



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

(11) PI 0901007-6 B1



* B R P I 0 9 0 1 0 0 7 B 1 *

(22) Data do Depósito: 24/02/2009

(45) Data de Concessão: 08/09/2021

(54) Título: JUNTAS DE TUBO FLEXÍVEL

(51) Int.Cl.: F16L 27/103; E21B 17/08.

(30) Prioridade Unionista: 21/08/2008 US 12/196,230; 25/02/2008 US 12/036,738.

(73) Titular(es): OIL STATES INDUSTRIES, INC..

(72) Inventor(es): DANTON GUTIERREZ-LEMINI; GEORGE W. PEPPEL; CARL C. SPICER; TODD M. POTTORFF; JESNER H. PEREIRA; GREGORY P. CRUSE; JAMES G. PATRICK.

(86) Pedido PCT: PCT US2009035031 de 24/02/2009

(87) Publicação PCT: WO 2009/108644 de 03/09/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 24/08/2009

(57) Resumo: SISTEMA DE ISOLAMENTO DE PRESSÃO PARA JUNTAS DE TUBO FLEXÍVEIS Uma junta de tubo flexível em dois elementos flexíveis elastoméricos anulares empilhados de maneira coaxial em um raio interno a partir de um centro de rotação comum, e pelo menos um elementos flexível elastomérico disposto em um raio externo a partir do centro de rotação comum. Os elementos flexíveis no raio interno são acoplados mecanicamente em série entre o tubo de extensão e a carcaça da junta de tubo flexível, e o elemento flexível no raio externo é acoplado mecanicamente em paralelo com a combinação em série dos elementos flexíveis internos. Os elementos flexíveis internos isolam o elemento flexível no raio externo do fluido de transporte, e o elemento flexível no raio externo reduz a compressão axial dos elementos flexíveis internos. Assim, os elementos flexíveis internos podem ter um raio reduzido e uma composição diferente para lidar com uma carga mais elevada de pressão e pressão.

“JUNTAS DE TUBO FLEXÍVEL”

Campo Técnico

[001] A presente invenção refere-se a uma junta de tubo flexível que tem um tubo de extensão que se estende a partir de um alojamento e pelo menos um elemento flexível elastomérico anular para montar o tubo de extensão no alojamento para permitir o deslocamento angular do tubo de extensão com relação ao alojamento.

Técnica Anterior

[002] Juntas flexíveis que têm um elemento flexível elastomérico anular que monta uma extensão em um alojamento são usadas para reduzir as tensões induzidas pelo movimento entre instalações *offshore* flutuantes e tubos ascendentes e tendões que pendem das instalações *offshore* flutuantes. Tipicamente, o elemento flexível consiste em calços de metal esféricos alternados, ou em outro material rígido, e em camadas de material elastomérico. Tal elemento flexível é capaz de apresentar um deslocamento angular livre de cerca de 15 graus ou mais enquanto suporta uma tensão axial proporcional ao tamanho do elemento flexível. Tipicamente, o tamanho do elemento flexível foi selecionado para lidar com a carga desejada sobre o tubo ascendente ou tendão, e os elementos flexíveis foram fabricados e estocados em diversos tamanhos para lidar com diversos tamanhos padrões de tubos ascendentes ou tendões.

[003] Tubos ascendentes são utilizados para transferência de fluidos de produção do leito marinho até o convés de uma embarcação *offshore* flutuante e para transferência do fluido de produção fora da embarcação para uma ou mais linhas de exportação. As cargas impressas pelo tubo ascendente sobre um elemento flexível consistem tipicamente na tensão no tubo ascendente, no deslocamento angular e na rotação do tubo ascendente, na pressão interna no fluido de produção e no aumento da temperatura do fluido de produção. Assim, a pressão interna no fluido de produção e o aumento da temperatura do fluido de produção podem tornar a seleção de um elemento flexível para um tubo ascendente mais difícil que a seleção de

um elemento flexível para um tendão.

[004] Em diversas aplicações, juntas de tubo flexíveis têm incorporado mais de um elemento flexível em um alojamento comum. Por exemplo, uma junta de tubo flexível de duas extremidades para um tubo ascendente tem um primeiro elemento flexível no alojamento para montar um primeiro tubo de extensão no alojamento e um segundo elemento flexível no alojamento para montar um segundo tubo de extensão no alojamento. Os dois tubos de extensão estendem-se em direções opostas a partir do alojamento comum. Desta maneira, a junta de tubo flexível de duas extremidades pode acomodar duas vezes o deslocamento angular que pode ser tolerado por uma junta de tubo flexível de extremidade única que tenha um único elemento flexível. O deslocamento angular é dividido entre os dois elementos flexíveis na junta de tubo flexível de duas extremidades, mas cada um dos dois elementos flexíveis porta a mesma tensão total do tubo ascendente. Exemplos de tais juntas de tubo flexíveis de duas extremidades são encontrados na patente norte-americana 3 680 895, de Herbert *et alii*, emitida em 1º de agosto de 1972; na patente norte-americana 4 068 864, de Herbert *et alii*, emitida em 17 de janeiro de 1978 (ver a Figura 4); e na patente norte-americana 5 133 578, de Whightsil, Sr. *et alii*, emitida em 28 de julho de 1992.

[005] As juntas de tubo flexíveis têm incorporado mais de um elemento flexível em um alojamento comum, de modo que dois elementos flexíveis são submetidos ao mesmo deslocamento angular, ainda que apenas um destes dois elementos flexíveis porte a carga de tração sobre a junta de tubo flexível. Tal disposição pode reduzir a pressão do fluido de produção sobre cada elemento flexível e proporcionar um mecanismo de vedação tanto primário quanto sobressalente para conter o fluido de produção pressurizado dentro da junta de tubo. Entretanto, não é necessário que os elementos flexíveis de acordo com estes conceitos sejam pré-comprimidas para funcionamento apropriado; um fato que reduz a vida útil dos elementos flexíveis. Assim, estes desenhos fazem um uso ineficaz dos dois elementos flexíveis tanto para portar a carga axial sobre o tubo quanto para vedar a pressão. Exemplos de tais jun-

tas de tubo flexíveis são encontrados na patente norte-americana 4 183 556, de Schwemmer, emitida em 15 de janeiro de 1980; na patente norte-americana 4 068 868, de Ohrt, emitida em 17 de janeiro de 1978; na patente norte-americana 4 784 410, de Peppel *et alii*, emitida em 15 de novembro de 1988; e na patente norte-americana 4 984 827, de Peppel *et alii*, emitida em 15 de janeiro de 1991.

[006] Uma junta de tubo com dois elementos flexíveis em um alojamento comum e diferentes níveis de pré-compressão axial sobre os dois elementos é revelada na patente norte-americana 4 416 473, de Lamy *et alii*, emitida em 23 de novembro de 1983. Os dois elementos flexíveis são dispostos em lados opostos de um centro de rotação comum. A junta de tubo tem um flange e uma gola que formam um mancal esférico que permite o deslocamento angular, mas impede o movimento relativo sob compressão axial. (Lamy, col. 5, linhas 2-8). Um elemento flexível com um diâmetro maior assume cargas de tração axiais. O outro elemento flexível com um diâmetro menor é projetado de modo a assegurar unicamente a vedação do fluido dentro do tubo. (Lamy, col. 5, linhas 16-34). Uma pré-tensão axial desejada é aplicada ao elemento flexível que tem o menor diâmetro por cavilhas de tração até ficar mais apertado, de modo a fechar a folga de uma abertura cilíndrica (Lamy, col. 6, linhas 30-46).

Revelação da Invenção

[007] Para lidar com a alta pressão do fluido dentro de uma junta de tubo flexível, é desejável que a junta de tubo flexível inclua pelo menos um elemento flexível elastomérico primário para lidar com cargas axiais sobre a junta de tubo e pelo menos um elemento flexível elastomérico secundário especialmente projetado para conter a pressão de fluido dentro da junta de tubo flexível e reduzir ou eliminar a pressão do fluido sobre o elemento flexível primário. Pela redução ou eliminação da pressão do fluido sobre o elemento flexível primário, o tamanho do elemento flexível primário pode ser reduzido, e seu tempo de vida útil pode ser prolongado. Entretanto, uma redução no tamanho do elemento flexível primário não deve exigir um aumento significativo no tamanho total da junta flexível para acomodação do elemento

flexível elastomérico secundário. Portanto, é desejável obter elementos flexíveis secundários mais compactos mais adequados para configurações de junta de tubo flexível específicas.

[008] Há diversas configurações de junta de tubo flexível que têm uma faixa limitada de deslocamento axial para seu uso pretendido. Esta faixa limitada de deslocamento axial pode ser devida à configuração de junta de tubo flexível específica ou devida ao uso específico da junta de tubo flexível. Muito frequentemente, a faixa limitada de deslocamento axial é compatível com um elemento flexível secundário projetado especialmente para conter a pressão do fluido de modo que o elemento flexível secundário não seja submetido a um deslocamento axial excessivo. Neste caso, é desejável obter um sistema de isolamento de pressão muito compacto que possa ser montado facilmente na configuração de junta de tubo flexível sem modificação substancial da configuração de junta de tubo flexível. Portanto, é possível aumentar a capacidade de lidar com a carga ou o tempo de vida útil de diversos tipos de configuração de junta de tubo flexível.

[009] É também desejável obter uma configuração de junta de tubo flexível especialmente projetada para acomodar elementos flexíveis secundários. Tal configuração de junta de tubo flexível pode lidar com uma pressão, temperatura e cargas axiais mais elevadas para uma dada vida útil de serviço e um dado tamanho do alojamento ou pegada do alojamento.

[010] De acordo com um primeiro aspecto, a invenção apresenta uma junta de tubo flexível que inclui um alojamento, um tubo de extensão que se estende a partir do alojamento, um primeiro elemento flexível elastomérico anular disposto no alojamento, um segundo elemento flexível elastomérico anular disposto no alojamento e um terceiro elemento flexível elastomérico anular disposto no alojamento. Os primeiro, segundo e terceiro elementos flexíveis têm um centro de rotação comum, os primeiro e segundo elementos flexíveis são empilhados de maneira coaxial em lados opostos do centro de rotação comum, os primeiro e segundo elementos flexíveis são dispostos a partir do centro de rotação comum por um raio interno co-

mum e o terceiro elemento flexível é disposto a partir do centro de rotação comum por um raio externo maior que o raio interno. Os primeiro e segundo elementos flexíveis são mecanicamente unidos em série entre o alojamento e o tubo de extensão, e o terceiro elemento flexível é mecanicamente unido ao alojamento e ao tubo de extensão em paralelo com a combinação em série dos primeiro e segundo elementos flexíveis.

[011] De acordo com um segundo aspecto, a invenção apresenta uma junta de tubo flexível que inclui um alojamento que tem uma primeira extremidade e uma segunda extremidade, um flange de fixação montado na primeira extremidade do alojamento, um tubo de extensão que se estende a partir da segunda extremidade do alojamento e um tubo interno disposto dentro do alojamento e montado no flange de fixação e que proporciona um canal de uma abertura no flange de fixação até o tubo de extensão. O tubo de extensão tem um flange externo e um invólucro externo. A junta de tubo flexível inclui também um anel centralizador disposto dentro do alojamento, e o tubo interno tem um flange dentro do anel centralizador, e o flange interno do tubo de extensão é disposto dentro do anel centralizador. Uma parte do anel centralizador é disposta entre o flange interno do tubo de extensão e o invólucro do tubo de extensão. A junta de tubo flexível inclui também um primeiro elemento flexível elastomérico anular disposto dentro do alojamento entre o anel centralizador e o flange interno do tubo de extensão, um segundo elemento flexível elastomérico anular disposto dentro do alojamento entre o anel centralizador e o flange do tubo interno, e um terceiro elemento flexível elastomérico anular disposto dentro do alojamento entre o alojamento e o invólucro externo do tubo de extensão para montar o tubo de extensão no alojamento para o deslocamento angular do tubo de extensão com relação ao alojamento. O tubo de extensão passa através do terceiro elemento flexível de modo que o terceiro elemento flexível circunde o tubo de extensão. O anel centralizador acopla os primeiro e segundo elementos flexíveis mecanicamente em série entre o tubo de extensão e o alojamento, de modo que o deslocamento angular do tubo de extensão com relação ao alojamento provoque um deslocamento

angular do anel centralizador com relação ao alojamento que é cerca da metade do deslocamento angular do tubo de extensão com relação ao alojamento e a tensão axial sobre o tubo de extensão com relação ao alojamento ponha cada um dos primeiro, segundo e terceiro elementos flexíveis em compressão.

[012] De acordo com um terceiro aspecto, a invenção apresenta uma junta de tubo flexível que inclui um alojamento que tem uma primeira extremidade e uma segunda extremidade, um flange de fixação montado na primeira extremidade do alojamento, um anel de sustentação montado na segunda extremidade do alojamento, um tubo de extensão que se estende a partir da segunda extremidade do alojamento e um tubo interno disposto dentro do alojamento e soldado no flange de fixação e que proporciona um canal de uma abertura no flange de fixação até o tubo de extensão. A junta de tubo flexível inclui também um anel centralizador esférico disposto dentro do alojamento. O tubo de extensão tem um flange interno e um invólucro externo, e o tubo interno tem um flange interno e um invólucro externo. O flange interno do tubo de extensão é disposto dentro do anel centralizador, e o flange interno do tubo interno é disposto dentro do anel centralizador. A junta de tubo flexível inclui também um primeiro elemento flexível elastomérico anular disposto dentro do alojamento entre o anel centralizador e o flange interno do tubo de extensão, e o elastômero do primeiro elemento flexível é ligado ao anel centralizador e ligado ao flange interno do tubo de extensão. A junta de tubo flexível inclui também um segundo elemento flexível elastomérico anular disposto dentro do alojamento entre o anel centralizador e o flange interno do tubo interno, e o elastômero do segundo elemento flexível é ligado ao anel centralizador e ligado ao flange interno do tubo interno. A junta de tubo flexível inclui também um terceiro elemento flexível elastomérico anular disposto dentro do alojamento entre o anel de sustentação e o invólucro externo do tubo de extensão, e o elastômero do terceiro elemento flexível é ligado ao anel de sustentação e ligado ao invólucro externo do tubo de extensão. O terceiro elemento flexível monta o tubo de extensão no alojamento para deslocamento angular do tubo de extensão com relação ao alojamento, e o tubo de extensão passa através do ter-

ceiro elemento flexível de modo que o terceiro elemento flexível circunde o tubo de extensão. A junta de tubo flexível inclui também um anel de carga preso ao invólucro externo do tubo de extensão e um quarto elemento flexível elastomérico anular disposto dentro do alojamento entre o anel de carga e o invólucro externo do tubo interno. O elastômero do quarto elemento flexível é ligado ao anel de carga e ligado ao invólucro externo do tubo interno, e o tubo interno passa através do quarto elemento flexível de modo que o quarto elemento flexível circunde o tubo interno.

[013] De acordo com um quarto aspecto, a invenção apresenta uma junta de tubo flexível que inclui um alojamento, um flange de fixação montado na primeira extremidade do alojamento, um anel de sustentação montado na segunda extremidade no alojamento, um tubo interno fixado no flange de fixação e um tubo de extensão que se estende a partir da segunda extremidade do alojamento. A junta de tubo flexível inclui também um primeiro revestimento interno disposto no e soldado ao tubo interno, um segundo revestimento interno disposto no e soldado ao tubo de extensão, um anel centralizador, um primeiro elemento flexível elastomérico anular disposto no alojamento e montado entre o primeiro revestimento interno e o anel centralizador, um segundo elemento flexível elastomérico anular disposto no alojamento e montado entre o segundo revestimento interno e o anel centralizador, e um terceiro elemento flexível elastomérico anular disposto no alojamento e montado entre o tubo de extensão e o anel de sustentação. Os primeiro, segundo e terceiro elementos flexíveis têm um centro de rotação comum, os primeiro e segundo elementos flexíveis são empilhados de maneira coaxial em lados opostos do centro de rotação comum, os primeiro e segundo elementos são dispostos a partir do centro de rotação comum por um raio interno comum, e o terceiro elemento flexível é disposto a partir do centro de rotação comum por um raio externo maior que o raio interno.

