



**IPI**  
INSTITUTO  
NACIONAL  
DA PROPRIEDADE  
INDUSTRIAL  
Assinado  
Digitalmente

**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**  
MINISTÉRIO DA ECONOMIA  
**INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL**

CARTA PATENTE Nº PI 0920980-8

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

**(21) Número do Depósito:** PI 0920980-8

**(22) Data do Depósito:** 23/11/2009

**(43) Data da Publicação Nacional:** 05/01/2016

**(51) Classificação Internacional:** F16L 1/12; F16L 11/20; F16L 39/00.

**(30) Prioridade Unionista:** GB 0822324.0 de 08/12/2008.

**(54) Título:** RETIRADA DE GÁS

**(73) Titular:** GE OIL & GAS UK LIMITED, Empresa Britânica. Endereço: 2 HIGH STREET, NAILSEA BS48 1BS, BRISTOL, REINO UNIDO(GB)

**(72) Inventor:** RICHARD ALASDAIR CLEMENTS.

**(87) Publicação PCT:** WO 2010/067092 de 17/06/2010

**Prazo de Validade:** 20 (vinte) anos contados a partir de 23/11/2009, observadas as condições legais

**Expedida em:** 12/11/2019

Assinado digitalmente por:

**Liane Elizabeth Caldeira Lage**

Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

## “RETIRADA DE GÁS”

A presente invenção diz respeito a tubos flexíveis que podem ser usados para transportar fluidos tais como fluidos de produção, fluidos de exportação ou fluidos de injeção de uma localização para uma outra. Em particular, mas não exclusivamente, a presente invenção diz respeito a um método e aparelho para dar saída para gás de uma região de anel tubular do tubo flexível para uma região de furo.

Tradicionalmente tubo flexível é utilizado para transportar fluidos de produção, fluidos de exportação ou fluidos de injeção tais como petróleo e/ou gás e/ou água de uma localização para uma outra. Tubo flexível é particularmente útil na conexão de uma localização submarina para uma localização submarina adicional ou uma localização ao nível do mar. Tubo flexível de uma maneira geral é formado como um comprimento de corpo de tubo flexível e um ou mais encaixes de extremidade nas extremidades do corpo de tubo. O corpo de tubo tipicamente é formado como uma estrutura composta de camadas tubulares de material que forma um conduto de contenção de fluido e pressão. A estrutura de tubo é flexível e permite deflexões relativamente grandes sem causar tensões de flexão que prejudicam a funcionalidade do tubo ao longo de uma vida útil desejada. O corpo de tubo de uma maneira geral é, mas não necessariamente, construído como uma estrutura composta incluindo camadas metálicas e de polímero. Tubo flexível pode ser utilizado como uma linha de fluxo sobre a terra e/ou em uma localização submarina. Tubo flexível também pode ser usado como uma ligação em ponte ou tubo ascendente.

Tubos flexíveis de furo grosseiro e de furo liso são conhecidos. Tubo flexível de furo liso inclui uma camada de retenção de fluido chamada de revestimento. Uma superfície interna lisa do revestimento define um furo ao longo do qual fluido é transportado. Entretanto, em ocasião quando um furo é despressurizado uma pressão acumulada em uma região de anel tubular do tubo flexível radialmente externa ao revestimento pode causar o colapso do revestimento e isto resulta em danos irreversíveis. Uma solução é fornecer uma carcaça dentro da camada de retenção de fluido. Esta é uma assim chamada de aplicação de furo grosseiro e a carcaça, a qual é formada por tiras na forma de enrolamento de forma helicoidal em um modo travado, impede colapso da camada de retenção de fluido sob despressurização do furo ao suportar a camada de retenção de fluido. Quando uma carcaça é usada, a camada de retenção de fluido é denominada de camada de barreira.

Como os limites de exploração de petróleo e gás avançam constantemente para ambientes ainda mais inóspitos tem surgida a necessidade de projetar sistemas onde tubos flexíveis usados como colunas de ascensão são fixados a um mecanismo de “torre desconectável”. Uma torre separável como esta é frequentemente transportada por uma embarcação flutuante de produção, armazenamento e descarga (FPSO). Uma embarcação FPSO é um tipo de sistema de tanque flutuante usado na indústria para armazenar e possivelmente

processar fluidos de produção. A torre é desconectada e abandonada em condições meteorológicas ruins ou na presença de massas de gelo flutuantes tal como e quando surge uma necessidade. Abandonar significa que um ponto mais elevado do tubo ascendente fica submerso na água do mar. Frequentemente isto é por um período de tempo prolongado. A embarcação FPSO pode ou não navegar para longe para retornar quando as condições adversas tiverem passado. Durante o período em que um tubo ascendente fica submersa gases de anel tubular podem continuar a acumular por causa de gases difundidos sendo liberados para fora de camadas de polímero do tubo flexível para a região de anel tubular. Quando a torre está conectada a uma embarcação FPSO estes gases acumulados tipicamente são esgotados para um sistema de queima. Entretanto quando a torre é separada o caminho de descarga é fechado. Gases podem assim acumular ao longo do tempo. No caso de alguns tubos flexíveis e em particular, embora não exclusivamente, em projetos de tubo de furo liso que têm uma resistência ao colapso relativamente baixa, os gases de anel tubular acumulados podem causar colapso, empolamento ou outra tal avaria de partes do tubo flexível por causa da pressão acumulada no anel tubular.

É um objetivo da presente invenção mitigar pelo menos parcialmente os problemas mencionados anteriormente.

É um objetivo de certas modalidades da presente invenção capacitar gases acumulados em uma região de anel tubular de um tubo flexível para serem soltos mesmo se o tubo flexível estiver separado de um sistema de descarga.

É um objetivo de certas modalidades da presente invenção capacitar uma torre separável de um FPSO para ser prontamente despressurizada e então liberada enquanto fornecendo um modo no qual gases acumulando em uma região de anel tubular subsequente à liberação podem ser soltos a fim de evitar colapso de uma parte ou partes do tubo flexível.

É um objetivo de certas modalidades da presente invenção fornecer um aparelho e metodologia que capacitem uma solução para o acúmulo de gases de anel tubular para serem aperfeiçoados para tubos flexíveis existentes ou para serem incorporados em um estágio inicial de fabricação de tubo flexível.

De acordo com um primeiro aspecto da presente invenção é fornecido um método de dar saída para gás de uma região de anel tubular de um tubo flexível, compreendendo as etapas de:

despressurizar uma região de furo de um tubo flexível; e

através de pelo menos um caminho de comunicação de fluido de fluxo de ventilação, retirar gás de uma região de anel tubular do tubo flexível para a região de furo.

De acordo com um segundo aspecto da presente invenção é fornecido um método de liberar um elemento de torre de tubo ascendente de uma embarcação flutuante de produção, armazenamento e descarga (FPSO), compreendendo as etapas de:

retirar gás de uma região de anel tubular de um tubo ascendente presa ao elemento de torre de acordo com o método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9; e

liberar o elemento de torre subsequente a um período de tempo predeterminado subsequente a iniciar o processo de dar saída para o gás ou quando uma pressão de furo satisfaz um valor predeterminado.

