



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

**(11) PI 0816024-4 B1**



**(22) Data do Depósito: 15/09/2008**

**(45) Data de Concessão: 12/03/2019**

---

**(54) Título:** CONECTOR DE EXTREMIDADE PARA UMA MANGUEIRA DE COMPÓSITO E MANGUEIRA

**(51) Int.Cl.:** F16L 33/01; F16L 33/22.

**(30) Prioridade Unionista:** 14/09/2007 GB 0718019.3; 14/09/2007 GB 0718020.1; 14/09/2007 GB 0718018.5.

**(73) Titular(es):** BHP BILLITON PETROLEUM PTY LTD..

**(72) Inventor(es):** JOEL ARON WITZ.

**(86) Pedido PCT:** PCT GB2008003121 de 15/09/2008

**(87) Publicação PCT:** WO 2009/034357 de 19/03/2009

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 15/03/2010

**(57) Resumo:** CONECTOR DE EXTREMIDADE PARA UMA MANGUEIRA DE COMPÓSITO E MANGUEIRA A presente invenção provê um conector de extremidade (200) para mangueiras de compósito (100) do tipo que compreende um corpo tubular (106) feito a partir de um material flexível arranjado entre membros de engate interno e externo (102 e 104). O conector de extremidade (200) compreende um primeiro membro (202) adaptado para ser disposto dentro de uma mangueira (100) e um segundo membro (208) adaptado para ser disposto em torno da parte externa da mangueira (100), através do que a extremidade da mangueira (100) pode ser selada entre os primeiro e segundo membros (202, 208), sendo que pelo menos parte do primeiro membro de extremidade (202) e/ou pelo menos parte do primeiro membro são feitas de um material compósito.

"CONECTOR DE EXTREMIDADE PARA UMA MANGUEIRA DE COMPÓSITO E MANGUEIRA"

[0001] A presente invenção se relaciona a um conector de extremidade para uso em mangueiras, em particular em mangueiras para uso em serviço criogênico. A invenção também se relaciona a mangueiras que incorporam o conector de extremidade.

[0002] Aplicações típicas para mangueiras compreendem bombear fluidos de um reservatório de fluido sob pressão. Exemplos incluem suprir óleo de aquecimento doméstico e gás natural liquefeito para um boiler, transportar líquidos e/ou gases de uma plataforma de produção - fixa ou flutuante - para o tanque de um navio, ou de um tanque de um navio para uma unidade de armazenamento em terra, reabastecer carros de fórmula 1, e transportar fluidos corrosivos, tal como ácido sulfúrico.

[0003] É bem conhecido o uso de mangueiras no transporte de fluidos, tal como gás natural liquefeito, em baixas temperaturas. Tais mangueiras são comumente usadas para transportar gases liquefeitos, tal como gás natural liquefeito e gás propano liquefeito.

[0004] A presente invenção se dirige a mangueiras de compósito. Mangueiras de compósito convencionais são constituídas de camadas de filme polimérico e tecidos sanduichados entre fios metálicos enrolados helicoidalmente internos e externos. A mangueira é construída enrolando em torno de um mandril em sequência fio metálico interno, uma combinação de filme e tecido, e o fio externo. Os fios interno e externo são enrolados com o mesmo passo, mas deslocados de metade do passo para formar um perfil de parede de mangueira

corrugado. A estrutura tubular resultante então é retirada do mandril e terminada nos conectores de extremidade. Os conectores de extremidade são tipicamente constituídos de cauda e virola. A cauda tem duas ranhuras helicoidais usinadas na superfície externa, que correspondem a uma dupla hélice formada pelos fios interno e externo. A cauda é inserida no diâmetro da mangueira deixando a virola na parte de fora. Dependendo da aplicação, a extremidade do conjunto de mangueira pode ser fechada com um tampão de borracha ou impregnada com resina epóxi bicomponente, e a virola é então presa na cauda para fixar a extremidade da mangueira. Uma mangueira deste tipo geral pode ser vista na publicação de patente Européia N° 00765540A1. A mangueira descrita nesta especificação inclui uma camada intermediária de polipropileno, orientada biaxialmente, que melhora a condição de a mangueira resistir à fadiga provocada por repetidas flexões.

[0005] No pedido de patente anterior do presente inventor, a WO 01/196772, é descrita uma nova mangueira de compósito que incorpora um trançado com camadas de fibra e tecido sanduichadas entre dois fios metálicos enrolados. Também, é descrito um novo conector de extremidade para esta mangueira. Melhoramentos adicionais para mangueira e conector de extremidade estão descritos nos pedidos de patente WO04/044472 e WO04/079248 do presente inventor. Estas mangueiras de compósito podem ter um diâmetro grande, e tipicamente se destinam a transferência de fluido em navios, que são regulamentados pela International Maritime Organization (IMO), cujos requisitos para mangueiras (International Code for the Construction and Equipment of

Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk - IGC Code) determinam (por razões de segurança) que a pressão de surto da mangueira deve ser cinco vezes a pressão máxima de trabalho em temperaturas extremas de serviço. A máxima pressão de trabalho tipicamente varia do mínimo requerido pela IMO de 10 bar manométrico a 20 a 30 bar manométrico.

[0006] Ademais, é importante que o conector de extremidade seja capaz de suportar com segurança as tensões induzidas pelo teste de pressão de surto IMO. Os conectores de extremidade são feitos a partir de componentes metálicos e a cauda, em particular, deve ser capaz de suportar as tensões circunferenciais induzidas pela pressão interna, que é provida, em uma primeira aproximação, pela fórmula de Barlow, que estabelece que a tensão circunferencial é igual ao produto da pressão interna e diâmetro interno dividido por duas vezes a espessura de parede do tubo que forma a cauda. A tensão admissível é determinada pelo código de projeto de vaso de pressão padrão da ASME "Boiler and Pressure Vessel Código", proporcional a dois terços da tensão de escoamento do material da cauda. Materiais típicos para a cauda são aço carbono para aplicações não-criogênicas e aço inoxidável austenítico para serviço criogênico, i.e. tipicamente para temperaturas abaixo de 150°K. Aços carbono não são adequados para serviço criogênico, por serem quebradiços em temperaturas muito baixas.

[0007] Graus adequados de aço inoxidável austenítico para serviço criogênico são aços inoxidáveis da "série 300", que se trata de um aço inoxidável não quebradiço em baixas temperaturas, tendo as seguintes propriedades: limite elástico (YS), tensão de escoamento (EY), resistência máxima

à tração (UTS), deformação por tração (EF), módulo de elasticidade (E), densidade (RHO), condutividade térmica (K), e coeficiente de expansão térmica (CTE). Tais propriedades variam da temperatura ambiente (293°K) a temperaturas criogênicas (4°K para Hélio líquido e 77°K para Nitrogênio líquido). Em geral, a resistência aumenta com a diminuição da temperatura. Isto é ilustrado com um aço inoxidável AISI grau 304 (densidade 8 gramas/cm<sup>3</sup>), que é um aço inoxidável austenítico comumente usado para serviço criogênico.

[0008] YS e UTS para um aço inoxidável AISI grau 304 são respectivamente cerca de 250Mpa e 590 MPa em temperatura ambiente, cerca de 400 MPa e 1525 MPa respectivamente em temperatura para Nitrogênio líquido de 77°K. Embora deva haver alguma redução de ductilidade com uma redução de EF de 60% a temperatura ambiente para 40% a temperatura do Nitrogênio líquido, nesta temperatura criogênica o aço inoxidável 304 apresenta uma ductilidade mais que adequada. Embora este aumento de resistência possa ser considerado vantajoso, projetistas de vasos de pressão criogênicos tendem a confiar nas especificações mínimas de temperatura ambiente. Os módulos de elasticidade a temperatura ambiente e temperatura do Nitrogênio líquido para o aço inoxidável 304 são respectivamente 193 GPa e 205 GPa.

