aos tubos, tal como uma camisa interna ou um revestimento externo. Tais camadas ou componentes podem compreender um polímero, metal ou materiais compostos. Também, os tubos de linha de fluxo podem ser de parede única ou de construção de tubo dentro de tubo (PiP) de parede dupla.

[004] Outros elementos alongados tais como tubos e cabos estão tipicamente incluídos em um feixe de oleodutos, estendendo em paralelo com a(s) linha(s) de fluxo para carregar outros fluidos, energia e sinais de dados ao longo do feixe. O feixe tipicamente termina in estruturas cabrestante em suas extremidades. Os cabrestantes podem incluir válvulas, conectores e coletores para conectar a uma cabeça de

poço ou a tubos de jumper submarinos.

[005] Integrar um feixe de oleodutos e cabrestantes para formar uma unidade rebocável permite que um sistema de feixe seja pré-fabricado, montado e testado em terra ou em água abrigada antes de ser rebocado para um campo submarino para instalação. Convenientemente, portanto, múltiplos elementos alongados podem ser rebocados juntos para um local de instalação como uma única unidade integral e instalados sobre o fundo do mar simultaneamente em uma operação. Reduzir o número de interfaces conectadas submarinas simplifica o processo de instalação e aperfeiçoa a confiabilidade do sistema, se comparado com conectar unidades em uma localização submarina e executar testes ali ao invés.

[006] O tubo transportador protege a(s) linha(s) de fluxo e quaisquer elementos alongados paralelos tanto mecanicamente quanto contra corrosão, e pode também contribuir significativamente com o isolamento térmico. Circundando uma câmara oca vedada dentro, o tubo transportador também contribui para flutuação que permite o feixe ser rebocado para um local de instalação.

[007] Espaçadores transversais longitudinalmente distribuídos prendem a(s) linha(s) de fluxo e outros elementos alongados dentro do tubo transportador e uns em relação aos outros. Os espaçadores também facilitam a inserção da(s) linha(s) de fluxo e outros elementos alongados no tubo transportador durante a fabricação do feixe.

[008] Apesar dos feixes de oleodutos serem geralmente retos quando fabricados, aqueles versados na técnica bem compreenderão que tubos rígidos de metal - como definido em API (American Petroleum Institute) Specification 5L and Recommended Practice 1111 - podem dobrar elasticamente ao longo de seu comprimento e assim têm alguma flexibilidade. No entanto, apesar destes terem flexibilidade, tubos rígidos devem ser distinguidos de tubos flexíveis

como definido na API Specification 17J e API Recommended Practice 17B.

[009] A estrutura composta de um tubo flexível, que compreende camadas de materiais metálicos e de polímero, permite uma grande deflexão de dobramento sem um aumento significativo em tensão de dobramento. Isto resulta em um raio de dobramento mínimo (MBR) muito menor do que um tubo rígido - tipicamente aproximadamente 3 a 6 metros versus aproximadamente 100 a 300 metros. No entanto, as camadas que compõem um tubo flexível serão danificadas irreversivelmente se o MBR for excedido.

[0010] Os tubos flexíveis não são rígidos o suficiente para conter, ou para prover um suporte mecânico efetivo para, um ou mais tubos rígidos dentro. Também, tubos flexíveis de grande diâmetro não podem suportar alta pressão hidrostática. Os tubos flexíveis são, portanto, inadequados para utilização como um tubo transportador de um feixe de oleodutos.

[0011] Os tubos rígidos de material composto de polímero não estão ainda definidos em padrões modelados para a indústria de petróleo e gás submarina. Como os tubos de aço rígidos, os tubos de composto de polímero são essencialmente rígidos, porém elasticamente flexíveis. Estes podem suportar mais tensão de dobramento do que os tubos de aço rígidos, mas não podem flexionar em um modo similar a tubos flexíveis. Assim, 'tubo rígido' deve ser compreendido nesta especificação como também abrangendo tubos rígidos de material composto de polímero, que têm características de dobramento muito mais relacionadas ao tubo de aço rígido do que ao tubo flexível - como estes termos são compreendidos por aqueles versados na técnica de tecnologia de petróleo e gás submarina.

[0012] Um feixe de oleodutos típico tem alguns quilômetros de comprimento, por exemplo aproximadamente 2 km de comprimento.

Seu comprimento está restrito pela disponibilidade de terra em instalações de fabricação em terra tal como spoolbases. Em princípio, portanto, o comprimento contínuo máximo de um feixe de oleodutos é de aproximadamente 7 km. No entanto, a maioria dos feixes de oleodutos são consideravelmente mais curtos. Existe uma necessidade para feixes mais longos; especificamente, a distância entre pontos de conexão submarinos a serem conectados por uma 'ligação por extensão' submarina pode exceder o comprimento de instalações de fabricação disponíveis.

[0013] Uma proposta para oleodutos mais longos é recorrer a métodos de instalação de oleoduto tradicionais, tal como deposição de bobina. No entanto, tais métodos não podem instalar diversos elementos alongados de uma vez e assim não podem comparar a conveniência de instalar feixes de oleodutos. Tais métodos também abrem mão da proteção de um tubo transportador contra danos mecânicos, corrosão e transferência de calor.

[0014] Em vista destas desvantagens, várias técnicas foram utilizadas ou propostas para permitir a utilização de feixes de oleodutos mais longos. Em geral, estas técnicas envolvem a montagem de duas ou mais seções de feixe mais curtas extremidade com extremidade para formar um feixe que é tão longo quanto o comprimento agregado das seções de feixe. Estas, portanto, apresentam o desafio de como conectar juntas seções feixe adjacentes, tanto mecanicamente quanto para comunicação fluida entre estas.

[0015] Uma primeira técnica convencional, utilizada na fabricação de uma estrutura tal como aquela descrita na WO 2010/055335, envolve soldar juntas sucessivas seções de feixe de oleodutos dentro de uma câmara seca situada logo offshore de uma instalação de fabricação em terra. A soldagem pode também ser feita em terra, por

exemplo, sobre uma praia ao lado de tal instalação de fabricação. Em qualquer caso, uma primeira seção de feixe a jusante é parcialmente imersa no mar ou flutua sobre o mar enquanto sendo unida a uma segunda seção de feixe a montante que permanece acomodada totalmente ou parcialmente na instalação de fabricação.

[0016] Uma sequência típica para fazer conexões intermediárias do tubo transportador em paralelo com o restante da sequência de montagem compreende:

soldar ou de outro modo conectar juntas linhas de fluxo e outros elementos alongados do feixe; e então

fechar o tubo transportador soldando juntas meias conchas ou luvas ao redor das linhas de fluxo e outros elementos alongados.

[0017] Uma principal desvantagem da técnica acima mencionada é a dificuldade de testar as soldas. O papel crítico do tubo transportador significa que este precisa ser estanque a vazamentos e também mecanicamente resistente a restrições de instalação, notadamente fadiga. Consequentemente uma inspeção intensiva das soldas é exigida pelos padrões. Isto assegura redundância utilizando múltiplos métodos de inspeção em sucessão, tais como ultrassom, radiografia e inspeção de partículas magnéticas (MPI) utilizando um corante penetrante. Tais inspeções de solda repetitivas são dispendiosas; estas também retardam o processo de fabricação porque estas ficam no percurso crítico.

[0018] A GB 2267945 ensina que sucessivas seções de feixe podem ser conectadas juntas sobre uma embarcação que flutua offshore. Isto é complexo e dispendioso porque requer a presença da embarcação, e suficiente equipamento de içamento e espaço de convés na embarcação para executar operações de ligação e teste.

[0019] Outra técnica conhecida envolve utilizar dois ou mais feixes convencionais conectados extremidade com extremidade como

seções de um feixe mais longo. Tipicamente, as seções feixe precisam ser instaladas separadamente, com operações de reboque e abaixamento individuais, e são subsequentemente conectadas juntas sobre o fundo do mar através de bobinas de ligação ou tubos jumper. Para este propósito, cada seção de feixe pode ser equipada com cabrestantes dispostos para simplificar a conexão submarina de tubos de bobina ou jumper entre sucessivas seções de feixe. No entanto, esta técnica requer múltiplas operações offshore e a criação de múltiplas interfaces críticas profundamente sob a água. Também, o custo de equipar múltiplas seções de feixe com os respectivos pares de cabrestantes pode ser proibitivamente alto.

[0020] A FR 2529289 descreve um método e dispositivo para conectar juntos conjuntos de tubos paralelos simultaneamente. Dois colares ou placas de aperto são alinhados sobre um eixo geométrico central, dispostos ao redor dos tubos e aparafusados juntos. Isto conecta extremidades afinadas macho e fêmea dos tubos. Não existe provisão para, ou possibilidade de, além disso conectar juntas seções de um tubo transportador circundante que proveria resistência mecânica e estanqueidade de vazamentos externa.

[0021] A GB 2063410 descreve um acoplamento ou conector múltiplo para múltiplas mangueiras flexíveis contidas dentro de uma bainha externa flexível. Isto é utilizado para mangueiras e linhas flexíveis de pequeno diâmetro, menores do que aproximadamente 50 mm (2") de diâmetro. Como as mangueiras são flexíveis e de pequeno diâmetro, o processo para fabricar o sistema de acoplamento é incomparavelmente diferente a, e mais simples do que, o processo para fabricar um feixe de oleodutos rígidos. Em um feixe de oleodutos rígidos, uma linha de fluxo tipicamente tem um diâmetro externo acima de aproximadamente 200 mm (8") e o tubo transportador é muito maior, tipicamente entre aproximadamente 600 mm a 1500 mm (24" e

60 ") em diâmetro.

[0022] Também, um acoplamento como aquele descrito na GB 2063410 não é apto para ser utilizado para conectar juntas seções de feixe de oleodutos rígidas em um ambiente submarino, profundamente sob a água. A bainha externa flexível provê pouca proteção mecânica para as mangueiras dentro e nenhuma resistência efetiva à pressão hidrostática ou vazamento no espaço dentro da bainha. Apesar das mangueiras serem vedadas no anteparo de extremidade, a interface entre o anteparo de extremidade e a bainha externa provê um percurso de vazamento para dentro da bainha.

[0023] A GB 2522763 descreve um método para utilização em operações de deposição de tubos em deposição J ou deposição S, nas quais as seções de tubo são preparadas em terra antes de serem transportadas para um local no mar onde estas são fixadas a uma porção de oleoduto já instalado.

[0024] A GB 2527848 refere-se a um feixe de oleodutos rebocável que inclui um tubo de flutuação para prover flutuação positiva para o feixe quando em uso em água do mar.

[0025] A GB 2448916 descreve um sistema para transportar fluidos de baixa temperatura que inclui um tubo de fluxo interno localizado dentro, e termicamente isolado de um tubo transportador externo.