[014] De acordo com um aspecto final, a invenção apresenta uma junta de tubo flexível que inclui um alojamento, um tubo de extensão que se estende a partir do alojamento, um primeiro elemento flexível elastomérico anular disposto no aloja-

mento, um segundo elemento flexível elastomérico anular disposto no alojamento, um terceiro elemento flexível elastomérico anular disposto no alojamento e um quarto mancal elastomérico disposto no alojamento. Os primeiro, segundo, terceiro e quarto elementos flexíveis têm um centro de rotação comum. Os primeiro e segundo elementos flexíveis são empilhados de maneira coaxial em lados opostos do centro de rotação comum, e os primeiro e segundo elementos flexíveis são dispostos a partir do centro de rotação comum por um raio interno comum. De maneira semelhante, os terceiro e quarto elementos flexíveis são empilhados de maneira coaxial em lados opostos do centro de rotação comum e são dispostos a partir do centro de rotação comum por um raio externo maior que o raio interno. Os primeiro e segundo elementos flexíveis são mecanicamente unidos em série entre o alojamento e o tubo de extensão, e os terceiro e quarto elementos flexíveis são mecanicamente unidos em paralelo um ao outro e mecanicamente unidos ao alojamento e ao tubo de extensão, sendo assim unidos em paralelo com a combinação em série dos primeiro e segundo elementos flexíveis.

Descrição Resumida dos Desenhos

[015] Características e vantagens adicionais da invenção serão descritas a seguir com referência aos desenhos, nos quais:

[016] A Figura 1 é um diagrama esquemático de uma plataforma com pernas de tensão (TLP) que inclui um tubo ascendente de produção e um tubo ascendente de exportação em uma configuração catenária;

[017] A Figura 2 é um receptáculo com fendas com entrada lateral para montar o tubo ascendente de exportação na TLP da Figura 1;

[018] A Figura 3 é uma vista frontal da junta de tubo flexível introduzida na Figura;

[019] A Figura 4 é um corte transversal lateral da junta de tubo flexível ao longo da linha 4-4 da Figura 3;

[020] A Figura 5 mostra os elementos flexíveis da Figura 4 reagindo a uma deflexão angular do tubo de extensão de cerca de 20 graus;

[021] A Figura 6 mostra um conjunto de elementos flexíveis secundários da Figura 4 separado dos outros componentes da junta de tubo flexível;

[022] A Figura 7 mostra o conjunto de elementos flexíveis secundários da Figura 6 em um molde durante a moldagem dos elementos flexíveis secundários;

[023] A Figura 8 mostra uma construção alternativa da junta de tubo flexível da Figura 4 para facilitar a desmontagem e a substituição do conjunto de elementos flexíveis secundários;

[024] A Figura 9 mostra uma construção alternativa para uma junta de tubo flexível na qual dois elementos flexíveis primários que funcionam em paralelo são localizados no mesmo lado de um centro de rotação comum em vez de em lados opostos;

[025] A Figura 10 mostra um conjunto de elementos flexíveis secundários que inclui uma blindagem térmica;

[026] A Figura 11 mostra um corte transversal lateral de uma junta de tubo flexível que inclui um conjunto de elementos flexíveis secundários que tem uma blindagem térmica;

[027] A Figura 12 mostra uma vista frontal de outra junta de tubo flexível que inclui vários elementos flexíveis;

[028] A Figura 13 mostra uma vista de topo da junta de tubo flexível da Figura 12;

[029] A Figura 14 é um corte transversal lateral ao longo da linha 14-14 da Figura 12;

[030] A Figura 15 mostra um corte transversal lateral de uma construção alternativa para uma junta de tubo flexível que inclui vários elementos flexíveis primários e secundários; e

[031] A Figura 16 mostra os elementos flexíveis da Figura 15 reagindo a uma deflexão angular do tubo de extensão de cerca de 20 graus.

[032] Embora a invenção seja suscetível a diversas modificações e formas alternativas, modalidades específicas dela foram mostradas nos desenhos e serão

descritas em detalhe. Deve ficar entendido, contudo, que não se pretende limitar a invenção às formas específicas mostradas, mas, pelo contrário, a intenção é a de cobrir todas as modificações, equivalentes e alternativas que se incluam dentro do alcance da invenção definido pelas reivindicações anexas.

Modo(s) para Pôr em Prática a Invenção

[033] Com referência à Figura 1, é mostrada uma embarcação de perfuração e produção *offshore*, designada genericamente por 10, que flutua sobre a superfície 11 da água. A embarcação flutuante é em particular uma plataforma com pernas de tensão (TLP) presa ao leito marinho 12 por meio de tendões 13, 14 e gabaritos de alicerce 15, 16. Embora não visível na Figura 1, há um conjunto de tendões que pendem de cada um dos quatro cantos da plataforma TLP 10 para um respectivo gabarito de quatro gabaritos de alicerce 15, 16. Além disto, cada um dos quatro cantos inferiores da plataforma TLP 10 é preso a uma respectiva linha de atracação 17, 18 usada para mover a plataforma em sentido lateral e para resistir a cargas de tempestade laterais.

[034] Para transportar fluidos de perfuração e uma coluna de perfuração da TLP até um furo de poço 19 no leito marinho 12, e para remover hidrocarbonetos do poço quando a perfuração tiver sido concluída, um tubo ascendente de produção, designado genericamente por 20, estende-se a partir do furo de poço 19 até a TLP 10. O tubo ascendente 20 consiste em várias seções de tubo rígidas 21 unidas por juntas de tubo flexíveis 22. Uma junta de tubo flexível adequada é descrita, por exemplo, na patente norte-americana 5 133 578, de Whightsil, Sr. *et alii*, emitida em 28 de julho de 1992.

[035] É também mostrado na Figura 1 um tubo ascendente de exportação designado genericamente por 24, que pende de uma perna da TLP 10 em uma configuração catenária e toca no leito marinho 12. O tubo ascendente de exportação 24, por exemplo, é uma tubulação da TLP 10 até uma instalação *onshore* (não mostrada), ou até um sistema de bóia para carregar embarcações de armazenamento e descarregamento de produção flutuantes (EPSOs). O tubo ascendente de exporta-

ção 24 é semelhante ao tubo ascendente de produção 20 no sentido de que é constituído por várias seções de tubo rígidas 25 unidas por juntas de tubo flexíveis elastoméricas 26. Uma junta de tubo flexível 27 no topo do tubo ascendente 24 é montada em um receptáculo com fendas e entrada lateral 34 preso a uma perna da TLP 10.

[036] A Figura 2 mostra o receptáculo com fendas e entrada lateral 34. O receptáculo 34 é uma soldagem que consiste em um anel de carga usinado, forjado, 41 e várias chapas 42, 43. As chapas 42, 43, que funcionam como membranas e flanges, servem para estabilizar o anel de carga 41 assim como cargas de suporte entre a perna da TLP e o tubo ascendente de exportação.

[037] Durante a instalação, a parte posterior do receptáculo 34 é soldada ou presa de outro modo à perna da TLP, e a junta de tubo flexível superior do tubo ascendente de exportação é inserida no anel de carga 41. O receptáculo inclui uma fenda anterior genericamente designada por 44 para facilitar a entrada lateral do tubo ascendente de exportação durante a instalação.

[038] Juntas flexíveis para tubos ascendentes e para montar tendões em uma TLP foram fabricadas e estocadas em diversos tamanhos para lidar com diversos tamanhos padrão de tubos ascendentes ou tendões. Entretanto, podem surgir situações em que seria desejável aumentar a capacidade de sustentação de carga ou tempo de vida útil de uma junta flexível para um dado tamanho de alojamento ou pegada. Isto é especialmente verdadeiro para a junta de tubo flexível superior de um tubo ascendente, isto porque esta junta flexível é tipicamente montada em uma embarcação flutuante que tem um receptáculo de montagem casado com uma pegada de alojamento específica.

[039] Por exemplo, inicialmente um receptáculo de montagem é selecionado e dimensionado para condições de serviço antecipadas, e em seguida um receptáculo de montagem é soldado na embarcação flutuante. Se as condições de serviço se alterassem, então poderia ser difícil substituir o receptáculo de montagem e caro de instalar um novo receptáculo de montagem. É necessário aumentar as condições

de carga uma vez que um poço novo ou mais profundo foi perfurado em um local existente, de modo que o fluido de produção de temperatura mais elevada venha a ser extraído no local existente, ou pode ser necessário aumentar as condições de carga uma vez que a produção em um local existente foi concluída e a embarcação flutuante foi movida até um novo local onde o leito marinho é mais profundo, de modo que a junta de tubo flexível deve lidar com uma tensão mais elevada. Seja como for, seria desejável instalar uma junta de tubo flexível nova, de capacidade mais elevada no receptáculo de montagem existente.

[040] A Figura 3 mostra a junta de tubo flexível 27 mais detalhadamente. Nesta modalidade específica, a junta de tubo flexível 27 tem um alojamento externo 50 e um tubo de extensão 54 que se estende a partir do alojamento externo 50. O alojamento externo inclui um anel de sustentação inferior 51, um corpo cilíndrico 52 e um flange de fixação 53. Por exemplo, estes componentes são feitos de uma liga de aço resistente à corrosão. O corpo cilíndrico 53 tem uma série de orifícios de resfriamento 57, 58, 59 afastados entre si em volta da sua circunferência para permitir a circulação de água do mar para remoção do calor da junta de tubo flexível quando o fluido de alta temperatura é transportado através da junta de tubo flexível.

[041] Quando em uso, a junta de tubo flexível 27 é assentada em um receptáculo cativo (34 na Figura 2) que pode sustentar com segurança o peso e a carga da junta de tubo flexível 27. O flange de fixação 53 é aparafusado a um flange (56 na Figura 3) de um segmento de tubo (28 na Figura 3) para transportar fluido através da junta de tubo flexível entre o segmento de tubo 28 e o tubo de extensão 54. Quando sustenta uma carga de tração sobre o tubo de extensão 54 com relação ao alojamento externo 50, a junta de tubo flexível 27 permite uma faixa de deslocamento angular (θ) do tubo de extensão 54 com relação ao alojamento externo 50. Conforme mostrado na Figura 3, um deslocamento angular (θ) do tubo de extensão 54 ocorre quando o tubo de extensão gira em volta de um centro de rotação 63 a partir de uma orientação vertical, mostrada em linhas cheias, até uma orientação inclinada 55, mostrada em linhas tracejadas.

[042] Para aumentar a capacidade de sustentação de carga ou tempo de vida útil de uma junta flexível para um dado tamanho ou pegada de alojamento, um ou mais elementos flexíveis primários e um ou mais elementos flexíveis secundários são incluídos em um alojamento comum. Os elementos flexíveis primários lidam com cargas axiais sobre a junta de tubo, e os elementos flexíveis elastoméricos secundários contém pressão de fluido dentro da junta de tubo flexível. Em particular, os elementos flexíveis elastoméricos primários asseguram que cargas axiais típicas sobre a junta de tubo não causem deslocamento axial excessivo para os elementos flexíveis elastoméricos secundários, e os elementos flexíveis secundários reduzem ou eliminam a pressão do fluido sobre o elemento flexível primário. Além disto, os elementos flexíveis secundários podem ter um tamanho compacto de modo que não seja necessário aumentar o tamanho total da junta de tubo flexível para acomodar os elementos flexíveis elastoméricos secundários.

[043] A Figura 4 mostra uma configuração preferida que inclui um elemento flexível primário inferior 61 e um elemento flexível primário superior 62. Os elementos flexíveis primários 61 e 62 são empilhados de maneira coaxial em volta de um centro de rotação comum 63 e acoplados ao tubo de extensão 54 e ao anel de sustentação inferior 51 de modo a reagirem em paralelo à rotação do tubo de extensão 54 em volta do centro de rotação comum e ao deslocamento axial do tubo de extensão 54. Nesta modalidade específica, a junta de tubo flexível 27 tem um alojamento interno 65 soldado em um flange superior 66 do tubo de extensão 54, e um tubo interno 64 soldado no flange de fixação 53. Por exemplo, o alojamento interno 65 e o tubo interno 64 são feitos de uma liga de aço resistente à corrosão. O elemento flexível primário inferior 61 é disposto entre os e ligado ao anel de sustentação inferior 51 e ao flange superior 66 do tubo de extensão 54. O elemento flexível primário superior 62 é disposto entre os e ligado a um flange inferior 67 do tubo interno 64 e ao alojamento interno 65.

[044] Em geral, uma vez que o tubo de extensão 54 e o alojamento interno 65 são unidos entre si, o elemento flexível primário superior 62 e o elemento flexível

primário inferior 61 são forçados a reagir em paralelo e, assim, a deslocar-se e girar no mesmo grau. Portanto, a carga total devida à tensão e rotação do tubo ascendente é distribuída entre o elemento flexível superior 62 e o elemento flexível inferior 61 em proporção à sua relativa rigidez. O elemento flexível inferior 61 transfere sua carga diretamente para dentro do anel de sustentação inferior 51, enquanto o elemento flexível superior 62 transfere sua carga para dentro do tubo interno 64. O tubo interno 64 em seguida transfere essa carga para dentro do flange de fixação 53 através de uma conexão soldada. O flange de fixação 53 transfere essa carga através de outra conexão para baixo até o anel de sustentação inferior 51.

[045] A junta de tubo flexível 27 inclui também um revestimento interno superior 71, um revestimento interno inferior 72 e um anel centralizador 73. Um elemento flexível elastomérico anular secundário superior 74 é disposto entre o anel centralizador 73 e o revestimento interno superior 71, e um elemento flexível elastomérico anular secundário inferior 75 é disposto entre o anel centralizador 73 e o revestimento interno inferior 72. O conjunto do revestimento interno superior 71, do revestimento interno inferior 72, do anel centralizador 73, do elemento flexível elastomérico anular secundário superior 74 e do elemento flexível elastomérico anular secundário inferior 75 é moldado como um todo como uma unidade única, genericamente designada por 70, conforme também descrito a seguir com referência às Figuras 6 e 7.

[046] Todos os elementos flexíveis 61, 62, 74, 75 da junta de tubo flexível 27 compartilham o mesmo centro de rotação 63 para permitir uma faixa de deslocamento angular desatado do tubo de extensão 54 durante a operação. O anel centralizador 73 é um anel esférico que tem um ponto central que coincide com este centro de rotação comum 63. O anel centralizador 73 tem também um entalhe 76 em volta do seu equador.

[047] Os elementos flexíveis secundários 74, 75, o anel centralizador 73, o revestimento interno superior 71 e o revestimento interno inferior 72 isolam a cavidade interna 68 do fluido de produção. Isto, por sua vez, elimina a cabeça de pres-

são resultante que de outro modo seria introduzida se se deixasse a pressão do fluido de produção entrar na cavidade interna 68 e chegasse aos elementos flexíveis primários 61 e 62. Assim, o conjunto dos revestimentos internos 71, 72 e do anel centralizador 73 e dos elementos flexíveis secundários 74, 75 funciona como uma unidade de isolamento de pressão 70, que cria uma redundância nas vedações entre o fluido de produção e as condições ambientais fora da junta de tubo flexível 27. O alojamento interno 65, por exemplo, tem um orifício de pressão 78 para medir ou ajustar a pressão na cavidade interna. O orifício de pressão 78, por exemplo, inclui um furo através do alojamento interno 65, e este furo é tampado com uma bucha, válvula ou calibrador de pressão acessível externamente através do orifício de resfriamento 57.

[048] Em uso, quando da transferência do fluido de produção da embarcação flutuante para o tubo ascendente de exportação (24 na Figura 1), o fluido de produção escoar para baixo através de uma abertura 69 no flange de fixação 53 para dentro do tubo interno 64. Em seguida, o fluido de produção escoar do tubo interno 64 para baixo através do revestimento interno superior 71, através do anel centralizador 73, através do revestimento interno inferior 72 e através do tubo de extensão 54.