[0009] Um importante aspecto de projeto para um equipamento criogênico é o efeito de mudanças dimensionais e transiente de gradiente térmico associado a uma mudança de temperatura ambiente de cerca de 215°K para condições de serviço criogênico. Aços, como um aço inoxidável 304, são termicamente condutivos e se contraem com a redução de temperatura. A condutividade térmica para um aço inoxidável

304 a temperatura ambiente e temperatura para o Nitrogênio líquido respectivamente são 8 W/m °K e 15 W/m °K. O CTE médio com respeito a esta variação de temperatura é igual a  $13 \times 10^{-6}$ °K, ou seja, há uma contração no comprimento de cerca de 3 mm/metro para esta diferença de temperatura (216°K).

[0010] Esta contração acarreta um problema para conectores de extremidade convencionais em condições de choque térmico, onde o conector de extremidade é rapidamente exposto a um fluido criogênico, que causa uma contração térmica por diferencial de transiente na direção radial entre a cauda e a virola, produzindo vazamentos. Isto será acentuado a longo prazo, se uma resina epóxi for usada para selar trajetórias de vazamento. O CTE para resina epóxi varia de cerca de  $50 \times 10^{-6}$ °K a  $80 \times 10^{-6}$ °K e, portanto, a resina tenta contrair mais que o aço inoxidável austenítico adjacente. Com a repetição de diversos ciclos térmicos, a ligação resina-aço pode vir a falhar e produzir uma trajetória de vazamento, fato que é um sobejamente problema conhecido no campo, e que pode ser resolvido através de um controle cuidadoso do perfil de exposição térmica e/ou de um projeto detalhado do conjunto de conector de extremidade.

[0011] Com o conector de extremidade descrito na WO04/079248, em razão da vantagem de se prover um anel separado para selagem, a ativação da selagem é executada para compensar o choque térmico, que, ademais, se mostra uma boa solução em escala real para Nitrogênio liquefeito e Gás Natural liquefeito.

[0012] Ademais, também se descobriu que é vantajoso fazer a cauda de uma liga de 36% de Níquel, chamada INVAR e Pernifer 36 (densidade de 8,1 gramas/cm<sup>3</sup>), que tem uma

resistência à tração comparável a aços inoxidáveis austeníticos, mas um CTE substancialmente mais baixo. Em condição ambiente, os YS e UTS mínimos de Ni36 são respectivamente 240 MPa e 450 MPa, sendo que os resultados de teste representativos mostram que o YS aumenta de 270 MPa à temperatura ambiente para 700 MPa à temperatura de Nitrogênio liquefeito. O EF fica 40% acima desta faixa de temperatura, e as condutividades térmicas são respectivamente 6 e 13 W/m<sup>°K</sup>.

[0013] Pode ser visto que as propriedades do Ni36 são similares ao aço inoxidável 304 para o serviço criogênico, mas com uma notável exceção: o CTE médio ao longo da faixa de temperatura da temperatura ambiente à temperatura de Nitrogênio liquefeito é  $1-2 \times 10^{-6} \text{°K}$ , i.e. uma contração de cerca de 0,4 mm/metro no comprimento para esta diferença de temperatura (216°K). Isto é uma contração radial uma ordem de magnitude menor que de aços inoxidáveis austeníticos, que vem a ser uma vantagem considerável para melhorar a confiabilidade do mecanismo de selagem.

[0014] A resistência à corrosão do Ni36 para serviço marítimo pode ser conseguido com a deposição de um revestimento resistente a corrosão de uma liga níquel-cromo ou níquel-cobre, tal como, por exemplo, Inconel (Marca Registrada) ou Monel (Marca Registrada).

[0015] Para mangueiras com diâmetros de 500 mm a 600 mm, não é prático controlar transientes térmicos, em razão do volume de fluido criogênico envolvido. Ademais, na medida em que se aumenta o diâmetro da mangueira, enquanto se mantém a capacidade de retenção de alta pressão, o conector de extremidade vai ficando cada vez mais pesado, tornando cada vez mais difícil seu manuseio e instalação. Descobriu-se ser

problemático na prática, conseguir a capacidade de alta pressão com conectores leves e limitar o choque térmico com a solução em metal.

[0016] Descobriu-se que para resolver as questões referentes a conectores de extremidade para as mangueiras de grande diâmetro mencionadas acima, é possível produzir componentes de conector de extremidade de material compósito. No entanto, deve ser notado que esta referência ao termo "material compósito" difere do termo "compósito" usado para "mangueiras de compósito".

[0017] Assim, de acordo com um aspecto da presente invenção, provê-se um conector de extremidade para uma mangueira de compósito do tipo que compreende um corpo tubular de material flexível arranjado entre um membro de pega interno e um membro de pega externo, o citado conector compreendendo um primeiro membro adaptado para ser disposto dentro da mangueira e um segundo membro adaptado para ser disposto em torno da parte externa da mangueira, sendo que pelo menos a extremidade da mangueira pode ser selada entre o primeiro membro e o segundo membro, e sendo que pelo menos parte do primeiro membro e/ou pelo menos parte do segundo membro são feitas a partir de um material compósito.

[0018] O termo "primeiro membro" representa a cauda na discussão acima da técnica anterior, e o termo "segundo membro" representa a virola.

[0019] O primeiro membro pode ser feito inteiramente a partir de um material compósito. No entanto, prefere-se que apenas a parte do material adaptada que se ajusta dentro da mangueira seja feita a partir de um material compósito que expande ou contrai.



[0020] Materiais compósitos são materiais feitos a partir da combinação de dois ou mais materiais para prover um conjunto único customizado de propriedades. A forma mais comum na qual o material compósito se apresenta consiste de uma matriz de fibras impregnada com resina. As fibras podem ser fibras contínuas orientadas longitudinalmente ou fibras curtas orientadas desordenadamente. As fibras usualmente são fibras de alta resistência como E-Glass, S-Glass, Aramida (Kevlar) ou carbono. A resina encapsula as fibras e pode ser uma resina termoplástica, tal como polietileno, poliimida, poliamida, fluoropolímero, cloreto de poli(vinila) (PVC), poliuretano (PU), polieteretercetona (PEEK), ou uma resina de termo-cura, tal como epóxi, poliéster, ou vinil-éster. O material compósito pode ter uma construção laminada com camadas de fibras longitudinais em uma matriz de resina orientada em direções diferentes para prover as desejadas propriedades mecânicas. O uso de fibras de alta resistência no material compósito geralmente provê uma construção com uma considerável relação resistência: peso, e, por qual motivo este material passou a ser amplamente usado na indústria aeroespacial e automotiva, incluindo aplicações em vasos de pressão.

[0021] Muitos dos componentes constituintes de um material compósito, tal como uma resina epóxi, não seriam adequados para serviço criogênico na forma granulada homogênea, principalmente em razão de sua fragilidade em baixas temperaturas. No entanto, quando se combinam os materiais constituintes cuidadosamente em fibra e laminado com outros materiais constituintes em uma matriz, então a interação estrutural permite que as restrições do material constituinte

granulado homogêneo sejam superadas.

