



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

(11) PI 0817440-7 B1



(22) Data do Depósito: 26/09/2008

(45) Data de Concessão: 23/07/2019

(54) Título: SISTEMA DE TUBO, E, MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE UM TUBO

(51) Int.Cl.: F16L 11/08.

(30) Prioridade Unionista: 28/09/2007 US 60/975837.

(73) Titular(es): SHELL INTERNATIONALE RESEARCH MAATSCHAPPIJ B.V..

(72) Inventor(es): KING HIM LO; HEEDO YUN; JANE QING ZHANG.

(86) Pedido PCT: PCT US2008077770 de 26/09/2008

(87) Publicação PCT: WO 2009/045867 de 09/04/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 25/03/2010

(57) Resumo: SISTEMA DE TUBO, E, MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE UM TUBO É descrito um sistema de tubo compreendendo um revestimento (102) em um interior do tubo; pelo menos uma camada trançada triaxial de fibras secas (103) exterior ao revestimento (102), a camada trançada triaxial (103) compreendendo uma pluralidade de fibras axiais (104), uma pluralidade de fibras no sentido horário (106) e uma pluralidade de fibras no sentido anti-horário (108).

“SISTEMA DE TUBO, E, MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE UM TUBO”

CAMPO DA INVENÇÃO

[0001] A presente invenção diz respeito a sistemas e métodos de tubo.

DESCRIÇÃO DA TÉCNICA RELACIONADA

[0002] Perfuração e/ou produção de hidrocarbonetos ou similares em depósitos subterrâneos que existem sob um corpo de água normalmente exige o uso de múltiplos tubos e outros condutos para transportar fluidos e/ou gases. Tais tubos poderiam ser usados para transportar fluidos e/ou gases de uma cabeça de poço para um coletor, de um coletor para uma instalação de produção, tais como uma plataforma, TLP ou plataforma flutuante em cilindros, e/ou de uma instalação de produção para o litoral.

[0003] O custo e a dificuldade de instalação de tais tubos em geral aumentam com o comprimento do tubo e a profundidade na qual o tubo será instalado. Tubos são geralmente instalados a partir de embarcações flutuantes, por exemplo, as juntas de um tubo podem ser montadas em uma embarcação e instaladas usando uma configuração de lançamento em S ou lançamento em J. Alguns tubos são também instalados usando uma configuração de lançamento em S ou lançamento em J a partir de um carretel na embarcação.

[0004] É de conhecimento ter tubos compósitos feitos com fibras embutidas em uma matriz de termocura. Um problema com tubos de termocura reforçados com fibra são as suas baixas flexibilidades relativas. Tais tubos podem ser produzidos por processos tais como bobinamento de filamento, pultrusão e/ou extrusão.

[0005] A patente U.S. número 6.857.452 revela um tubo compósito enrolável capaz de ser bobinado em um carretel para armazenamento e para uso em aplicações de campo de óleo. O tubo enrolável apresenta características anisotrópicas exclusivas que provêm maiores pressões de estouro e colapso, maior limite de resistência, resistência a compressão e capacidade de sustentação de carga, ainda permanecendo suficientemente

dobrável para ser bobinado em um carretel em uma configuração de furo aberto. O tubo compósito enrolável pode incluir um revestimento interno, uma camada de interface, as camadas de compósito de fibra, uma camada de barreira de pressão e uma camada protetora externa. As camadas compósitas de fibra podem ter uma estrutura trançada triaxial única. Essas camadas são ligadas umas nas outras para formar uma construção de parede de tubo integral. A patente U.S. número 6.857.452 está aqui incorporada pela referência na sua íntegra.

[0006] A patente U.S. número 6.666.778 revela um eixo de taco de golfe com uma camada trançada incluindo primeiro e segundo fios diagonais. Os fios diagonais são posicionados nos graus de orientação (+ teta, - teta) de +30 a + 60 graus e -30 a -60 graus em relação ao eixo geométrico longitudinal do eixo mecânico, respectivamente. A camada trançada minimiza os espaços S entre os fios diagonais. Como o eixo mecânico, a razão do módulo longitudinal do eixo mecânico durante a oscilação para o módulo longitudinal do eixo mecânico quando a velocidade da cabeça é zero aumenta gradualmente junto com o aumento na velocidade da cabeça, suprimindo assim a deformação do eixo mecânico causada pela força centrífuga durante a oscilação e facilitando as oscilações do taco. A patente U.S. número 6.666.778 está aqui incorporada na sua íntegra pela referência.

[0007] A patente U.S. número 6.510.691 revela um método de produzir uma estrutura reforçada no geral tubular incluindo uma camada interna de material trançado com uma configuração de reentrância pré-definida, o método incluindo as etapas de prover um mandril com uma forma e configuração de reentrâncias correspondentes à forma e configuração de reentrância na camada interna, prover uma pluralidade de elementos de suporte nas proximidades de pelo menos algumas das reentrâncias no mandril, os elementos de suporte salientando-se a uma distância predeterminada radialmente para fora do mandril, depositar a camada interna sobre o mandril

e os elementos de suporte, e remover os elementos de suporte para uma posição na qual os elementos de suporte não se salientam da superfície do mandril. A patente U.S. número 6.510.961 está aqui incorporada pela referência na sua íntegra.