[049] É também possível utilizar uma junta de tubo flexível mostrada na Figura no tubo ascendente de produção (20 na Figura 1). Neste caso, o fluido de produção do furo de poço escoaria para cima através do te 54 e em seguida para cima através do revestimento interno inferior 72, do anel centralizador 73, do revestimento interno superior 71, do tubo interno 54 e em seguida para cima através da abertura 69 do flange de fixação 53.

[050] A construção da junta de tubo flexível 27 requer dois conjuntos de junta flexível primários a serem moldados separadamente. Em um processo de moldagem, o elastômero do elemento flexível inferior 61 é ligado ao anel de sustentação inferior 51 e ao tubo de extensão 54 utilizando-se um anel de duas peças dividido (não mostrado). Quando o processo de moldagem é completado, as duas peças do

anel dividido são desmontadas uma da outra de modo a se remover o anel dividido do conjunto moldado. Outros detalhes referentes a um molde com tal anel dividido são encontrados na Figura 5 e da coluna 5, linha 47, até a coluna 6, linha 2, da patente norte-americana 4 708 758, de McGregor, emitida em 24 de novembro de 1987.

[051] De maneira semelhante, quando o elemento flexível superior 62 é moldado, o elastômero do elemento flexível superior é ligado ao flange inferior 67 do tubo interno 64 e ao alojamento interno 65. Neste caso, há necessidade de um anel dividido porque a conformação do tubo interno 64 e do alojamento interno 65 permite a utilização de um anel cônico maciço no processo de moldagem.

[052] A junta de tubo flexível mostrada na Figura 4 é fabricada a partir da montagem do elemento flexível inferior 61 e da montagem do elemento flexível superior 62 pela inserção do revestimento interno inferior 72 do conjunto de revestimento interno no tubo de extensão 54. Em seguida, o conjunto de elemento flexível primário superior 62 é abaixado até a posição com o tubo interno 64 encaixado sobre o revestimento interno superior 71 do conjunto de revestimento interno de modo que o revestimento interno 71 seja inserido no tubo interno 64 até que o alojamento interno 65 venha a ser assentada sobre o flange superior 66 do tubo de extensão 54. Em seguida, o alojamento interno 65 é soldada no flange superior 66 do tubo de extensão 54. Em seguida, a extremidade inferior do revestimento interno inferior 72 é soldada na extremidade inferior do tubo de extensão 54, e a extremidade superior do revestimento interno superior 71 é soldada na extremidade superior do tubo interno 64. Em seguida, o flange de fixação 53 é encaixado sobre o tubo interno 64 e colocado sobre o corpo cilíndrico 52, e a extremidade superior do tubo interno é soldada no flange de fixação. Em seguida, o flange de fixação 53 é soldado no corpo cilíndrico 52.

[053] A Figura 5 mostra a junta de tubo flexível 27 quando o tubo de extensão 54 tiver sido submetido a um deslocamento angular máximo (θ). O anel centralizador 73 também gira em volta do centro de rotação 63, mas seu deslocamento an-

gular (φ) é de cerca da metade do deslocamento angular (θ) do tubo de extensão 54. Portanto, pela junção mecânica do elemento flexível secundário superior 74 e do elemento flexível secundário inferior 75 em série entre o alojamento 50 e o tubo de extensão 54, o deslocamento angular de cada um dos elementos flexíveis secundários causado pelo deslocamento angular (θ) do tubo de extensão é de cerca da metade do deslocamento angular (θ) do tubo de extensão.

[054] Em geral, a deformação angular de um elemento flexível é diretamente proporcional ao deslocamento angular θ do tubo de extensão e diretamente proporcional à razão do deslocamento radial do elemento flexível do centro de rotação 63 dividido pela espessura radial do elemento flexível. Conforme mostrado na Figura 5, por exemplo, cada um dos elementos flexíveis secundários 74, 75 é deslocado por um raio interno comum R_1 do centro de rotação comum 63, e cada um dos elementos flexíveis primários 61, 62 é deslocado por um raio externo comum R_2 do centro de rotação comum 63. Uma vez que o raio externo R_2 é muito maior que o raio interno R_1 e uma vez que os elementos secundários 74, 75 são mecanicamente ligados em série e os elementos flexíveis primários 61, 62 são mecanicamente ligados em paralelo entre o alojamento e o tubo de extensão, cada um dos elementos flexíveis secundários pode ter uma espessura radial que é muito menor que a espessura radial de cada um dos elementos flexíveis primários, de modo que a unidade de isolamento de pressão 70 possa ter um tamanho compacto.

[055] É também possível que cada um dos elementos flexíveis secundários 74, 75 sejam constituídos de um elastômero que tem um módulo mais baixo que o do elastômero de cada um dos elementos flexíveis primários 61, 62 uma vez que os elementos flexíveis secundários 61, 62 são projetados basicamente para conter a pressão, e os elementos flexíveis primários 61, 62 são projetados basicamente para resistir à deformação angular e axial. Com a utilização de uma composição elástica de módulo mais baixo nos elementos flexíveis secundários 74, 75 que a existente nos elementos flexíveis primários 61, 62, os elementos flexíveis secundários podem tolerar uma deformação angular maior que a dos elementos flexíveis primários.

rios e, portanto, a espessura radial dos elementos flexíveis primários pode ser reduzida ainda mais com relação à espessura radial dos elementos flexíveis primários. Entretanto, conforme também descrito a seguir com referência às Figuras 14 e 15, é também possível construir juntas de tubo flexíveis nas quais os elementos flexíveis primários e secundários têm conformações semelhantes e a mesma composição elastomérica e nas quais os elementos flexíveis secundários podem ser submetidos a uma pressão e a uma temperatura mais elevadas que aquelas às quais são submetidos os elementos flexíveis primários.

[056] A Figura 6 mostra a unidade de isolamento de pressão 70 separada de qualquer junta de tubo flexível específica na qual ela pode ser utilizada. Em geral, cada um dos revestimentos interno superior 71 e revestimento interno inferior 72 têm uma parte cilíndrica afastada do anel centralizador 73 e uma conformação hemisférica próxima do anel centralizador. A parte cilíndrica de cada um dos revestimentos interno superior 71 e revestimento interno inferior 72 têm um comprimento que depende da configuração de junta de tubo flexível específica. Em geral, o comprimento da parte cilíndrica de um revestimento interno é selecionado para soldagem adequada da extremidade do revestimento interno em outro componente de metal da junta de tubo flexível, tal como o tubo de extensão ou um tubo interno.

[057] A Figura 7 mostra um molde de compressão para moldar a unidade de isolamento de pressão 70 da Figura 6. Na Figura 7, o molde de compressão tem componentes tanto internos quanto externos. Os componentes internos são um mandril de diâmetro interno ou uma câmara inflável 160 e um par de anéis de encaixe elastoméricos retráteis ou removíveis 161, 162. Os anéis de encaixe 161, 162 são pré-moldados do elastômero e são curados e em seguida revestidos com um agente liberador de molde. Os anéis de encaixe 161, 162 são dimensionados de modo a atuarem como uma represa ou tampão para a borracha não curada que se torna o elemento flexível secundário superior 74 e o elemento flexível secundário inferior 75. Os componentes externos incluem um anel de molde externo 163 que é inserido no entalhe equatorial 76 do anel centralizador 73 para manter os componentes 71, 72,

73, 74, 75 da unidade de isolamento de pressão a uma altura pré-fixada. Os componentes externos incluem também uma série de anéis de fixação 164, 165, 166, 167, 168, 169. Os anéis de fixação externos 166, 167 têm invólucros de vapor 171, 172 para aquecer o molde de modo a curar a borracha do elemento flexível secundário superior 74 e do elemento flexível secundário inferior 75.

[058] A Figura 8 mostra uma construção alternativa para uma junta de tubo flexível 90 para facilitar a desmontagem. A junta de tubo flexível 90 inclui um alojamento externo 100 e um tubo de extensão 84 que se estende a partir do alojamento externo. O alojamento externo 100 é constituído de um anel de sustentação inferior 81, um corpo cilíndrico 82 e um flange de fixação 83, a junta de tubo flexível 90 inclui também um tubo de extensão 84, um elemento flexível elastomérico primário inferior 91, um elemento flexível elastomérico primário superior 92, um tubo interno 94, um alojamento interno 95, um revestimento interno superior 101, um revestimento interno inferior 102, um anel centralizador 103, um elemento flexível elastomérico secundário superior 104 e um elemento flexível secundário inferior 105. Os elementos flexíveis elastoméricos 91, 92, 104, 105 têm um centro de rotação comum 93. O anel centralizador 103 é um anel esférico que tem um ponto central que coincide com este centro de rotação comum 93.

[059] Durante a construção da junta de tubo flexível 90, quando o elemento flexível primário inferior 91 é moldado, o elastômero do elemento flexível primário inferior 91 torna-se ligado ao anel de sustentação inferior 981 e ligado ao tubo de extensão 84. Quando o elemento flexível primário superior 92 é moldado, o elastômero do elemento flexível primário superior 92 torna-se ligado ao alojamento interno 95 e ligado ao tubo interno 94. O elemento flexível secundário superior 104 e o elemento flexível secundário inferior 105 são moldados ao mesmo tempo, formando uma unidade de isolamento de pressão única 110 que consiste no revestimento interno superior 101, no revestimento interno inferior 102 e no anel centralizador 103.

[060] A unidade de isolamento de pressão 110, que contém os elementos flexíveis secundários 104, 105, é em seguida colocada sobre a montagem do ele-

mento flexível inferior 91, e o revestimento interno inferior 102 é inserido no tubo de extensão 84. Em seguida, a montagem do elemento flexível superior 92 é colocada sobre a montagem do elemento flexível inferior 91, e o flange superior 96 do tubo de extensão 84 é preso ao alojamento interno 95 por uma série de cavilhas 105. Uma gaxeta de metal anular de extremidade 106 veda a junta entre o flange superior 96 do tubo de extensão 84 e o alojamento interno 95. Em seguida, o corpo cilíndrico 82 é colocado sobre o anel de sustentação inferior 81 e preso ao anel de sustentação inferior 81 por uma série de cavilhas 107. Em seguida, a extremidade inferior do revestimento interno inferior 102 é soldada na extremidade inferior do tubo de extensão 84, e a extremidade superior do revestimento interno superior 101 é soldada na extremidade superior do tubo interno 94. Em seguida, uma linha de pressão flexível 109 é ligada entre um orifício de pressão 108 no alojamento interno 95 e um orifício de pressão 114 no flange de fixação 83, de modo que o orifício de pressão 114 no flange de fixação 83 permita a medição ou ajuste da pressão do fluido dentro de uma cavidade interna 98. Em seguida, o flange de fixação 83 é encaixado no tubo interno 94, e o tubo interno 94 é soldado no flange de fixação 83. Em seguida, o flange de fixação 83 é preso ao corpo cilíndrico 82 por uma série de cavilhas 106.

[061] Durante o uso em um ambiente *offshore*, o orifício de pressão 114 permite a detecção externa de qualquer falha dos elementos flexíveis secundários 104, 105 para conter o fluido de produção pressurizado. Se uma falha for detectada, então a substituição da unidade de isolamento de pressão 110, que inclui os elementos flexíveis secundários 104, 105, pode ser efetuada imediatamente no campo, ou pode-se programar a realização da substituição para um momento futuro se for mais conveniente retardar a substituição. Até a substituição da unidade de isolamento de pressão, o elemento flexível primário superior 92 conterá o fluido de produção dentro da cavidade interna 98. A câmara externa 99 pode ser enchida com um fluido incompressível, tal como glicol de propileno ou glicol de poli-alquilenos, de modo que a carga de pressão do fluido de produção na cavidade interna 98 seja compartilhada entre o elemento flexível primário superior 92 e o elemento flexível primário inferior

91.

[062] Para desmontagem, as cavilhas 106 são removidas de modo que o flange de fixação 83 não fique mais preso ao corpo cilíndrico 82. Em seguida, a solda 113 entre o tubo interno 94 e o flange de fixação 83 é eliminada por esmerilhamento de modo que o flange de fixação possa ser removido do tubo interno. Também a solda 111 entre o revestimento interno superior 101 e o tubo interno 94 é eliminada por esmerilhamento, e a solda 112 entre o revestimento interno inferior e o tubo de extensão 84 é eliminada por esmerilhamento. Em seguida, as cavilhas 107 são removidas de modo que o conjunto do elemento flexível superior 107 possa ser removido do conjunto do elemento flexível inferior 103. Em seguida, a unidade de isolamento de pressão 110 (inclusive o revestimento interno superior 101, o revestimento interno inferior 102, o anel centralizador 103, o elemento flexível secundário superior 104 e o elemento flexível secundário inferior 105) é removida do tubo de extensão 84. Esta unidade de isolamento de pressão 110 pode ser substituída por uma nova unidade de isolamento de pressão, e a junta de tubo flexível 90 pode ser então remontada no campo.

[063] A junta de tubo flexível 27 da Figura 4 e a junta de tubo flexível 90 da Figura 8 devem ser utilizadas em uma aplicação, tal como um tubo ascendente catenário, na qual o tubo de extensão 54 ou 84 é submetido a uma tensão axial em vez de uma compressão axial com relação ao alojamento externo da junta de tubo. Caso contrário, esta compressão se traduziria em tensão sobre os elementos flexíveis, e a compressão axial sobre o tubo de extensão 54 ou 84 limitaria a vida útil de serviço da junta de tubo flexível. Para aplicações em que o tubo de extensão pode ser submetido uma compressão axial substancial, a junta de tubo flexível deve ser construída, conforme descrito a seguir, para limitar a transmissão da compressão axial para os elementos flexíveis secundários.

[064] A Figura 9 mostra uma junta de tubo flexível 120, que tem um alojamento externo 130 e um tubo de extensão 122 que se estende a partir do alojamento externo. O alojamento externo 130 é constituída de um corpo cilíndrico 121 e um

flange de fixação 123. O flange de fixação 123 é soldado no corpo cilíndrico 121. Um elemento flexível elastomérico anular primário inferior 131 é ligado ao corpo cilíndrico 121 e ligado a um invólucro de extensão 132 do tubo de extensão 122. Um elemento flexível elastomérico anular primário superior 133 é ligado a um alojamento interno 134 e ligado a um flange superior 135 de um revestimento interno 147 do tubo de extensão 122. O alojamento interno 134 é soldada no flange de fixação 123 e a extremidade inferior do invólucro 132 do tubo de extensão é soldada no revestimento interno 147 do tubo de extensão.

[065] A junta de tubo flexível 120 inclui uma unidade de isolamento de pressão 140. A unidade de isolamento de pressão inclui um revestimento interno superior 141, um revestimento interno inferior 142, um anel centralizador esférico 143, um elemento flexível elastomérico anular secundário superior 144 ligado entre o revestimento interno superior 141 e o anel centralizador 143, e um elemento flexível elastomérico anular inferior 145 ligado entre o revestimento interno 142 e o anel centralizador 143. O revestimento interno superior 141 é disposto em uma abertura 137 no flange de fixação 123, e o revestimento interno inferior 142 é disposto no revestimento interno 147 do tubo de extensão.

[066] Os elementos flexíveis primários 131, 133 e os elementos flexíveis secundários 144, 145 têm um centro de rotação comum 136. Os elementos flexíveis secundários 144, 145 são empilhados de maneira coaxial em lados opostos do centro de rotação comum 136 a um raio interno comum R_1 do centro de rotação comum. Os elementos flexíveis primários 131, 133 são empilhados e aninhados de maneira coaxial no mesmo lado do centro de rotação comum. O elemento flexível primário superior 133 é disposto a um raio externo R_2 do centro de rotação comum 136, de modo que R_2 seja maior que o raio interno R_1 . O elemento flexível primário inferior 131 é disposto a um raio externo R_3 do centro de rotação comum 136, de modo que R_2 seja maior que o raio interno R_1 . Os elementos flexíveis secundários 144, 145 são mecanicamente unidos em série com o anel centralizador 143 entre o alojamento externo 130 e o tubo de extensão 122, os elementos flexíveis primários 131, 133 são

mecanicamente unidos em paralelo uns com os outros, e cada um dos elementos flexíveis primários 131, 133 é mecanicamente unido ao alojamento externo 130 e ao tubo de extensão 122 em paralelo com a combinação em série dos elementos flexíveis secundários 144, 145.