[0022] Descobriu-se que a seleção de fibra é um aspecto importante no uso de fibras de polietileno de peso molecular ultra-alto ou carbono, aramida, ou combinação destes. Por exemplo, resistência a tração, módulo de elasticidade, e densidades representativas para E\_Glass, Kevlar-49, fibras de Carbono MS-LM (Resistência Média e Módulo Baixo) são da ordem de 3450, 3790, 4138 MPa para resistência a tração; 72, 124, 228 GPa para módulo de elasticidade; 2,6, 1,4, 1,8 gramas/cm<sup>3</sup> para densidade. Descobriu-se que tanto uma resina de termocura como uma resina termoplástica pode ser usada. A densidade do epóxi e PEEK (polieteretercetona) é cerca de 1,3 gramas/cm<sup>3</sup>. Descobriu-se que o uso de um material compósito contendo tais fibras de alta resistência, particularmente no primeiro membro, reduz substancialmente o peso do conector, mantendo a capacidade de retenção de alta pressão.

[0023] Outra vantagem do uso de materiais compósitos é o fato de estes últimos terem uma condutividade térmica mais baixa que do aço. Tipicamente, a condutividade térmica varia de 0,1 a 1 W/m °K, que é pelo menos uma ordem de magnitude menor que do aço inoxidável austenítico. Sendo particularmente vantajoso em serviço criogênico o fato de reduzir a quantidade requerida de isolamento térmica no conector para minimizar o influxo de calor, que causa a vaporização do fluido criogênico. A vaporização gasosa é ineficiente para transferência de líquido criogênico e, portanto, é altamente desejável minimizar a taxa de vaporização, que é particularmente importante em transferências de navio para navio, onde os conectores de mangueiras criogênicas flutuantes contatam a água.

[0024] Em razão da condutividade térmica inerentemente mais baixa dos compósitos, se incorporam sucessivas camadas de materiais isolantes ou compósitos na parte externa da camada de compósito, para usar o inerente gradiente térmico. As camadas isolantes podem ser, por exemplo, fibras isolantes ocas com resina termoplástica ou poliuretano aerado (PU). O uso do PU provê uma camada externa de proteção mecânica potencialmente robusta. Assim, os primeiro e/ou segundo membros de extremidade do conector de extremidade podem ser feitos a partir de uma pluralidade de camadas de material, algumas das quais sendo feitas de material compósito, preferivelmente tendo uma condutividade térmica de  $2 \text{ W/m}^\circ\text{K}$  ou menos, ou mais preferivelmente  $1 \text{ W/m}^\circ\text{K}$  ou menos. Materiais não compósitos podem ser uma resina termoplástica ou PU. Assim, é possível, de acordo com a presente invenção, fabricar os componentes do conector de extremidade das camadas de material, de modo a prover as desejadas propriedades para o conector de extremidade.

[0025] Descobriu-se ser particularmente vantajoso o uso de propriedades não usuais de certas fibras aramidas e carbono, em particular poli-(p-fenilenetereftalamida), chamado Kevlar (Marca Registrada), pelo fato de apresentarem CTE longitudinal negativo e CTE transversal positivo. Por exemplo, o CTE longitudinal do Kevlar-49 é  $-2 \times 10^{-6}^\circ\text{K}$ , e na direção transversal  $68 \times 10^{-6}^\circ\text{K}$ . Em uma construção de compósito laminado contendo estas fibras, a camada expande na direção da fibra e contrai transversalmente com a redução de temperatura. Ademais, percebeu-se que se desenvolvem forças de cisalhamento internas com um arranjo simétrico balanceado de camadas, e o resultado é uma expansão/contração

longitudinal. Através do ajuste da direção da fibra é possível controlar a magnitude de expansão ao ponto de conseguir CTE longitudinal efetivo de zero a cerca de  $-10 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ . Conseguiu-se produzir uma cauda de compósito para controlar a magnitude de mudanças dimensionais radiais sob o anel selador para obter pressões de contato de selagem crescentes com a redução de temperatura. A faixa CTE longitudinal preferida vai de abaixo de zero (abaixo ou igual a cerca de  $-0,01^\circ \text{K}^{-1}$  ou  $-0,1^\circ \text{K}^{-1}$ ) a  $-4 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$  mais preferivelmente  $1 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$  a  $-2 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ .

[0026] Assim, em uma configuração preferida, pelo menos parte do primeiro membro e/ou do segundo membro são feitas a partir de um material que expande em pelo menos uma direção durante o resfriamento. Sendo particularmente preferido que pelo menos parte do primeiro membro expanda durante o resfriamento, e mais preferivelmente que seja a parte do primeiro membro adaptada para ser disposta dentro da mangueira que expanda durante o resfriamento. Preferivelmente, a direção de expansão do primeiro membro é radial, através do que o primeiro membro pode exercer uma pressão na direção para fora na parte interna da mangueira, quando resfriada.

[0027] Em uma configuração particularmente preferida, o primeiro membro é feito, pelo menos parcialmente, a partir de um material compósito que expande durante o resfriamento, e o segundo membro feito, pelo menos parcialmente, a partir de um material compósito que contrai durante o resfriamento. Como discutido acima, a expansão e/ou contração deve se dar preferivelmente na direção que se estende radialmente do eixo geométrico da mangueira. Nesta configuração, é preferível que

o primeiro membro não inclua o material compósito, que contrai durante o resfriamento, e que o segundo membro não inclua o material compósito que expande durante o resfriamento.

[0028] De acordo com outro aspecto, provê-se um conector de extremidade para uma mangueira de compósito do tipo que compreende um corpo tubular de material flexível, arranjado entre membros de pega interno e externo. O citado conector de extremidade compreende um primeiro membro adaptado para ser disposto dentro da mangueira, e um segundo membro adaptado para ser disposto em torno da parte externa da mangueira, através do que a extremidade da mangueira pode ser selada entre o primeiro membro e o segundo membro, sendo que pelo menos parte do primeiro membro de extremidade e/ou pelo menos parte do primeiro membro sejam feitas a partir de um material que expande em pelo menos uma direção durante o resfriamento.

[0029] Prefere-se que pelo menos parte do primeiro membro, e mais preferivelmente todo o primeiro membro, seja feita a partir de um material que expande durante o resfriamento.

[0030] O conector de extremidade, de acordo com os aspectos da invenção, também pode ser provido com um ou mais dos componentes do conector de extremidade descritos na WO04/079248. Isto será descrito em detalhes a seguir.

[0031] Em uma configuração preferida, o segundo membro inclui um membro de engate de mangueira, para ser pressionado contra o membro interno, para fixar a mangueira entre ela própria e o primeiro membro, e um meio separado para fixar uma ou mais camadas da mangueira, o meio de retenção compreendendo um membro de retenção externo adaptado para pressionar um membro de retenção interno para fixar as

camadas de mangueira entre os membros de retenção interno e externo do meio de retenção.

[0032] Preferivelmente, os membros de retenção interno e externo têm a forma de anel. Mais preferivelmente, os membros de retenção interno e externo preferivelmente têm a forma de anel, preferivelmente com o membro de retenção externo sendo concêntrico em relação ao membro de retenção interno. Mais preferivelmente, os primeiro e segundo membros são anéis bipartidos para facilitar a montagem.

[0033] Em uma configuração preferida, provê-se o membro de retenção externo que contata cada camada de mangueira com formações de pega, para facilitar o pega de cada camada da mangueira. A superfície do membro de retenção interna pode ser provida com as correspondentes formações.

[0034] Em uma configuração preferida, as superfícies adjacentes dos membros de retenção interno e externo são providas com formações de pega para facilitar o pega de cada camada da mangueira entre elas.