De acordo com um terceiro aspecto da presente invenção é fornecido um método de aperfeiçoar um elemento de carretel para um encaixe de extremidade de um tubo flexível, compreendendo as etapas de:

prender um elemento de carretel a uma região de extremidade dianteira de um encaixe de extremidade de um tubo flexível em uma configuração de extremidade com extremidade, o dito elemento de carretel compreendendo pelo menos uma passagem de fluxo de fluido através de uma parede lateral do mesmo, a dita passagem sendo conectável a uma passagem de comunicação de fluido de fluxo de ventilação no encaixe de extremidade para assim capacitar gás para ser solto de uma região de anel tubular do tubo flexível para uma região de furo do tubo flexível através da passagem de fluxo de fluido do elemento de carretel.

De acordo com um quarto aspecto da presente invenção é fornecido aparelho para retirar gás de uma região de anel tubular de um tubo flexível, compreendendo:

pelo menos um caminho de comunicação de fluido de fluxo de ventilação em comunicação de fluido entre uma região de anel tubular de um tubo flexível e uma região de furo do tubo flexível.

De acordo com um quinto aspecto da presente invenção é fornecido uma embarcação flutuante de produção, armazenamento e descarga (FPSO) compreendendo um elemento de torre de tubo ascendente liberável, o elemento de torre de tubo ascendente compreendendo o aparelho ou tubo flexível ou tubo ascendente de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 a 23 respectivamente.

De acordo com um sexto aspecto da presente invenção é fornecido um elemento de carretel conectável a uma região de extremidade dianteira de um encaixe de extremidade de um tubo flexível em uma configuração de extremidade com extremidade, o elemento de carretel compreendendo:

uma parte de corpo de uma maneira geral cilíndrica; e

pelo menos uma passagem de fluxo de fluido se estendendo através de uma parede lateral da parte de corpo.

Certas modalidades da presente invenção fornecem uma metodologia e aparelho para reduzir ou evitar completamente o desenvolvimento de pressão em uma região de anel tubular de um tubo flexível ao retirar gás da região de anel tubular para uma região de furo despressurizada. Um volume da região de furo é substancialmente maior que um volume na

região de anel tubular do tubo flexível e assim uma pressão na região de anel tubular pode ser diminuída para dentro de níveis seguros sem aumentar uma pressão na região de furo além de níveis seguros.

Certas modalidades da presente invenção fornecem um método e aparelho que podem ser aperfeiçoados para tubos flexíveis existentes ao prender um encaixe de carretel em uma configuração de extremidade com extremidade com um encaixe de extremidade terminando o tubo flexível. O encaixe de carretel é conectável ao encaixe de extremidade por meio de tubulação para fornecer um caminho de comunicação de fluido de um anel tubular do tubo flexível para uma região de furo do tubo flexível através do encaixe de carretel.

Certas modalidades da presente invenção fornecem um FPSO e um método de operar um FPSO que capacita colunas de ascensão conectadas ao FPSO para serem prontamente separadas capacitando o FPSO para navegar para longe a fim de evitar danos. As colunas de ascensão separadas podem permanecer submersas por um período de tempo considerável sem falha porque gases de anel tubular que de outro modo acumulariam e causariam colapso ou empolamento de camadas do tubo flexível são soltos continuamente para o furo de tubo a fim de serem retidos dentro de níveis seguros.

Modalidades da presente invenção serão descritas em seguida, somente a título de exemplo, com referência aos desenhos anexos, nos quais:

A figura 1 ilustra um corpo de tubo flexível;

A figura 2 ilustra uma ligação em ponte, linha de fluxo e tubo ascendente;

A figura 3 ilustra um FPSO e torre separável;

A figura 4 ilustra um encaixe de extremidade e caminho de comunicação de fluido de fluxo de ventilação;

A figura 5 ilustra despressurização de furo e de anel tubular;

A figura 6 ilustra um encaixe de extremidade e caminho de comunicação de fluido de fluxo; e

A figura 7 ilustra um encaixe de extremidade e caminho de comunicação de fluido de fluxo.

Nos desenhos números de referência iguais se referem às partes iguais.

Por todo este relatório descritivo será feita referência para um tubo flexível. Ficará entendido que um tubo flexível é uma montagem de uma parte de corpo de tubo e um ou mais encaixes de extremidade em cada qual termina uma extremidade do corpo de tubo. A figura 1 ilustra como um corpo de tubo é formado de acordo com uma modalidade da presente invenção de um composto de materiais em camadas que formam um conduto de contenção de pressão. Embora um número de camadas particulares esteja ilustrado na figura 1, é para ser entendido que a presente invenção é amplamente aplicável a estruturas compostas de corpo de tubo incluindo duas ou mais camadas. É para ser notado adicional-

mente que as espessuras de camadas estão mostradas somente para propósitos ilustrativos.

Tal como ilustrado na figura 1, o corpo de tubo inclui uma camada de carcaça interna 11. A carcaça fornece uma construção metálica entrelaçada que pode ser usada como uma camada interna para impedir, totalmente ou parcialmente, colapso de um revestimento interno de pressão 12 por causa de descompressão de tubo, pressão externa, pressão de armadura de tração e cargas de esmagamento mecânico. Será percebido que modalidades da presente invenção são aplicáveis a tais aplicações de "furo grosseiro" ou a outras aplicações onde uma carcaça não é utilizada. Estas são assim chamadas de aplicações de furo liso.

O revestimento interno de pressão 12 age como uma camada de retenção de fluido e tipicamente compreende uma camada de polímero que assegura integridade de fluido interno. É para ser entendido que esta camada propriamente dita pode compreender diversas subcamadas. Será percebido que quando a camada de carcaça é utilizada o revestimento interno de pressão é frequentemente referido na técnica como uma camada de barreira. Quando uma carcaça não é utilizada o revestimento interno de pressão é referido como um forro.

Uma camada de armadura de pressão 13 é formada sobre o revestimento interno de pressão e é uma camada estrutural com um ângulo de assentamento próximo de 90° que aumenta a resistência do tubo flexível à pressão interna e externa e cargas de esmagamento mecânico. A camada também suporta estruturalmente o revestimento interno de pressão e tipicamente consiste de uma construção metálica entrelaçada.

O corpo de tubo flexível também pode incluir uma ou mais camadas da fita 14 e uma primeira camada de armadura de tração 15 e a segunda camada de armadura de tração 16. Cada camada de armadura de tração é uma camada estrutural com um ângulo de assentamento tipicamente entre 20° e 55°. Cada camada é usada para sustentar cargas de tração e pressão interna. As camadas de armadura de tração são enroladas em oposição em pares.

O corpo de tubo flexível também inclui um revestimento externo 17 que compreende uma camada de polímero usada para proteger o tubo contra penetração de água do mar e outros ambientes externos, corrosão, abrasão e dano mecânico. Uma ou mais camadas 18 de isolamento também podem ser incluídas.

Cada tubo flexível compreende pelo menos uma parte, algumas vezes referida como um segmento ou seção de corpo de tubo 10, juntamente com um encaixe de extremidade localizado em pelo menos uma extremidade do tubo flexível. Usualmente um encaixe de extremidade é usado em ambas as extremidades do segmento de corpo de tubo flexível. Um encaixe de extremidade fornece um dispositivo mecânico que forma a transição entre o

corpo de tubo flexível e um conector. As diferentes camadas de tubo tais como mostradas, por exemplo, na figura 1 terminam no encaixe de extremidade de uma maneira tal como para transferir a carga entre o tubo flexível e o conector. Segmentos de tubo flexível podem ser unidos conjuntamente em um arranjo de extremidade com extremidade para criar grandes comprimentos de tubo flexível. Os segmentos adjacentes podem incluir segmentos de

5 corpo de tubo flexível idêntico ou segmentos nos quais o corpo de tubo flexível tenha diferentes camadas e/ou propriedades físicas.