[067] O invólucro de extensão 132 tem um flange hemisférico 138 que encosta em uma superfície hemisférica externa complementar 139 do alojamento interno 134. A compressão axial do tubo de extensão 122 com relação ao alojamento externo 130 faz com que o flange hemisférico 138 do invólucro 132 do tubo de extensão entre em contato com a superfície hemisférica externa 139 do alojamento interno 134, de modo que a força de compressão axial do tubo de extensão 122 seja transferida para o alojamento externo 130 através do invólucro de extensão 132, do alojamento interno 134 e do flange de fixação 123. Portanto, a força de compressão axial não é aplicada à unidade de isolamento de pressão 140 e seus elementos flexíveis secundários 144, 145.

[068] A Figura 10 mostra uma unidade de isolamento de pressão 150 que inclui um revestimento interno superior 182, um revestimento interno inferior 182, um anel centralizador 183, um elemento flexível elastomérico anular secundário superior 184 e um elemento flexível elastomérico anular inferior 185. São dispostos no anel centralizador 183 um revestimento interno de blindagem térmica superior 186 e um revestimento interno de blindagem térmica inferior 187. Os revestimentos internos de blindagem térmica 186, 187 são feitos de material de baixa condutividade térmica, tal como uma liga de níquel-cromo-ferro que contém um mínimo de 72% de níquel e cobalto, 14-17% de cromo e 6-10% de ferro, tal como 76% de níquel, 17% de cromo e 7% de ferro. O termoplástico preferido é a poli-éter-éter-cetona, ou PEEK, descrita na patente norte-americana 7 341 283, de Moses *et al*, emitida em 11 de março de 2008.

[069] Os revestimentos de blindagem térmica 186, 187 são montados em uma junta de esfera e soquete. O revestimento interno e blindagem térmica inferior 187 é formado com um flange esférico superior 188, e o revestimento interno de

blindagem térmica superior 186 é formado com um flange hemisférico inferior 189. O flange esférico superior 188 é inserido no flange hemisférico inferior 189, e em seguida a extremidade inferior do flange hemisférico inferior 189 é plissada em volta do flange esférico superior 189. O flange esférico superior 188 é dotado de fendas para portar um anel de vedação de metal resiliente dividido 190, que se expande de encontro à periferia interna do flange hemisférico inferior 189 de modo a conter o fluido de produção dentro do tubo de extensão. Assim, o anel de vedação 190 funciona de maneira semelhante a um anel de pistão em um motor de combustão interna. O anel de vedação 190, contudo, não precisa proporcionar uma vedação contra a pressão, e em vez disso o anel de vedação 190 impede que o fluido de produção circule livremente através de um encaixe com folga entre os revestimentos de blindagem térmica 186, 187.

[070] Para montagem dos revestimentos internos de blindagem térmica 186, 187 na unidade de isolamento de pressão 180, o anel centralizador 183 é formado por dois anéis hemisféricos 192, 193 unidos por uma solda equatorial 194. Quando o elemento flexível secundário superior 184 é moldado, o elastômero do elemento flexível secundário superior 184 é ligado ao revestimento interno superior 181 e ligado ao anel hemisférico superior 192. Quando elemento flexível secundário inferior 185 é moldado, o elastômero do elemento flexível secundário inferior 185 é ligado ao revestimento interno inferior 182 e ligado ao anel hemisférico inferior 193. Em seguida, o conjunto do elemento flexível secundário superior 184 é encaixado sobre o revestimento interno de blindagem térmica superior 186 do conjunto de blindagem térmica, e o conjunto do elemento flexível secundário inferior 185 é encaixado sobre o revestimento interno de blindagem térmica 187 do conjunto de blindagem térmica, de modo que os dois anéis hemisféricos 192, 193 sejam unidos em volta dos flanges 188, 189 do conjunto de blindagem térmica e soldados uns nos outros formando a solda equatorial 194.

[071] A extremidade superior do revestimento interno de blindagem térmica 186 tem um encaixe de folga apertado dentro de um recesso cilíndrico no revesti-

mento interno de blindagem térmica superior 181, e o revestimento interno de blindagem térmica inferior 187 tem um encaixe de folga apertado dentro de um recesso cilíndrico no revestimento interno de isolamento de pressão inferior 182. Portanto, os revestimentos internos de blindagem térmica 186, 187 não apresentam praticamente resistência ao revestimento interno de isolamento de pressão inferior 182, que é afastado do revestimento interno de isolamento de pressão superior 181 quando é aplicada tensão ao tubo de extensão com relação ao alojamento de uma junta de tubo flexível que inclui a unidade de isolamento de pressão 180. Na ausência de força axial do tubo de extensão, há uma determinada folga axial (z) entre as extremidades dos revestimentos de blindagem térmica 186, 187 e os recessos cilíndricos nos revestimentos internos de isolamento de pressão 181, 182. Os revestimentos internos de blindagem térmica 186, 187 resistirão à força de compressão entre o revestimento interno de isolamento de pressão inferior 182 e o revestimento interno de isolamento de pressão superior 181 quando a compressão aplicada ao tubo de extensão com relação ao alojamento atinge um determinado limite no qual a folga axial “ z ” é reduzida a zero.

[072] A Figura 11 mostra a unidade de isolamento de pressão 180 da Figura 10 montada em uma junta de tubo flexível 200. A junta de tubo flexível 200 inclui um alojamento externo 210 constituída de um anel de sustentação inferior 201, um corpo cilíndrico 202 e um flange de fixação 203. Uma série de cavilhas 219 prendem o anel de sustentação inferior 201 ao corpo cilíndrico 202, e uma série de cavilhas 218 prendem o flange de fixação 203 ao corpo cilíndrico 202. Um tubo de extensão 204 estende-se a partir do alojamento externo 210. Um elemento flexível elastomérico anular primário inferior 211 é disposto no alojamento externo 210 para montar o tubo de extensão 204 no alojamento externo 210, e um elemento flexível elastomérico primário superior 212 é também disposto no alojamento para montar o tubo de extensão 204 no alojamento externo 210. Os elementos flexíveis primários compartilham um centro de rotação comum 213 e são empilhados de maneira coaxial.

[073] Durante a moldagem do elemento flexível primário inferior 211, o elas-

tômero do elemento flexível primário inferior 211 é ligado ao anel de sustentação inferior 201 e ligado a um flange superior 216 do tubo de extensão 204. Durante a moldagem do elemento flexível primário superior 212, o elastômero do elemento flexível primário superior 212 é ligado ao alojamento interno 215 e ligado a um flange inferior 217 de um tubo interno 214. Após a montagem da unidade de isolamento de pressão 180, o revestimento interno de pressão inferior 182 da unidade de isolamento de pressão 180 é inserido em um recesso cilíndrico no tubo interno 214 quando o conjunto do elemento flexível primário superior 212 é encaixado sobre o conjunto do elemento flexível primário inferior 211. Desta maneira, a unidade de isolamento de pressão 180 torna-se assentada dentro de uma cavidade limitada por uma superfície hemisférica interna do flange superior 216 do tubo de extensão 204 e uma superfície hemisférica interna do flange inferior 217 do tubo interno 204. Em seguida, a extremidade inferior do alojamento interno 215 é soldada na extremidade superior do flange superior 216 do tubo de extensão 204. Em seguida, a extremidade superior do revestimento interno de pressão 181 da unidade de isolamento de pressão 180 é soldada no tubo interno 214, e a extremidade inferior do revestimento interno de pressão inferior 182 da unidade de isolamento de pressão 189 é soldada no tubo de extensão 204. Em seguida, o corpo cilíndrico 202 é aparafusado ao anel de sustentação inferior 201, e o flange de fixação 203 é encaixado sobre a extremidade superior do tubo interno 214 e aparafusado ao corpo cilíndrico 202. Em seguida, o tubo interno 214 é soldado no flange de fixação 203.

[074] As Figuras 12, 13 e 14 mostram diversas vistas de uma junta de tubo flexível 230 na qual os elementos flexíveis secundários 254, 255 podem, mas não precisam, ter a mesma composição elastomérica do elemento flexível primário 241 e na qual os elementos flexíveis secundários são diretamente submetidos à pressão e à temperatura do fluido de transporte e funcionam como uma unidade de isolamento de pressão.

[075] Conforme mostrado na Figura 12, a junta de tubo flexível 230 inclui um alojamento externo 240 constituído de um anel de sustentação 231, um corpo

cilíndrico 232 e um flange de fixação 233. Um tubo de extensão 234 estende-se a partir do alojamento externo 240.

[076] Conforme mostrado na Figura 13, um tubo interno 251 é soldado no flange de fixação 133 e apresenta uma abertura no flange de fixação.

[077] Conforme mostrado na Figura 14, os elementos flexíveis secundários 254, 255 são mecanicamente ligados em série entre o alojamento 249 e o tubo de extensão 234, e o elemento flexível primário 241 é mecanicamente ligado em paralelo à combinação em série dos elementos flexíveis secundários 254, 255. A disposição em paralelo força os deslocamentos angular e axial do elemento flexível primário 241 a serem os mesmos do tubo de extensão 234, enquanto a disposição em série dos elementos flexíveis secundários 254, 255 permite que os elementos flexíveis secundários dividam um dado deslocamento, axial ou angular, em proporção à sua rigidez correspondente. Por causa disto, por exemplo, os deslocamentos angular e axial dos elementos flexíveis secundários 254, 255 de conformação e composição essencialmente idênticas, seriam aproximadamente metade dos experimentados pelo tubo de extensão 234 ou do elemento flexível primário 241. Esta característica de desenho permite o dimensionamento do elemento flexível primário de modo a portar uma grande parte da carga axial total resultante da tensão sobre o tubo de extensão 234 e da pressão do fluido que atua sobre o conjunto, 252, 257, 246 e 255 do elemento flexível secundário 255, ligado ao tubo de extensão 234, limitando assim o grau de compressão sobre as almofadas elastoméricas dos elementos flexíveis secundários 254, 255 e aumentando assim seu tempo de vida útil e a da junta de tubo flexível 230.

[078] Conforme também mostrado na Figura 14, uma série de cavilhas 248 prendem o flange de fixação 233 ao corpo cilíndrico 232, e uma série de cavilhas prendem o anel de sustentação inferior 231 ao corpo cilíndrico 232. O tubo interno 251 proporciona um canal da abertura no flange de fixação até o tubo de extensão 234. O tubo de extensão 234 inclui um revestimento interno 252 e um invólucro externo 235. Um elemento flexível elastomérico anular primário 241 monta o invólucro

externo 235 do tubo de extensão 234 no anel de sustentação inferior 231.

[079] Uma unidade de isolamento de pressão 250 inclui o tubo interno 251, o tubo de extensão 252, um anel centralizador esférico 253, um elemento flexível elastomérico anular secundário superior 254 disposto entre um flange inferior 245 do tubo interno 251 e a metade superior 258 do anel centralizador 253, e um elemento flexível elastomérico anular secundário inferior 255 disposto entre um flange superior 246 do revestimento interno 252 do tubo de extensão e a metade inferior 259 do anel centralizador 253. O flange inferior 245 do tubo interno 252 é disposto dentro da metade superior 258 do anel centralizador 253. O flange superior 246 do revestimento interno 252 do tubo de extensão é disposto dentro da metade inferior 259 do anel centralizador 253. A parte inferior da metade inferior 259 do anel centralizador 253 é disposta entre o flange superior 242 do invólucro externo 235 do tubo de extensão 234 e o flange superior 246 do revestimento interno 252 do tubo de extensão.

[080] O elemento flexível primário 241 e os elementos flexíveis secundários 254 e 255 têm um centro de rotação comum 243. Os elementos flexíveis secundários 254 e 255 são empilhados de maneira coaxial em lados opostos do centro de rotação comum 243. Os elementos flexíveis secundários 254 e 255 são dispostos a partir do centro de rotação comum 243 por um raio interno R_1 . O elemento flexível primário 241 é disposto a partir do centro de rotação comum 243 por um raio externo R_2 que é maior que o raio interno R_1 . Os elementos flexíveis secundários 254 e 255 são mecanicamente unidos em série entre o alojamento 240 e o tubo de extensão 234, e o elemento flexível primário 241 é mecanicamente unido ao alojamento 240 e ao tubo de extensão 234 em paralelo com a combinação em série dos elementos flexíveis secundários superior e inferior 254 e 255.

[081] Um deslocamento angular (θ) do tubo de extensão 234 com relação ao alojamento 240 em volta do centro de rotação comum 243 provoca uma deformação ou cisalhamento angular (δ_2) do elemento flexível primário 241 que é proporcional à relação do raio externo (R_2) dividido pela espessura radial (Δr_2) do elemento flexível primário 241. (As deformações angulares dos elementos flexíveis em uma

junta de tubo flexível mais complexa são mostradas na Figura 16, que é também descrita a seguir). Assim,

$$\delta_2 = \theta R_2/\Delta r_2$$

[082] Na junta de tubo flexível 230, a composição e a conformação do elemento flexível superior 254 são praticamente as mesmas que a composição e a conformação do elemento flexível secundário inferior 255. Assim, o deslocamento angular (θ) do tubo de extensão 234 com relação ao alojamento 240 em volta do centro de rotação comum 242 provoca a rotação do anel centralizador 253 em volta do centro de rotação comum em um ângulo (φ) que é muito próximo da metade do deslocamento angular (θ) do tubo de extensão 234 com relação ao alojamento 240. Consequentemente, o deslocamento angular (θ) do tubo de extensão 234 com relação ao alojamento 240 em volta do centro de rotação comum 243 provoca uma deformação ou cisalhamento angular (δ_1) de cada um dos elementos flexíveis secundários 254, 255 que é proporcional à razão do raio externo (R_1) dividida pela espessura radial (Δr_1) de cada um dos elementos flexíveis secundários 254, 255, de acordo com:

$$\delta_1 = \theta R_1/2\Delta r_1$$

[083] Conforme mostrado na Figura 14, a conformação do elemento flexível primário 255 pode ser semelhante à conformação dos elementos flexíveis secundários 254 e 255, de modo que $R_1/\Delta r_1 = R_2/\Delta r_2$. Portanto, uma vez que o elemento flexível primário é mecanicamente unido ao alojamento 240 e ao tubo de extensão 234 em paralelo com a combinação em série dos elementos flexíveis superiores e inferiores 254, 255, o deslocamento angular (θ) do tubo de extensão 235 com relação ao alojamento 240 em volta do centro de rotação comum 243 provoca uma deformação angular (δ_1) de cada um dos elementos flexíveis secundários que é de cerca da metade da deformação angular (δ_2) do elemento flexível primário 241. Assim, cada um dos elementos flexíveis secundários pode ter as mesmas composição e construção e uma conformação semelhante à do elemento flexível primário 241, mas cada um dos elementos flexíveis secundários terá uma deformação angular (δ_1) que é subs-

tancialmente menor que a deformação angular (δ_2) do elemento flexível primário 241. Um argumento semelhante, aplicado a deslocamentos axiais, mostra que os elementos flexíveis secundários 254, 255 se deslocam substancialmente menos que o tubo de extensão 234 ou o elemento flexível primário 241. Consequentemente, os elementos flexíveis secundários 254, 255 podem ser submetidos a uma carga de pressão ou temperatura mais elevada que a do elemento flexível primário 241 sem reduzir significativamente a vida útil de serviço da junta de tubo flexível 230.