[0035] Pode haver qualquer número conveniente de membros de retenção interno e externo. Na configuração mais simples, há apenas um membro de retenção externo e um membro de retenção interno, mas é possível prover dois ou mais membros de retenção externos com um membro de retenção interno. É possível prover dois ou mais membros de retenção internos com um membro de retenção externo. É possível prover dois ou mais membros de retenção com dois mais membros de retenção preferivelmente, de modo que cada membro de retenção tenha o correspondente membro de retenção interno.

[0036] O membro de engate de mangueira preferivelmente tem uma forma de anel. O membro de engate preferivelmente tem uma

forma de anel, mais preferivelmente um anel bipartido. O membro de engate preferivelmente fixa todas as camadas da mangueira firmemente entre ele próprio e o membro interno do conector de extremidade.

[0037] Em uma configuração preferida, o membro de retenção interno do meio de retenção é integrado ao meio de engate de mangueira. Nesta configuração, o meio de engate de mangueira compreende uma primeira parte de uma primeira espessura de seção transversal (que é o diâmetro, quando com forma de anel), e o membro de retenção interno integrado compreende uma segunda parte de uma segunda espessura de seção transversal (que é o diâmetro quando com forma de anel). A segunda espessura sendo menor que a primeira espessura. O membro de retenção externo pode ter uma terceira espessura de seção transversal (que é o diâmetro, quando com forma de anel), sendo que as segunda e terceira espessuras de seção transversal podem ser iguais. Preferivelmente, a soma das segunda e terceira espessuras deve ser substancialmente igual à primeira espessura de seção transversal.

[0038] Quando o membro de retenção interno é integrado com o membro de engate de mangueira, é preferível que o membro de engate de mangueira tenha uma forma de L, de modo que o membro de retenção interno se estenda do corpo do membro de engate de mangueira, e o membro de retenção externo seja recebido no recesso da forma de L.

[0039] Quando o membro de retenção interno é integrado com o membro de engate de mangueira, a superfície interna do membro de retenção interno também atua para fixar a mangueira firmemente entre a própria mangueira e o membro interno, i.e. contribui com a função de engate de mangueira.

[0040] O membro de engate de mangueira e/ou membro de retenção podem ser feitos a partir de um material compósito, como descrito acima.

[0041] O primeiro membro pode incluir um reforço alongado tubular de curvatura adaptado para se ajustar ao corpo da mangueira. O reforço de curva preferivelmente consiste de um material polimérico, mais preferivelmente poliuretano. Preferivelmente, o reforço de curvatura deve ser afilado, de modo que a espessura diminua à medida que se afasta da extremidade da mangueira, sendo que o grau de afilamento deve ser otimizado para cada situação. Preferivelmente, a ponta do reforço de curvatura (parte distal da extremidade da mangueira) é provida com um encosto, contra o qual deve topar uma proteção mecânica externa na mangueira.

[0042] Em uma configuração preferida, o segundo membro pode adicionalmente incluir um membro de transmissão de carga e um membro de extremidade, qual arranjo deve permitir que o membro de engate de mangueira e o membro de extremidade se conectem através do membro de transmissão de carga, através do que as cargas aplicadas ao membro de engate de mangueira são transferidas para o membro de extremidade através do membro de transferência de carga. Em uma configuração preferida, o membro de transmissão de carga compreende um membro cilíndrico tendo um primeiro recesso para receber uma parte do membro de engate de mangueira e um segundo recesso para receber parte do membro de extremidade. O membro de transferência de carga pode ser feito a partir de um material compósito, como descrito acima. O membro de extremidade pode ser feito a partir de um material compósito, como descrito acima.



[0043] O membro de extremidade do segundo membro preferivelmente é integrado ao primeiro membro.

[0044] De acordo com outro aspecto da invenção, provê-se uma mangueira compreendendo um corpo tubular de material flexível arranjado entre membros de retenção interno e externo e um conector de extremidade, como descrito acima fixado a cada extremidade da mangueira.

[0045] A mangueira preferivelmente compreende um corpo tubular e um trançado de reforço axial disposto entre os membros de retenção interno e externo, sendo que o corpo tubular compreende uma camada de reforço e uma camada seladora. Preferivelmente, devem haver camadas de reforço interna e externa, e a camada seladora deve ficar sanduichada entre as camadas de proteção/ isolação.

[0046] Adicionalmente, a mangueira preferivelmente compreende uma camada de isolação/ proteção enrolada em torno da mesma, sendo que a citada camada de proteção/ isolação tem uma porção de extremidade adaptada para ser recebida no primeiro recesso do membro cilíndrico de transferência de carga.

[0047] Embora mais que uma camada da mangueira possa ser fixada pelo membro de retenção do conector de extremidade, preferivelmente, somente o trançado da mangueira deve ser preso entre os membros de retenção interno e externo do meio de retenção.

[0048] Como mencionado acima, a mangueira e o conector de extremidade podem ser providos em qualquer combinação de componentes de mangueira e conector de extremidade descritos em WO 01/96772, WO 04/044472, e WO 04/079248, cujos conteúdos estão incorporados nesta por referência.

[0049] A mangueira, de acordo com a presente invenção, pode ser provida para uso em uma ampla variedade de condições, tal como temperaturas acima de 100°C, abaixo de 0°C, e entre 0°C a 100°C. Por exemplo, para transportar gás natural liquefeito, a mangueira pode ter que operar em uma temperatura de -170°C, ou em temperaturas ainda mais baixas. Ademais, a presente invenção também contempla que a mangueira pode ser usada para transportar Oxigênio líquido (-183°C) ou Nitrogênio líquido (-196°C), em qual situação, a mangueira opera em temperaturas de -200°C ou ainda mais baixas.

[0050] A mangueira, de acordo com a presente invenção, também pode ser provida para uma ampla variedade de aplicações. Tipicamente, o diâmetro interno da mangueira deve variar de cerca de 2 polegadas (51 mm) a cerca de 24 polegadas (610 mm), mais tipicamente, de cerca de 4 polegadas (102 mm), 6 polegadas (152 mm), de 8 polegadas (204 mm) a cerca de 16 polegadas (406 mm). Em geral, a pressão de operação deve em uma faixa entre 500 kPa manométrico e 2000 kPa manométrico, ou ainda 4000 kPa manométrico, ou maiores. Deve ser notado que estas pressões se referem à pressão de operação e não à pressão de surto (muitas vezes maior). A taxa de fluxo volumétrica depende do fluido da pressão e do diâmetro interno, sendo típicas taxas de fluxo de 1000 m<sup>3</sup>/hora a 12000 m<sup>3</sup>/hora.

[0051] A mangueira, de acordo com a presente invenção, também pode ser provida para uso com fluidos corrosivos, tal como ácidos fortes.

[0052] Agora, faz-se referência aos desenhos anexos, nos quais:

[0053] A figura 1 é uma vista esquemática em perspectiva,

onde o conector de extremidade da invenção pode ser usado;

[0054] A figura 2 é uma vista esquemática em seção transversal de uma primeira configuração de um conector de extremidade para mangueiras, de acordo com a invenção;

[0055] A figura 3 é uma vista esquemática em seção transversal de uma segunda configuração de um conector de extremidade para mangueiras, de acordo com a invenção;

[0056] A figura 4 é uma vista esquemática em seção transversal de uma terceira configuração de um conector de extremidade para mangueiras, de acordo com a invenção;

[0057] A figura 5 é uma vista esquemática em seção transversal ampliada de parte de um membro de engate de mangueira do conector de extremidade de acordo com a invenção, antes da montagem;

[0058] A figura 6 é uma vista esquemática em seção transversal ampliada de parte do membro de engate de mangueira do conector de extremidade de acordo com a invenção, depois da montagem.