[0008] A patente U.S. número 6.148.865 revela uma camisa, um método de fabricar o artigo tubular rígido fabricado a partir da camisa e um artigo feito de acordo com o método. A camisa tem primeiro e segundo filamentos cruzados elásticos que permitem que a camisa seja expansível em uma direção radial e filamentos que se estendem longitudinalmente de um material não elástico de reforço tais como carbono, kevlar ou fibra de vidro para reforçar a camisa. A camisa é colocada sobre um mandril com seções transversais maiores e menores alternadas. A camisa é submetida a calor e pressão, fazendo com que filamentos individuais se fundam, formando uma parte tubular sólida. Ao ser resfriado, o artigo é removido e um artigo tubular rígido, por exemplo, um tubo de escopo de rifle é assim formado. Também, uma camisa é provida, a qual, no seu estado relaxado, é contraída longitudinalmente e expandida radialmente. A camisa desliza para uma junta do tubo, por exemplo, quando no seu estado estirado e é então liberada. A camisa é aquecida para fundir a camisa em uma parte sólida e reforçar assim a junta. A patente U.S. número 6.148.865 está aqui incorporada pela referência na sua íntegra.

[0009] Existem necessidades na técnica de um ou mais dos seguintes: aparelhos e métodos para prover componentes tubulares enroláveis alternativos para ser usados em um ambiente ao largo, que não apresentam certas desvantagens do aparelho e métodos da técnica anterior; elementos tubulares colapsáveis; elementos tubulares leves; elementos tubulares de alta resistência; elementos tubulares flexíveis; e/ou componentes tubulares adequados para múltiplos desdobramentos.

[00010] Essas e outras necessidades na técnica ficarão aparentes aos

versados na técnica mediante revisão desta especificação, incluindo seus desenhos e reivindicações.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[00011] Um aspecto da invenção fornece um sistema compreendendo um revestimento em um interior do tubo; pelo menos uma camada trançada triaxial de fibra seca exterior ao revestimento, a camada trançada triaxial compreendendo uma pluralidade de fibras axiais, uma pluralidade de fibras no sentido horário e uma pluralidade de fibras no sentido anti-horário.

[00012] Um outro aspecto da invenção provê um método de fabricar um tubo, compreendendo prover um revestimento; e trançar triaxialmente uma pluralidade de fibras em torno do revestimento para formar pelo menos uma camada de fibra seca.

[00013] Vantagens da invenção podem incluir um ou mais do seguinte: aparelho e métodos melhorados para prover componentes tubulares enroláveis alternativos para ser usados em um ambiente ao largo; elementos tubulares colapsáveis; elementos tubulares leves; elementos tubulares de alta resistência; elementos tubulares flexíveis; e/ou componentes tubulares adequados para múltiplos desdobramentos.

[00014] Esses e outros aspectos da invenção ficarão aparentes aos versados na técnica mediante revisão desta especificação, incluindo seus desenhos e reivindicações.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

[00015] As figuras 1a e 1b mostram um revestimento tubular.

[00016] As figuras 2c e 1d mostram um revestimento tubular reforçado com fibra.

[00017] A figura 2a mostra um revestimento tubular reforçado com fibra.

[00018] As figuras 3a e 3b mostram um sistema de revestimento tubular reforçado com fibra colapsável.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Figuras 1a e 1b

[00019] Referindo-se agora à figura 1a, está mostrada uma vista de extremidade do revestimento 102 e, referindo-se à figura 1b, está mostrada uma vista lateral do revestimento 102. O revestimento 102 serve como um elemento de contenção de pressão para resistir ao vazamento de fluidos internos de dentro de um tubo.

[00020] Em uma modalidade, o revestimento 102 é metálico, ou o revestimento 102 pode ser formado de materiais poliméricos. No caso de um revestimento de metal, os metais que formam o revestimento podem incluir, individualmente ou em combinação, aço, cobre, aço inoxidável ou ligas resistentes a corrosão. No caso de um revestimento polimérico, os materiais poliméricos que constituem o revestimento 102 podem ser materiais termoplásticos ou de termocura. Por exemplo, o revestimento pode ser formado de homopolímeros, copolímeros, polímeros compósitos, ou polímeros compósitos co-extrudados. Homopolímeros referem-se a materiais formados de um único polímero, copolímeros referem-se a materiais formados misturando-se dois ou mais polímeros, e polímeros compósitos referem-se a materiais formados de duas ou mais camadas de polímeros discretas que foram permanentemente ligados ou fundidos. Os materiais poliméricos que formam o revestimento interno são preferivelmente selecionados de um grupo de vários polímeros, incluindo, mas sem limitações: fluoreto de polivinilideno, etileno, tetrafluoretileno, polietileno reticulado (PEX), polietileno e poliéster. Polímeros termoplásticos exemplares adicionais incluem materiais tais como sulfeto de polifenileno, polietersulfona, poli(tereftalato de etileno), poliamida, polipropileno e acetila. Em uma outra modalidade, o revestimento 102 é formado de materiais elastoméricos. Materiais elastoméricos exemplares incluem NBR e HNBR.