A figura 2 ilustra uma montagem de tubo ascendente 20 adequada para transportar fluido de produção, de exportação ou de injeção tal como petróleo e/ou gás e/ou água de uma localização submarina 21 para uma instalação flutuante 22. Por exemplo, na figura 2 a

10 localização submarina 21 é uma conexão para uma linha de fluxo submarina 23. A linha de fluxo flexível compreende um tubo flexível se apoiando, completamente ou em parte, no fundo do mar ou enterrado abaixo do fundo do mar. A instalação flutuante, por exemplo, pode ser fornecida por uma plataforma e/ou bóia ou, tal como ilustrado na figura 2, uma em-

15 barcação. O tubo ascendente 20 é fornecida como um tubo ascendente flexível, ou seja, um tubo flexível conectando a embarcação à instalação de fundo do mar. Alternativamente o tubo flexível pode ser usado como uma ligação em ponte 24.

A figura 3 ilustra como certas modalidades da presente invenção podem ser utilizadas com uma embarcação flutuante de produção, armazenamento e descarga (FPSO) 30. É

20 para ser entendido que modalidades da presente invenção não estão limitadas a tal uso, mas de uma maneira mais geral são aplicáveis sempre que uma região de anel tubular de um tubo flexível deve ser esgotada subsequente a uma despressurização parcial ou total de um furo no tubo flexível. Tal como ilustrado na figura 3 a embarcação FPSO, que é um tipo bem conhecido de embarcação que age efetivamente como um sistema de tanque flutuante

25 e é usado de uma maneira geral na indústria de petróleo e gás ao largo, flutua na superfície 31 de uma extensão de água do mar tal como um oceano, rio ou mar. A embarcação FPSO permite que petróleo ou outros fluidos de produção sejam acumulados na embarcação FPSO até que exista uma quantidade coletada suficiente para uma embarcação tanque de transporte para descarregar o fluido. Um tubo ascendente 20<sub>1</sub>, 20<sub>2</sub> está ilustrada na figura 3

30 conectando uma localização no fundo do mar 21 a uma torre separável 32<sub>1</sub>, 32<sub>2</sub>. Em um modo de operação normal ilustrado pelas linhas pontilhadas da figura 3 e indicado por números de referência tendo um subscrito 1, o tubo ascendente se estende para dentro da torre separável que fica presa aa embarcação FPSO.

Ocasionalmente por causa de condições meteorológicas adversas ou pela presen-

35 ça de massas de gelo flutuantes é desejável que a embarcação FPSO se desloque para longe da localização do tubo ascendente. Em um caso como este a torre 32 é separada da embarcação FPSO. A torre separável e uma ou mais colunas de ascensão conectadas a ela

afundam para uma profundidade de mar  $h$  determinada pela temperatura da água do mar e pela flutuabilidade natural associada com as colunas de ascensão flexíveis e torre separável. A profundidade  $h$  abaixo da superfície 31 é suficientemente grande para assegurar que quaisquer icebergs ou massas de gelo flutuantes não colidem com a torre separada 32<sub>2</sub>. Por causa das massas de gelo flutuantes e condições meteorológicas adversas em alguns ambientes a torre separada permanecerá submersa por algum tempo. Em ocasiões a torre separável pode permanecer submersa por mais de dois meses.

Antes do desenganche da torre separável 32 da embarcação FPSO 30 o fluxo de fluido no tubo ascendente de tubo flexível deve ser interrompido e então um furo do tubo ascendente deve ser despressurizado. Isto é executado ao operar válvulas (não mostradas) tal como é bem conhecido na técnica. A despressurização permite que algum, muito ou todo o fluido seja retirado do tubo ascendente, o que de outro modo faria com que o tubo ascendente permanecesse em um estado pressionado e válvulas de isolamento ficassem sob pressão, o que é indesejável.

Tal como observado anteriormente, um problema associado com o procedimento de despressurização de um tubo ascendente presa a uma torre separável ou em qualquer situação onde um furo de um tubo flexível é despressurizado é que, à medida que o furo é despressurizado, qualquer fluido, tal como gás ou líquido, o qual acumula em um anel tubular do tubo flexível em volta da camada interna de retenção de fluido pode expandir por causa do diferencial de pressão entre uma pressão de furo e uma pressão acumulada no anel tubular. Isto pode fazer com que a camada interna de retenção de fluido seja danificada.

Durante procedimentos normais de operação, em que o tubo ascendente e a torre separável estão conectadas aa embarcação FPSO, o acúmulo de fluido na região de anel tubular é evitado ao esgotar continuamente ou de forma repetida gás da região de anel tubular até a embarcação de superfície onde ele é queimado por meio de um sistema de queima 33. O caminho de comunicação de fluido de fluxo de descarga que permite que gás acumulado no anel tubular seja esgotado é fechado antes do desenganche da torre separável. A partir desse ponto no tempo gás pode começar a acumular na região de anel tubular. Este acúmulo pode ser particularmente pronunciado quando transportando fluidos tendo um alto teor de gás. Tal como será percebido isto é particularmente pronunciado quando o fluido sendo transportado no tubo ascendente é um gás. Durante operação normal este componente de gás pode ser difundido para dentro das camadas de polímero das camadas de retenção de fluido. Subsequente ao desenganche do tubo ascendente este gás difundido pode continuar a ser liberado da camada de retenção de fluido, causando assim um acúmulo de gás em uma região de anel tubular do tubo flexível. Em virtude do comprimento relativamente grande do tubo ascendente, e assim o grande volume de polímero que pode ser saturado com gás, um volume relativamente grande de gás pode ser liberado pelas camadas de po-



límero e acumular no anel tubular. Sem a descarga de acordo com as modalidades da presente invenção uma pressão na região de anel tubular pode assim aumentar ao longo do tempo. É possível que este aumento em pressão possa resultar em um ponto no tempo onde a pressão acumulada exceda uma pressão no furo do tubo flexível por uma extensão que possa causar danos.

A figura 4 ilustra um encaixe de extremidade 40 de acordo com uma modalidade da presente invenção que fornece um caminho de comunicação de fluido de fluxo de ventilação do anel tubular para dentro do furo a fim de evitar o acúmulo de pressões perigosas no anel tubular. O encaixe de extremidade tem uma extremidade traseira 41 e uma extremidade dianteira 42. Uma extremidade de uma parte de corpo de tubo flexível termina na extremidade traseira do encaixe de extremidade. O encaixe de extremidade 40 propriamente dito inclui um corpo de encaixe de extremidade 43 que tem uma boca de uma maneira geral aberta em uma extremidade traseira do mesmo e uma boca de uma maneira geral aberta adicional em uma extremidade dianteira do mesmo. A boca de extremidade dianteira 44 é capaz de ser fixada a uma torre separável por meio de um mecanismo de aperto ou de algum outro mecanismo de fixação tal como é conhecido na técnica. Uma camisa de encaixe de extremidade 45 encerra a extremidade traseira do corpo de encaixe de extremidade 43 e veda contra uma superfície externa do corpo de tubo flexível por meio de um colar 46 e da vedação 47. Os versados na técnica perceberão que o corpo de tubo flexível termina no encaixe de extremidade ao separar camadas do tubo flexível. O furo interno 48 do corpo de encaixe de extremidade casa substancialmente com um furo interno do corpo de tubo flexível terminado. Uma câmara é definida entre uma superfície externa do corpo de encaixe de extremidade e corpo de tubo flexível e uma superfície interna da camisa de encaixe de extremidade 45. Esta câmara é usada para localizar arames de armadura do corpo de tubo flexível durante um processo de terminação. A câmara é enchida com material rígido para prender os fios terminados tal como também será percebido pelos versados na técnica.