[0026] Em relação a este histórico, a invenção provê uma seção feixe de um feixe de oleodutos para instalação submarina. A seção de feixe compreende: um tubo transportador alongado rígido que tem pelo menos uma extremidade fechada por um anteparo transversal; e dois ou mais elementos alongados que estendem ao longo e dentro do tubo transportador para o anteparo, estes elementos compreendendo pelo menos um conduto de fluido em comunicação de fluido com uma respectiva abertura que penetra no anteparo. Uma face externa do

anteparo tem formações de acoplamento de fluido que faceiam para fora integrais que circundam a ou cada abertura, estas formações estando dispostas para efetuar um acoplamento estanque a vazamentos quando forçadas longitudinalmente contra formações de acoplamento de fluido complementares opostas. O ou cada conduto de fluido está soldado a uma face interna do anteparo ao redor da respectiva abertura para comunicação de fluido estanque a vazamento com esta abertura.

[0027] As formações de acoplamento de fluido podem compreender pelo menos uma formação macho que projeta da face externa do anteparo. Por exemplo, uma formação macho pode compreender um ressalto oco que projeta da face externa, cujo ressalto adequadamente afina para fora da face externa.

[0028] As formações de acoplamento de fluido podem compreender pelo menos uma formação fêmea rebaixada na face externa do anteparo. Tal formação fêmea é de preferência um rebaixo que é mais largo do que a abertura circundada pelo rebaixo, e que pode afinar para dentro da face externa. O rebaixo está apto para conter uma vedação anular. Pode existir uma superfície de ressalto de vedação dentro do rebaixo ao redor da abertura.

[0029] A face externa do anteparo é vantajosamente usinada através de substancialmente seu diâmetro total. Isto de preferência define uma superfície de assentamento substancialmente plana ou ligeiramente convexa entre e ao redor das formações de acoplamento de fluido.

[0030] As formações de acoplamento de fluido podem ser usinadas do anteparo.

[0031] O tubo transportador é adequadamente soldado a uma face interna do anteparo ao redor dos elementos alongados dentro do tubo transportador.

[0032] Vantajosamente, o anteparo ainda compreende pelo menos uma formação de acoplamento mecânico para aplicar uma força longitudinal no anteparo. Tal formação de acoplamento mecânico adequadamente projeta radialmente do anteparo além de um diâmetro externo do tubo transportador. Por exemplo, a formação de acoplamento mecânico pode ser um flange que estende ao redor do anteparo. Em outra proposta, a formação de acoplamento mecânico compreende redes macho e fêmea de dentes longitudinalmente espaçados, tal como são utilizadas em conectores pinbox.

[0033] O tubo transportador de preferência compreende uma porção de extremidade menor unida no anteparo e a porção de corpo maior unida na porção de extremidade por uma ou mais peças intermediárias. Neste caso, a porção de extremidade pode ter uma parede mais espessa do que a porção de corpo. Similarmente, o ou cada conduto de fluido pode compreender uma porção de extremidade menor unida no anteparo e uma porção de corpo maior unida na porção de extremidade diretamente ou através de uma ou mais peças intermediárias. A porção de extremidade menor do conduto de fluido é então de preferência mais longa do que a porção de extremidade menor do tubo transportador.

[0034] O conceito inventivo estende para uma combinação de pelo menos duas seções de feixe da invenção conectadas extremidade com extremidade com seus anteparos em uma relação mutuamente oposta, face a face. As formações de acoplamento de fluido de um destes anteparos estão por meio disto acopladas com formações de acoplamento de fluido opostas complementares do outro destes anteparos.

[0035] O conceito inventivo também abrange um feixe de oleodutos que compreende duas ou mais seções de feixe conectadas extremidade com extremidade. As seções de feixe cada uma

compreende: um tubo transportador rígido alongado que tem pelo menos uma extremidade fechada por um anteparo transversal; e dois ou mais elementos alongados que estendem ao longo e dentro do tubo transportador para o anteparo, estes elementos compreendendo pelo menos um conduto de fluido em comunicação de fluido com uma respectiva abertura que penetra o anteparo. O ou cada conduto de fluido está soldado a uma face interna do anteparo ao redor da respectiva abertura para comunicação de fluido estanque a vazamento com esta abertura. Os anteparos de seções de feixe adjacentes estão em uma relação mutuamente oposta, face a face e uma face externa de cada um destes anteparos tem formações de acoplamento de fluido que faceiam para fora integrais que circundam a ou cada abertura, as formações de acoplamento de fluido de um destes anteparos estando acopladas com formações de acoplamento de fluido opostas complementares do outro destes anteparos.

[0036] Vantajosamente, existe um contato de topamento entre as superfícies de assentamento das faces externas dos anteparos entre e ao redor das formações de acoplamento de fluido. De preferência, os anteparos são pressionados juntos.

[0037] Um mecanismo de travamento mecânico de preferência atua sobre os anteparos. O mecanismo de travamento pode compreender um ou mais elementos de tração tais como parafusos que atuam em tensão entre os anteparos. O mecanismo de travamento adequadamente aplica uma pressão longitudinal convergente nos anteparos.

[0038] Convenientemente, pelo menos um dos anteparos pode incluir uma porta de teste de pressão que comunica com uma cavidade vedada que circunda as formações de acoplamento de fluido dos anteparos.

[0039] Uma cobertura protetiva pode conter os anteparos. Tal

cobertura de preferência compreende primeira e segunda partes topantes, cada uma circundando um respectivo dos anteparos.

[0040] O conceito inventivo também estende para um método correspondente de montar um feixe de oleodutos submarino de seções de feixe. Cada seção de feixe compreende um tubo transportador rígido alongado que contém dois ou mais elementos alongados, pelo menos um dos quais é um conduto de fluido, que estendem ao longo e dentro do tubo transportador para um anteparo fixo em uma extremidade do tubo transportador, em que o ou cada conduto de fluido está soldado a uma face interna do anteparo ao redor de uma respectiva abertura que penetra o anteparo para comunicação de fluido estanque a vazamento com esta abertura. O método compreende: trazer os anteparos das seções de feixe em uma relação mutuamente oposta, face a face; e aplicar uma força longitudinalmente para efetuar um acoplamento estanque a vazamento entre formações de acoplamento de fluido mutuamente opostas complementares sobre os anteparos, estas formações sendo integrais com o anteparo e circundando respectivas aberturas nos anteparos que comunicam com os respectivos condutos de fluidos.

[0041] Convenientemente, uma força longitudinal pode ser aplicada nas formações de acoplamento através dos anteparos. De preferência, os anteparos são trazidos em contato mutuamente topante entre e ao redor das formações de acoplamento de fluido.

[0042] Os anteparos são vantajosamente intertravados para localizar os anteparos contra um movimento lateral ou angular um em relação ao outro. Por exemplo, formações de acoplamento de fluido macho e fêmea podem ser acopladas por movimento longitudinal relativo entre os anteparos. Os anteparos são então de preferência travados juntos contra a separação. Um teste de vazamento pode então ser executado aplicando pressão de fluido dentro de uma

cavidade vedada que circunda as formações de acoplamento de fluido dos anteparos.

[0043] Assim, de acordo com a invenção, uma seção de feixe de um feixe de oleodutos submarino compreende a tubo transportador rígido que tem uma extremidade fechada por um anteparo transversal, e um ou mais condutos de fluido em comunicação de fluido com uma abertura que penetra o anteparo. Formações de acoplamento de fluido tal como um ressalto ou um rebaixo sobre uma face externa do anteparo circundam a abertura.

[0044] Um acoplamento estanque a vazamento entre sucessivos condutos de fluido é efetuado quando os anteparos de duas tais seções de feixe são trazidos juntos. Isto junta formações de acoplamento de fluido opostas complementares dos anteparos. Os anteparos conectam as seções de feixes adjacentes fluidamente e mecanicamente.

[0045] Em suma, portanto, a invenção utiliza anteparos de extremidade para conectar seções de feixe quando montando um conjunto de feixe feito destas seções de feixe. Os anteparos simultaneamente conectam os tubos transportadores das seções de feixe e os oleodutos ou outros elementos alongados dentro dos tubos transportadores das seções de feixe.

[0046] Em vista das sequências de soldagem e requisitos de inspeção de solda adicionais, um anteparo é soldado a cada seção de feixe em um percurso de fabricação não crítico, utilizando métodos conhecidos. Os dois anteparos são especificamente projetados para coincidir enquanto efetuando conexão de fluido das partes de oleoduto das seções de feixe e conexão mecânica e tensionamento das partes de tubo transportador das seções de feixe. O requisito para estanqueidade a vazamento é satisfeito pelas soldas de anteparo para feixe, a qual é uma tecnologia do estado da técnica, e por conexão de

fluido do sistema de anteparo para anteparo.

[0047] Em modalidades específicas, um dos anteparos tem um lado macho e o outro um lado fêmea, com formações macho ou fêmea que podem, por exemplo, ter afinamentos complementares. Vedações podem ser inseridas nesta conexão na interface. Tecnologias provadas adicionais podem ser consideradas para as conexões, tal como conectores 'pinbox' ou cubos de conector hidraulicamente atuados.

[0048] As modalidades da invenção proveem um sistema de conexão para conectar dois feixes de oleodutos mecanicamente e fluidamente. Cada feixe de oleodutos compreende, respectivamente, pelo menos um oleoduto projetado para conter um fluido, o dito pelo menos um oleoduto sendo fechado dentro de um tubo transportador externo. De preferência existem dois ou mais tais oleodutos dentro do tubo transportador. O sistema de conexão compreende dois cubos de anteparo interconectáveis, em que cada cubo está respectivamente soldado no tubo transportador de cada feixe. Cada cubo compreende pelo menos um furo de atravessamento de fluido soldado respectivamente a pelo menos um oleoduto de cada feixe.

[0049] Um sistema de acoplamento mecânico pode estar disposto para acoplar os cubos juntos. Por exemplo, o acoplamento mecânico pode compreender um flange. O flange ou outro acoplamento mecânico pode estar fechado dentro de uma cobertura protetiva.

[0050] Furos de atravessamento de fluido mutuamente correspondentes dos cubos estão fluidamente e estanquamente conectados quando os cubos estão mecanicamente acoplados. As formações que definem os furos de atravessamento de fluido podem ser afinadas para vedar juntas em uma disposição macho-fêmea.

[0051] Os feixes de oleodutos adequadamente compreendem pelo menos um oleoduto de produção ou podem compreender pelo menos

dois oleodutos e pelo menos dois furos de atravessamento de fluido. Cada ou ambos os cubos de anteparo podem compreender uma parte de teste de pressão.

[0052] As modalidades da invenção também proveem um método para ligação de feixes de oleodutos cada um compreendendo um tubo transportador e pelo menos uma linha de transporte de fluido. Este método compreende: conectar estanquemente ao fluido um primeiro anteparo a uma extremidade de um primeiro feixe e conectar estanquemente ao fluido um segundo anteparo a uma extremidade de um segundo feixe. Estes anteparos compreendem furos de atravessamento de fluido complementares em conexão de fluido com as linhas de transporte de fluido dos respectivos feixes. Quando o primeiro e segundo anteparos estão acoplados juntos, os furos de atravessamento de fluido correspondentes dos anteparos estão conectados estanquemente ao fluido durante o acoplamento dos anteparos.

[0053] Opcionalmente, a conexão estanque ao fluido dos feixes nos anteparos é efetuada por soldagem. A conexão estanque ao fluido dos anteparos pode envolver o acoplamento de respectivas formações macho e fêmea que comprimem vedações ou gaxetas.