[00021] O revestimento 102 pode também incluir fibras para aumentar

a resistência à sustentação de carga do revestimento e a resistência de sustentação de carga geral do tubo composto enrolável. Fibras exemplares incluem grafite, kevlar, fibra de vidro, boro, fibras de poliéster, fibras de cristal líquido, fibras HMPE e aramida.

[00022] O revestimento 102 pode ser formado para ser resistente a produtos químicos corrosivos tais como aminas heterocíclicas, composto de enxofre inorgânico e compostos orgânicos nitrogenosos e acetilênicos.

[00023] Em outras modalidades, o revestimento 102 compreende copolímeros formados para alcançar melhores características do revestimento, tais como resistência a corrosão, resistência ao desgaste e/ou resistência elétrica. Por exemplo, o revestimento 102 pode ser formado de um polímero e um aditivo de maneira tal que o revestimento tenha uma alta resistência elétrica ou de maneira tal que o revestimento dissipe acúmulo de carga estática dentro de um tubo. Em particular, negro-de-fumo pode ser adicionado a um material polimérico para formar um revestimento 102. Dessa maneira, o aditivo negro-de-fumo forma um revestimento 102 com uma maior condutividade elétrica que provê uma capacidade de descarga estática. A capacidade de descarga estática vantajosamente impede a ignição de fluidos inflamáveis que circulam dentro de um tubo.

[00024] O revestimento 102 pode ter uma espessura radial de cerca de 0,02 a cerca de 2,0 polegadas (0,508 – 50,8 mm), por exemplo, de cerca de 0,05 a cerca de 0,25 polegadas (1,27 – 6,35 mm).

Figuras 1c e 1d

[00025] Referindo-se agora à figura 1c, está mostrada uma vista de extremidade do revestimento 102, com o sistema trançado triaxial 103 exterior ao revestimento 102. Referindo-se agora à figura 1d, está mostrada uma vista lateral do revestimento 102, com o sistema trançado triaxial 103 exterior ao revestimento 102. O sistema trançado triaxial 103 inclui fibras axiais 104, fibras no sentido horário 106 e fibras no sentido anti-horário 108.

O revestimento 102 serve como um elemento de contenção de pressão para resistir ao vazamento de fluidos internos de dentro de um tubo.

[00026] O sistema trançado triaxial 103 pode ser formado de inúmeras camadas, cada camada tendo fibras secas, de maneira tal que as fibras não fiquem dispostas em uma matriz, tais como um polímero, resina, ou matriz termoplástica. As fibras secas podem incluir fibras estruturais e componentes de fios flexíveis. As fibras estruturais podem ser formadas de carbono, náilon, poliéster, HMPE, cristal líquido, aramida, termoplástico, vidro ou materiais com capacidades de resistência e alongamento razoáveis. Os componentes de fios flexíveis podem ser formados de náilon, poliéster, aramida, termoplástico ou vidro. As fibras incluídas no sistema trançado triaxial 103 podem ser fibras brutas, fitas, tecido, trançadas, costuradas ou pespontadas. O sistema trançado triaxial 103 pode ser formado por processo de trançamento conhecidos na técnica. O revestimento 102 e o sistema trançado triaxial 103 formam um tubo compósito.

[00027] Os componentes de fibra podem ser formados de carbono, vidro, aramida (tal como Kevlar ou twaron), termoplástico, náilon, HMPE, cristal líquido ou poliéster. Dentro de cada camada do sistema trançado triaxial 103, componentes de fibra 104, 106 e 108 podem ser formados tanto do mesmo material quanto de uma combinação de diferentes materiais. Adicionalmente, componentes de fibra em diferentes camadas do sistema triaxial 103 podem ser formados de materiais iguais ou de uma combinação de diferentes materiais.

[00028] No corpo do tubo, o revestimento 102 pode não ser ligado no sistema trançado triaxial 103.

[00029] Fibras orientadas helicoidalmente são fibras que seguem um caminho espiral. Tipicamente, fibras helicoidais se espiralam em torno do revestimento do tubo ou elas são enroladas em espiral subjacentes a camadas do tubo compósito. Por exemplo, as fibras orientadas helicoidalmente seguem

um caminho equiparável aos entalhes em torno do eixo de um parafuso comum. Uma fibra helicoidal pode ser descrita com um vetor axial, um ângulo de orientação e uma direção de enrolamento. O vetor axial indica que a fibra helicoidal pode seguir um caminho ao longo do comprimento de um tubo à medida que ela espirala em torno do tubo, oposta a uma fibra que enrola continuamente em uma seção particular do tubo sem estender-se ao longo do comprimento do tubo. O Ângulo de orientação da fibra helicoidal indica os ângulos das fibras helicoidais em relação a um eixo definido, tal como o eixo longitudinal do tubo. Por exemplo, uma fibra helicoidal com um ângulo de 0 grau é uma fibra que se estende paralela ao eixo longitudinal e que não enrola no tubo, ao passo que uma fibra com um ângulo de 90 graus enrola circunferencialmente em torno do tubo sem estender-se ao longo do comprimento do tubo. A direção de enrolamento da fibra helicoidal está descrita tanto como enrolamento no sentido horário quanto anti-horário no tubo.