[0059] O tipo de mangueira a qual a presente invenção se refere está descrito em detalhes na W001/96772. A figura 1 mostra a mangueira em mais detalhes.

[0060] Resumidamente, a mangueira 100 compreende membros de pega 102, 104, que preferivelmente são arranjados em forma helicoidal que são preferivelmente compreendidos de fio. Um corpo tubular 106 e um trançado de reforço axial 108 que envolve o corpo tubular 106 são arranjados entre os membros de pega 102, 104. O corpo tubular compreende uma camada de reforço interna 110, uma camada de reforço externa 112, e uma camada seladora 114 arranjada entre as camadas de reforço interna e externa 110 e 112. A camada de isolamento/proteção

116 envolve o trançado 108. Como mencionado acima, a mangueira 100 está descrita em detalhes em W001/96772, cujo conteúdo está incorporado nesta por referência.

[0061] As extremidades da mangueira podem ser seladas usando o conector de extremidade 200 mostrado na figura. A mangueira não tendo sido mostrada na figura para conferir maior clareza à ilustração. O conector de extremidade 200 compreende um membro interno tubular 202 tendo uma mangueira 202a e uma extremidade de cauda 202b. A cauda 202a vantajosamente se trata de um material compósito, que expande pelo menos em uma direção durante o resfriamento, mais preferivelmente na direção radial ao eixo geométrico longitudinal da mangueira 100. A extremidade de cauda também pode ser feita a partir de um material compósito para reduzir o peso do conjunto. O conector de extremidade 200 adicionalmente inclui um membro selador, que compreende um anel selador 204, que tipicamente se baseia em uma resina polimérica, tal como PTFE, opcionalmente com uma carga cerâmica, e um anel bipartido de aço inoxidável 206 montado em torno do anel selador 204. O anel 206 pode ser feito a partir de um material compósito.

[0062] O conector de extremidade 200 adicionalmente inclui um meio de transferência de carga que compreende um membro de engate de mangueira 208, um membro de transferência de carga 210, e um membro de extremidade na forma de uma placa em forma de disco 212. A placa 212 é integrada à extremidade de cauda 202b do membro interno 202, como ilustrado em 212b. O membro de transferência de carga compreende uma placa em forma de disco 214 e pelo menos um tirante para transferência de carga 216. Na figura, constam dois tirantes 216, que mais

preferivelmente poderiam ser três ou mais tirantes 216, e, ademais, preferivelmente, os tirantes devem ser regularmente espaçados em torno da circunferência. Uma porca de aperto 218 deve ser provida em cada tirante 216. As placas 212 e 214 têm aberturas 212a e 214a respectivamente para receber os tirantes 216. Uma ou mais, ou mesmo todas as partes 210, 212, 214, 216 podem ser feitas a partir de um material compósito, que expande em pelo menos uma direção durante o resfriamento.

[0063] Provê-se o membro de engate de mangueira 208 com um recesso helicoidal interno na forma de ranhuras 208a, adaptado para receber o fio externo da mangueira. O membro interno 202 é provido com um recesso helicoidal externo na forma de ranhuras 202d que são adaptados para receber o fio interno 22. As ranhuras 208a e 202d são espaçadas de metade do comprimento do passo  $p$ , onde  $p$  é o comprimento de passo dos fios de engate da mangueira (não mostrado).

[0064] O membro de engate de mangueira 208 também inclui um meio de retenção para prender o trançado 108 da mangueira 100. O meio de retração compreende um membro de retenção interno 230 integrado ao resto do membro de engate de mangueira e um membro de retenção externo separado 232, que é capaz de travar o trançado 108 da mangueira 100 entre si e o membro interno 230. O membro externo 232 inclui formações de engate na sua superfície interna para facilitar pegar o trançado 108 entre o membro externo 232 e o membro interno 230. Preferivelmente, as formações de pega são circunferenciais, mas outros padrões igualmente seriam possíveis.

[0065] As partes 206, 208, 230, 232 preferivelmente devem contrair durante o resfriamento, o que se consegue fabricando

as partes a partir de aço ou material compósito de modo a contrair em pelo menos uma direção durante o resfriamento.

[0066] O membro 202 é provido com duas projeções circunferenciais 202e localizadas sob o anel selador 204. As projeções 202e servem para melhorar a selagem do membro tubular entre o membro interno 202 e o anel selador 204, e ajudar a impedir o membro tubular de inadvertidamente sair de sua posição.

[0067] O conector de extremidade 200 também é provido com um reforço de curva polimérico flexível 240, com aberturas 242 nas quais os tirantes 216 são recebidos. Uma extremidade do reforço de curvatura 240 topa a placa 214. As partes 212e e 240 podem ser feitas a partir de material compósito, que expande em pelo menos uma direção durante o resfriamento. A figura 3 mostra um conector de extremidade similar ao conector de extremidade mostrado na figura 2, usando os mesmos números de referência para designá-lo. As diferenças residem no fato de não ser provido o reforço de curvatura no projeto mostrado na figura 2, embora pudesse ser, se desejado, e de as placas 212 e 214 terem diâmetros menores, que permite uma estrutura mais compacta.

[0068] A figura 4 mostra um conector de extremidade similar ao conector de extremidade da figura 2, sendo usado o mesmo número de referência para designar as partes. Na figura 4, o tirante de para transferir carga foi substituído por um membro de transferência de carga 250 que tem recessos 250a e 250b respectivamente adaptados para receber as bordas das placas 212 e 214. A parte 250 pode ser feita a partir de um material compósito, que expande pelo menos em uma direção durante o resfriamento.

[0069] O recesso 250b também recebe a porção de extremidade 260a de uma camada de proteção/isolação 260 em uma superfície externa da mangueira 100 (fora do membro de pega). A camada de proteção/isolação 260 pode ser o mesmo tipo de camada que aquela descrita na publicação de patente internacional W004/044472 do presente inventor, que compreende um perfil alongado enrolado helicoidalmente em torno da parte externa da mangueira 100.

[0070] Referindo-se agora às figuras 5 e 6, para o trançado de reforço axial 108 funcionar mais efetivamente, o mesmo deve ser firmemente ancorado ao conector 200. O membro externo 232 acopla o membro interno 230 para prover ancoragem. Esta interface é projetada para reduzir a zero a tensão no trançado 108, causada pela pressão e tensão de mangueira para ajudar a impedir que o trançado seja removido da ancoragem.

[0071] Quando o trançado 108 é removido axialmente, o trançado 108 tenta reduzir seu raio, que pertence à estrutura de trançado, que se evitado, gera uma pressão de contato, que é a tensão local vezes a curvatura local. Para ilustrar o conceito de curvatura local, considere-se um fio enrolado em torno de um cilindro, onde a curvatura local corresponde ao raio do cilindro. A força de contato vezes o coeficiente de fricção prende o trançado 108 (efeito capstan). A força de fricção não é linear, em razão das formações onduladas 230a e 232a nos membros 230 e 232 - mas seria linear no caso de placas lisas. Uma redução não linear é mais efetiva.

[0072] O trançado acopla corpo da mangueira em torno de uma borda frontal filetada 230b do membro 230. A borda filetada 230b impede grandes concentrações de pressão

induzidas no trançado 108, em consequência do contato do trançado 108 com o membro 232 em tensão. O raio controla a pressão de contato gerada pela tensão no trançado 108. A redução da tensão é uma função não linear do produto do ângulo de contato que o trançado forma com o raio e o coeficiente de atrito. No caso ilustrado, quando o raio do filete é constante, a função não linear é exponencial.