Um caminho de comunicação de fluido de fluxo de ventilação para esgotar uma região de anel tubular 49 do corpo de tubo flexível é definido por um caminho de comunicação de fluido de extremidade traseira 50 que é pré-formado na camisa de encaixe de extremidade. Um conduto tubular 51 conecta a passagem 50 da extremidade traseira do encaixe de extremidade a uma passagem adicional 52 na extremidade dianteira do corpo de encaixe de extremidade 43. Uma válvula 53 é localizada em um recesso 54 no corpo de encaixe de extremidade 43. A válvula é de um tipo capaz de suportar altas pressões no furo 48 durante uso normal. Por exemplo, uma válvula de alívio fabricada pela Circle Seal Controls Inc tipo RV05-575X pode ser usada.

Durante operação normal na qual o tubo flexível sendo usado como um tubo ascendente 40 está preso a uma torre separável que está conectada a uma embarcação

FPSO, a válvula 53 usada para esgotar o anel tubular 49 para dentro do furo 48 está fechada. O anel tubular 49 é esgotado continuamente de gás acumulado através de um caminho de comunicação de fluido de fluxo de descarga que inclui uma parte da passagem 50 na extremidade traseira do encaixe de extremidade, o conduto tubular 51 que conecta a extremidade traseira do encaixe de extremidade ao corpo de encaixe de extremidade e a passagem 52 na extremidade dianteira do corpo de encaixe de extremidade. Uma primeira porta 55 e/ou uma porta adicional 56 são conectáveis a tubulação adicional, tal como será percebido pelos versados na técnica, que resulta no sistema de queima 33 na embarcação FPSO.

Quando a torre separável é para ser separada da embarcação FPSO, por exemplo, quando uma massa de gelo flutuante tiver sido identificada próxima ou se movendo na direção da embarcação FPSO, o anel tubular 49 do corpo de tubo flexível é isolado do sistema de queima 33. Isto pode ser alcançado ao fechar várias válvulas de isolamento (não mostradas) ou as portas 55, 56 tal como será percebido pelos versados na técnica.

Antes do desencaixe da torre o furo 48 do tubo flexível e o encaixe de extremidade são despressurizados em uma taxa de cerca de 1.800 kPa/min (18 bar/min) ou menos até que pelo menos uma parte do furo esteja na pressão atmosférica ou próxima dela. Esta é usualmente, embora nem sempre, a parte superior.

Uma vez que despressurizada para um grau predeterminado a válvula respiradora 53 é aberta para abrir o caminho de comunicação de fluxo de ventilação do anel tubular 49 do corpo de tubo flexível para o furo do corpo de tubo flexível. O volume de anel tubular é relativamente pequeno em relação ao volume do furo do tubo flexível e assim o furo de tubo quando despressurizado pode servir como um grande reservatório para gases acumulados.

Será percebido que, embora somente uma válvula respiradora 53 e o conduto associado 51 estejam ilustrados na figura 4, mais de uma válvula e caminho de comunicação de fluxo de ventilação correspondente podem ser fornecidos arranjos circunferencialmente em volta da seção transversal do corpo de encaixe de extremidade e tubo flexível a fim de ajudar a maximizar o processo de descarga e evitar falha do processo de descarga por causa de uma obstrução se formando no caminho de comunicação de fluxo de ventilação.

Embora a válvula respiradora 53 mostrada na figura 4 seja uma válvula não de retorno de um tipo mecânico será percebido que uma grande variedade de tipos diferentes de válvulas pode ser utilizada incluindo válvulas eletrônicas ou coisa parecida. A válvula respiradora abre e fecha automaticamente ou pode ser controlada remotamente de acordo com certas outras modalidades da presente invenção.

A figura 5 ilustra as pressões no furo e no anel tubular do corpo de tubo flexível durante um ciclo de despressurização. Despressurização do furo começa em um ponto 57 no tempo antes do desencaixe da torre. A pressão no furo diminui gradualmente ao longo do tempo e despressurização de anel tubular inicia em um ponto 58 subsequente a uma ou

mais válvulas de saída se abrindo quando uma pequena diferença de pressão  $\Delta P$  é detectada através da válvula respiradora. Esta diferença de pressão é tipicamente da ordem de cerca de 200 kPa (2 bar) ou menos e apropriadamente não maior que 500 kPa (5 bar).

A figura 6 ilustra uma modalidade alternativa de um encaixe de extremidade capaz de fornecer um caminho de comunicação de fluido de fluxo de ventilação para retirar gás de uma região de anel tubular de um tubo flexível para uma região de furo 40. Em muitos aspectos o encaixe de extremidade 60 é similar ao encaixe de extremidade 40 ilustrado na figura 4. O encaixe de extremidade 60 mostrado na figura 6 tem uma extremidade traseira 61 e uma extremidade dianteira 62. O encaixe de extremidade 60 compreende um corpo de encaixe de extremidade 63 e uma camisa externa 65.

É para ser notado que, ao contrário do encaixe de extremidade mostrado e descrito com relação à figura 4 que tem uma válvula respiradora 53 localizada em um recesso interno 54 próximo do furo 48, a válvula respiradora 66 mostrada na figura 6 que controla a abertura e fechamento do caminho de comunicação de fluido de fluxo de ventilação é alojada em uma região rebaixada externa 67 do corpo de encaixe de extremidade 63. Uma parte do caminho de comunicação de fluido de fluxo de ventilação entre a válvula respiradora 66 e o furo 48 é fornecida por uma passagem 68. Esta passagem 68 e a parte a jusante da válvula 66 representam uma parte do caminho de comunicação de fluido de fluxo de ventilação que, ocasionalmente, pode se tornar bloqueada. As obstruções podem ser formadas por detrito fluindo ao longo do furo 48 durante um modo normal de operação ou pela formação de cristais ou outros materiais sólidos sobre a superfície interna do furo. A aglomeração de tal material sólido potencialmente pode fazer com que um caminho de comunicação de fluido de fluxo de ventilação se torne bloqueado e assim causar falha do processo de fluxo de ventilação de uma região de anel tubular para a região de furo. Para este propósito uma fonte de alta pressão (não mostrada) pode ser conectada em um caminho de comunicação de fluido de fluxo de purgação com a válvula 66 e a passagem 68 através de uma válvula de isolamento de fluxo de purgação 69. Uma válvula de isolamento de anel tubular 70 também é fornecida para isolar o anel tubular da fonte de alta pressão durante um modo de operação de purgação.

Durante modos normais de operação nos quais a torre está fixada ao FPSO gás acumulado no anel tubular do tubo flexível é esgotado para um sistema de queima no FPSO através de um caminho de comunicação de fluido de fluxo de descarga. Este caminho de comunicação de fluxo de descarga é fornecido pela passagem 50 na extremidade traseira da camisa de encaixe de extremidade, pelo conduto tubular 51 conectando a passagem de camisa 50 ao corpo de encaixe de extremidade 63 na extremidade dianteira do encaixe de extremidade e então através da tubulação externa 71 através de uma válvula de isolamento de anel tubular 70 aberta e da válvula de fluxo de purgação 69 aberta. Durante esta opera-

ção normal a válvula de fluxo de ventilação 66 permanece fechada.