[00030] A fibra 104 estende-se helicoidalmente ou de forma substancialmente axial em relação ao eixo longitudinal do tubo. O componente da fibra orientado helicoidalmente 106 e 108 tende ligar firmemente o componente da fibra longitudinal 104 além de prover maior rigidez estrutural ao longo do eixo e maior resistência torsional em torno do eixo. Os componentes da fibra orientados helicoidalmente 106 e 108 podem se entrelaçar. Com esta finalidade, sucessivos cruzamentos de dois componentes de fibra 106 e 108 podem ter sucessivas geometrias “sobre” e “sob”.

[00031] A fibra 104 pode fazer um ângulo de cerca de +30 graus a cerca de -30 graus com o eixo longitudinal do revestimento 102, por exemplo, de cerca de +15 graus a cerca de -15 graus, ou de cerca de +5 graus a cerca de -5 graus. A fibra 106 pode fazer um ângulo de cerca de +90 graus a cerca de -90 graus com o eixo longitudinal do revestimento 102, por exemplo, cerca de

+60 graus a cerca de -60 graus, ou de cerca de +45 graus a cerca de -45 graus. A fibra 108 pode fazer um ângulo de cerca de +90 a cerca de -90 graus com o eixo longitudinal do revestimento 102, por exemplo, de cerca de +60 graus a cerca de -60 graus, ou de cerca de +45 graus a cerca de -45 graus. A fibra 106 pode fazer um ângulo de cerca de +90 a cerca de -90 graus com a fibra 108, por exemplo, de cerca de +60 graus a cerca de -60 graus, ou de cerca de +45 graus a cerca de -45 graus. A

[00032] A camada de fibra seca pode incluir uma trama axial que compreende um componente de fibra que se estende axialmente 104, um segundo componente de fibra que se estende no sentido horário 106 e um terceiro componente de fibra que se estende no sentido anti-horário 108, em que a fibra 104 é entrelaçada tanto com a fibra 106 quanto/ou a fibra 108. Cada fibra orientada helicoidalmente 106, 108 pode portanto ser considerada uma fibra da trama. Uma única fibra da trama, tal como a fibra 106, pode ligar o componente da fibra de uma dada camada pelo entrelaçamento da fibra da trama 106 com si própria quanto com a fibra que se estende axialmente 104. Uma fibra é entrelaçada com si própria, por exemplo, enrolando sucessivamente a fibra em torno de um elemento e laçando a fibra com si própria em cada volta.

Figura 2a

[00033] Referindo-se agora à figura 2a, um sistema de tubo compósito 200 com um revestimento interno 202, primeira camada de fibra seca 204, segunda camada de fibra seca 206, terceira camada de fibra seca 208 e quarta camada de fibra seca 210. Cada uma das camadas de fibra seca é formada de fibras, e cada uma das camadas de fibra seca engloba e envolve sucessivamente a camada de fibra seca subjacente ou revestimento 102. Pelo menos uma das camadas de fibra seca inclui uma fibra orientada helicoidalmente. Pelo menos uma das camadas de fibra seca pode conter uma camada tal como um sistema trançado triaxial 103 como anteriormente

descrito com referência às figuras 1c e 1d. Em particular, uma ou mais das camadas de fibra seca pode ter uma primeira fibra que se estende helicoidalmente, uma segunda fibra que se estende no sentido horário e uma terceira fibra que se estende no sentido anti-horário, em que a primeira fibra é entrelaçada com pelo menos uma da segunda e da terceira fibra. As outras camadas de fibra seca podem também conter fibras, que se estendem axialmente, envoltas circunferencialmente, ou envoltas helicoidalmente, trançadas biaxialmente, ou trançadas triaxialmente.

[00034] As fibras em cada uma das camadas de fibra seca podem todas ser selecionadas de diferentes materiais. Por exemplo, a camada 204 pode compreender uma camada trançada triaxialmente com fibras orientadas helicoidalmente no sentido horário e anti-horário formadas de poliéster e com uma fibra que se estende helicoidalmente formada de vidro; a camada 206 pode compreender uma camada com uma fibra kevlar enrolada circunferencialmente; e a camada 208 pode compreender uma camada trançada triaxialmente com fibras orientadas helicoidalmente no sentido horário e anti-horário formadas de vidro e com uma fibra que estende-se helicoidalmente formada de carbono.

[00035] Adicionalmente, as camadas de fibra seca, além da camada de compósito inicial 103 da figura 1, podem melhorar as capacidades de um tubo compósito. Em particular, a interação das camadas de fibra seca adicionais pode criar um efeito sinérgico não encontrado em uma única camada compósita.

[00036] O sistema de tubo compósito 200 pode ter de cerca de 1 a cerca de 50 camadas de fibra seca, por exemplo, de cerca de 2 a cerca de 10 camadas, ou de cerca de 3 a cerca de 5 camadas.