[0073] Quando o membro externo 232 está totalmente acoplado no membro interno 232, as superfícies perfiladas 230a e 232a dos primeiro e segundo membros respectivamente se acoplam, forçando o trançado 108 a passar através de uma série de ondulações. Cada ondulação atua como capstan, e reduz a tensão no trançado, como descrito acima.

[0074] A mangueira é presa ao conector de extremidade 200 como segue. O membro interno 202 é roscado à extremidade da mangueira de modo que a mangueira fique próxima da placa 212. O fio interno da mangueira é recebido nas ranhuras 202d e o fio externo da mangueira é recebido nas ranhuras 208a. Os fios internos e externos são aparados, de modo que não se estendam ao longo do membro interno 202 além das ranhuras 202d e 208a. Qualquer isolação da mangueira também é aparada para este ponto. A camada de reforço interna da mangueira também é aparada neste ponto ou em algum ponto antes de alcançar o anel de selagem 204, que significa que a camada seladora da mangueira engata diretamente a superfície externa do membro interno 202. Ao resto do corpo tubular 202 da mangueira se permite estender ao longo do membro interno 202, entre o membro interno 202 e o anel selador 204.

[0075] O membro de engate de mangueira 208 então é apertado para fazê-lo engatar a mangueira. As porcas 218 são



então apertadas, induzindo uma tensão axial à mangueira, daí absorvendo qualquer jogo no sistema. Estas forças são transmitidas do membro de engate de mangueira 208 à placa 214, ao tirante 216, à placa 212, e à extremidade de cauda 202b do membro interno 202. O membro tubular é trazido sobre a superfície superior do membro de engate de mangueira 208, e entre o membro externo 232 e o membro externo 230. O segundo membros externo 232 e o membro interno 230 fixam o trançado 108 firmemente no lugar.

[0076] O corpo tubular 106 da mangueira 100 se estende sob o anel selador 204. Depois de o membro de engate de mangueira 208 e porca 218 terem sido apertados, o anel bipartido 206 é apertado para aumentar a força aplicada sobre o corpo tubular pelo anel selador.

[0077] O conector de extremidade 200 então é resfriado para uma baixa temperatura por nitrogênio líquido, que faz o anel selador 204 contrair relativamente mais que o anel bipartido 206, daí reduzindo a força compressiva aplicada ao anel selador 204 pelo anel bipartido 206. Enquanto o anel bipartido 206 e o anel selador 204 se encontram em uma temperatura relativamente baixa, se aperta o anel bipartido 206. Então, se faz a temperatura subir até a temperatura ambiente, fazendo a força compressiva no anel selador aumentar, em virtude da maior expansão do anel selador 204 em relação ao anel bipartido 206.

[0078] Deve ser apreciado que a invenção descrita pode ser modificada. Por exemplo, o membro de retenção interno 230 pode ser separado do resto do membro de engate. Ademais, também podem ser providos membros de retenção interno e externo adicionais 230 e 232.

REIVINDICAÇÕES

1. Conector de extremidade para uma mangueira de compósito, do tipo compreendendo um corpo tubular (106) (106) de material flexível disposto entre os membros de engate interno e externo (102, 104), o citado conector de extremidade compreendendo um primeiro membro (202) adaptado para ser disposto dentro da mangueira (100), e um segundo membro (208) adaptado para ser disposto em torno da parte externa da mangueira (100), através do que a extremidade da mangueira é selada entre os primeiro e segundo membros, caracterizado pelo fato de pelo menos parte do primeiro membro (202) e/ou parte do segundo membro (208) serem feitas de um material que se expande em pelo menos uma direção durante o resfriamento.
2. Conector, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de pelo menos a parte do primeiro membro (202) ser feita de um material que se expande em pelo menos uma direção do mesmo durante o resfriamento.
3. Conector, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de a citada parte do primeiro membro (202) ser adaptada para se expandir em uma direção radialmente externa, durante o resfriamento, em relação ao eixo geométrico da mangueira (100).
4. Conector, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2 ou 3, caracterizado pelo fato de pelo menos parte do primeiro membro (202) e/ou pelo menos parte do segundo membro (208) ser feita de um material compósito.
5. Conector, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de pelo menos parte do primeiro membro (202) ser feito a partir de um material compósito.
6. Conector, de acordo com qualquer uma das reivindicações

4 ou 5, caracterizado pelo fato de o material compósito compreender fibras UHMWPE, carbono, vidro ou aramida.

7. Conector, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 6, caracterizado pelo fato de pelo menos parte do segundo membro (208) ser adaptada para contrair em uma direção radialmente interna durante o resfriamento em relação ao eixo geométrico da mangueira (100).

8. Conector, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 7, caracterizado pelo fato de o coeficiente longitudinal de expansão térmica do material que se expande durante o resfriamento estar na faixa entre zero e  $-10 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{K}^{-1}$ .

9. Conector, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 8, caracterizado pelo fato de o material que se expande durante o resfriamento ser um material compósito compreendendo fibras de carbono ou fibras de poli-(p-fenilenetereftalamida).

10. Conector, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 9, caracterizado pelo fato de o primeiro membro (202) ser feito, pelo menos parcialmente, de material compósito que expande durante o resfriamento, e de o segundo membro (208) ser feito, pelo menos parcialmente, de um material compósito que contrai durante o resfriamento.

11. Mangueira, caracterizada pelo fato de compreender um corpo tubular (106) de material flexível arranjado entre membros de engate interno e externo (102, 104), e compreendendo adicionalmente um conector de extremidade (200), conforme definido em qualquer uma das reivindicações de 1 a 10, fixado em cada extremidade da mangueira (100).

12. Mangueira, de acordo com a reivindicação 11, caracterizada pelo fato de o corpo tubular (106) compreender

uma camada de reforço e uma camada seladora.

13. Mangueira, de acordo com a reivindicação 11, caracterizada pelo fato de o corpo tubular (106) compreender camadas de reforço interna e externa (110, 112) e uma camada seladora (114) disposta entre as camadas de reforço interna e externa (110, 112).

14. Mangueira, de acordo com qualquer uma das reivindicações 11, 12 ou 13, caracterizada pelo fato de adicionalmente compreender um meio de reforço axial.

15. Mangueira, de acordo com a reivindicação 14, caracterizada pelo fato de o meio de reforço axial compreender um trançado de reforço axial (108).