Quando a torre separável é para ser separada do FPSO um furo 48 é despressurizado por meio de um processo controlado. O furo é despressurizado apropriadamente em uma taxa de 1.800 kPa/min (18 bar/min) ou menos. Se existir tempo ou se acreditar que uma parte do caminho de comunicação de fluido de fluxo de ventilação pode estar bloqueada a válvula de isolamento de anel tubular 70 é fechada e uma fonte de alta pressão, tal como um cilindro de ar de alta pressão é conectado na embarcação de superfície e esta alta pressão sopra para trás para dentro do furo 48 através da válvula de isolamento de fluxo de purgação 69 aberta e da válvula 66 também usada durante o processo de descarga. A alta pressão do fluxo de purgação abre a válvula 66. O anel tubular é isolado desta sobrepressão a fim de evitar danos por meio da válvula de isolamento de anel tubular 70 fechada. A fonte de alta pressão é conectada por um período de tempo predeterminado a fim de soprar quaisquer fragmentos ou matéria sólida acumulados bloqueando a passagem de fluxo de ventilação 68 ou a válvula respiradora 66 para dentro do anel tubular para limpar o caminho. Subsequente à purgação do caminho neste modo a válvula de isolamento de fluxo de purgação 69 é fechada e a válvula de isolamento de anel tubular 70 é aberta a fim de fornecer o caminho de comunicação de fluido de fluxo de ventilação quando a torre separável estiver separada. O caminho de fluxo de ventilação pode então ser utilizado para retirar continuamente quaisquer gases se acumulando na região de anel tubular de volume relativamente pequeno para a região de furo de volume muito maior. Ao abrir e fechar seletivamente a válvula de isolamento de anel tubular o processo de descarga pode ser tornado opcionalmente um processo repetido em vez de contínuo.

A figura 7 mostra uma modalidade adicional da presente invenção ilustrando como um carretel pode ser preso à extremidade dianteira de um encaixe de extremidade convencional 80. O encaixe de extremidade convencional 80 tem uma extremidade traseira 81 e a extremidade dianteira 82 e um corpo de encaixe de extremidade 83 e a camisa de encaixe de extremidade 85. Neste sentido a figura 7 ilustra como uma modalidade da presente invenção pode ser utilizada para aperfeiçoar um elemento para um encaixe de extremidade existente para fornecer um caminho de comunicação de fluido de fluxo de ventilação para capacitar uma região de anel tubular de um tubo flexível existente para ser esgotada para dentro do furo. Tal como ilustrado na figura 7, uma válvula de isolamento de fluxo de purgação 69 e a válvula de isolamento de anel tubular 70 são utilizadas juntamente com uma válvula de fluxo de ventilação 66 que se apóia em um rebaixo. Nesta modalidade, entretanto, a válvula de fluxo de ventilação 66 se apóia em um rebaixo 87 em uma superfície cilíndrica externa de um carretel. Uma passagem 88 conecta a válvula respiradora 66 ao furo interno 48. O carretel ilustrado 90 é um elemento substancialmente cilíndrico preso em uma configuração de extremidade com extremidade com o corpo de encaixe de extremidade 83. Será

percebido que o elemento de carretel pode ter qualquer forma particular. O carretel tem um furo interno casando substancialmente com o diâmetro de furo do encaixe de extremidade e tubo flexível. O carretel também carrega uma válvula e passagem de saída e é conectável a um corpo de encaixe de extremidade convencional 83 por meio de uma válvula de isolamento de anel tubular 70 e tubulação de conexão apropriada a uma porta do corpo de encaixe de extremidade ou camisa de encaixe de extremidade 85.

Por toda a descrição e reivindicações deste relatório descritivo, as palavras “compreendem” e “contêm” e variações das palavras, por exemplo, “compreendendo” e “compreende”, significam “incluindo, mas não limitado a isto”, e não são pretendidas para excluir (e não excluem) outros meios, aditivos, componentes, números inteiros ou etapas.

Por toda a descrição e reivindicações deste relatório descritivo, o singular abrange o plural a não ser que o contexto exija de outro modo. Em particular, onde o artigo indefinido é usado, o relatório descritivo é para ser entendido como contemplando pluralidade assim como singularidade, a não ser que o contexto exija de outro modo.

Recursos, números inteiros, características, compostos, meios químicos ou grupos descritos em conjunto com um aspecto, modalidade ou exemplo particular da invenção são para ser entendidos como sendo aplicáveis a qualquer outro aspecto, modalidade ou exemplo descrito neste documento a não ser que incompatível com isso.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método de dar saída para gás de uma região de espaço anular de um tubo flexível durante um período em que uma região de furo de um tubo flexível é despressurizada, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende as etapas de:

5               despressurizar uma região de furo de um tubo flexível;  
              liberar o tubo flexível de um navio flutuante de produção, armazenamento e descarga (FPSO); e

              quando uma diferença de pressão entre uma pressão de furo na região de furo e uma pressão de espaço anular na região de espaço anular satisfaz uma relação predeterminada à medida que a região de furo é despressurizada, abrir pelo menos uma válvula de  
10           saída para assim conectar a região de espaço anular à região de furo através de um respectivo caminho de comunicação de fluido de fluxo de saída através de pelo menos um caminho de comunicação de fluido de fluxo de saída, soltar gás da região de espaço anular do tubo flexível para a região de furo quando a região de furo é despressurizada para um grau  
15           predeterminado, e

              antes de abrir a pelo menos uma válvula de saída, fechar pelo menos uma válvula de descarga para assim desconectar a região de espaço anular de um caminho de comunicação de fluido de fluxo de descarga.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que  
20           uma parte do caminho de comunicação de fluido de fluxo de saída compreende uma parte de caminho de comunicação de fluido entre a válvula de saída e a região de furo, o método compreendendo adicionalmente as etapas de:

              antes de soltar gás do espaço anular para a região de furo, fornecer pressão positiva em uma região a montante da parte de caminho de comunicação de fluido para assim  
25           soprar obstruções da parte de caminho de comunicação de fluido para a região de furo.

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente as etapas de:

              fornecer a pressão positiva ao conectar uma fonte de gás de alta pressão a uma região a montante da parte de caminho de comunicação de fluido.

30           4. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente as etapas de:

              despressurizar a região de furo antes da liberação de uma torre separável de um navio flutuante de produção, armazenamento e descarga (FPSO).

35           5. Método, de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente as etapas de:

              liberar a torre separável do navio FPSO.

6. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores,

**CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente as etapas de:

despressurizar a região de furo em uma taxa de 1.800 kPa/min (18 bar/min) ou menos.

7. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores,

5 **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente as etapas de:

soltar gás da região de espaço anular para a região de furo através de uma pluralidade de caminhos de comunicação de fluido de fluxo de saída, cada um sendo aberto e fechado por meio de uma respectiva válvula de saída.

8. Método de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que

10 compreende adicionalmente a etapa de:

liberar o elemento de torre separável subsequente a um período de tempo predeterminado subsequente a iniciar o processo de dar saída ao gás ou quando uma pressão de furo satisfaz uma condição predeterminada.

9. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que

15 compreende adicionalmente as etapas de:

prender um elemento de carretel a uma região de extremidade dianteira de um encaixe de extremidade de um tubo flexível em uma configuração de extremidade com extremidade, o dito elemento de carretel compreendendo pelo menos uma passagem de fluxo de fluido através de uma parede lateral do mesmo, a dita passagem sendo conectável a uma  
20 passagem de comunicação de fluido de fluxo de saída no encaixe de extremidade para assim capacitar gás para ser solto de uma região de espaço anular do tubo flexível para uma região de furo do tubo flexível através da passagem de fluxo de fluido do elemento de carretel, e o dito elemento de carretel compreendendo adicionalmente pelo menos uma válvula de saída disposta para abrir para conectar a região anular à região de furo quando o furo é  
25 despressurizado para um grau predeterminado.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente as etapas de:

conectar a passagem de fluxo de fluido do elemento de carretel à passagem de comunicação de fluido de fluxo de saída do encaixe de extremidade por meio de um elemento de conduto tubular.