[0054] De modo que a invenção possa ser mais prontamente compreendida, referência será agora feita, por meio de exemplo, aos desenhos acompanhantes nos quais:

[0055] a figura 1 é uma vista em seção transversal de um feixe de oleodutos da técnica anterior na qual um tubo transportador circunda outros elementos alongados do feixe, exemplificados aqui por linhas de fluxo ou outros condutos de fluido;

[0056] a Figura 2 é uma vista em perspectiva de uma interface entre duas seções de feixe da invenção, as quais se juntam extremidade com extremidade para fazer um conjunto de feixe de

oleodutos mais longo;

[0057] a Figura 3a é uma vista lateral explodida da interface mostrada na Figura 2 com as seções de feixe sendo trazidas juntas;

[0058] a Figura 3b é uma vista lateral da interface que corresponde à Figura 3a mas com as seções de feixe agora trazidas juntas;

[0059] a Figura 4 é uma vista em perspectiva parcialmente em corte e explodida de um conjunto de feixe de oleodutos da invenção, que mostra a utilização opcional de peças de transição de linha de fluxo ao redor da interface;

[0060] a Figura 5a é uma vista em perspectiva de um conjunto de feixe de oleodutos em uma variante da invenção;

[0061] a Figura 5b é uma vista em perspectiva ampliada parcialmente em corte da variante mostrada na Figura 5a;

[0062] a Figura 6a é uma vista em perspectiva, que corresponde à Figura 2, de uma variante da interface mostrada nas Figuras 2, 3a e 3b;

[0063] a Figura 6b é uma vista lateral, que corresponde à Figura 3a, da variante da interface mostrada na Figura 6a; e

[0064] a Figura 7 é uma vista lateral de um conjunto de feixe de oleodutos da invenção sendo rebocado nas águas médias como parte de uma unidade rebocável que compreende cabrestantes em extremidades opostas do feixe.

[0065] Referindo primeiramente à Figura 1 dos desenhos, a feixe de oleodutos conhecido 10 compreende um tubo transportador rígido 12 de seção transversal geralmente circular, usualmente feito de aço. O tubo transportador 12 circunda outros elementos alongados do feixe 10 e tem anteparos transversais em suas extremidades, não visíveis aqui, para definir uma câmara vedada ao redor destes elementos.

[0066] Neste exemplo simplificado, os outros elementos alongados

dentro do tubo transportador 12 são uma linha de fluxo rígida 14 e outros condutos de fluido 16, os quais são também usualmente feitos de aço. A linha de fluxo 14 e os outros condutos de fluido 16 são mantidos espaçados uns dos outros e espaçados da circunferência interna do tubo transportador 12. A linha de fluxo 14 pode ser de parede única ou de construção PiP. Podem, é claro, existir outros elementos alongados dentro do tubo transportador 12, tais como cabos de energia ou cabos de dados, mas estes foram omitidos deste exemplo simples para clareza.

[0067] Espaçadores 18 atravessam o diâmetro interno do tubo transportador 12 para manter as linhas de fluxo 14, outros condutos de fluido 16 e quaisquer outros elementos alongados em posições apropriadas dentro do tubo transportador 12.

[0068] Uma porção ou seção de feixe de oleodutos 20 de acordo com a invenção tem uma combinação similar de componentes principais como o feixe 10 mostrado na Figura 1. Em resumo, estes componentes são um tubo transportador rígido oco 12 que está fechado por anteparos em suas extremidades e circunda uma ou mais linhas de fluxo rígidas 14 e outros elementos alongados, todas de preferência suportada dentro do tubo transportador 12 por espaçadores 18. Assim, números iguais são utilizados para características iguais na descrição que segue.

[0069] As Figuras 2, 3a e 3b mostram uma interface ou junção entre duas seções de feixe 20 da invenção, as quais se juntam extremidade com extremidade para fazer um conjunto de feixe de oleodutos mais longo 22. O conjunto de feixe 22 pode compreender duas, três ou mais de tais seções de feixe 20 em alinhamento mútuo ao longo de um eixo geométrico longitudinal central comum 24.

[0070] Será aparente das Figuras 2, 3a e 3b que os tubos transportadores 12 das seções de feixe 20 estão fechados por

respectivos anteparos transversais 26A, 26B localizados nas extremidades adjacentes dos tubos transportadores 12. Onde os tubos transportadores 12 são de aço, os anteparos 26A, 26B podem ser forjados de aço usinados soldados nas respectivas extremidades dos tubos transportadores 12. Isto define uma câmara vedada dentro de cada tubo transportador 12. Opcionalmente, estas câmaras podem ser pressurizadas ou carregadas para uma pressão elevada para contra atuar a pressão hidrostática na profundidade de água prevista durante a instalação. Em algumas aplicações, é também possível que estas câmaras sejam inundadas em um modo controlado para controle de flutuação ou para depositar o feixe sobre o leito do mar.

[0071] Assim, os anteparos 26A, 26B das seções de feixe adjacentes 20 fazem um ao outro através da interface. De acordo com a invenção, os anteparos 26A, 26B são adaptados para transmitir forças entre as seções de feixe adjacentes 20 e prover uma comunicação de fluido estanque a vazamento entre as seções de feixe adjacentes 20.

[0072] Neste exemplo, o conjunto de feixe 22 está disposto para conter três ou mais condutos de fluido paralelos tais como as linhas de fluxo 14. Estas linhas de fluxo 14 foram omitidas inteiramente da Figura 2 para clareza, mas uma destas está mostrada esquematicamente nas Figuras 3a e 3b para facilidade de compreensão. Esta linha de fluxo 14 está mostrada na Figuras 3a e 3b como sendo de construção PiP, apesar deste poder ser de construção de parede única ao invés. As linhas de fluxo 14 são também de aço neste exemplo.

[0073] Cada anteparo 26A, 26B estende em um plano ortogonal ao eixo geométrico longitudinal central 24 da respectiva seção de feixe 20. Os anteparos 26A, 26B cada um tem uma face mais próxima ou interna 28 que faz axialmente para dentro na direção do interior do

tubo transportador associado 12 e uma face mais distante ou externa 30 que faceia axialmente para fora afastando do tubo transportador associado 12.

[0074] A face interna 28 de cada anteparo 26A, 26B está soldada ao redor de sua periferia a uma extremidade do tubo transportador associado 12. Ao contrário, a face externa 30 de cada anteparo 26A, 26B faceia na direção da face externa complementar 30 do anteparo 26A, 26B da seção de feixe adjacente 20, através da interface mútua quando as seções de feixe 20 são trazidas juntas.

[0075] Neste exemplo, a face externa 30 de cada anteparo 26A, 26B define a superfície de assentamento substancialmente plana que estende através de substancialmente todo o diâmetro do anteparo 26A, 26B. Esta superfície de assentamento está disposta para topar, apoiar contra ou coincidir com a superfície de assentamento correspondente do outro, anteparo oposto 26A, 26B.

[0076] Os anteparos 26A, 26B são penetrados por uma rede de aberturas 32 cujas posições correspondem às posições angular e radial das linhas de fluxo 14 dentro do tubo transportador 12 ao redor do eixo geométrico longitudinal central 24. Como é convencional, as posições das linhas de fluxo 14 podem ser determinadas por espaçadores que estão deslocados longitudinalmente dentro dos tubos transportadores 12 e assim não são visíveis nestes desenhos.

[0077] Será aparente que além de vedar as extremidades das seções de feixe 20, os anteparos 26A, 26B servem, de fato, como espaçadores em um ponto intermediário ao longo do comprimento do conjunto de feixe 22. Isto reduz o número total de espaçadores requeridos para fazer o conjunto de feixe 22.

[0078] As aberturas 32 nos anteparos 26A, 26B são definidas por respectivas formações de tubo 34 que estendem paralelas ao eixo geométrico longitudinal central 24. As formações de tubo 34 são

integrals com os anteparos 26A, 26B neste exemplo mas poderiam ao invés ser luvas tubulares separadas fixas nos anteparos 26A, 26B.

[0079] As linhas de fluxo 14 estão fixas nas faces internas 28 dos anteparos 26A, 26B ao redor das periferias das respectivas aberturas 32 em um modo estanque a vazamento, de preferência por soldagem como neste exemplo, de modo que as aberturas 32 estão em comunicação de fluido com o interior das linhas de fluxo 14.

[0080] Especificamente, flanges circulares concêntricos 36 sobre a face interna 28 de cada anteparo 26A, 26B são soldados respectivamente a tubos internos e externos 38, 40 de cada linha de fluxo PiP 14. Neste modo, o anteparo 26A, 26B fecha e veda o espaço anular 42 entre as paredes interna e externa 38, 40 da linha de fluxo 14. O radialmente mais interno destes flanges 36 está definido por uma extremidade de uma formação de tubo 34 que projeta mais próximo da face interna 28 do anteparo 26A, 26B.

[0081] Similarmente, um flange externo periférico 44 circunda a face interna 28 de cada anteparo 26A, 26B para ser soldado a uma extremidade do tubo transportador associado 12.

[0082] Quando as seções de feixe 20 são trazidas juntas extremidade com extremidade como mostrado, as aberturas 32 de cada anteparo 26A, 26B alinham com suas contrapartes no anteparo faceante, oposto 26A, 26B. Com isto, quando os anteparos corretamente alinhados 26A, 26B são movidos juntos em uma direção axial ou longitudinal paralela ao eixo geométrico longitudinal central 24, as formações de tubo 34 que definem as aberturas opostas 32 cooperam e vedam juntas ao redor de sua periferia adjacente. As aberturas cooperantes 32 juntas forma respectivas passagens longitudinais 46 que estendem paralelas ao eixo geométrico longitudinal central 24. Estas passagens 46 asseguram uma comunicação de fluido à prova de vazamento ao longo do conjunto de

feixe 22 das linhas de fluxo 14 de uma seção de feixe 20 através das aberturas 32 para as linhas de fluxo 14 da próxima seção de feixe 20.

[0083] Será aparente das Figuras 2, 3a e 3b que os anteparos faceantes 26A, 26B não são idênticos um ao outro. Ao invés, suas faces externas 30 estão formadas para complementar uma à outra de modo a montar juntas, acoplar e intertravar quando as seções de feixe 20 são trazidas juntas extremidade com extremidade sobre seu eixo geométrico longitudinal central compartilhado 24. Assim, formações de acoplamento de fluido sobre as faces externas 30 dos anteparos 26A, 26B circundam as aberturas 32. A superfície de assentamento plana de cada face externa 30 estende lateralmente entre estas formações.

[0084] Especificamente, o anteparo 26A tem formações macho sobre sua face externa 30 que são recebidas dentro formações fêmea complementares sobre a face externa 30 do anteparo 26B quando do movimento axial ou longitudinal convergente entre os anteparos 26A, 26B. As formações macho e fêmea podem ser consideradas como imagens espelhadas inversas uma da outra ao redor do plano de interface transversal que fica entre as faces externas topantes 30.

[0085] Neste exemplo, as formações macho são definidas por ressaltos tubulares ocós 48 que projetam mais distantes da face externa 30 do anteparo 26A. Opcionalmente, cada ressalto 48 afinam mais distantes como mostrado. Cada ressalto 48 está em uma extremidade mais distante de uma formação de tubo 34 que circunda uma das aberturas 32 no anteparo 26A.