1/5

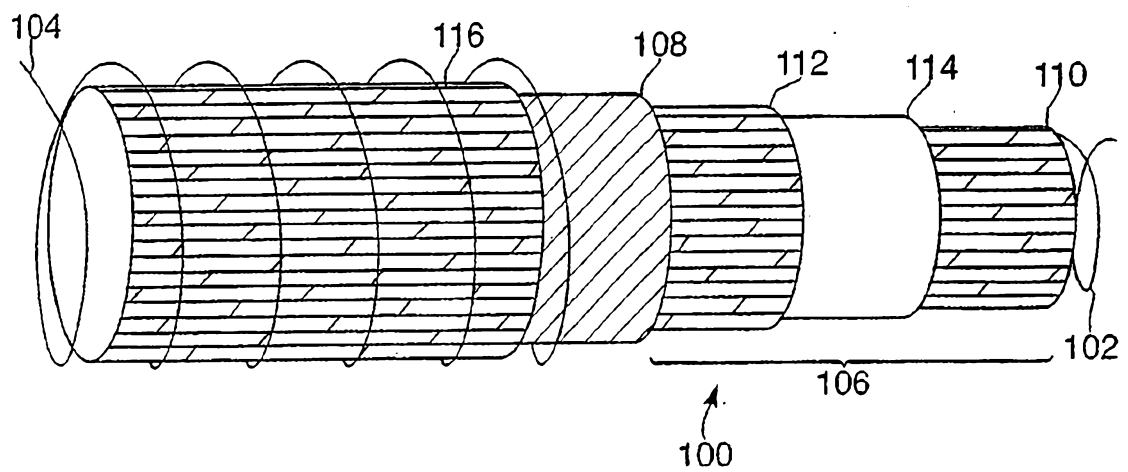


FIG.1

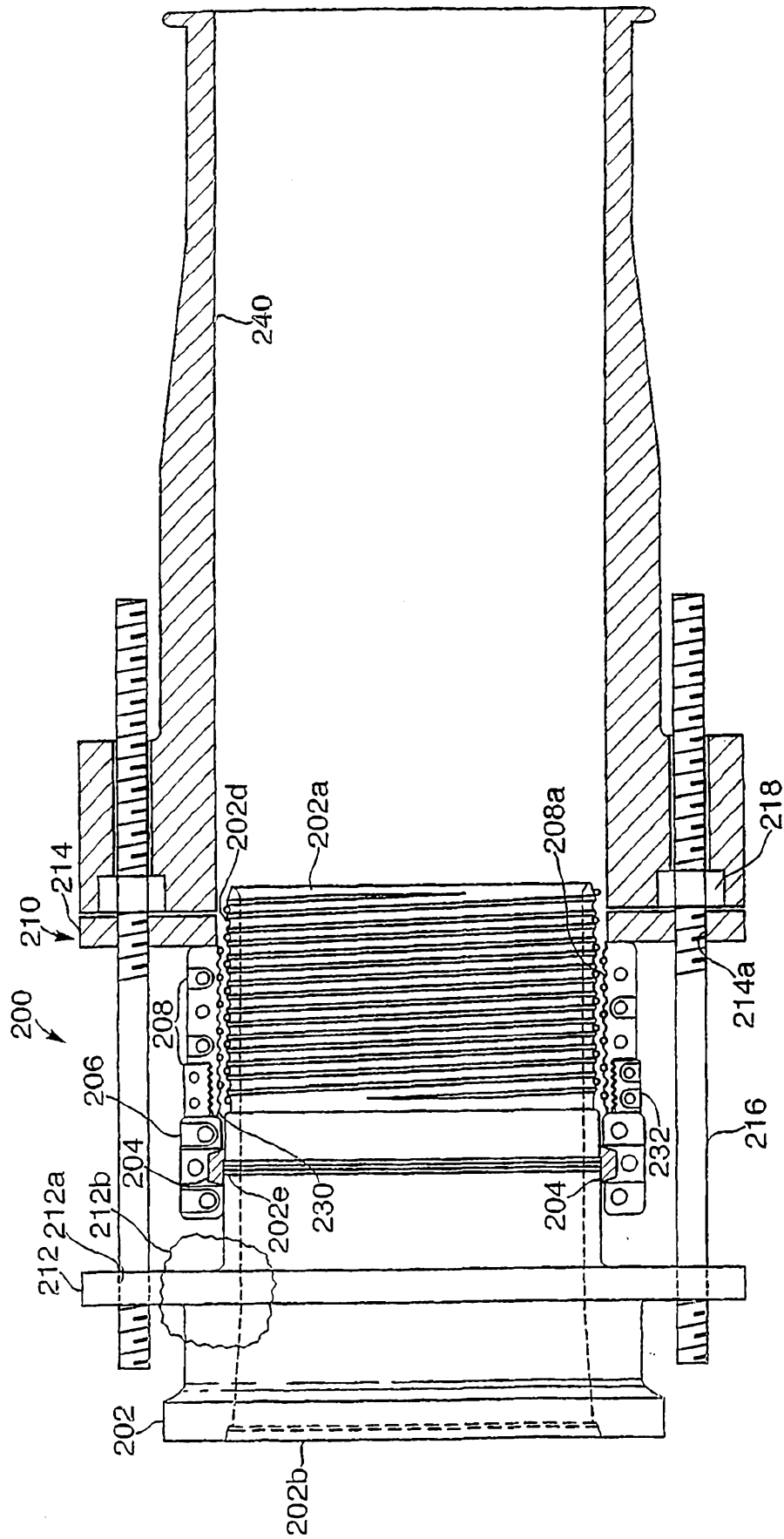
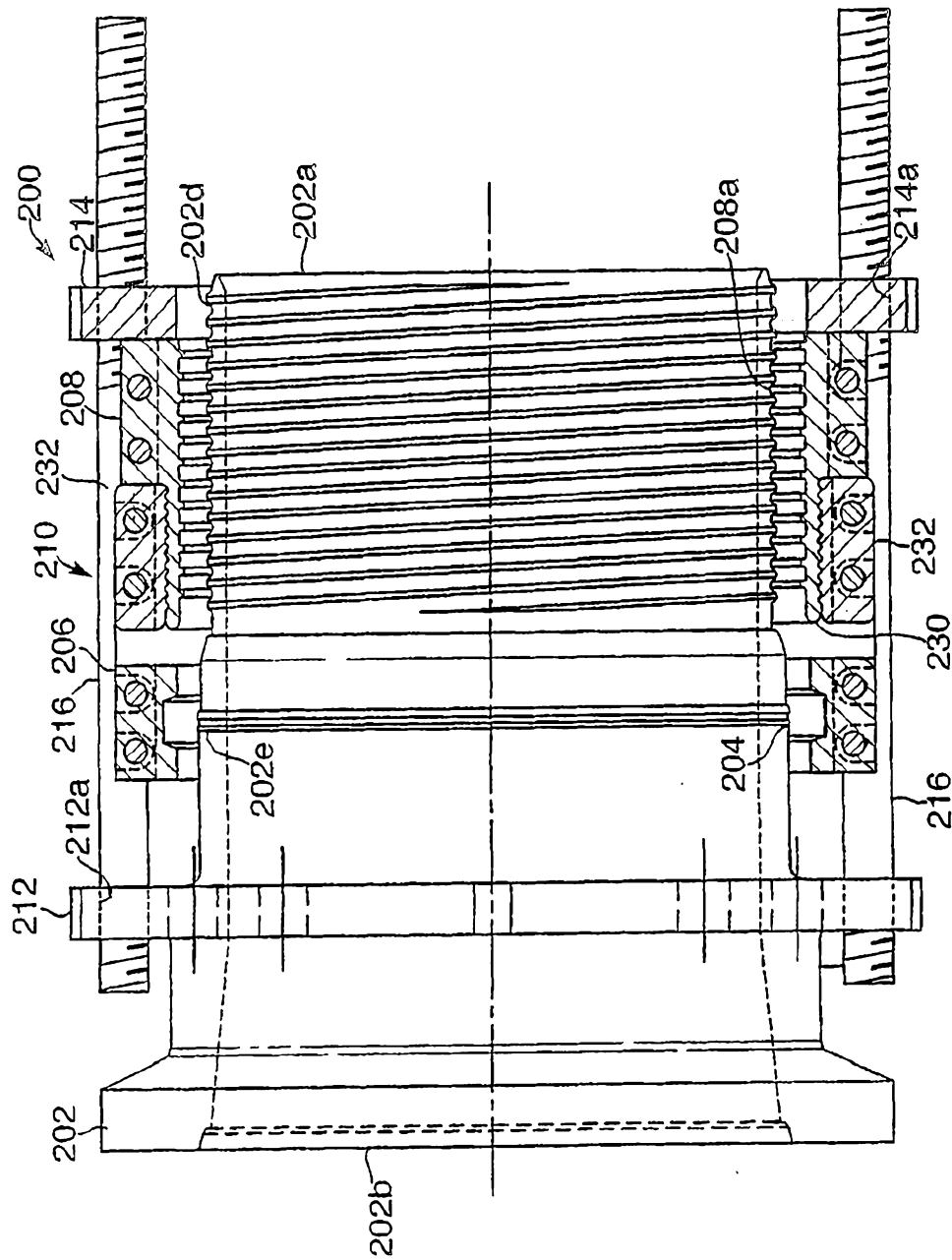