[084] Nas Figuras 12 e 14, por exemplo, o corpo cilíndrico 232 é perfurado para permitir que a água passe através do corpo cilíndrico 232 para resfriamento dos elementos flexíveis 241, 254, 255, e os elementos flexíveis secundários 254, 255 estão mais próximos do canal central do tubo de extensão 234 e do tubo interno 251, de modo que os elementos flexíveis secundários 254, 255 sejam submetidos a uma temperatura mais elevada do fluido de produção quente que a do elemento flexível primário 241. Além disto, os elementos flexíveis secundários 254, 255 vedam a pressão dentro do tubo de extensão 234, e o elemento flexível primário 255 não é submetido a esta pressão. Para uma aplicação, a espessura (Δr_1) dos elementos flexíveis secundários 254, 255 pode ser selecionado de modo que a deformação angular (δ_1) dos elementos flexíveis secundários seja reduzida com relação à deformação angular (δ_2) do elemento flexível primário 241 em um grau apenas suficiente para lidar com a carga de pressão ou temperatura sobre os elementos flexíveis secundários com relação ao elemento flexível primário. Além do mais, a tensão axial sobre o tubo de extensão 234 põe os elementos flexíveis secundários 254, 255 em compressão, de modo que os elementos flexíveis secundários contribuem também para a capacidade da junta de tubo flexível 230 de lidar com um nível elevado de tensão axial sobre o tubo de extensão 234.

[085] De modo a se reduzir a carga de temperatura sobre os elementos flexíveis secundários 254, 255, a unidade de isolamento de pressão 250 inclui um inserto de barreira térmica superior 256 disposto na extremidade alargada inferior 245 do tubo interno 251 e um inserto de barreira térmica inferior 257 disposto na extre-

midade alargada superior 246 do inserto 252 do tubo de extensão. Os insertos de barreira térmica 256, 257 são feitos de um material de baixa condutividade térmica, tal como uma liga de níquel-ferro-cromo ou a poli-éter-éter-cetona. Os insertos de barreira térmica 256, 257 formam também uma junta de esfera e soquete dentro do anel centralizador 258.

[086] O anel centralizador 253 é dividido na metade superior hemisférica 258 e na metade inferior hemisférica 159, de modo que as metades do anel centralizador possam ser soldadas uma na outra em volta dos insertos de barreira térmica 256, 257 após a moldagem dos elementos flexíveis secundários 254, 255. Quando o elemento flexível secundário superior 254 é moldado, o elastômero do elemento flexível secundário superior 254 torna-se ligado à metade superior 258 do anel centralizador e ligado ao flange inferior 245 do tubo interno 251. Quando o elemento flexível secundário inferior 255 é moldado, o elastômero do elemento flexível secundário inferior 255 torna-se ligado à metade inferior 259 do anel centralizador 253 e ligado ao flange superior 246 do inserto 252 do tubo de extensão. Em seguida, o inserto de barreira térmica superior 256 é inserido no tubo interno 251, e o inserto de barreira térmica inferior 257 é inserido no inserto 252 do tubo de extensão. Em seguida, o inserto de barreira térmica superior 256 é inserido no inserto de barreira térmica inferior 257 de modo que a metade superior 258 do anel centralizador 253 fique casada com a metade inferior 259 do anel centralizador e soldada na metade inferior do anel centralizador, formando a solda 260.

[087] Quando o elemento flexível primário 241 é moldado, o elastômero do elemento flexível primário torna-se ligado ao anel de sustentação inferior 231 e ligado ao flange 242 do invólucro externo 235 do tubo de extensão 234. Em seguida, o inserto 252 do tubo de extensão é inserido no invólucro 235 do tubo de extensão de modo que o sistema de isolamento de pressão 250 seja assentado sobre o invólucro 235 do tubo de extensão. Em seguida, o corpo cilíndrico 232 é colocado sobre o anel de sustentação inferior 231, e o flange de fixação 233 é encaixado sobre o tubo interno 251 e sobre o corpo cilíndrico 232. Em seguida, as cavilhas 249 são aperta-

das para prender o flange de fixação 233 ao corpo cilíndrico 232. Finalmente, o inserto 252 do tubo de extensão é soldado no invólucro 235 do tubo de extensão, e o tubo interno 251 é soldado no flange de fixação 233.

[088] A Figura 15 mostra uma junta de tubo flexível 270 que é semelhante à junta de tubo flexível 230 da Figura 14, mas que inclui dois elementos flexíveis primários 281, 282 mecanicamente acoplados em paralelo para lidar com o aumento da carga axial para o alojamento de uma dada pegada. A junta de tubo flexível 270 da Figura 15 tem um alojamento 280 e um tubo de extensão 274 que se estende a partir do alojamento 280. A alojamento 280 inclui um anel de sustentação inferior 271, um corpo cilíndrico 272 e um flange de fixação 273. O tubo de extensão 274 é constituído por um revestimento interno de tubo de extensão 275 e de um invólucro de tubo de extensão 284 soldado no revestimento interno de tubo de extensão 275.

[089] Um elemento flexível elastomérico anular primário inferior 281 é disposto no alojamento 280 entre o anel de sustentação inferior 271 e um flange 285 do invólucro 284 do tubo de extensão. Um elemento flexível elastomérico anular primário superior 282 é disposto no alojamento 280 entre um anel de carga superior 287 e um flange 297 de um invólucro de tubo interno 286 soldado em um revestimento interno de tubo interno 291. O revestimento interno 291 do tubo interno é soldado no flange de fixação 273. O anel de carga superior 287 é preso, por uma série de cavilhas 303, ao flange 285 do invólucro 284 do tubo de extensão. Um elemento flexível elastomérico anular secundário inferior 293 é disposto no alojamento 280 entre a metade inferior 299 de um anel centralizador 292 e um flange superior 296 do revestimento interno 275 do tubo de extensão. Um elemento flexível elastomérico anular secundário superior 294 é disposto no alojamento 280 entre a metade superior 298 do anel centralizador 292 e o flange inferior 295 do revestimento interno 291 do tubo interno. A metade superior 298 do anel centralizador 292 é preso por uma solda equatorial 300 à metade inferior 299 do anel centralizador 292.

[090] O elemento flexível secundário inferior 293, o elemento flexível secundário superior 294, o elemento flexível primário inferior 281 e o elemento flexível

primário superior 282 têm um centro de rotação comum 283. O elemento flexível secundário inferior 293 e o elemento flexível secundário superior 294 são empilhados de maneira coaxial em lados opostos do centro de rotação comum 283, e o elemento flexível secundário inferior 293 e o elemento flexível secundário superior 294 são dispostos a partir do centro de rotação comum 283 por um raio interno comum (R_1). O elemento flexível primário inferior 281 e o elemento flexível primário superior 282 são também empilhados de maneira coaxial em lados opostos do centro de rotação comum 283, e o elemento flexível primário inferior 281 e o elemento flexível primário superior 282 são dispostos a partir do centro de rotação comum 283 por um raio externo comum (R_2). O raio externo (R_2) é maior que o raio interno (R_1).

[091] Os elementos flexíveis secundários inferior e superior 293, 294 são mecanicamente unidos em série entre o alojamento 280 e o tubo de extensão 274. Cada um dos elementos flexível primário inferior 281 e elemento flexível primário superior 282 é mecanicamente unido ao alojamento 280 e ao tubo de extensão 274 em paralelo com a combinação em série dos elementos flexíveis inferior e superior 293, 294. Os elementos flexíveis superior e inferior 292, 294 têm praticamente as mesmas composição e conformação. Conseqüentemente, um deslocamento angular (θ) do tubo de extensão 274 com relação ao alojamento 280 em volta do centro de rotação comum 283 em volta do centro de rotação comum 283 que cerca da metade do deslocamento angular (θ) do tubo de extensão 274 com relação ao alojamento 280 em volta do centro de rotação comum 283.

[092] Os elementos flexíveis primários superior e inferior 281, 282 não precisam ter o mesmo tamanho e composição, mas os elementos flexíveis secundários 293, 294 serão usualmente das mesmas composição e conformação. A tensão axial sobre o tubo de extensão 274 com relação ao alojamento 280 cada um dos elementos flexíveis primários e secundários 281, 282, 293, 294 em compressão.

[093] Uma vez que os elementos flexíveis primários 281, 282 são mecanicamente unidos em paralelo um ao outro, seus deslocamentos axial e angular serão os mesmos, e uma vez que os elementos flexíveis primários 281, 282 são meca-

camente unidos em paralelo um ao outro e em paralelo aos elementos flexíveis primários através do revestimento interno do tubo de extensão 275 do tubo de extensão 274, os deslocamentos axial e angular de cada elemento flexível secundário 293, 294 serão aproximadamente metade dos do revestimento interno 275 do tubo de extensão, ou do tubo de extensão 274, ou dos elementos flexíveis primários 281, 282. Esta característica de desenho permite o dimensionamento dos elementos flexíveis primários de modo a se portar uma grande parte da carga axial total resultante da tensão sobre o tubo de extensão 274 e a pressão do fluido que atua sobre o conjunto do elemento flexível secundário 293, ligado ao tubo de extensão 274, limitando assim o grau de compressão sobre as almofadas elastoméricas dos elementos flexíveis secundários 293, 294 e aumentando assim sua vida útil de serviço, e a da junta de tubo flexível 270.

[094] Um revestimento interno de blindagem térmica superior 301 é disposto no revestimento interno de tubo interno 291, e um revestimento interno de blindagem térmica inferior 302 é disposto no revestimento interno 275 do tubo de extensão.

[095] A Figura 16 mostra a junta de tubo flexível 270 após uma deflexão angular (θ) do tubo de extensão 274 de cerca de 20 graus com relação ao alojamento 280. A deflexão angular resultante (φ) do anel centralizador 292 é de cerca de 10 graus. Versões dos elementos flexíveis primários e secundários 281, 282, 293, 294 sem deformação são mostradas em linhas esquemáticas para exibição da deformação angular resultante (δ_1) dos elementos flexíveis primários 281, 282. Portanto, é mostrado que a deformação angular resultante (δ_1) dos elementos flexíveis secundários 293, 294 é substancialmente menor que a deformação angular (δ_2) dos elementos flexíveis primários 281, 282.

[096] Em vista do exposto, foi descrita uma junta flexível que tem dois elementos flexíveis elastoméricos anulares empilhados de maneira coaxial a um raio interno de um centro de rotação comum, e pelo menos um elemento flexível elastomérico anular disposto a um raio externo a partir do centro de rotação comum. Os

elementos flexíveis no raio interno são acoplados mecanicamente em série entre o tubo de extensão e o alojamento da junta de tubo flexível, e o elemento flexível no raio externo é acoplado em paralelo com a combinação em série dos elementos flexíveis no raio interno. Consequentemente, em um caso preferido dos dois elementos flexíveis no raio interno que têm aproximadamente o mesmo tamanho, conformação e construção, cada elemento flexível no raio interno tem um deslocamento angular que é cerca de metade do elemento flexível no raio externo. Portanto, os elementos flexíveis no raio interno podem portar cargas adicionais de pressão e calor.

REIVINDICAÇÕES

1. Junta de tubo flexível **CARACTERIZADA** pelo fato de que compreende:
um alojamento;
um tubo de extensão que se estende a partir do alojamento;
um primeiro elemento flexível elastomérico anular disposto no alojamento;
um segundo elemento flexível elastomérico anular disposto no alojamento; e
um terceiro elemento flexível elastomérico anular disposto no alojamento;
em que os primeiro, segundo e terceiro elementos flexíveis têm um centro de rotação comum, os primeiro e segundo elementos flexíveis são empilhados de maneira coaxial em lados opostos do centro de rotação comum, os primeiro e segundo elementos flexíveis são dispostos a partir do centro de rotação comum por um raio interno comum, e o terceiro elemento flexível é disposto a partir do centro de rotação comum por um raio externo maior que o raio interno; e

em que os primeiro e segundo elementos flexíveis são mecanicamente unidos em série entre o alojamento e o tubo de extensão, e o terceiro elemento flexível é mecanicamente unido ao alojamento e ao tubo de extensão em paralelo com a combinação em série dos primeiro e segundo elementos flexíveis.

2. Junta de tubo flexível, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de que um deslocamento angular do tubo de extensão com relação ao alojamento provoca uma deformação angular de cada um dos primeiro, segundo e terceiro elementos flexíveis, e a deformação angular de cada um dos primeiro e segundo elementos flexíveis é menor que a deformação angular do terceiro elemento flexível.

3. Junta de tubo flexível, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de que um deslocamento angular do tubo de extensão com relação ao alojamento provoca um deslocamento angular de cada um dos primeiro e segundo elementos flexíveis que é de cerca de uma metade do deslocamento angular do tubo de extensão com relação ao alojamento, e o deslocamento angular do tubo de extensão com relação ao alojamento provoca um deslocamento angu-

lar do terceiro elemento flexível que é substancialmente igual ao deslocamento angular do tubo de extensão com relação ao alojamento.

4. Junta de tubo flexível, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de que os primeiro e segundo elementos flexíveis vedam a pressão dentro do tubo de extensão de modo que o terceiro elemento flexível não seja submetido à pressão dentro do tubo de extensão.

5. Junta de tubo flexível, de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADA** pelo fato de que o terceiro elemento flexível veda uma cavidade dentro do alojamento, e o alojamento inclui um orifício para monitorar a pressão dentro da cavidade para detectar se os primeiro e segundo elementos flexíveis falham em vedar a pressão dentro do tubo de extensão.

6. Junta de tubo flexível, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de que inclui adicionalmente um quarto elemento flexível elastomérico anular disposto no raio externo a partir do centro de rotação comum, em que o quarto elemento flexível é empilhado no alojamento de maneira coaxial com relação ao terceiro elemento flexível, e o quarto elemento flexível é unido mecanicamente em paralelo com o terceiro elemento flexível.

7. Junta de tubo flexível, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de que o terceiro elemento flexível é disposto dentro do alojamento entre um flange do tubo de extensão e o alojamento, e a junta de tubo flexível inclui adicionalmente um anel centralizador que liga o primeiro elemento flexível ao segundo elemento flexível em série entre o alojamento e o tubo de extensão de modo que o anel centralizador seja submetido a um deslocamento angular com relação ao alojamento de cerca da metade do deslocamento angular do tubo de extensão com relação ao alojamento.

8. Junta de tubo flexível, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADA** pelo fato de que o anel centralizador é disposto em um raio a partir do centro de rotação comum que fica entre o raio interno e o raio externo, e a tensão axial sobre o tubo de extensão com relação ao alojamento põe cada um dos

primeiro, segundo e terceiro elementos flexíveis em compressão.

9. Junta de tubo flexível, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADA** pelo fato de que inclui adicionalmente uma junta de esfera e soquete dentro do anel centralizador, e em que o anel centralizador inclui duas seções soldadas uma na outra para montagem da junta de esfera e soquete dentro do anel centralizador.

10. Junta de tubo flexível, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de que inclui adicionalmente:

um tubo interno fixado ao alojamento;

um primeiro revestimento interno;

um segundo revestimento interno; e

um anel centralizador;

em que o primeiro elemento flexível é disposto entre o anel centralizador e o primeiro revestimento interno;

o segundo elemento flexível é disposto entre o anel centralizador e o segundo revestimento interno;

o primeiro revestimento interno é disposto e soldado no tubo interno; e

o segundo revestimento interno é disposto e soldado no tubo de extensão.