[0086] Ao contrário, as formações fêmea são definidas por soquetes ou rebaixos circulares 50 na face externa 30 do anteparo 26B, cada uma circundando uma das aberturas 32 no anteparo 26B. Os rebaixos 50 complementam as formas dos ressaltos 48.

[0087] Cada ressalto 48 é recebido em um respectivo dos rebaixos 50 quando os anteparos 26A, 26B são acoplados juntos. Assim, cada

par de linhas de fluxo opostas 14 é conectado simultaneamente conforme os dois anteparos 26A, 26B são trazidos juntos.

[0088] Como melhor apreciado na vista explodida da Figura 3a, cada rebaixo 50 provê uma sede para uma gaxeta ou vedação anular resiliente 52. A vedação 52 pode ser formada como uma placa achatada, como mostrado, ou como um anel-O. A vedação 52 atua em compressão entre a base do rebaixo 50 e um ressalto cooperante 48 acoplado dentro do rebaixo 50, para manter a estanqueidade a vazamento em uma passagem 46 definida entre as respectivas aberturas 32 nos anteparos acoplados 26A, 26B. Será notado que o rebaixo 50 é mais largo do que a abertura associada 32, e com isto mais largo do que a passagem 46, para definir um ressalto sobre o qual a vedação 52 está assentada.

[0089] Para exercer uma pressão de vedação sobre as vedações 52, os anteparos 26A, 26B são pressionados juntos mecanicamente e mantidos juntos em um estado de compressão axial mútua. Neste exemplo, as faces externas 30 dos anteparos 26A, 26B são presas juntas por um anel de parafusos 54, as mostrado na Figura 3b, que circunda o conjunto de feixe 22 e estende paralelo ao eixo geométrico longitudinal central 24.

[0090] Os parafusos 54 atuam na tensão axial sobre flanges circunferenciais paralelos 56 que projetam radialmente dos respectivos anteparos 26A, 26B. Cada flange 56 está penetrado por uma rede circunferencial furos axiais 58 que acomodam os parafusos 54. Uma pré-carga exercida pelos parafusos 54 sobre os anteparos 26A, 26B através dos flanges 56 força os ressaltos 48 para dentro dos rebaiços 50 e comprime as vedações 52 para assegurar uma conexão estanque ao fluido que contém pressão através das passagens 46 entre cada par de linhas de fluxo opostas 14.

[0091] Observando a seguir a Figura 4 dos desenhos, esta mostra

que, após estes serem usinados, os anteparos 26A, 26B podem ser soldados a peças de transição que são soldadas por sua vez no restante das respectivas seções de feixe 20. Isto ajuda a obter um alinhamento correto dos anteparos 26A, 26B com as respectivas seções de feixe 20 e, quando presos juntos, um com o outro.

[0092] Os anteparos usinados 26A, 26B são primeiro soldados sobre peças de transição de linha de fluxo ou 'projeções'. Para linhas de fluxo PiP 14 como mostrado neste exemplo, as peças de transição de linha de fluxo compreendem tubos interno e externo 38A, 40A que são soldados por sua vez nas faces internas 28 dos respectivos anteparos 26A, 26B.

[0093] A seguir, uma peça de transição de tubo transportador 12A é soldada na face interna 28 do anteparo 26A, 26B ao redor dos tubos interno e externo 38A, 40A que definem as peças de transição de linha de fluxo. A peça de transição de tubo transportador 12A pode ter uma parede mais espessa do que o corpo principal 12B do tubo transportador para levar em conta um dobramento aumentado e tensões axiais a serem esperadas próximo da interface entre as seções de feixe 20.

[0094] A Figura 4 mostra que a peça de transição de tubo transportador 12A é ligeiramente mais curta do que o tubo externo 40A das peças de transição de linha de fluxo. Por sua vez, o tubo externo 40A ligeiramente mais curto do que o tubo interno 38A das peças de transição de linha de fluxo. Assim, o tubo interno 38A projeta ligeiramente além da extremidade do tubo externo 40A. Similarmente, o tubo externo 40A projeta ligeiramente além da extremidade da peça de transição de tubo transportador 12A.

[0095] Os dois conjuntos dos anteparos 26A, 26B com as respectivas peças de transição 12A, 38A, 40A podem então ser trazidos juntos para os furos de parafuso 58 nos flanges 56 dos

anteparos 26A, 26B serem perfurados coincidentes. Uma alternativa à perfuração coincidente é prover um torniquete sobre um flange 56 completo com chavetas de cisalhamento onde requeridas. Os conjuntos dos anteparos 26A, 26B com as respectivas peças de transição 12A, 38A, 40A são então separados um do outro para serem incorporados em respectivas seções de feixe 20.

[0096] Os conjuntos separados dos anteparos 26A, 26B com as respectivas peças de transição 12A, 38A, 40A são soldados através das peças de transição 12A, 38A, 40A a tubos de contraparte 12B, 38B, 40B em uma porção de corpo pré-fabricada de uma seção de feixe 20. Medidas são tomadas para levar em conta quaisquer diferenças em comprimento e para assegurar um alinhamento correto. Por exemplo, peças curtas 60 podem unir seções de uma linha de fluxo 14.

[0097] Os tubos internos 38A são soldados extremidade com extremidade a tubos internos 38B, ou diretamente ou através de uma peça curta. Meias conchas 62 são soldadas juntas ao redor dos tubos internos 38A, 38B e soldadas nas extremidades opostas dos tubos externos 40A para completar cada linha de fluxo PiP 14. Finalmente, meias conchas externas 64 são soldadas juntas ao redor das linhas de fluxo 14 e soldadas nas extremidades opostas dos tubos transportadores 12A, 12B para completar a seção de feixe 20.

[0098] Este procedimento mantém a face externa 30 de um anteparo 26A, 26B no plano e posição corretos em relação ao restante da seção de feixe 20. Todas estas operações de soldagem, e subsequentes operações de teste de solda, acontecem fora do percurso crítico e assim não atrasam o processo de fabricação para fabricar o conjunto de feixe 22.

[0099] As seções de feixe 20 estão agora prontas para serem trazidas juntas e fixadas juntas para fazer um conjunto de feixe 22

como acima descrito com referência às Figuras 2, 3a e 3b. Os anteparos 26A, 26B estão de preferência suportados quando sendo trazidos juntos para perfuração coincidente ou para montagem final por uma estrutura ou ferramenta. Esta estrutura ou ferramenta adequadamente provê um movimento controlado dos anteparos 26A, 26B para ajustar as suas posições relativas com seis graus de liberdade.

[00100] Movendo a seguir para as Figuras 5a e 5b, estas mostram coberturas opcionais 66A, 66B para proteger os anteparos 26A, 26B. A proteção das coberturas 66A, 66B pode ser benéfica durante o trânsito e fabricação, incluindo quando unindo um conjunto de um anteparo 26A, 26B com as suas peças de transição associadas na porção de corpo pré-fabricada de uma seção de feixe 20. As coberturas 66A, 66B podem ser utilizadas individualmente sobre respectivos anteparos 26A, 26B para este propósito.

[00101] Pode também ser benéfico montar as coberturas 66A, 66B sobre os anteparos adjacentes 26A, 26B quando do completamento do conjunto de feixe 22. As coberturas 66A, 66B podem então cooperar uma com a outra para circundar e proteger os flanges 56 dos anteparos 26A, 26B e os parafusos de conexão 54, especificamente conforme o conjunto de feixe 22 é lançado de uma instalação de fabricação e rebocado através de uma praia e para dentro do mar. As coberturas 66A, 66B podem continuar a proteger os anteparos 26A, 26B durante e após a instalação do conjunto de feixe 22, incluindo quando o conjunto de feixe 22 está em uso seguindo sua instalação sobre o leito do mar.

[00102] As coberturas 66A, 66B têm faces planas adjacentes 68 para toparem uma com a outra quando utilizadas em combinação. As coberturas 66A, 66B também têm superfícies em rampa tronco-cônicas opostamente inclinadas 70. Quando as coberturas 66A, 66B

são trazidas em relação topante sobre suas faces 68, as superfícies em rampa 70 permitem que as coberturas 66A, 66B apresentem uma superfície externa convexa resistente a protuberâncias, lisa.

[00103] Para evitar protuberâncias quando o conjunto de feixe 22 é lançado axialmente por uma rampa de lançamento e para dentro do mar, truques de rampa de lançamento podem estar posicionados sob o conjunto de feixe 22 em ambos os lados dos anteparos adjacentes 26A, 26B para manter os anteparos 26A, 26B afastados da rampa de lançamento durante o lançamento. Um modo alternativo ou adicional de proteger os anteparos 26A, 26B durante o lançamento e em uso é levantar uma porção de interface do conjunto de feixe 22 ao redor dos anteparos 26A, 26B acima do nível do restante do conjunto de feixe 22. Isto é conseguido nas Figuras 5a e 5b por cones concêntricos ou seções de tubo inclinadas para cima 12C em cada lado da interface definida pelos anteparos 26A, 26B.

[00104] Após a conexão e aparafusamento dos anteparos 26A, 26B, um teste de vazamento é melhor executado em terra ou antes ou durante o lançamento do conjunto de feixe 22. Um teste de vedação traseira é preferido para facilitar o teste de vazamento em um modo eficiente tendo em mente o impacto potencial sobre o percurso crítico.

[00105] Para este propósito, a Figura 6 mostra um dos anteparos, neste exemplo o anteparo 26A, com uma porta 72 que é usinada na parede lateral de seu flange 56 e que comunica com a face externa 30 do anteparo 26A. Uma vedação de compressão circunferencial 74 circunda a face externa 30 do anteparo 26A por fora da porta 72, e é mantida sob compressão por, e acoplamento de vedação com a face externa 30 do outro anteparo 26B.

[00106] Esta disposição da porta 72 e da vedação circunferencial 74 permite que um teste de vedação traseira seja executado introduzindo um fluido em alta pressão na cavidade definida dentro da

vedação circunferencial 74. Esta cavidade contém todas as vedações 52 entre os ressaltos 48 e rebaixos 50 cooperantes dos anteparos opostos 26A, 26B. Assim, um teste de vedação executado neste modo pode ser utilizado para confirmar rapidamente, em uma única operação, que todas as linhas de fluxo 14 foram vedadas efetivamente nas passagens associadas 46 que estendem através dos anteparos combinados 26A, 26B.

[00107] Finalmente, a Figura 7 mostra uma unidade rebocável 76 que compreende o conjunto de feixe de oleodutos 22 conectando um cabrestante dianteiro 78 e um cabrestante traseiro 80. O conjunto de feixe 22 é mostrado na Figura 7 tanto interrompido quanto grandemente encurtado: na prática, o conjunto de feixe 22 estenderá sobre uma distância considerável entre os cabrestantes 78, 80 - tipicamente aproximadamente 2 km.

[00108] Os cabrestantes 78, 80 incorporam flutuabilidade, ou proveem a flutuação para ser presos, para compensar o seu peso durante o rebocamento. Por exemplo, a flutuação pode ser adicionada diretamente aos cabrestantes 78, 80 prendendo boias ou módulos de flutuação a estes.