Figuras 3a e 3b

[00037] Referindo-se agora à figura 3a, o sistema de tubo compósito 300 está mostrado com revestimento interno 302, uma camada de fibra seca

com fibras 304, 306 e 308 e uma camada de proteção externa 310, tal como uma bainha. A camada 310 pode impedir que gases ou líquidos (isto é, fluidos) penetre no tubo compósito. O Sistema de tubo compósito 300 também tem controladores de raio 312 que são usados para proteger o revestimento de dobramento localizado severo quando se move de uma configuração inflada mostrada na figura 3a para uma configuração desinflada mostrada na figura 3b.

[00038] A camada 310 pode ser formada de um metal, termoplástico, termocura, ou de um elastômero tal com uma folha de borracha. Todos esses vários materiais podem funcionar como uma camada de barreira. Propriedades preferíveis da camada de barreira de pressão podem incluir baixa permeabilidade a fluidos (isto é, gases ou líquidos), alto alongamento e/ou durabilidade a longo prazo em um ambiente de serviço. A camada 310 pode ser formada de um material impermeável ou polímeros. Por exemplo, a camada polimérica poderia incluir uma bainha formada de poliéster, poliimida, poliamida, poli(fluoreto de vinila), polivinilideno, polietileno e polipropileno, ou outros termoplásticos.

[00039] A camada 310 pode também prover resistência ao desgaste, resistência ao impacto e uma camada de interface para o acoplamento para o tubo compósito. A camada 310 pode ser posicionada no exterior do tubo 300. A camada 310 pode prover resistência à abrasão e resistência ao desgaste, formando uma superfície externa para o tubo compósito que tem um baixo coeficiente de atrito, fazendo assim com que os objetos deslizem para fora do tubo compósito. A camada 310 pode ser formada de uma camada polimérica com ou sem carga. Alternativamente, a camada 310 pode ser formada de uma fibra, tal como kevlar ou vidro, e uma matriz.

[00040] O sistema de tubo compósito 300 na figura 3a está mostrado em uma configuração desinflada. O Sistema 300 pode ser inflado pela pressurização no lado de dentro do revestimento 302, e/ou despressurizarão

do lado de fora do revestimento 302. A configuração inflada pode ser usada quando o sistema 300 é desdobrado para transportar fluidos e/ou gases através do revestimento 302.

[00041] O sistema de tubo compósito 300 na figura 3b está mostrado em uma configuração desinflada. O sistema 300 pode ser desinflado pela despressurização do lado de dentro do revestimento 302, pela pressurização do lado de fora do revestimento 302, e/ou outros meios mecânicos. A configuração desinflada pode ser usada quando o sistema 300 é armazenado, por exemplo, em um navio, uma plataforma, ou em uma carretilha ou carretel. Controladores de raio 312 agem para impedir dobramento localizado severo no revestimento 302 e prover uma transição curva suave para o revestimento 302.

[00042] Controladores do raio 312 podem ter um diâmetro de cerca de 2 % a cerca de 25 % do diâmetro do revestimento 302, por exemplo, de cerca de 3 % a cerca de 15 %, ou de cerca de 5 % a cerca de 10 %;

Modalidades ilustrativas

[00043] Em uma modalidade, foi revelado um sistema compreendendo um revestimento em um interior do tubo; pelo menos uma camada trançada triaxial de fibra seca exterior ao revestimento, A camada trançada triaxial compreendendo uma pluralidade de fibras axiais, uma pluralidade de fibras no sentido horário, e uma pluralidade de fibras no sentido anti-horário. Em algumas modalidades, o sistema também inclui uma pluralidade de camadas trançadas triaxiais de fibras secas exterior ao revestimento. Em algumas modalidades, o sistema também inclui uma bainha exterior a pelo menos uma das camadas trançadas triaxiais de fibra seca. Em algumas modalidades, o sistema também inclui um ou mais controladores de raio interior ao revestimento. Em algumas modalidades, o sistema de tubo pode alternar entre uma configuração inflada e uma desinflada. Em algumas modalidades, a configuração desinflada compreende uma altura de cerca de 10 % a cerca de

50 % da altura da configuração inflada, por exemplo, de cerca de 20 % a cerca de 40 %.

[00044] Em uma modalidade, é revelado um método de fabricação de um tubo, compreendendo prover um revestimento; e trançar triaxialmente uma pluralidade de fibras em torno do revestimento para formar pelo menos uma camada de fibra seca. Em algumas modalidades, o método também inclui instalar uma bainha em torno da pelo menos uma camada de fibra seca. Em algumas modalidades, o método também inclui posicionar um ou mais controladores de raio dentro do revestimento. Em algumas modalidades, o método também inclui trançar triaxialmente uma pluralidade de camadas de fibra seca exterior ao revestimento.

[00045] Em algumas modalidades, tubos compósitos podem ser usados com praticamente qualquer tipo de estrutura ao largo, por exemplo, estruturas suportadas no fundo e ancoradas verticalmente, por exemplo, plataformas fixas, torres flexíveis, plataformas de pernas de tensão e plataformas de pernas de mini-tensão, e também incluem sistemas de produção e submarinos flutuantes, por exemplo, plataformas flutuantes em cilindros, sistemas de produção flutuantes, sistemas de armazenamento e descarga de produção flutuantes, e sistemas submarinos.