11. Junta de tubo flexível **CARACTERIZADA** pelo fato de que compreende:

um alojamento que tem uma primeira extremidade e uma segunda extremidade;

um flange de fixação montado na primeira extremidade do alojamento;

um tubo de extensão que se estende a partir da segunda extremidade do alojamento, o tubo de extensão tendo um flange interno e um invólucro externo;

um tubo interno disposto dentro do alojamento e montado no flange de fixação e proporcionando um canal a partir de uma abertura no flange de fixação até o tubo de extensão;

um anel centralizador esférico disposto dentro do alojamento, o tubo interno tendo um flange dentro do anel centralizador, o flange interno do tubo de extensão

sendo disposto dentro do anel centralizador e uma parte do anel centralizador sendo disposta entre o invólucro externo do tubo de extensão e o flange interno do tubo de extensão;

um primeiro elemento flexível elastomérico anular disposto dentro do alojamento entre o anel centralizador e o flange interno do tubo de extensão;

um segundo elemento flexível elastomérico anular disposto dentro do alojamento entre o anel centralizador e o flange do tubo interno; e

um terceiro elemento flexível elastomérico anular disposto dentro do alojamento entre o invólucro externo do tubo de extensão e o alojamento para montar o tubo de extensão no alojamento para o deslocamento angular do tubo de extensão com relação ao alojamento, o tubo de extensão passando através do terceiro elemento flexível de modo que o terceiro elemento flexível circunde o tubo de extensão;

em que o anel centralizador acopla os primeiro e segundo elementos flexíveis mecanicamente em série entre o tubo de extensão e o alojamento, de modo que o deslocamento angular do tubo de extensão com relação ao alojamento provoque um deslocamento angular do anel centralizador com relação ao alojamento que é cerca da metade do deslocamento angular do tubo de extensão com relação ao alojamento e de modo que a tensão axial sobre o tubo de extensão com relação ao alojamento ponha cada um dos primeiro, segundo e terceiro elementos flexíveis em compressão.

12. Junta de tubo flexível, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADA** pelo fato de que o primeiro elemento flexível e o segundo elemento flexível vedam a pressão dentro do tubo de extensão de modo que o terceiro elemento flexível não seja submetido à pressão dentro do tubo de extensão.

13. Junta de tubo flexível, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADA** pelo fato de que o tubo interno tem um invólucro externo, e o segundo elemento flexível é disposto entre o invólucro externo do tubo interno e o flange do tubo interno, e que inclui adicionalmente um quarto elemento flexível elastomérico anular disposto dentro do alojamento e que acopla o invólucro externo do

tubo interno ao invólucro externo do tubo de extensão.

14. Junta de tubo flexível **CARACTERIZADA** pelo fato de que compreende:
um alojamento que tem uma primeira extremidade e uma segunda extremidade;

um flange de fixação montado na primeira extremidade do alojamento;

um anel de sustentação montado na segunda extremidade do alojamento;

um tubo de extensão que se estende a partir da segunda extremidade do alojamento, o tubo de extensão tendo um flange interno e um invólucro externo;

um tubo interno disposto dentro do alojamento e soldado no flange de fixação e proporcionando um canal a partir de uma abertura no flange de fixação até o tubo de extensão, o tubo interno tendo um flange interno e um invólucro externo;

um anel centralizador esférico disposto dentro do alojamento, o flange interno do tubo interno sendo disposto dentro do anel centralizador, o flange interno do tubo de extensão sendo disposto dentro do anel centralizador;

um primeiro elemento flexível elastomérico anular disposto dentro do alojamento entre o anel centralizador e o flange interno do tubo de extensão, o elastômero do primeiro elemento flexível sendo ligado ao anel centralizador e ligado ao flange interno do tubo de extensão;

um segundo elemento flexível elastomérico anular disposto dentro do alojamento entre o anel centralizador e o flange interno do tubo interno, o elastômero do segundo elemento flexível sendo ligado ao anel centralizador e ligado ao flange interno do tubo interno;

um terceiro elemento flexível elastomérico anular disposto dentro do alojamento entre o anel de sustentação e o invólucro externo do tubo de extensão, o elastômero do terceiro elemento flexível sendo ligado ao anel de sustentação e ligado ao invólucro externo do tubo de extensão, o terceiro elemento flexível montando o tubo de extensão no alojamento para o deslocamento angular do tubo de extensão com relação ao alojamento, o tubo de extensão passando através do terceiro elemento flexível de modo que o terceiro elemento flexível circunde o tubo de extensão;

um anel de carga preso ao invólucro externo do tubo de extensão; e

um quarto elemento flexível elastomérico anular disposto dentro do alojamento entre o anel de carga e o invólucro externo do tubo interno, o elastômero do quarto elemento flexível sendo ligado ao anel de carga e ligado ao invólucro externo do tubo interno, o tubo interno passando através do quarto elemento flexível de modo que o quarto elemento flexível circunde o tubo interno.

15. Junta de tubo flexível, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADA** pelo fato de que os primeiro, segundo, terceiro e quarto elementos flexíveis partilham um centro de rotação comum, os primeiro e segundo elementos flexíveis são dispostos em um raio interno comum a partir do centro de rotação comum, os terceiro e quarto elementos flexíveis são dispostos em um raio externo comum a partir do centro de rotação comum, o raio externo é maior que o raio interno, os primeiro e segundo elementos flexíveis são empilhados de maneira coaxial de modo que os primeiro e segundo elementos flexíveis sejam dispostos em lados opostos do centro de rotação comum, e os terceiro e quarto elementos flexíveis são empilhados de maneira coaxial de modo que os terceiro e quarto elementos flexíveis sejam dispostos em lados opostos do centro de rotação comum.

16. Junta de tubo flexível **CARACTERIZADA** pelo fato de que compreende:

um alojamento;

um tubo de extensão que se estende a partir do alojamento;

um primeiro elemento flexível elastomérico anular disposto no alojamento;

um segundo elemento flexível elastomérico anular disposto no alojamento; e

um terceiro elemento flexível elastomérico anular disposto no alojamento;

em que os primeiro, segundo e terceiro elementos flexíveis têm um centro de rotação comum, os primeiro e segundo elementos flexíveis são empilhados de maneira coaxial em lados opostos do centro de rotação comum, os primeiro e segundo elementos flexíveis são dispostos a partir do centro de rotação comum por um raio interno comum, e o terceiro elemento flexível é disposto a partir do centro de rotação comum por um raio externo maior que o raio interno; e

em que o primeiro elemento flexível é mecanicamente unido ao alojamento, o segundo elemento flexível é mecanicamente unido ao primeiro elemento flexível e mecanicamente unido ao tubo de extensão, e o terceiro elemento flexível é mecanicamente unido ao alojamento e mecanicamente unido ao tubo de extensão,

em que um deslocamento angular do tubo de extensão com relação ao alojamento provoca um deslocamento angular de cada um dos primeiro e segundo elementos flexíveis que é de cerca de uma metade do deslocamento angular do tubo de extensão com relação ao alojamento, e o deslocamento angular do tubo de extensão com relação ao alojamento provoca um deslocamento angular do terceiro elemento flexível que é igual ao deslocamento angular do tubo de extensão com relação ao alojamento.

17. Junta de tubo flexível, de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADA** pelo fato de que os primeiro e segundo elementos flexíveis vedam a pressão dentro do tubo de extensão de modo que o terceiro elemento flexível não seja submetido à pressão dentro do tubo de extensão.

18. Junta de tubo flexível, de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADA** pelo fato de que inclui adicionalmente um quarto elemento flexível elastomérico anular disposto no raio externo a partir do centro de rotação comum, em que o quarto elemento flexível é empilhado no alojamento de maneira coaxial com relação ao terceiro elemento flexível, e o quarto elemento flexível é unido mecanicamente em paralelo com o terceiro elemento flexível.

19. Junta de tubo flexível, de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADA** pelo fato de que o terceiro elemento flexível é disposto dentro do alojamento entre um flange do tubo de extensão e o alojamento, e a junta de tubo flexível inclui adicionalmente um anel centralizador que liga o primeiro elemento flexível ao segundo elemento flexível de modo que o anel centralizador seja submetido a um deslocamento angular com relação ao alojamento de cerca da metade do deslocamento angular do tubo de extensão com relação ao alojamento.

20. Junta de tubo flexível, de acordo com a reivindicação 19,

CARACTERIZADA pelo fato de que o anel centralizador é disposto em um raio a partir do centro de rotação comum que fica entre o raio interno e o raio externo, e a tensão axial sobre o tubo de extensão com relação ao alojamento põe cada um dos primeiro, segundo e terceiro elementos flexíveis em compressão.

21. Junta de tubo flexível, de acordo com a reivindicação 19, **CARACTERIZADA** pelo fato de que inclui adicionalmente uma junta de esfera e soquete dentro do anel centralizador, e em que o anel centralizador inclui duas seções soldadas uma na outra para montagem da junta de esfera e soquete dentro do anel centralizador.

22. Junta de tubo flexível **CARACTERIZADA** pelo fato de que compreende:
um alojamento que tem uma primeira extremidade e uma segunda extremidade;

um flange de fixação montado na primeira extremidade do alojamento;

um tubo de extensão que se estende a partir da segunda extremidade do alojamento, o tubo de extensão tendo um flange interno e um invólucro externo;

um tubo interno disposto dentro do alojamento e montado no flange de fixação e proporcionando um canal a partir de uma abertura no flange de fixação até o tubo de extensão;

um anel centralizador esférico disposto dentro do alojamento, o tubo interno tendo um flange dentro do anel centralizador, o flange interno do tubo de extensão sendo disposto dentro do anel centralizador e uma parte do anel centralizador sendo disposta entre o invólucro externo do tubo de extensão e o flange interno do tubo de extensão;

um primeiro elemento flexível elastomérico anular disposto dentro do alojamento entre o anel centralizador e o flange interno do tubo de extensão;

um segundo elemento flexível elastomérico anular disposto dentro do alojamento entre o anel centralizador e o flange do tubo interno; e

um terceiro elemento flexível elastomérico anular disposto dentro do alojamento entre o invólucro externo do tubo de extensão e o alojamento para montar o

tubo de extensão no alojamento para o deslocamento angular do tubo de extensão com relação ao alojamento, o tubo de extensão passando através do terceiro elemento flexível de modo que o terceiro elemento flexível circunde o tubo de extensão;

em que o primeiro elemento flexível é acoplado ao flange interno do tubo de extensão, o anel centralizador acopla o primeiro elemento flexível ao segundo elemento flexível e o segundo elemento flexível é acoplado ao flange do tubo interno, de modo que o deslocamento angular do tubo de extensão com relação ao alojamento provoque um deslocamento angular do anel centralizador com relação ao alojamento que é cerca da metade do deslocamento angular do tubo de extensão com relação ao alojamento e de modo que a tensão axial sobre o tubo de extensão com relação ao alojamento ponha cada um dos primeiro, segundo e terceiro elementos flexíveis em compressão.

23. Junta de tubo flexível, de acordo com a reivindicação 22, **CARACTERIZADA** pelo fato de que o primeiro elemento flexível e o segundo elemento flexível vedam a pressão dentro do tubo de extensão de modo que o terceiro elemento flexível não seja submetido à pressão dentro do tubo de extensão.

24. Junta de tubo flexível, de acordo com a reivindicação 22, **CARACTERIZADA** pelo fato de que o tubo interno tem um invólucro externo, e o segundo elemento flexível é disposto entre o invólucro externo do tubo interno e o flange do tubo interno, e que inclui adicionalmente um quarto elemento flexível elastomérico anular disposto dentro do alojamento e que acopla o invólucro externo do tubo interno ao invólucro externo do tubo de extensão.

25. Junta de tubo flexível **CARACTERIZADA** pelo fato de que compreende:
um alojamento;
um flange de fixação montado em uma primeira extremidade do alojamento;
um anel de sustentação montado em uma segunda extremidade do alojamento;
um tubo interno fixado ao flange de fixação;
um tubo de extensão que se estende a partir da segunda extremidade do

alojamento;

um primeiro revestimento interno disposto e soldado no tubo interno;

um segundo revestimento interno disposto e soldado no tubo de extensão;

um anel centralizador;

um primeiro elemento flexível elastomérico anular disposto no alojamento e montado entre o primeiro revestimento interno e o anel centralizador;

um segundo elemento flexível elastomérico anular disposto no alojamento e montado entre o segundo revestimento interno e o anel centralizador; e

um terceiro elemento flexível elastomérico anular disposto no alojamento e montado entre o tubo de extensão e o anel de sustentação;

em que os primeiro, segundo e terceiro elementos flexíveis têm um centro de rotação comum, os primeiro e segundo elementos flexíveis são empilhados de maneira coaxial em lados opostos do centro de rotação comum, os primeiro e segundo elementos flexíveis são dispostos a partir do centro de rotação comum por um raio interno comum e o terceiro elemento flexível é disposto do centro de rotação comum por um raio externo maior que o raio interno, e

em que inclui adicionalmente um quarto elemento flexível elastomérico anular disposto no raio externo a partir do centro de rotação comum, em que o quarto elemento flexível é empilhado no alojamento de maneira coaxial com relação ao terceiro elemento flexível, e o quarto elemento flexível é unido mecanicamente em paralelo com o terceiro elemento flexível.

26. Junta de tubo flexível, de acordo com a reivindicação 25, **CARACTERIZADA** pelo fato de que os primeiro e segundo elementos flexíveis vedam a pressão dentro do tubo de extensão de modo que o terceiro elemento flexível não seja submetido à pressão dentro do tubo de extensão.

27. Junta de tubo flexível, de acordo com a reivindicação 26, **CARACTERIZADA** pelo fato de que o terceiro elemento flexível veda uma cavidade dentro do alojamento, e o alojamento inclui um orifício para monitorar a pressão dentro da cavidade para detectar se os primeiro e segundo elementos flexíveis falham

em vedar a pressão dentro do tubo de extensão.

28. Junta de tubo flexível, de acordo com a reivindicação 25, **CARACTERIZADA** pelo fato de que:

o primeiro revestimento interno inclui uma parte cilíndrica e uma parte hemisférica, o elastômero do primeiro elemento flexível é ligado à parte hemisférica do primeiro revestimento interno e o elastômero do primeiro elemento flexível é ligado ao anel centralizador, e

o segundo revestimento interno inclui uma parte cilíndrica e uma parte hemisférica, o elastômero do segundo elemento flexível é ligado à parte hemisférica do segundo revestimento interno e o elastômero do segundo elemento flexível é ligado ao anel centralizador.