[00109] O conjunto de feixe de oleodutos 22 também contribui com flutuabilidade para a unidade 76 em virtude de ar ou outro gás contido dentro dos tubos transportadores selados 12 das respectivas seções de feixe 20. Uma flutuabilidade externa adicional também pode ser provida sobre, ou presa aos tubos transportadores 12.

[00110] A unidade 76 é apta a ser fabricada e testada em terra ou em água protegida antes de ser rebocada para um local de instalação. Se for fabricado em terra, toda a unidade 76 pode então ser puxada para dentro do mar. Isto já é feito para feixes de tubos que formam torres coluna ascendente híbridas utilizadas na indústria de petróleo e gás submarina.

[00111] Vários métodos de reboque podem ser utilizados para transportar a unidade 76 para um local de instalação offshore. Especificamente, a unidade 76 pode ser rebocada em várias profundidades na água. A escolha da profundidade de rebocamento envolve um compromisso entre vários fatores.

[00112] Por exemplo, a unidade 76 pode ser rebocada na superfície ou próximo da superfície 82, o que é mais fácil de administrar. No entanto, a dinâmica de água de superfície gera fadiga no conjunto de feixe de oleodutos 22, o que é o fator limitante que determina a distância de reboque permissível. Ao contrário, rebocar próximo do leito do mar 84 protege o conjunto de feixe 22 da influência da dinâmica de água de superfície e limita os riscos durante o subsequente abaixamento para o fundo do mar 84 no local de instalação. No entanto, controlar a unidade 76 é mais desafiador na profundidade e é somente executável se os contornos do leito do mar 84 permitirem.

[00113] A Figura 7 mostra a alternativa de um método de rebocamento de águas médias no qual a unidade 76 é rebocada em uma profundidade intermediária na coluna de água entre a superfície 82 e o leito do mar 84. Aqui, a unidade 76 está seguramente afastada dos contornos do leito marítimo 84 e está sob uma influência significativa de ação de ondas próximo da superfície 82. Especificamente, a Figura 7 mostra um método de rebocamento de águas médias favorecido conhecido na técnica como o 'método de rebocamento de profundidade controlada' ou CDTM, como descrito na US 4363566.

[00114] O reboque em águas médias é um bom compromisso que assegura uma instalação de baixa tensão sem a utilização de grandes embarcações de guindaste que dependem de estados de mar baixo. Isto torna a instalação menos sensível ao clima e reduz o custo de

embarcações de instalação significativamente. No entanto, o rebocamento de água média requer uma administração precisa de flutuabilidade.

[00115] Em todos os métodos de rebocamento, a unidade 76 é mantida em tensão por linhas ou cabos 86 que estendem à frente e atrás dos respectivos cabrestantes 78, 80 para respectivas embarcações de instalação, tais como rebocadores 88. O conjunto de feixe 22 atua em tensão entre os cabrestantes 78, 80 durante o rebocamento, com cargas de tensão sendo suportadas principalmente pelos sucessivos tubos transportadores 12 das seções de feixe 20 que compõem o conjunto de feixe 22.

[00116] As velocidades dos, e o espaçamento entre os, rebocadores 88 são ajustados para manter a profundidade requerida tendo em consideração o efeito de forças de arraste e tensão nos cabos 86. Opcionalmente, uma terceira embarcação de patrulha/inspeção 90 à frente do rebocador dianteiro 88 inspeciona a rota e monitora a operação de rebocamento.

[00117] Em CDTM, o conjunto de feixe de oleodutos 22 é feito neutramente flutuante na profundidade requerida pela adição de flutuabilidade e/ou correntes de lastro espaçadas ao longo de seu comprimento. No exemplo mostrado, correntes de lastro 92 espaçadas ao longo do conjunto de feixe 22 adicionam peso que compensa a flutuabilidade do conjunto de feixe 22. As correntes de lastro 92 podem, por exemplo, ser presas no conjunto de feixe 22 utilizando tiras de carga. Como um resultado do peso de lastro adicionado, o conjunto de feixe 22 fica suspenso entre os cabrestantes 78, 80 como uma catenária.

[00118] Quando a unidade 76 atinge um local de instalação, a unidade 76 é abaixada na direção do leito do mar 84 enquanto os cabos 86 são estendidos dos rebocadores 88. A unidade 76 pode ser

abaixada para o leito do mar 84 removendo flutuabilidade externa da unidade 76 ou adicionando lastro à unidade 76.

[00119] A unidade 76 deposita sobre o leito do mar 84 em uma folga predeterminada no sistema de produção de leito do mar. Por exemplo, aquele a montante dos cabrestantes 78, 80 pode ser interposto entre uma cabeça de poço e o conjunto de feixe 22 e aquele a jusante dos cabrestantes 78, 80 pode ser interposto entre o conjunto de feixe 22 e uma coluna ascendente.

[00120] Quando sobre o leito do mar 84 no local de instalação, a unidade 76 é conectada através de uma bobina ou tubos jumper em cada cabrestante 78, 80 a outros elementos no sistema de produção submarina utilizando conectores bem conhecidos adequados. Estes outros elementos podem ser colocados sobre o leito do mar 84 antes ou após a unidade 76. A bobina ou tubos jumper pode conectar aquele a montante dos cabrestantes 78, 80 na cabeça de poço e aquele a jusante dos cabrestantes 78, 80 na coluna ascendente. No entanto, os cabrestantes 78, 80 poderiam ser conectados no sistema de produção submarino mais amplo em outros modos, por exemplo através de coletores, e assim não precisam ser conectados diretamente na cabeça de poço ou na coluna ascendente.

[00121] A Figura 7 destaca as vantagens chave da invenção. Uma destas vantagens é mitigar o requisito para múltiplos rebocues separados de sistemas de ligação por extensão de múltiplos feixes, conectando extremidades adjacentes de seções de feixe através de anteparos especialmente adaptados. Assim, a invenção permite que um ou mais rebocamentos sejam removidos de uma campanha offshore onde mais do que uma seção de feixe 20 é requerida para fazer um conjunto de feixe 22 do comprimento requerido. Também, somente dois cabrestantes 78, 80 são necessários para rebocar e instalar um conjunto de feixe 22 que compreende múltiplas seções de

feixe 20.

[00122] Outro benefício da invenção é a capacidade do sistema de conexão de anteparo pré-tensionar os oleodutos antes da soldagem. Isto reduz a fadiga gerada por ciclos de expansão térmica.

[00123] Ainda outro benefício da invenção é que os anteparos 26A, 26B criam uma parada de água altamente eficiente que impedirá que o conjunto de feixe inteiro 22 inunde incontrolavelmente no caso em que o tubo transportador 12 de qualquer uma das seções de feixe 20 é alguma vez rompido.

[00124] Onde um conjunto de feixe 22 consiste em apenas duas seções de feixe 20 da invenção, segue que cada uma destas seções de feixe 20 definirá uma respectiva extremidade do conjunto de feixe 22. Neste caso, cada seção de feixe 20 adequadamente tem um anteparo convencional em uma extremidade, que corresponde a uma respectiva extremidade do conjunto de feixe, e um anteparo 26A, 26B da invenção na outra extremidade, que corresponde a uma junção ou interface intermediária em um ponto médio do conjunto de feixe 22. Tipicamente, cada anteparo convencional está disposto para ser soldado a um respectivo cabrestante.

[00125] Onde um conjunto de feixe 22 consiste em mais do que duas seções de feixe 20 da invenção, duas destas seções de feixe 20 definirão respectivas extremidades do conjunto de feixe 22 e existirão uma ou mais seções de feixe intermediárias ou centrais entre estas. Estas seções de feixe de extremidade 20 podem ter um anteparo convencional em uma extremidade a ser soldado com respectivos cabrestantes e um anteparo 26A, 26B da invenção na outra extremidade. Ao contrário, a ou cada seção de feixe intermediária ou central 20 terá anteparos 26A, 26B da invenção em ambas as extremidades, estes correspondendo a uma ou mais junções ou interfaces intermediárias espaçadas ao longo do comprimento do

conjunto de feixe 22.

[00126] Outras variações são possíveis dentro do conceito inventivo. Por exemplo, o tubo transportador e/ou as linhas de fluxo podem ser de um material composto. Um exemplo de tal material composto contém fibras de reforço em uma matriz de polímero de PEEK (poliéter éter cetona). Onde um tubo é de material composto, conexões de extremidade de aço podem ser adaptadas para prender o tubo em anteparos por soldagem ou outros métodos de fixação à prova de vazamento.

[00127] O conjunto de feixe de oleodutos pode ser rebocado utilizando técnicas outras que CDTM, por exemplo, sendo formado como uma catenária invertida durante o rebocamento. Isto pode ser conseguido adicionando peso de lastro nos cabrestantes para atuar contra um empuxo ascendente flutuante central sobre o conjunto de feixe que estende entre os cabrestantes.

[00128] Não é essencial que os anteparos tenham formações macho e formações fêmea complementares sobre suas faces externas. Nem é essencial que as formações macho sejam confinadas a somente um anteparo e que formações fêmea sejam confinadas a somente o outro anteparo. Seria possível ao invés que um anteparo tenha uma combinação de ambas as formações macho e formações fêmea sobre sua face externa.

[00129] Em vista da largura considerável dos anteparos transversal ao eixo geométrico longitudinal central, a força de retenção e consequente pressão de vedação podem não ser lineares através do diâmetro total da conexão de anteparo com anteparo. Neste caso, a vedação pode ser assegurada por um ou mais das seguintes medidas, a saber: modelando as superfícies de assentamento sobre as faces externas dos anteparos com um perfil ligeiramente convexo; provendo placas de vedação convexas como as vedações anulares; ou

dimensionando os parafusos e com isto determinando a força de vedação para levar em conta a deterioração na pressão de vedação enquanto assegurando uma pressão de vedação adequada em linhas de fluxo centralmente localizadas dentro do conjunto de feixe.

[00130] Ao invés de flanges aparafusados, o acoplamento mecânico pode ser implementado em outros modos. Um exemplo de um acoplamento mecânico alternativo é um conector 'pinbox' ou 'pino e caixa', como oferecido pela Oil States Industries, Inc. e GMC Limited sob as marcas registradas 'Merlin' e 'GMC Mechanical Connector'. Convenientemente, as estruturas que implementam tais conectores podem também implementar os anteparos.

[00131] Os conectores de pino e caixa compreendem uma luva fêmea externa, ou 'caixa', em uma extremidade da seção de feixe, ao redor de uma parte macho tubular interna, ou 'pino' em uma extremidade adjacente de outra seção de feixe. A caixa tem uma rede de dentes anular interna que são acopláveis com dentes externos complementares sobre o pino.

[00132] Na montagem, a pressão hidráulica aplicada na interface anular entre o pino e a caixa deforma o pino e a caixa elasticamente para manter as redes de dente fora de acoplamento conforme a caixa é acionada axialmente ao redor do pino para juntar as seções de feixe. Quando a pressão hidráulica é relaxada, a recuperação elástica move os dentes do pino radialmente para fora e os dentes da caixa radialmente para dentro em acoplamento mútuo, travando as seções de feixe juntas.