Embora modalidades ilustrativas da invenção tenham sido descritas com particularidade, entende-se que várias outras modificações ficarão aparentes e poderão ser feitas facilmente pelos versados na técnica sem fugir do espírito e escopo da invenção. Dessa maneira, não se pretende que o escopo das reivindicações anexas seja limitado aos exemplos e descrições apresentadas aqui, mas, em vez disso, as reivindicações devem ser interpretadas englobando todos recursos da novidade patenteável, em que se baseia a invenção, incluindo todos recursos que seriam tratados como seus equivalentes pelos versados na técnica aos quais esta invenção diz respeito.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de tubo, caracterizado pelo fato de que compreende:
um revestimento em um interior do tubo;
pelo menos uma camada trançada triaxial de fibras secas exterior ao revestimento, a camada trançada triaxial compreendendo uma pluralidade de fibras axiais, uma pluralidade de fibras no sentido horário e uma pluralidade de fibras no sentido anti-horário; e
dois controladores de raio que se estendem longitudinalmente no interior do revestimento, em que cada um dos controladores de raio estão dispostos em lados opostos do revestimento, em que cada um dos controladores de raio tem um diâmetro na faixa de 2% a 25% do diâmetro do revestimento e em que cada um dos controladores de raio é dimensionado e configurado para permitir o revestimento achatar-se enquanto previne dobramento localizado severo dos lados opostos do revestimento em uma configuração desinflada.
2. Sistema de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente uma pluralidade de camadas trançadas triaxiais de fibras secas exterior ao revestimento.
3. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente uma bainha exterior a pelo menos uma das camadas trançadas triaxiais de fibras secas.
4. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o sistema de tubo pode alternar entre uma configuração inflada e desinflada.
5. Sistema de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que a configuração desinflada compreende uma altura de 10 % a 50 % da altura da configuração inflada, por exemplo, de 20 % a 40 %.
6. Método de fabricação de um tubo, caracterizado pelo fato de que compreende:
prover um revestimento;

trançar triaxialmente uma pluralidade de fibras em torno do revestimento para formar pelo menos uma camada de fibra seca; e

posicionar dois controladores de raio que se estendem longitudinalmente no interior do revestimento, em que cada um dos controladores de raio estão dispostos em lados opostos do revestimento, em que cada um dos controladores de raio tem um diâmetro na faixa de 2% a 25% do diâmetro do revestimento e em que cada um dos controladores de raio é dimensionado e configurado para permitir o revestimento achatar-se enquanto previne dobramento localizado severo dos lados opostos do revestimento em uma configuração desinflada.

7. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente instalar uma bainha em torno da pelo menos uma camada de fibra seca.

8. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 6 ou 7, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente trançar triaxialmente uma pluralidade de camadas de fibra seca exterior ao revestimento.

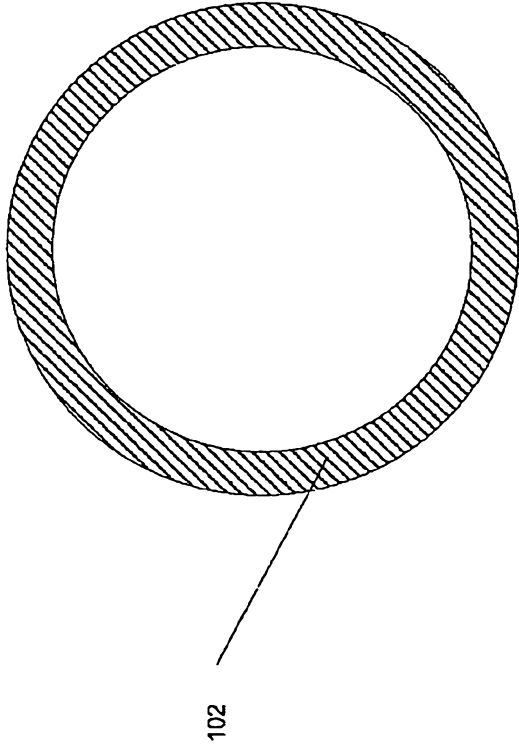


FIGURA 1A

102

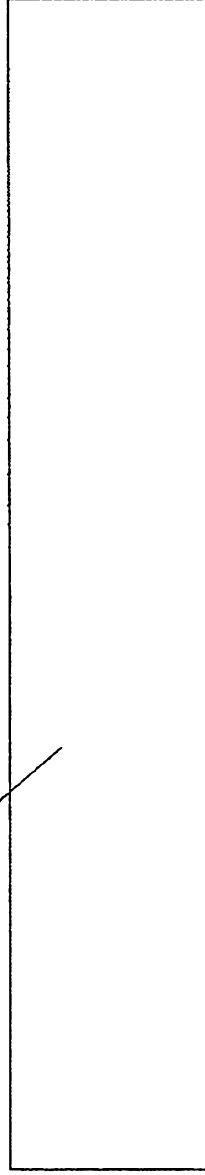
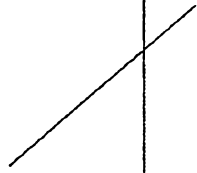