30

11. Método, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente as etapas de:

conectar o elemento de conduto tubular ao elemento de carretel por meio de uma válvula de saída suportada pelo elemento de carretel.

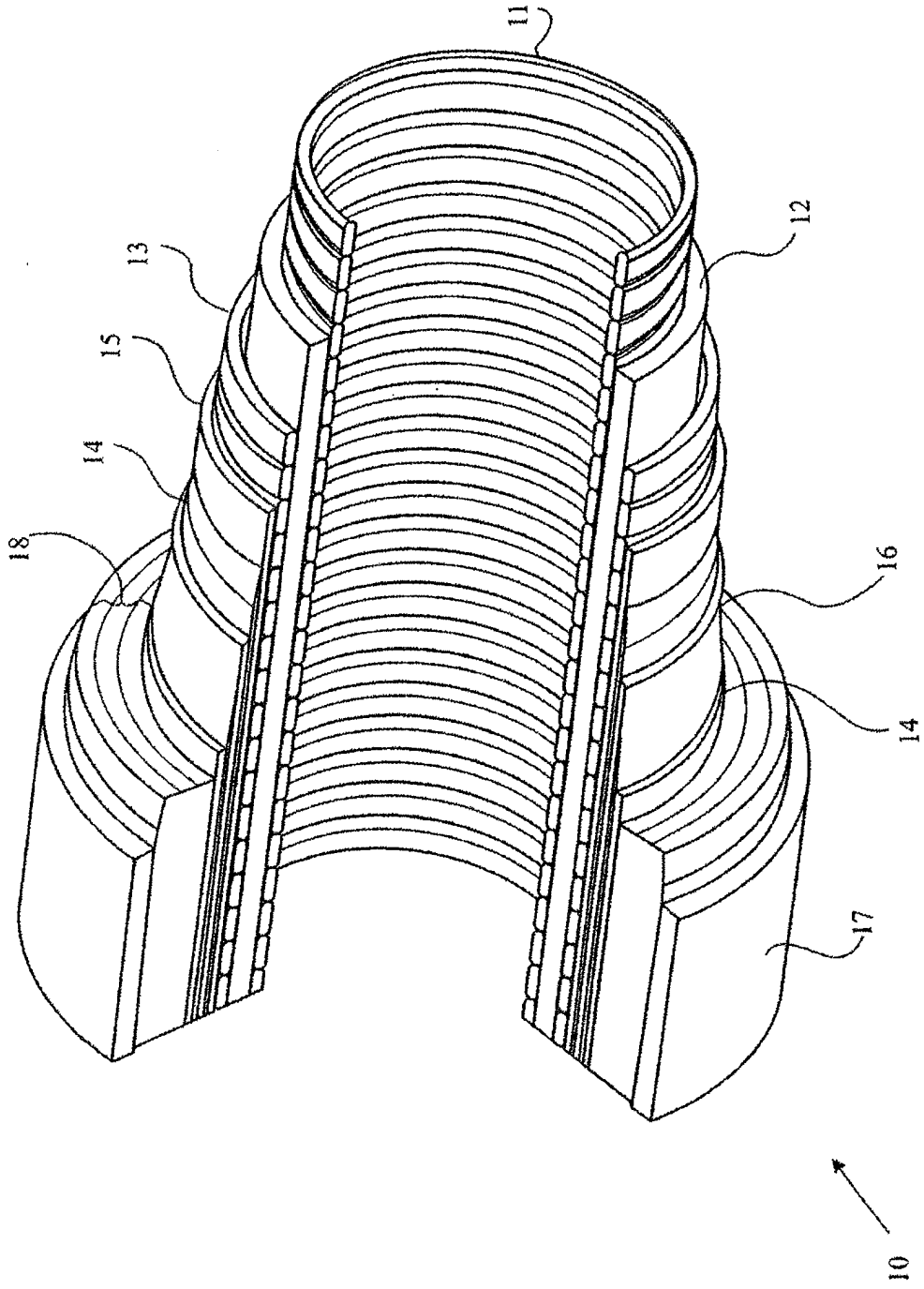


Fig. 1



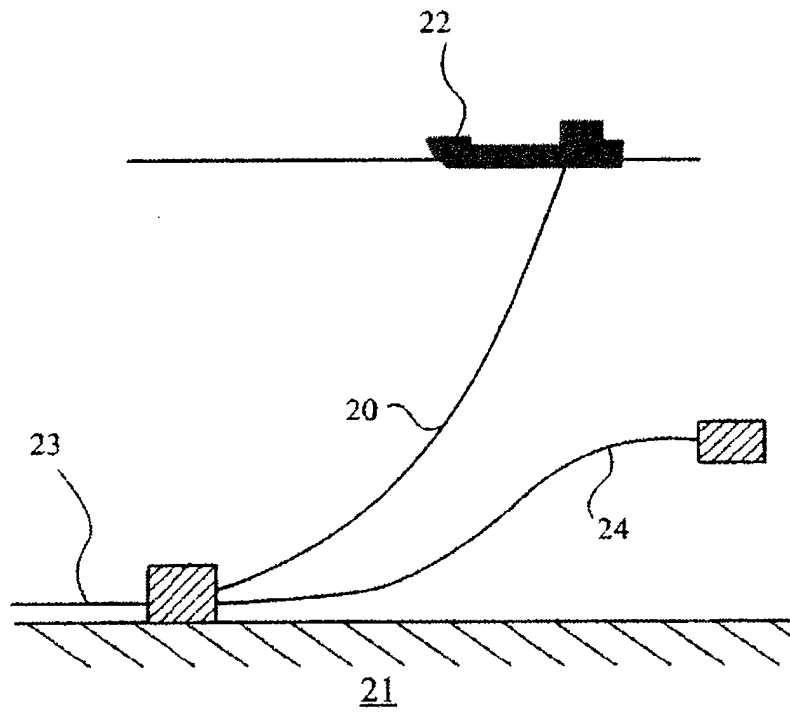


Fig. 2

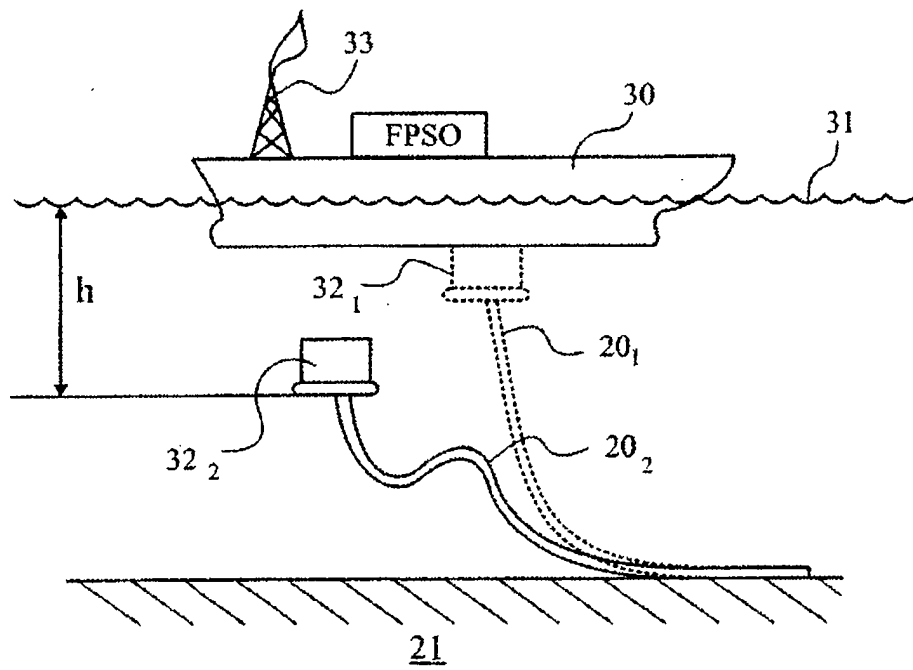


Fig. 3