## REIVINDICAÇÕES

1. Seção de feixe (20) de um feixe de oleodutos (10) para instalação submarina, a seção de feixe (20) compreendendo:

um tubo transportador alongado rígido (12) que tem pelo menos uma extremidade fechada por um anteparo transversal (26A, 26B); e

dois ou mais elementos alongados que estendem ao longo e dentro do tubo transportador (12) para o anteparo (26A, 26B), estes elementos compreendendo pelo menos um conduto de fluido (14, 16) em comunicação de fluido com uma respectiva abertura (32) que penetra o anteparo (26A, 26B);

em que uma face externa (30) do anteparo (26A, 26B) tem formações de acoplamento de fluido (48, 50) que faceiam para fora circundando a ou cada abertura (32), estas formações (48, 50) sendo dispostas para efetuar um acoplamento estanque a vazamento quando forçadas longitudinalmente contra formações de acoplamento de fluido complementares opostas (48, 50);

**caracterizada** pelo fato de que:

as formações de acoplamento de fluido (48, 50) são integrais com a face externa (30) da antepara (26A, 26B), e

o ou cada conduto de fluido (14, 16) está soldado a uma face interna (28) do anteparo (26A, 26B) ao redor da respectiva abertura (32) para comunicação de fluido estanque a vazamento com esta abertura (32).

2. Seção de feixe (20), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada** pelo fato de que as formações de acoplamento de fluido (48, 50) são fixas em relação ao anteparo (26A, 26B).

3. Seção de feixe (20), de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizada** pelo fato de que as formações de acoplamento de fluido compreendem pelo menos uma formação macho (48) que se

projeta da face externa (30) do anteparo (26A, 26B).

4. Seção de feixe (20), de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizada** pelo fato de que as formações de acoplamento de fluido compreendem pelo menos uma formação fêmea (50) rebaixada dentro da face externa (30) do anteparo.

5. Seção de feixe (20), de acordo com a reivindicação 4, **caracterizada** pelo fato de que uma formação fêmea (50) é um rebaixo que é mais largo do que a abertura (32) circundada pelo rebaixo.

6. Seção de feixe (20), de acordo com a reivindicação 5, **caracterizada** pelo fato de que compreende uma superfície de ressalto de vedação dentro do rebaixo (50) ao redor da abertura (32).

7. Seção de feixe de acordo com a reivindicação 5 ou 6, **caracterizada** pelo fato de que o rebaixo (50) afina para dentro da face externa (30).

8. Seção de feixe (20), de acordo com qualquer uma das reivindicações 4 a 7, **caracterizada** pelo fato de que a formação fêmea (50) contém uma vedação anular (52).

9. Seção de feixe (20), de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizada** pelo fato de que a face externa (30) do anteparo (26A, 26B) define uma superfície de assentamento substancialmente plana entre e ao redor das formações de acoplamento de fluido (48, 50).

10. Seção de feixe (20), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, **caracterizada** pelo fato de que a face externa (30) do anteparo (26A, 26B) define uma superfície de assentamento convexa entre e ao redor das formações de acoplamento de fluido (48, 50).

11. Seção de feixe (20), de acordo com qualquer uma das

reivindicações precedentes, **caracterizada** pelo fato de que as formações de acoplamento de fluido (48, 50) são usinadas.

12. Seção de feixe (20), de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizada** pelo fato de que o tubo transportador (12) está soldado em uma face interna (28) do anteparo (26A, 26B) ao redor dos elementos alongados dentro do tubo transportador (12).

13. Seção de feixe (20), de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizada** pelo fato de que o anteparo (26A, 26B) ainda compreende pelo menos uma formação de acoplamento mecânico para aplicar uma força longitudinal no anteparo (26A, 26B).

14. Seção de feixe (20), de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizada** pelo fato de que o tubo transportador (12) compreende uma menor porção de extremidade unida no anteparo (26A, 26B) e uma maior porção de corpo unida na porção de extremidade por uma ou mais peças intermediárias.

15. Seção de feixe (20), de acordo com a reivindicação 14, **caracterizada** pelo fato de que o ou cada conduto de fluido (14, 16) compreende uma menor porção de extremidade unida no anteparo (26A, 26B) e uma maior porção de corpo unida na porção de extremidade diretamente ou através de uma ou mais peças intermediárias, a menor porção de extremidade do conduto de fluido sendo mais longa do que a menor porção de extremidade do tubo transportador.

16. Feixe de oleodutos (22), **caracterizado** pelo fato de que compreende duas ou mais seções de feixe (20), conforme definido na reivindicação 1, conectadas extremidade com extremidade, em que os anteparos (26A, 26B) de seções de feixe adjacentes (20) estão em uma relação face a face, mutuamente oposta; e

as formações de acoplamento de fluido (48, 50) de um destes anteparos (26A, 26B) são acopladas com formações de acoplamento de fluido complementares opostas do outro destes anteparos (26A, 26B).

17. Feixe de oleodutos (22), de acordo com a reivindicação 16, **caracterizado** pelo fato de que existe um contato de topamento entre as superfícies de assentamento sobre as faces externas dos anteparos (26A, 26B) entre e ao redor das formações de acoplamento de fluido (48, 50).

18. Feixe de oleodutos (22), de acordo com a reivindicação 16 ou 17, em que os anteparos são pressionados juntos, **caracterizado** pelo fato de que ainda compreende um mecanismo de travamento mecânico que atua sobre os anteparos (26A, 26B).

19. Feixe de oleodutos (22), de acordo com a reivindicação 18, **caracterizado** pelo fato de que o mecanismo de travamento mecânico compreende um ou mais elementos de tração (54) que atuam em tensão entre os anteparos (26A, 26B).

20. Feixe de oleodutos (22), de acordo com qualquer uma das reivindicações 16 a 19, **caracterizado** pelo fato de que pelo menos um dos anteparos (26A, 26B) inclui uma porta de teste de pressão (72) que se comunica com uma cavidade vedada que circunda as formações de acoplamento de fluido (48, 50) dos anteparos (26A, 26B).

21. Feixe de oleodutos (22), de acordo com qualquer uma das reivindicações 16 a 20, **caracterizado** pelo fato de que ainda compreende uma cobertura (66A, 66B) que envolve os anteparos (26A, 26B).

22. Método de montar um feixe de oleodutos submarino (22), conforme definido em qualquer uma das reivindicações 16 a 21, de seções de feixe (20), cada seção de feixe compreendendo um tubo

transportador alongado rígido (12) que contém dois ou mais elementos alongados, pelo menos um dos quais é um conduto de fluido (14, 16), que se estendem ao longo e dentro do tubo transportador (12) para um anteparo fixo (26A, 26B) em uma extremidade do tubo transportador (12), em que o ou cada conduto de fluido (14, 16) está soldado a uma face interna (28) do anteparo (26A, 26B) ao redor de uma respectiva abertura (32) que penetra o anteparo (26A, 26B) para comunicação de fluido estanque a vazamento com esta abertura (32), e

**caracterizado** pelo fato de que o método compreende:

trazer os anteparos (26A, 26B) das seções de feixe (20) em relação face a face, mutuamente oposta; e

aplicar uma força longitudinalmente para efetuar um acoplamento estanque a vazamento entre as formações de acoplamento de fluido complementares mutuamente opostas (48, 50) sobre os anteparos (26A, 26B), estas formações (48, 50) sendo integrais com o anteparo (26A, 26B) e circundando respectivas aberturas (32) nos anteparos (26A, 26B) que se comunicam com os respectivos condutos de fluido (14, 16).

23. Método, de acordo com a reivindicação 22, **caracterizado** pelo fato de que compreende aplicar uma força longitudinal nas formações de acoplamento (48, 50) através dos anteparos (26A, 26B).

24. Método, de acordo com a reivindicação 22 ou 23, **caracterizado** pelo fato de que compreende trazer os anteparos (26A, 26B) em contato mutuamente topante entre e ao redor das formações de acoplamento de fluido (48, 50).

25. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 22 a 24, **caracterizado** pelo fato de que compreende intertravar os anteparos (26A, 26B) para localizar os anteparos (26A, 26B) contra movimento lateral ou angular um em relação ao outro.

26. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 22 a 25, **caracterizado** pelo fato de que compreende acoplar formações de acoplamento de fluido macho (48) e fêmea (50) por movimento longitudinal relativo entre os anteparos (26A, 26B)