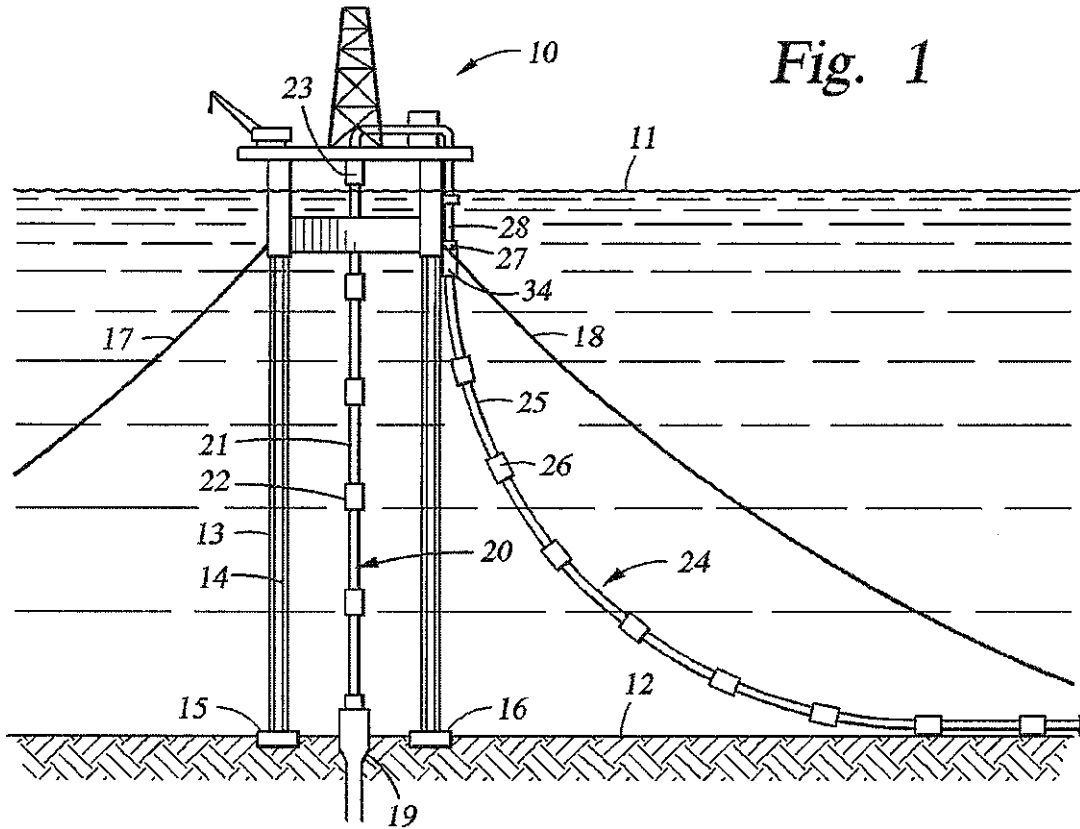


Fig. 1

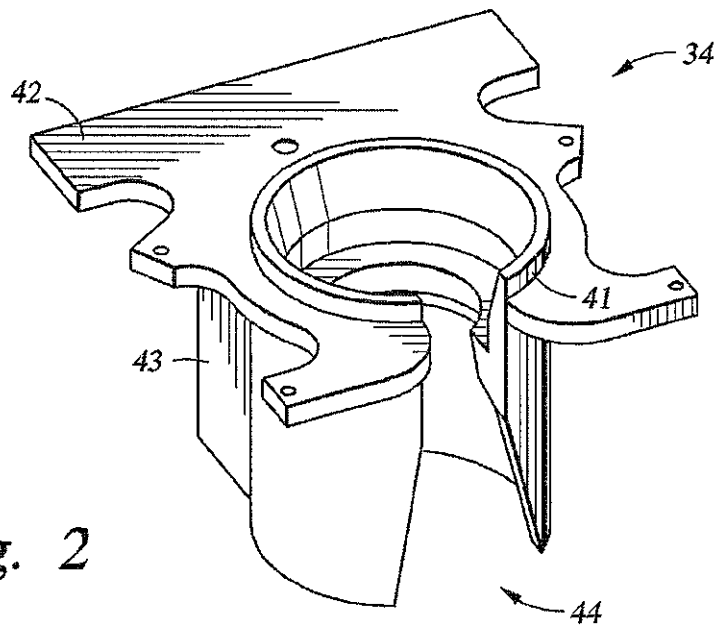
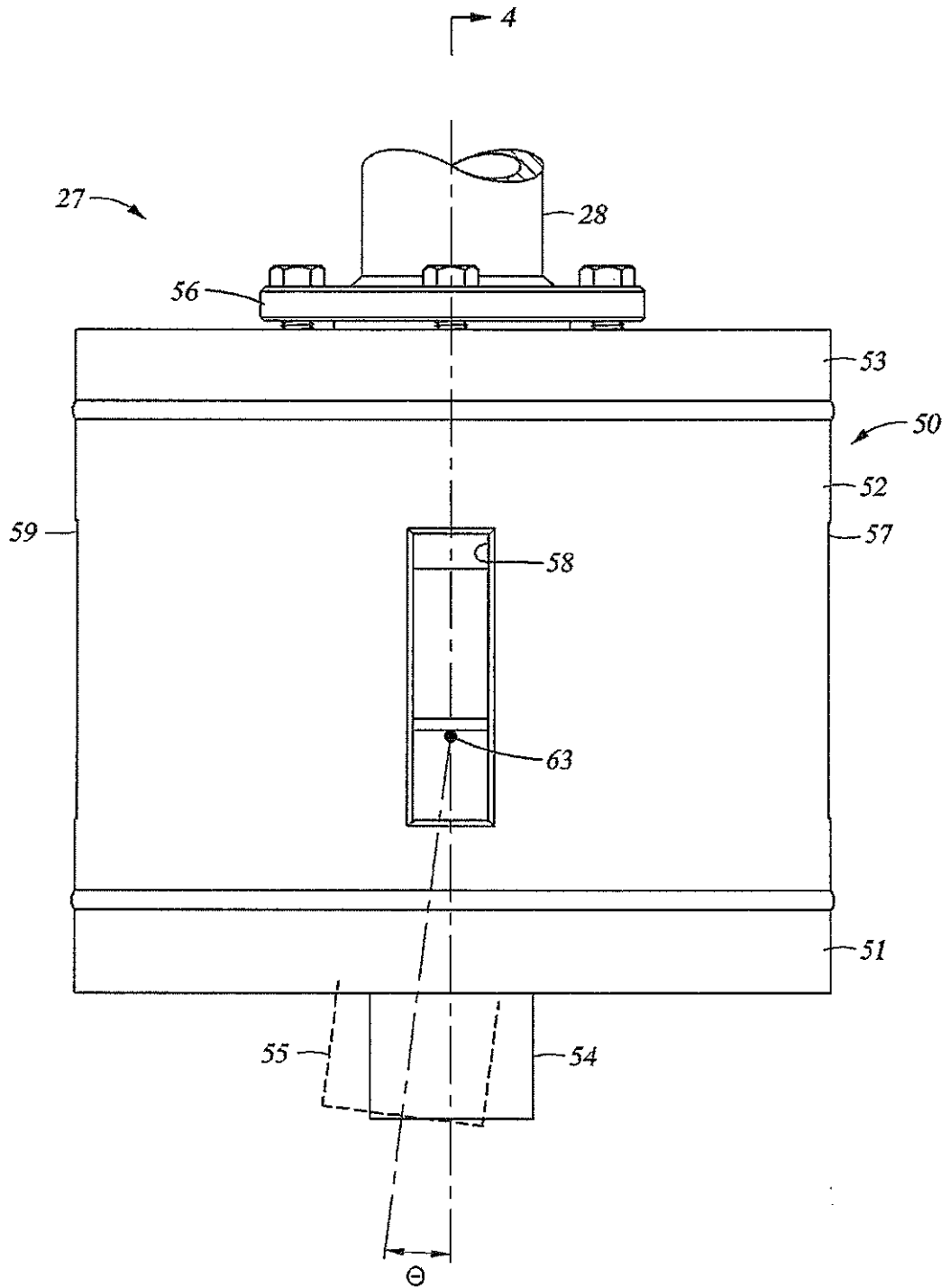
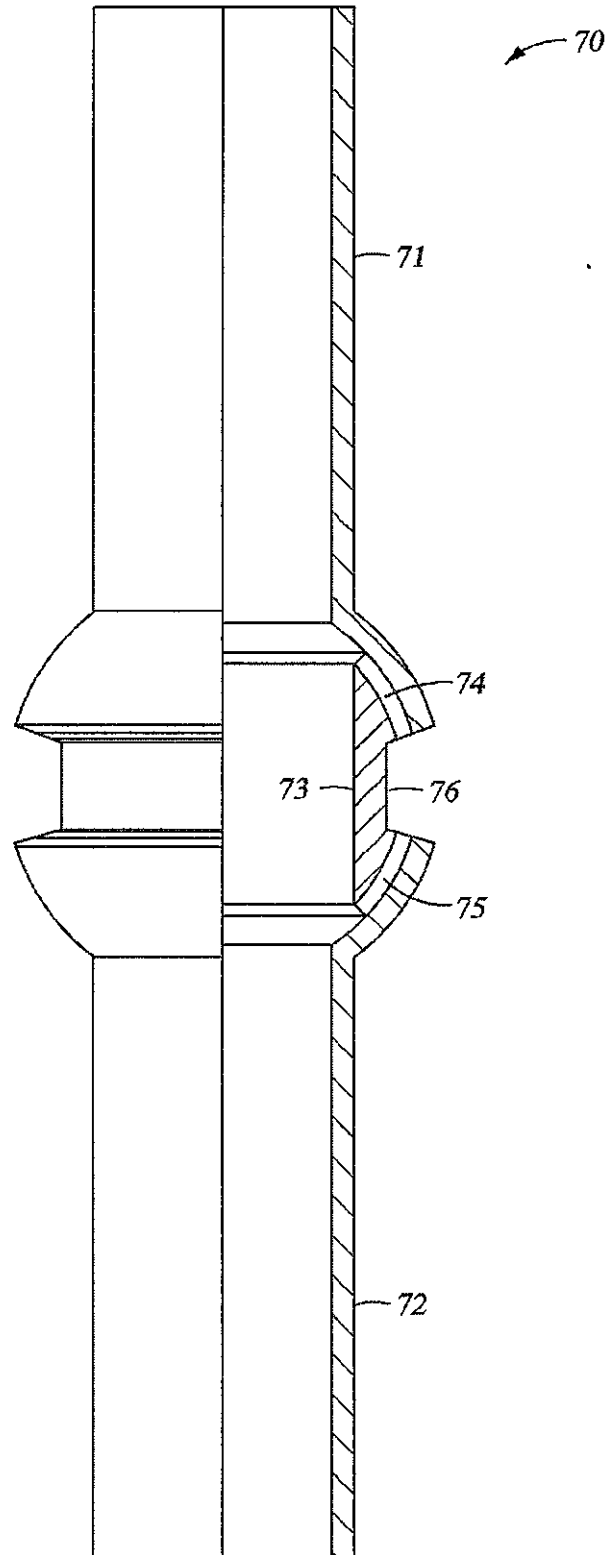