FIGURA 1b

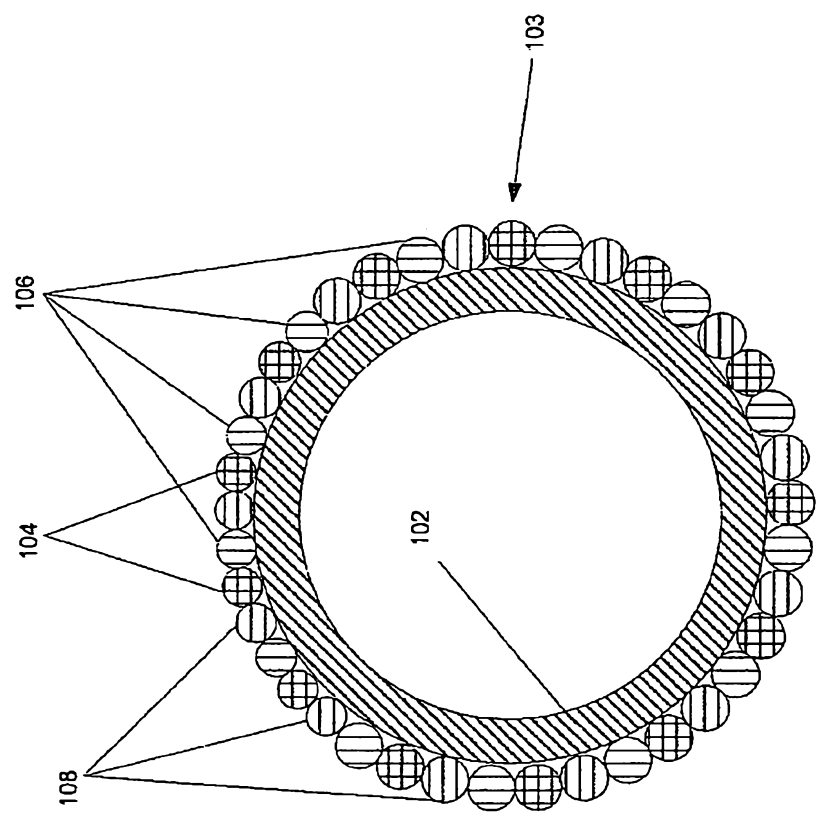


FIGURA 1c

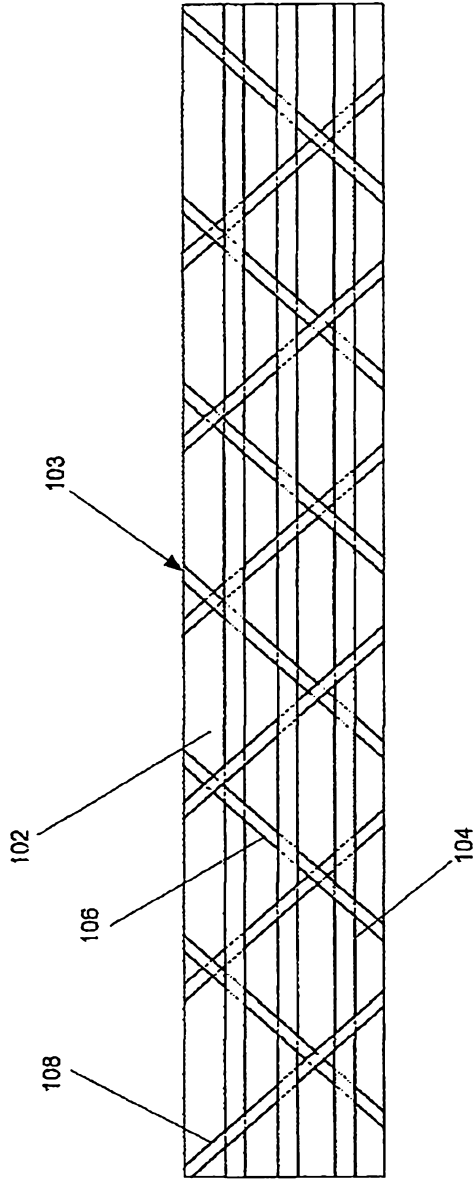


FIGURE 1d