1/6

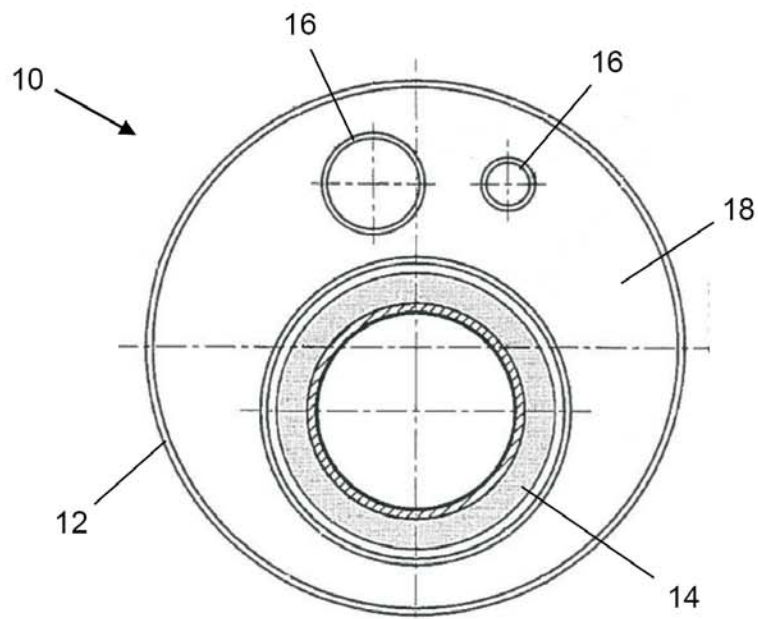


FIG. 1

Técnica Anterior

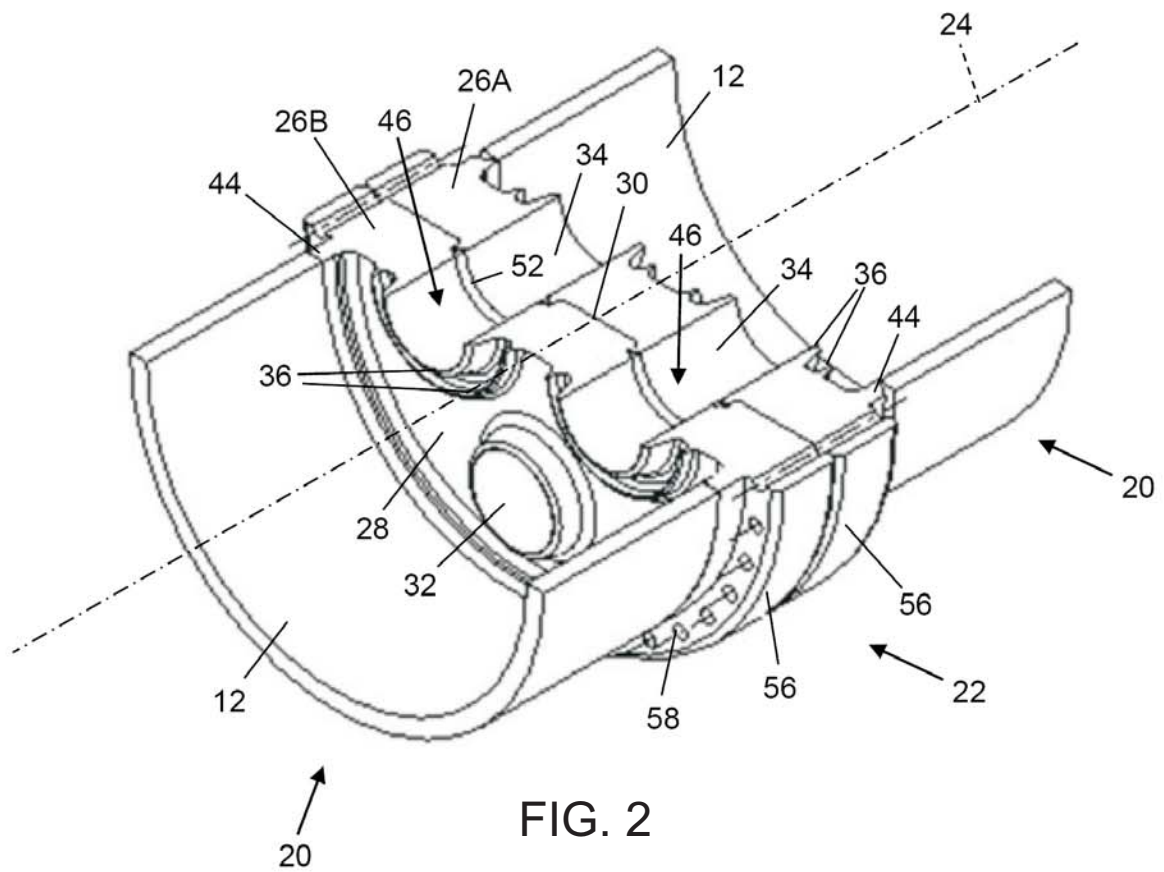


FIG. 2

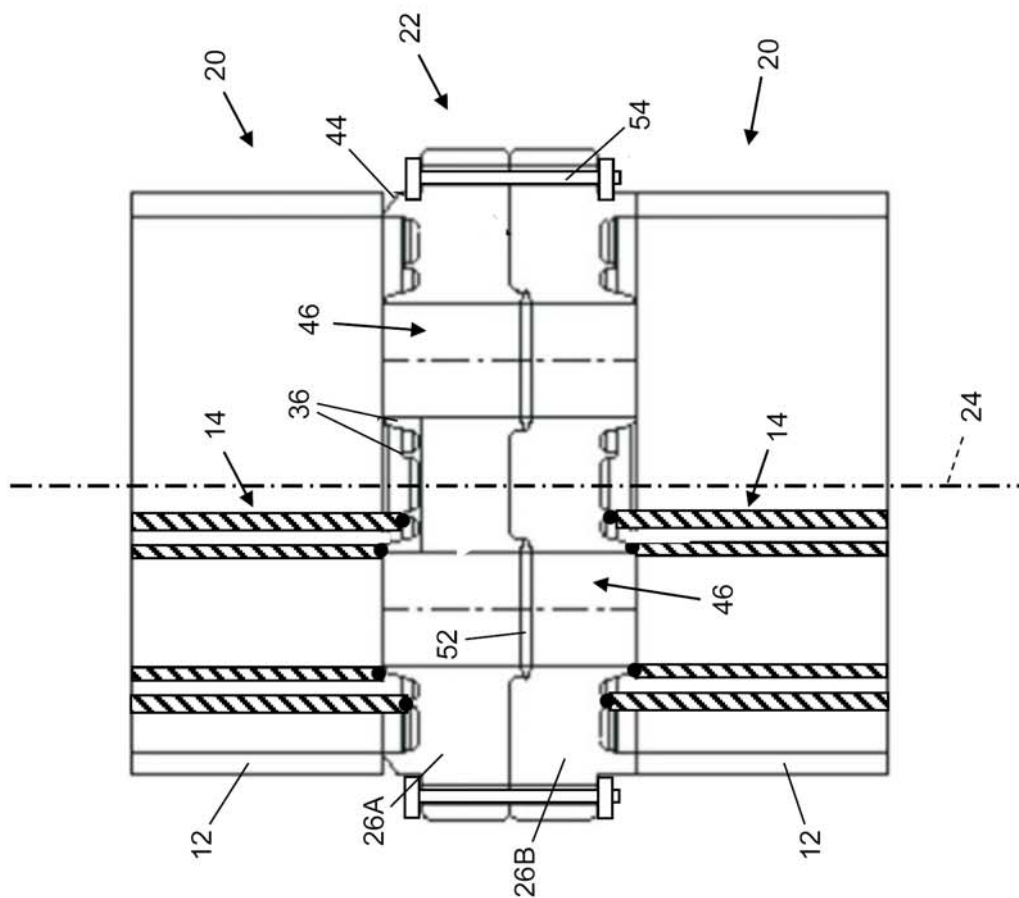


FIG. 3b

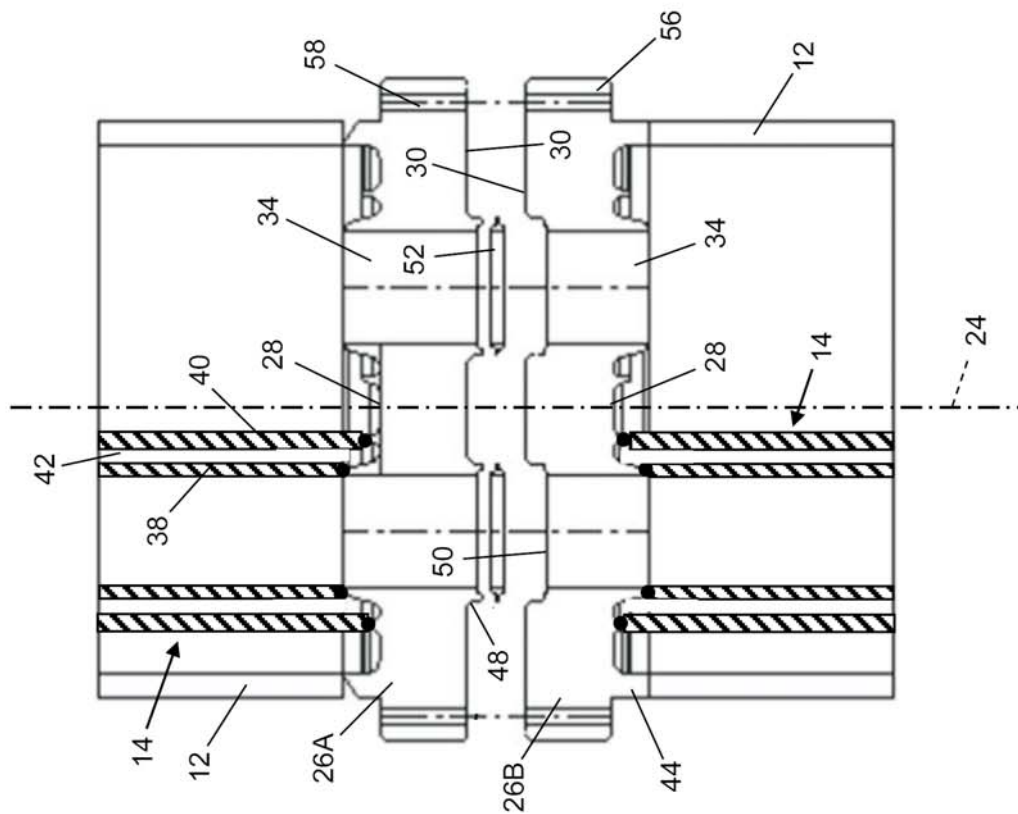


FIG. 3a