FIG.2



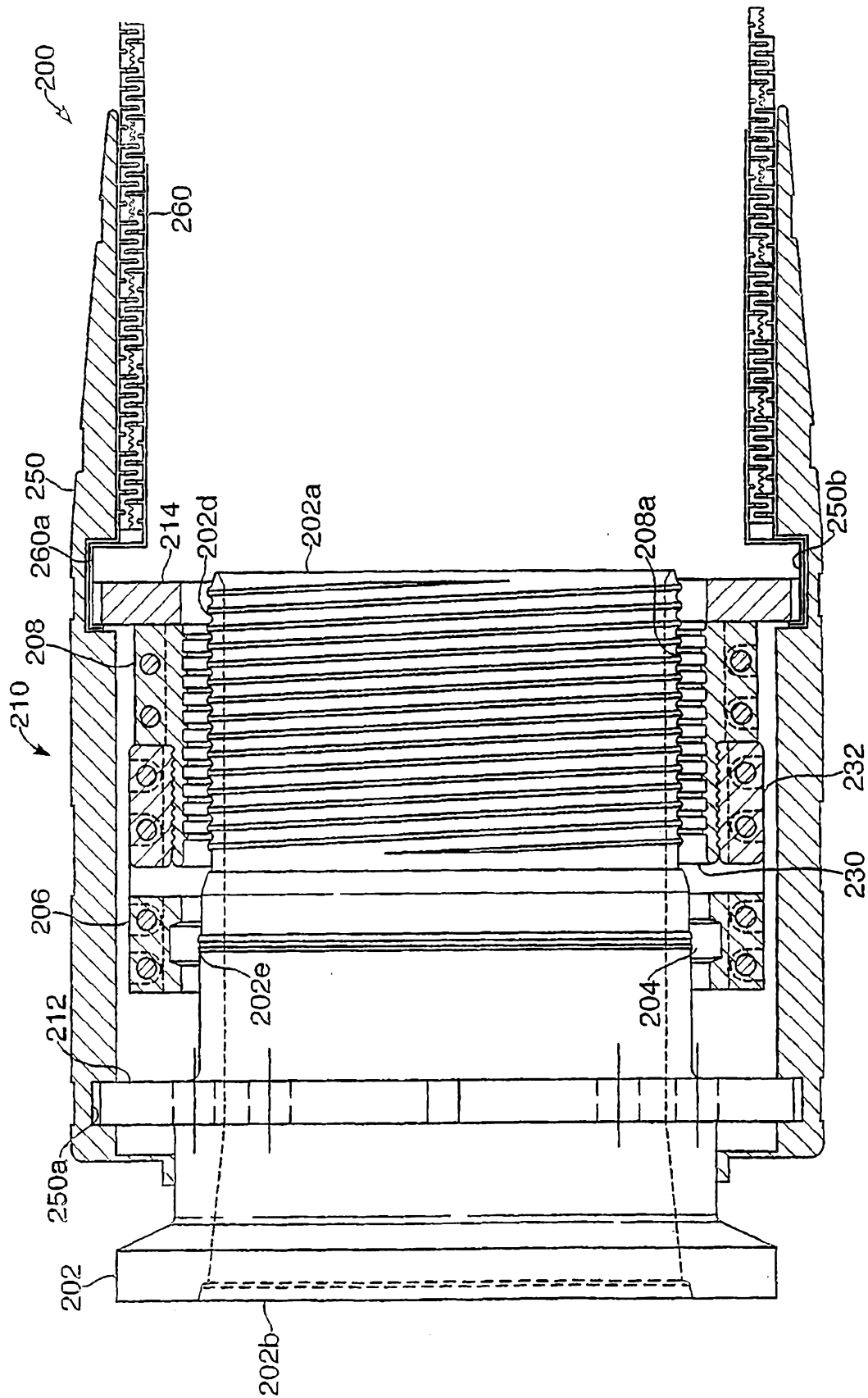


FIG.4



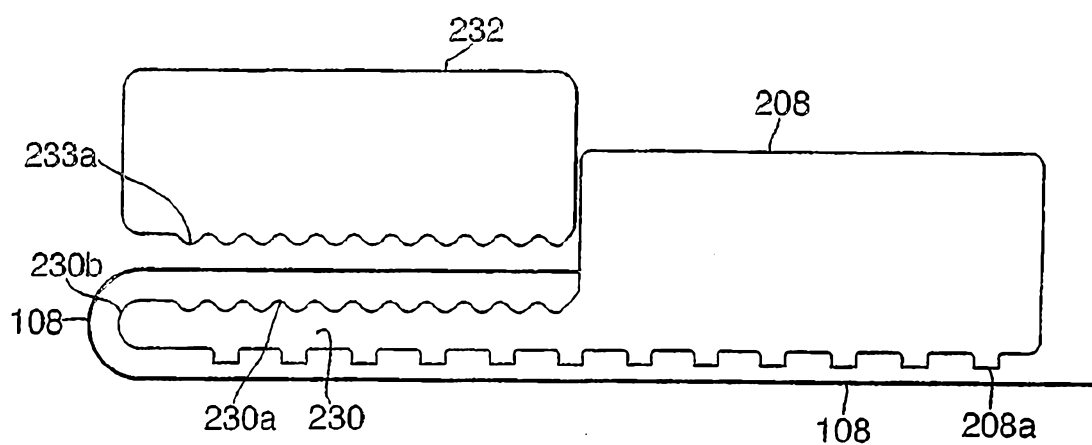


FIG. 5

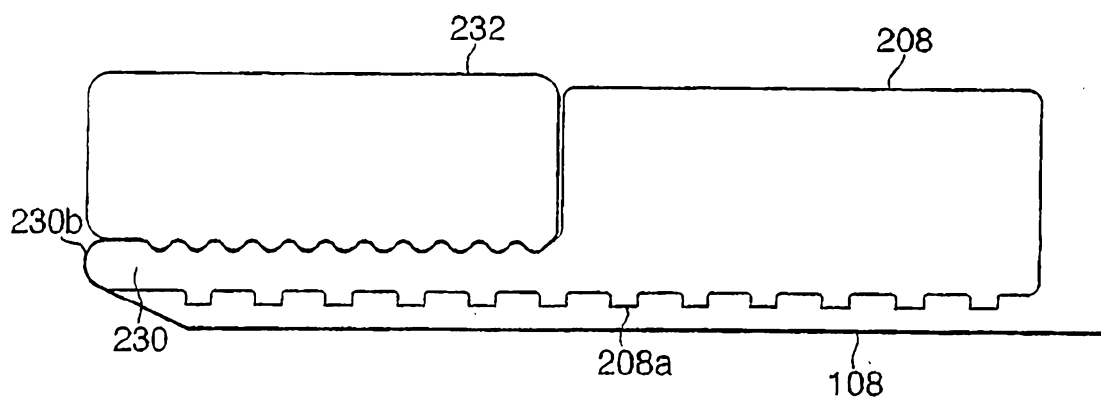


FIG. 6