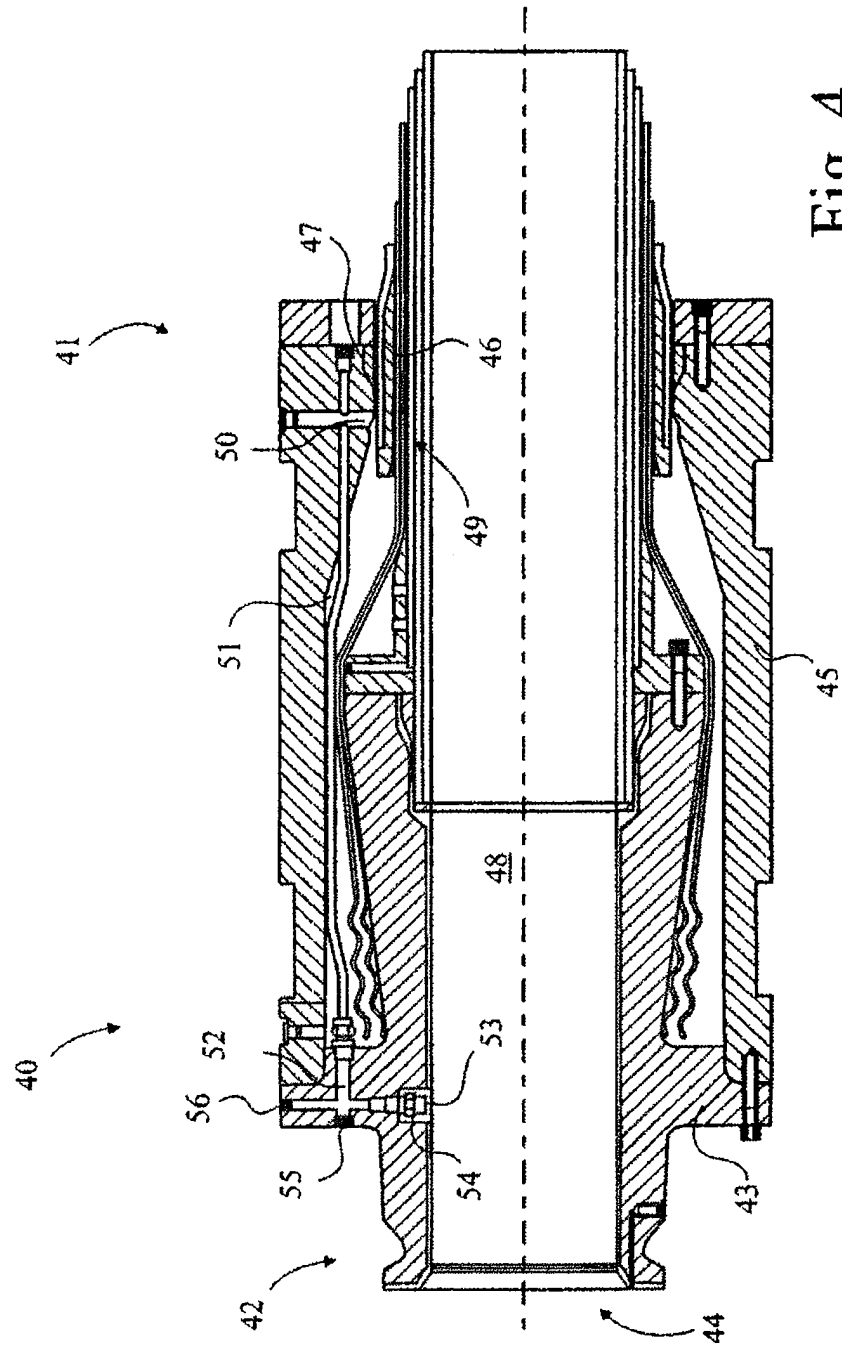


Fig. 4

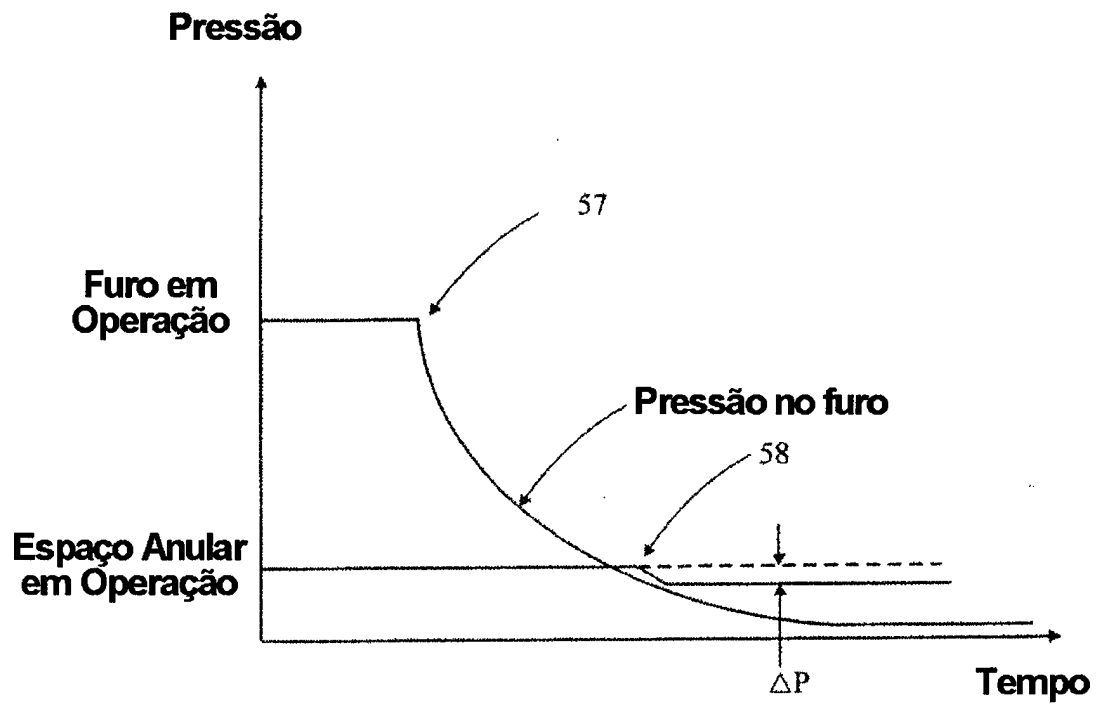


Fig. 5

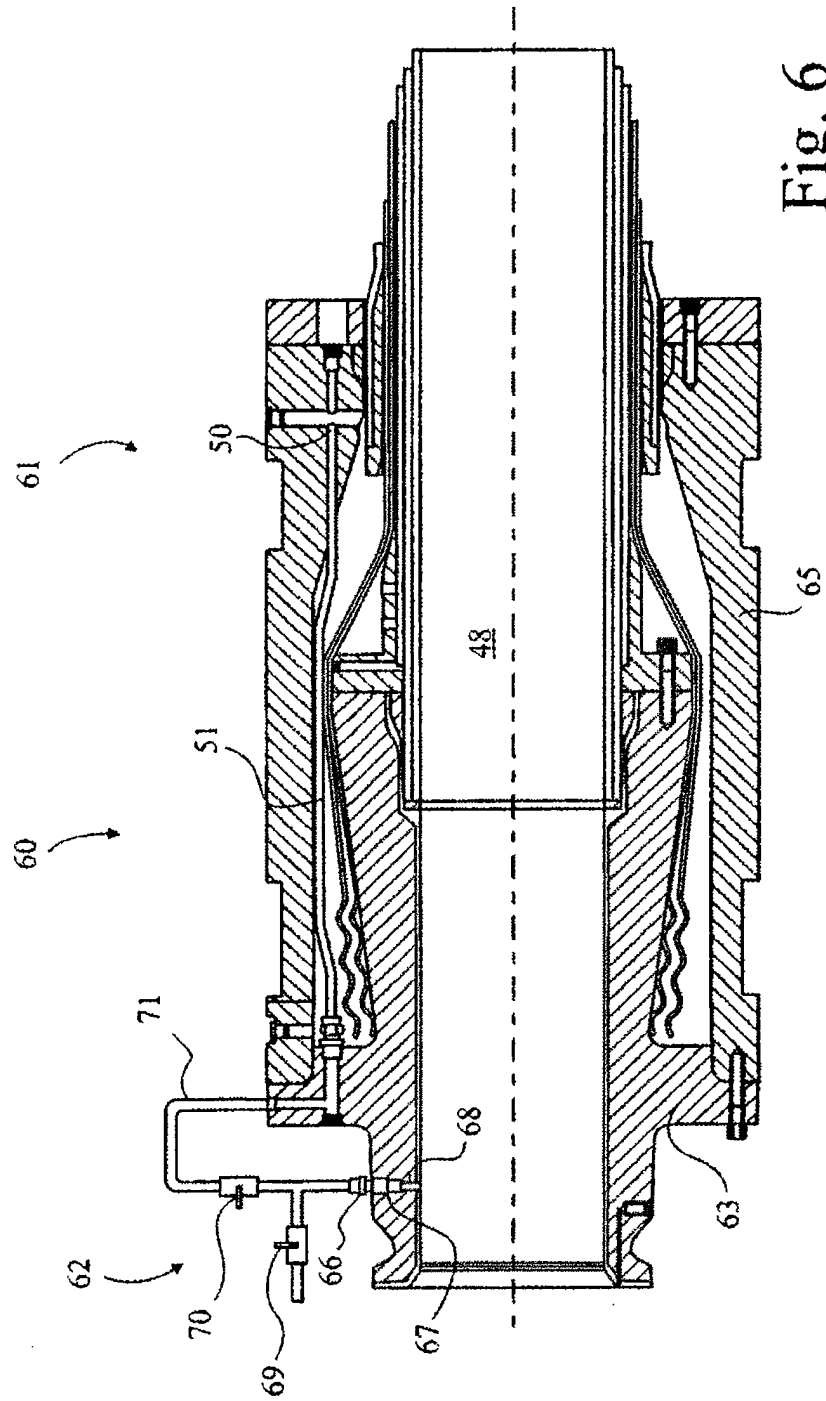


Fig. 6

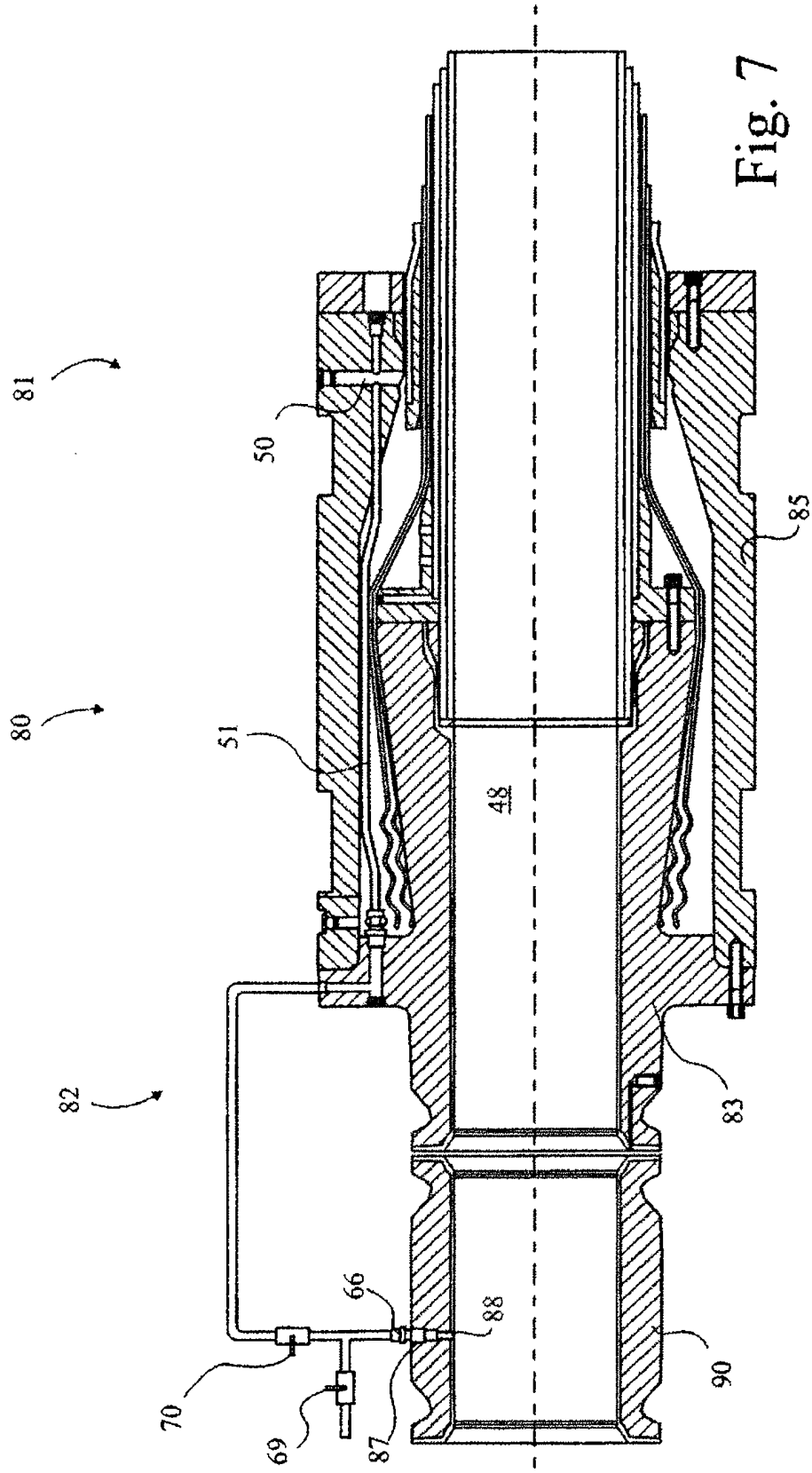


Fig. 7