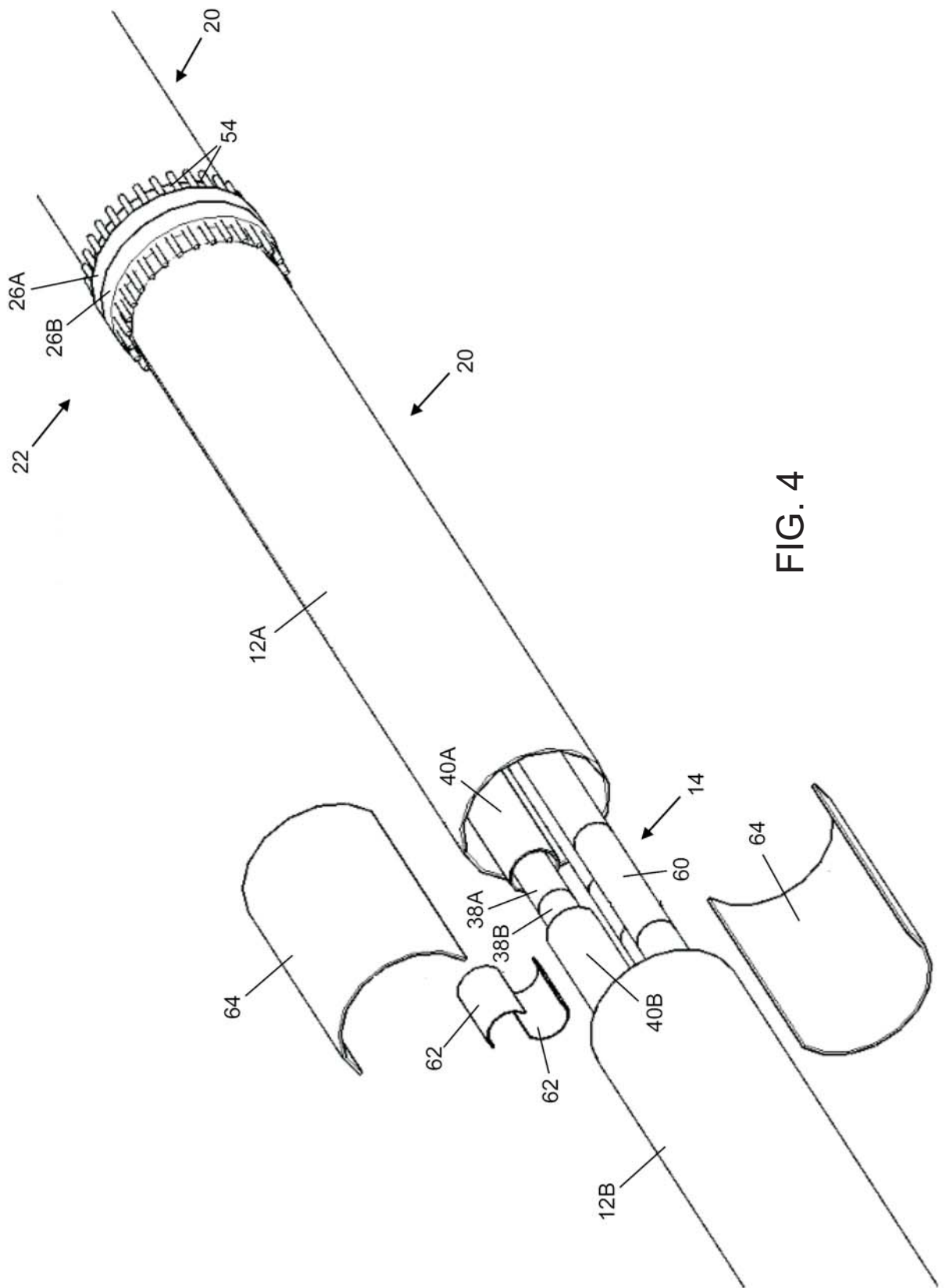


FIG. 4

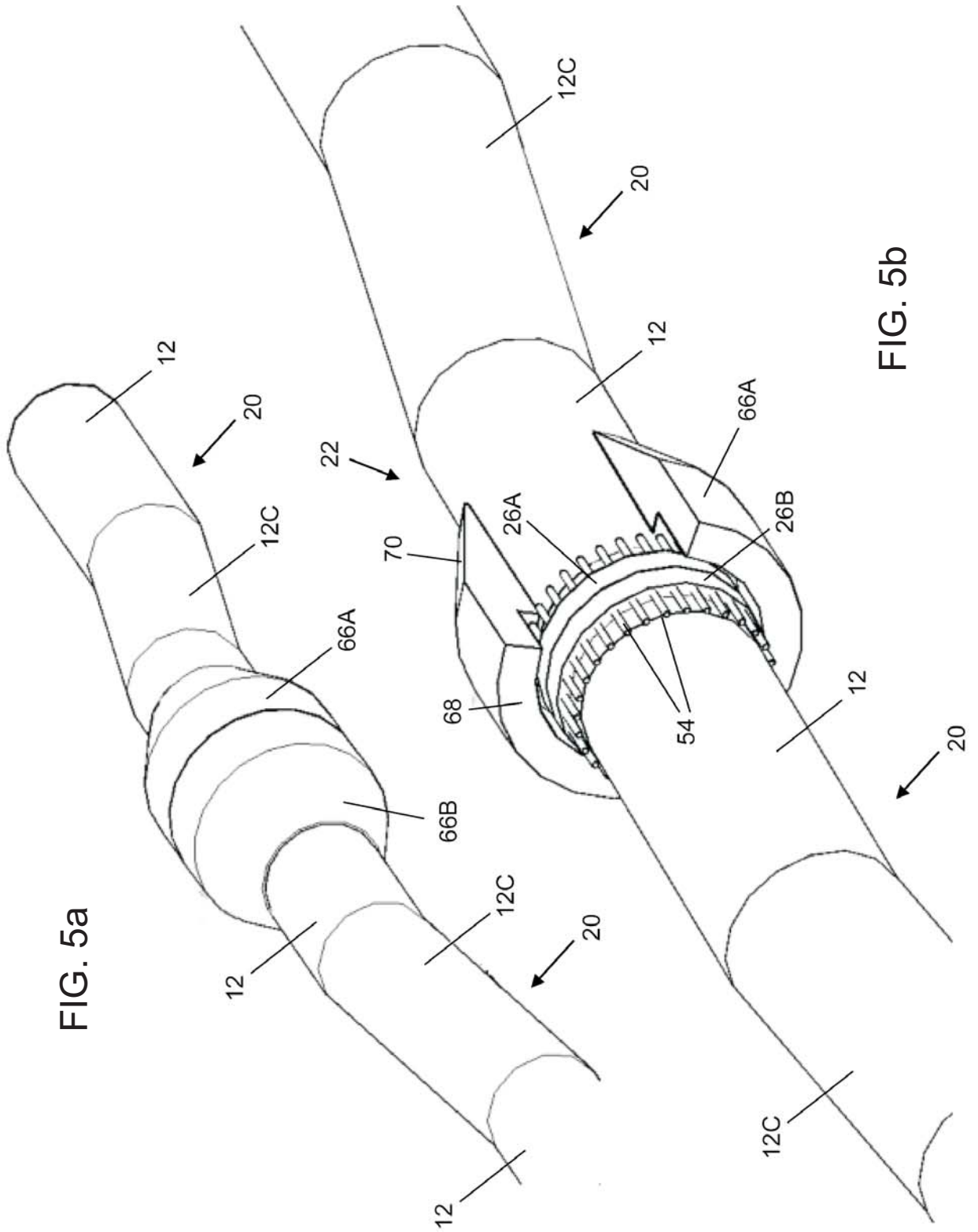


FIG. 5a

FIG. 5b

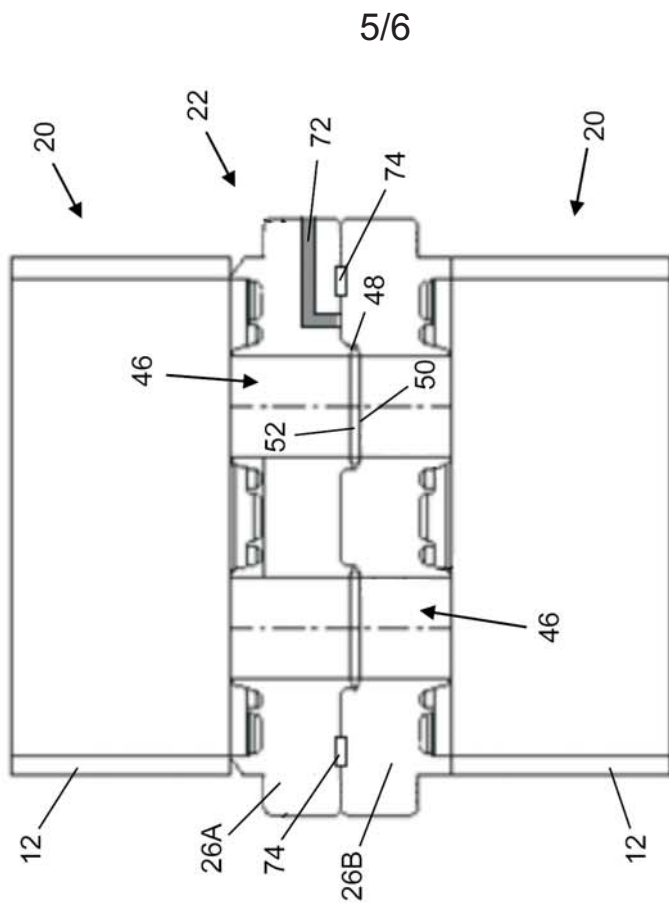


FIG. 6b

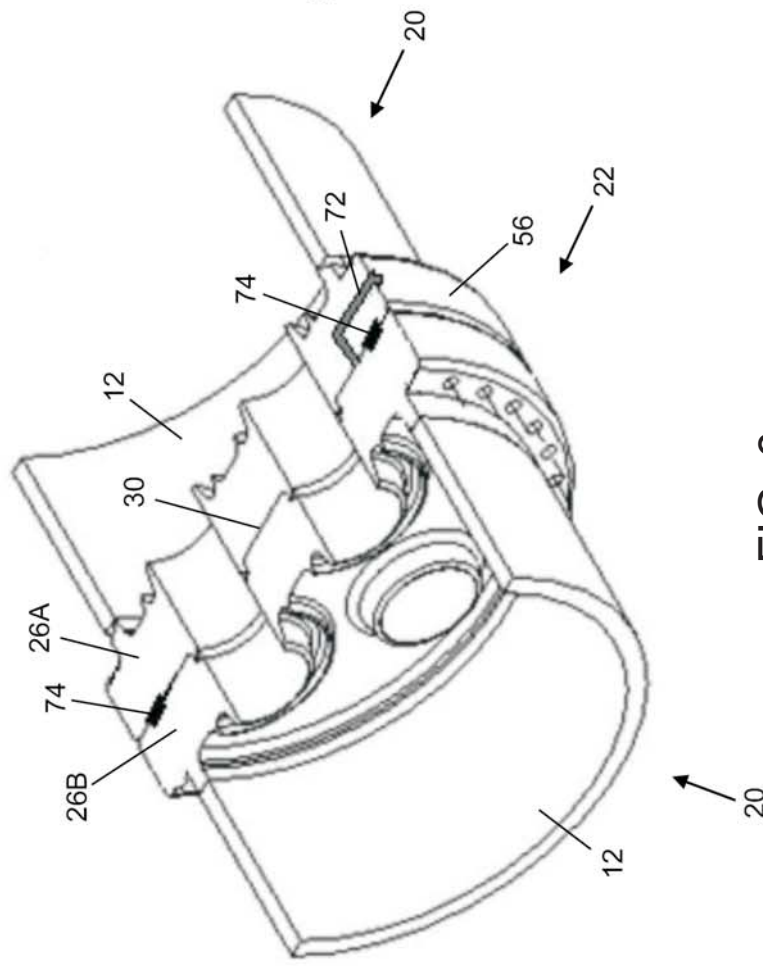


FIG. 6a

5/6

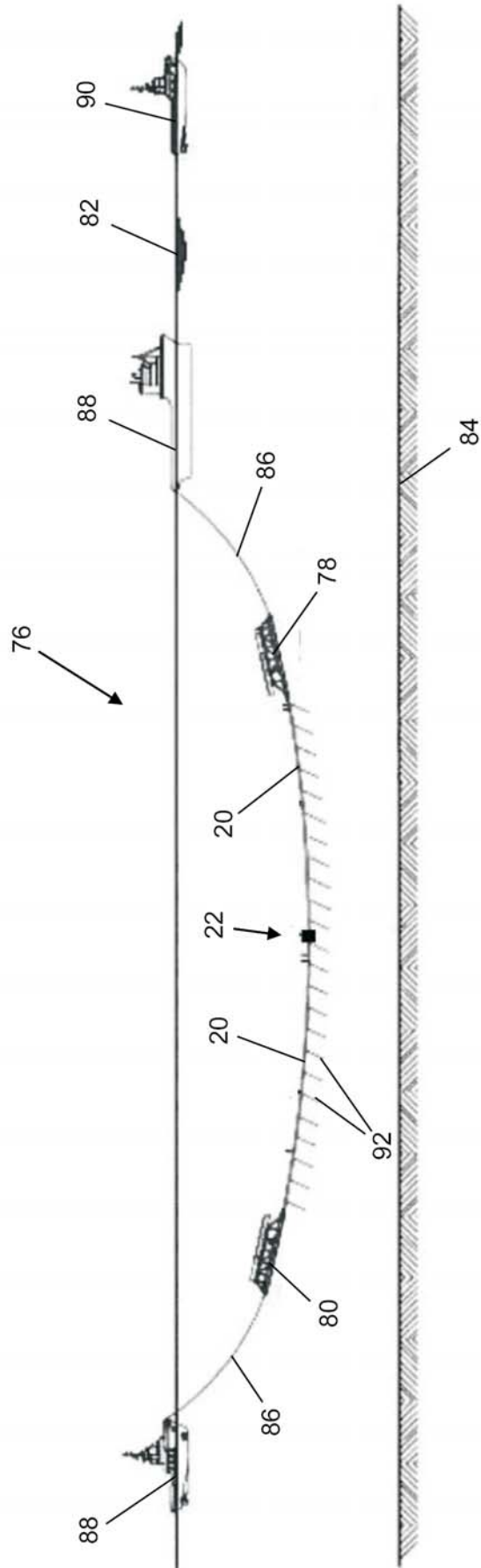


FIG. 7