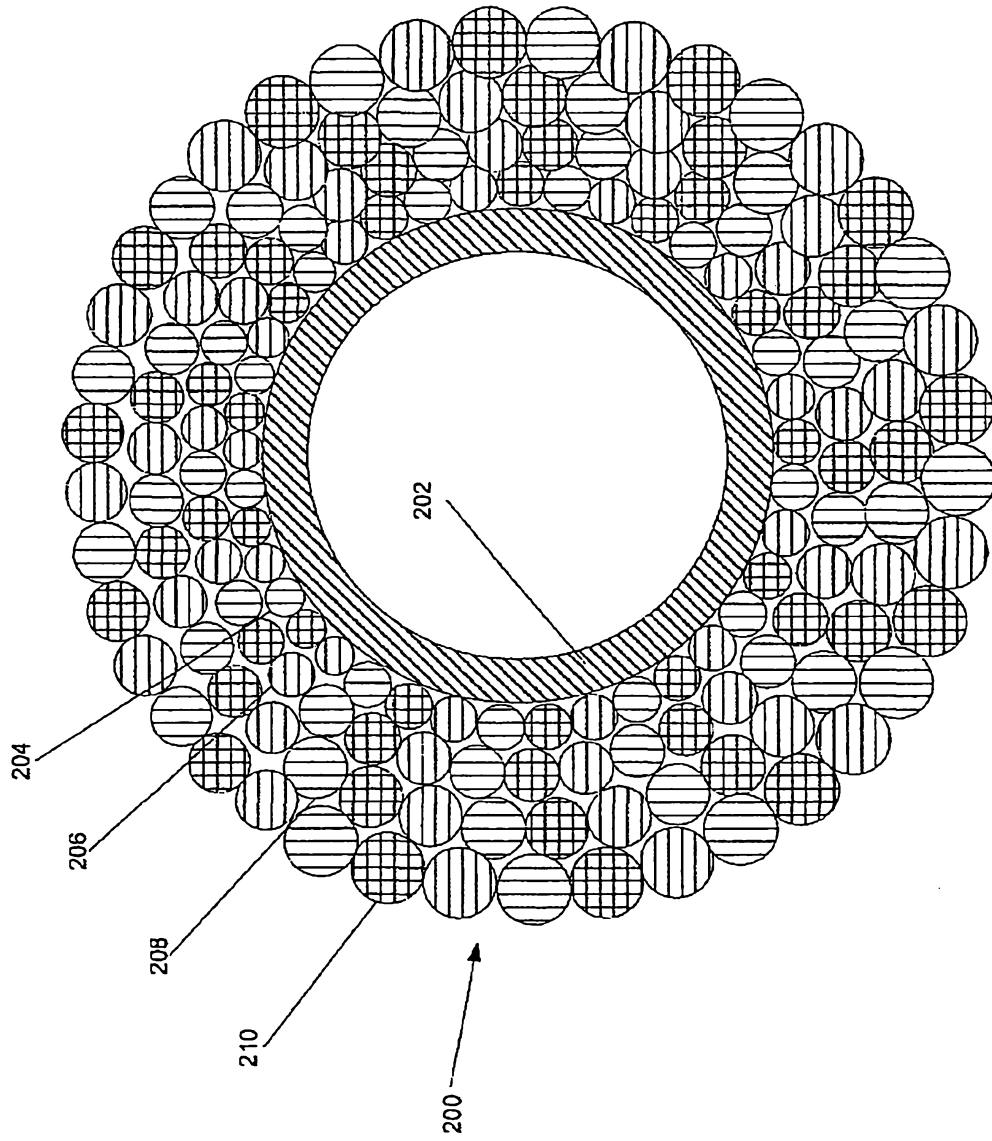


FIGURA 2a

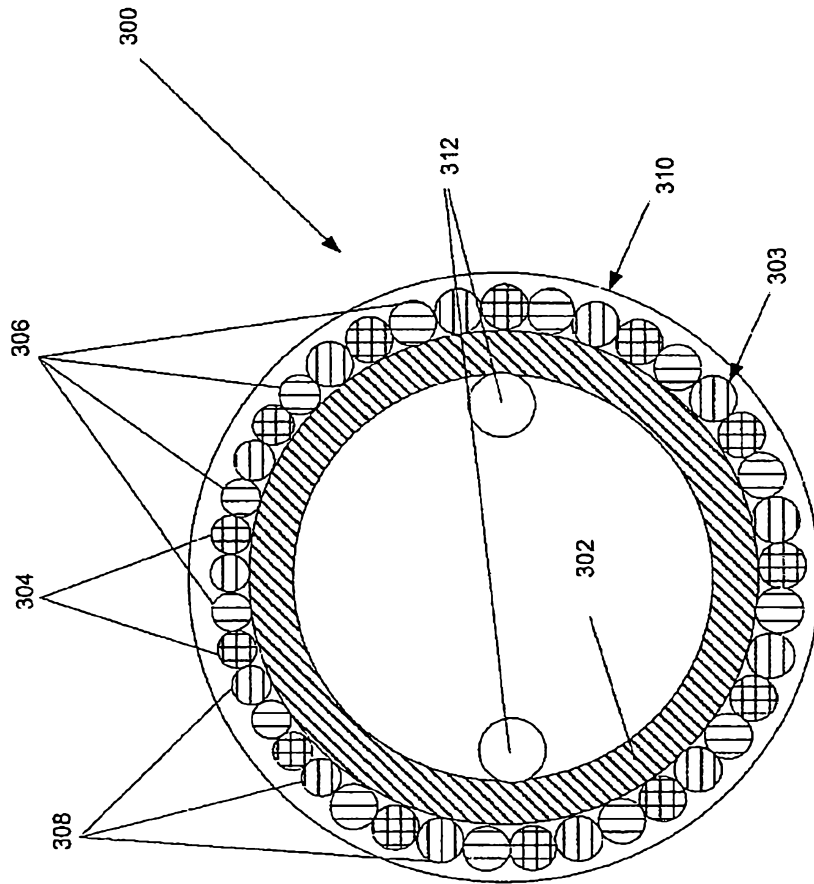


FIGURA 3a

FIGURA 3b