Fig. 2

*Fig. 3*

4

Fig. 6

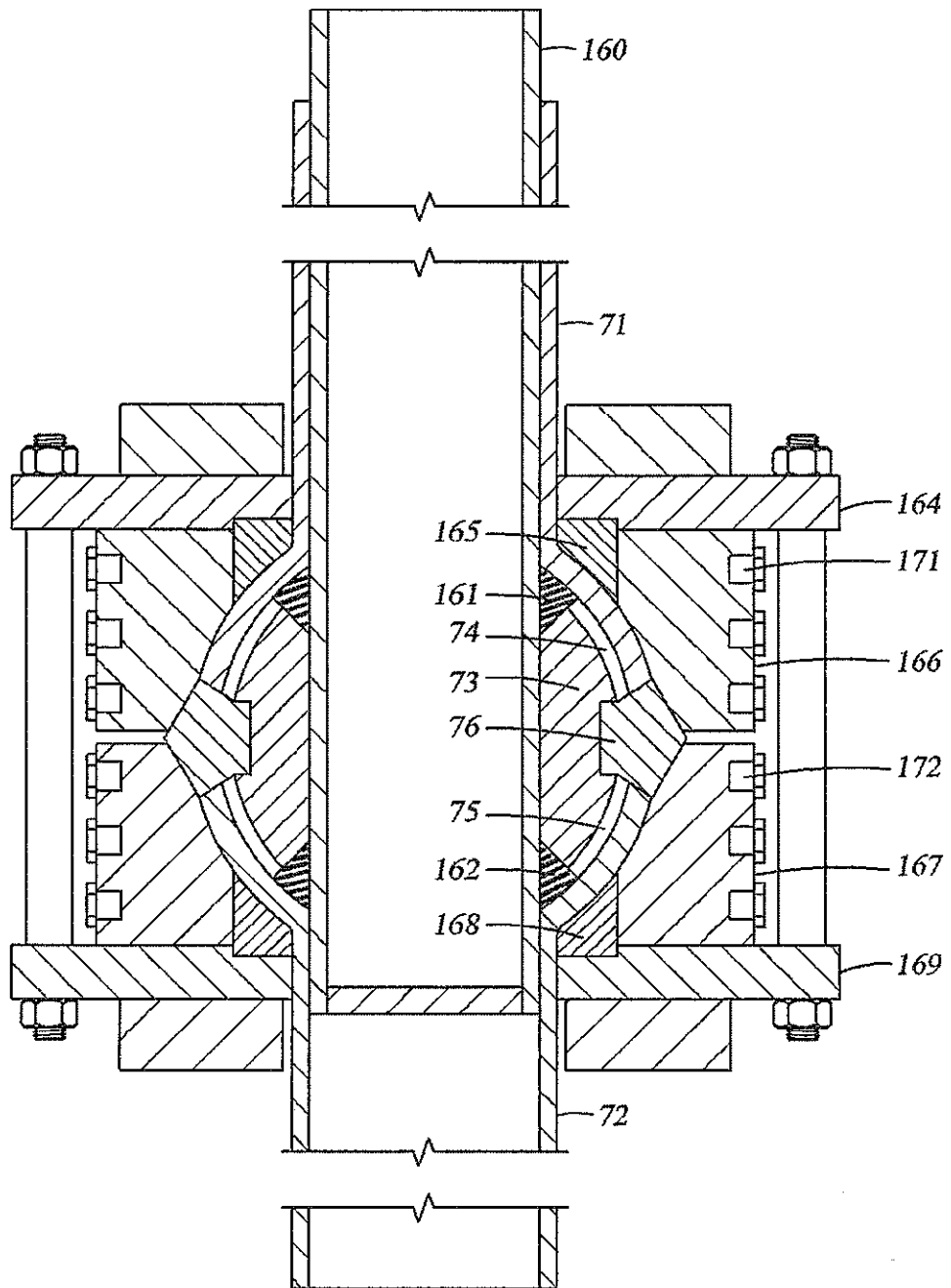


Fig. 7

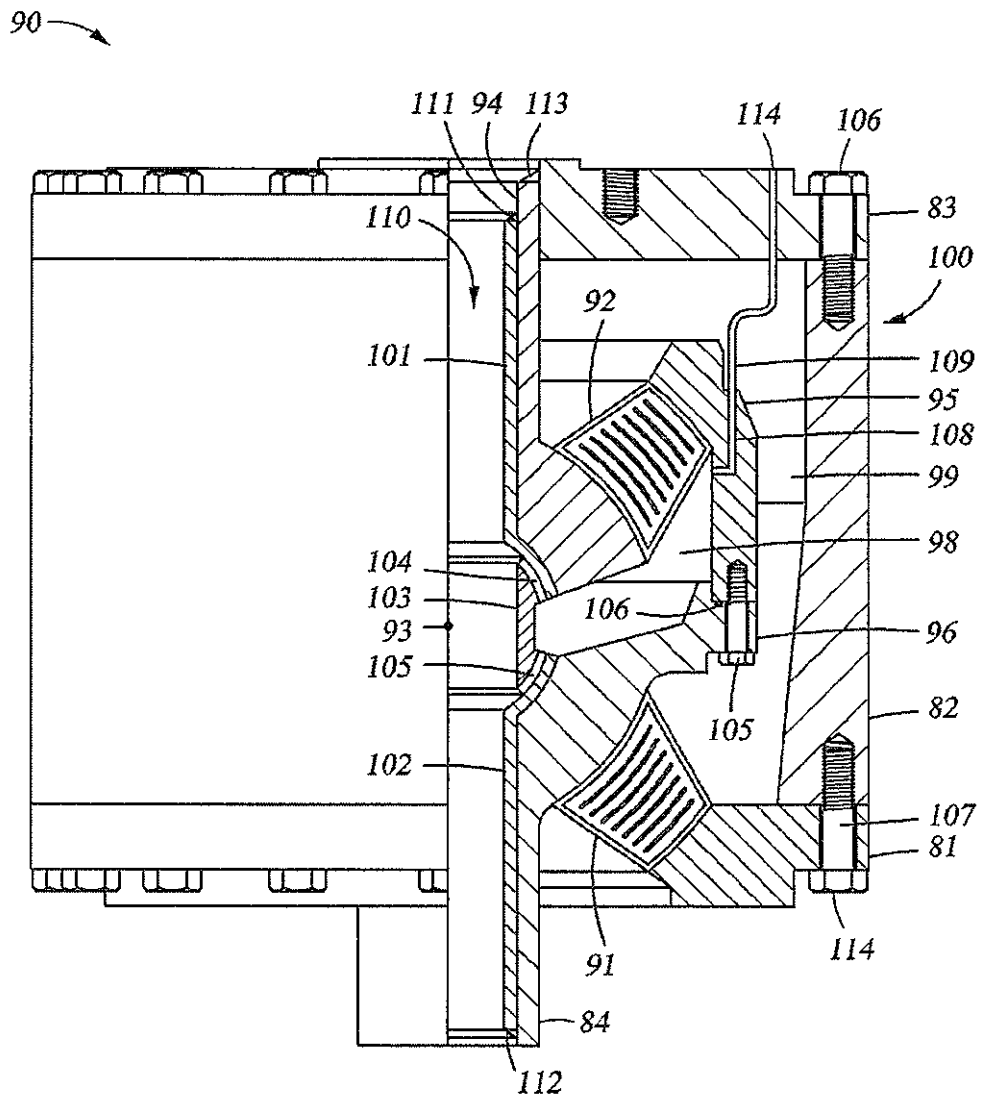


Fig. 8

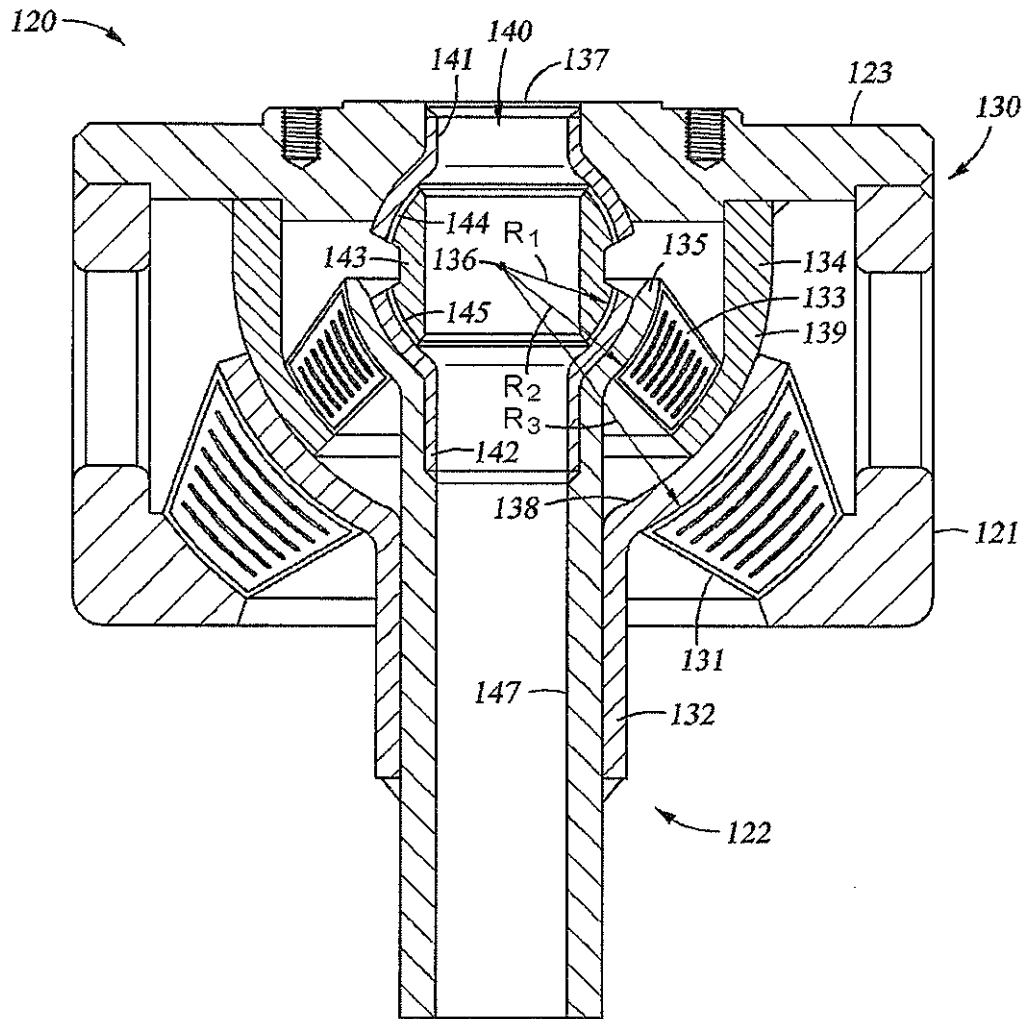


Fig. 9

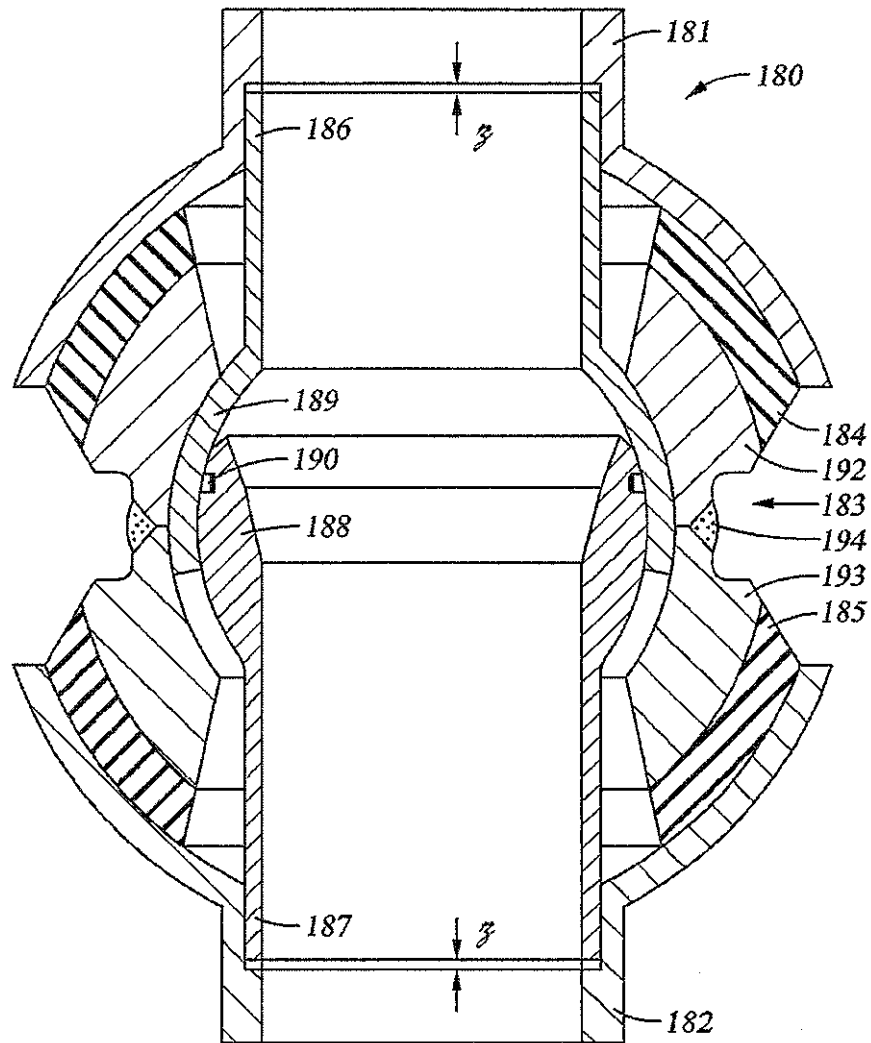


Fig. 10

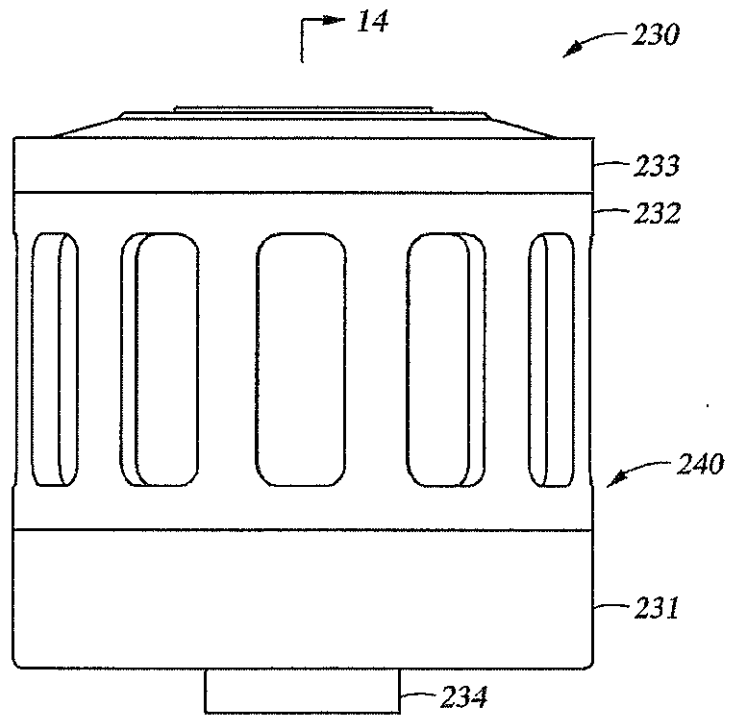


Fig. 12

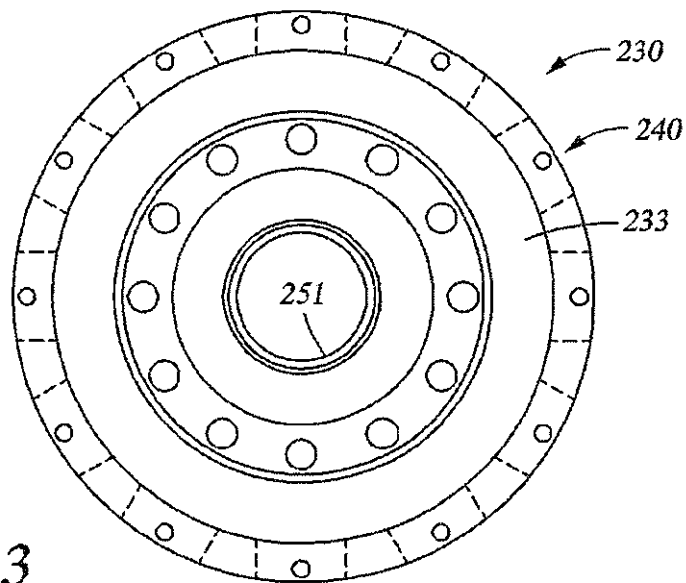


Fig. 13

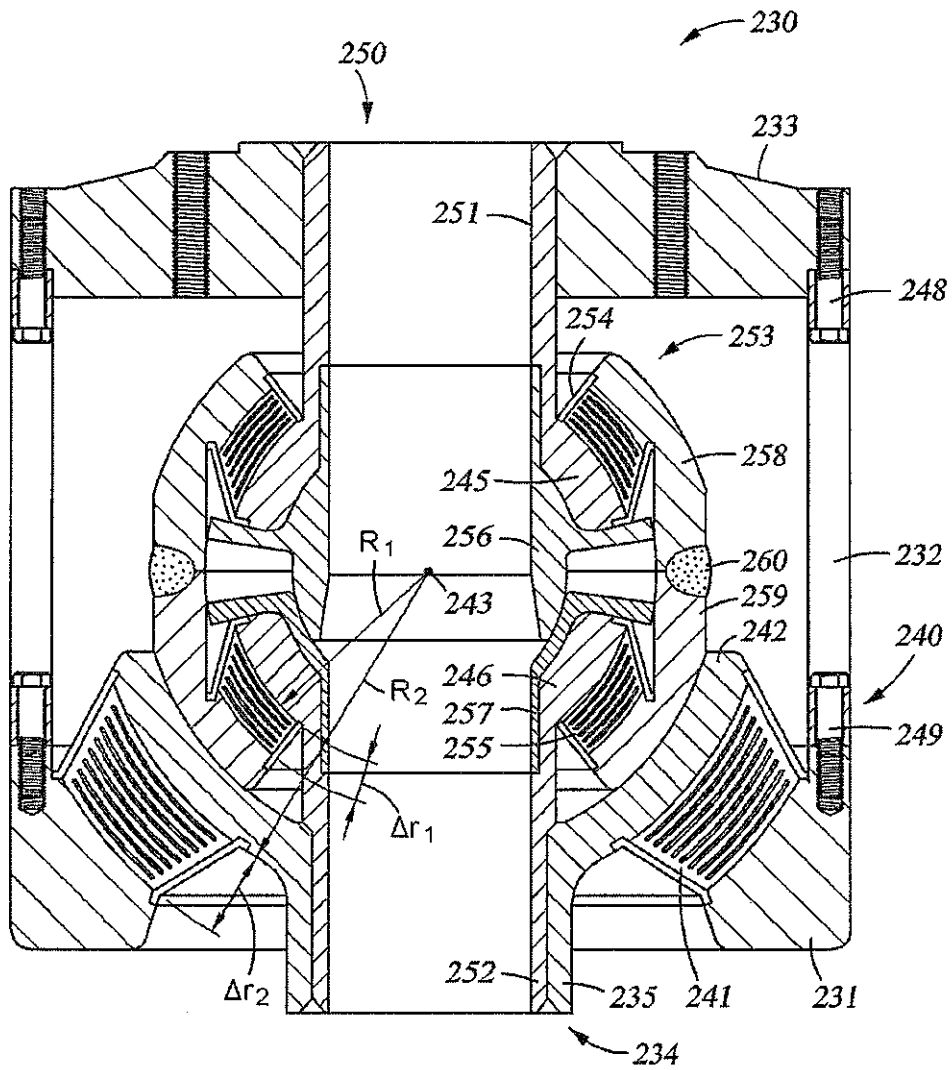


Fig. 14

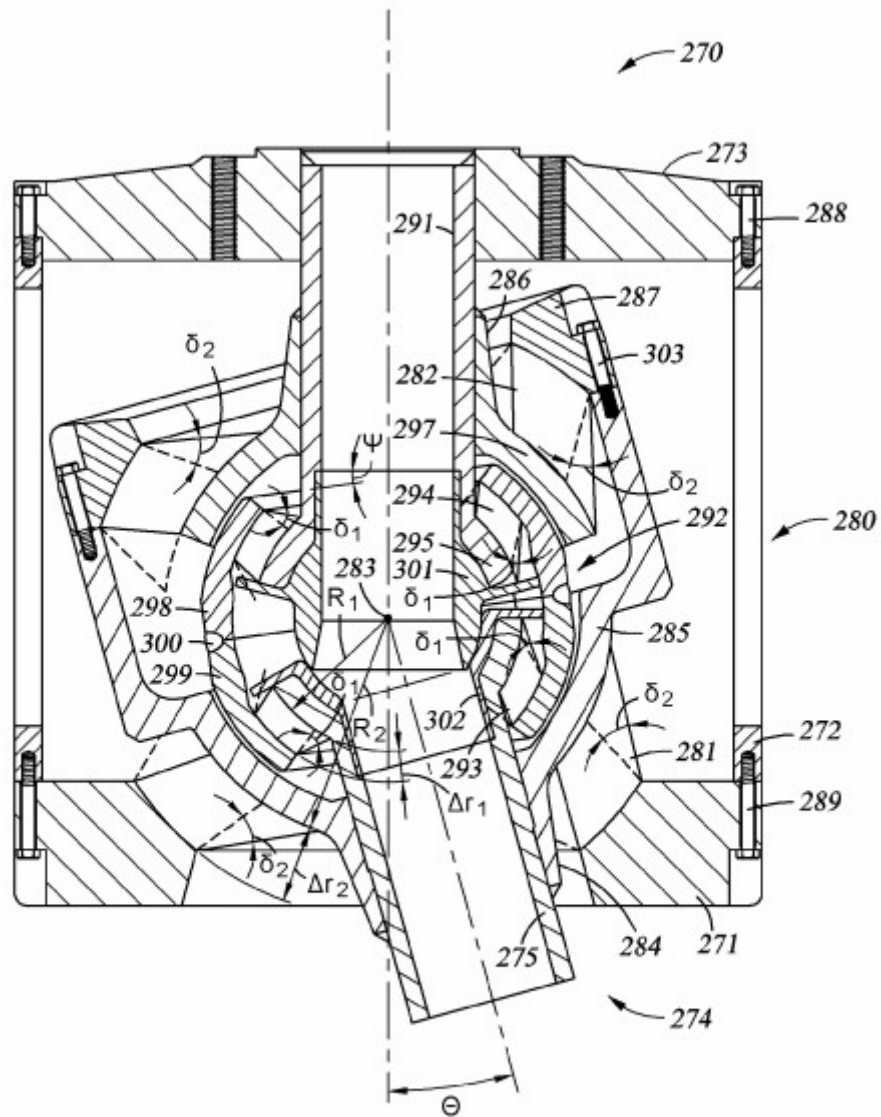


Fig. 16