

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) Data de pedido: 2002.04.05	(73) Titular(es): ALBANY INTERNATIONAL CORP. 1373 BROADWAY ALBANY, NY 12204 US
(30) Prioridade(s): 2001.04.11 US 832739	
(43) Data de publicação do pedido: 2004.01.07	(72) Inventor(es): ERIC ROMANSKI CRAYTON GREGORY TONEY DANA EAGLES SRINATH TUPIL DONALD TRIPP LAWTON US US US US US
(45) Data e BPI da concessão: 2008.07.23 187/2008	(74) Mandatário: PEDRO DA SILVA ALVES MOREIRA RUA DO PATROCÍNIO, N.º 94 1399-019 LISBOA PT

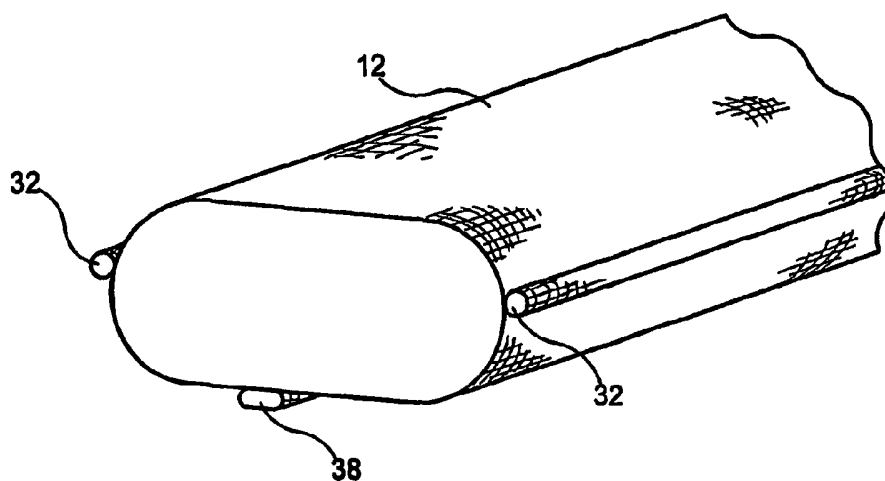
(54) Epígrafe: **RESERVATÓRIO MARÍTIMO DE CONTENÇÃO DE FLUIDO FLEXÍVEL**

(57) Resumo:

RESUMO

"RESERVATÓRIO MARÍTIMO DE CONTENÇÃO DE FLUIDO FLEXÍVEL"

Reservatório (12) ou reservatórios de contenção de fluido flexível tecido sem costuras para transporte e contenção de um volume grande de fluido, particularmente água doce, tendo estabilizadores de viga, separadores de viga, reforços (32) para impedir a oscilação, e método de realização do mesmo.



DESCRIÇÃO

"RESERVATÓRIO MARÍTIMO DE CONTENÇÃO DE FLUIDO FLEXÍVEL"

Campo da Invenção

A presente invenção refere-se a um reservatório de contenção de fluido flexível (referido daqui em diante, por vezes, como "FFCV") para transporte e contenção de um volume de fluido grande, particularmente um fluido tendo uma densidade menor que a água salgada, mais particularmente, água doce, e ao método de realização do mesmo.

Antecedentes da Invenção

É bem conhecida a utilização de recipientes flexíveis para a contenção e transporte de cargas, particularmente cargas fluidas ou líquidas. É bem conhecida a utilização de recipientes para transportar fluidos em água, particularmente, na água salgada.

Se a carga for um fluido ou um sólido fluidificado que possui uma densidade menor que a água salgada, não há necessidade de utilizar batelões, navios tanques ou reservatórios de contenção de grande capacidade rígidos. Pelo contrário, podem utilizar-se reservatórios de contenção flexíveis que podem ser rebocados ou puxados de uma localização para uma outra. Tais reservatórios flexíveis têm vantagens óbvias sobre os reservatórios rígidos. Além disso, os

reservatórios flexíveis, se construídos apropriadamente, podem ser enrolados ou dobrados depois da carga ter sido removida e armazenada para uma viagem de regresso.

Em todo o mundo existem muitas áreas que se encontram com uma necessidade crítica de água doce. A água doce é um tal produto de primeira necessidade que a colheita da calota de gelo e de icebergues está a emergir rapidamente como um grande negócio. No entanto, onde quer que se obtenha a água doce, o transporte económico da mesma até ao destino pretendido é uma preocupação.

Por exemplo, um dispositivo de colheita de calota de gelo destina-se, correntemente, a utilizar navios tanques tendo uma capacidade de 150000 ton. para transportar água doce. Evidentemente, isto envolve, não apenas o custo envolvido na utilização de um tal veículo de transporte, mas o custo adicional da sua viagem de regresso, descarregado, para recolher uma nova carga. Os reservatórios de contenção flexíveis, quando esvaziados, podem ser contraídos e armazenados, por exemplo, no rebocador que os puxou até ao ponto de descarga, reduzindo os custos neste aspecto.

Mesmo com uma tal vantagem, a economia dita que o volume a ser transportado no reservatório de contenção flexível seja suficiente para superar o custo de transporte. Deste modo, estão a desenvolver-se recipientes flexíveis cada vez maiores. No entanto, persistem problemas técnicos em relação a tais recipientes mesmo apesar de terem ocorrido desenvolvimentos ao longo dos anos. A este respeito, as melhorias nos reservatórios ou batelões de contenção flexíveis têm sido ensinadas nas Patentes U.S. 2997973; 2998973; 3001501; 3056373; e 3167103. As

utilizações pretendidas para os reservatórios de contenção flexíveis são, habitualmente, para transporte ou armazenamento de líquidos ou sólidos fluidificáveis que possuem uma densidade específica menor que a da água salgada.

A densidade da água salgada quando comparada com a densidade do líquido ou dos sólidos fluidificáveis reflecte o facto da carga proporcionar uma flutuabilidade para a bolsa de transporte flexível, quando uma bolsa parcial ou completamente cheia é colocada e rebocada na água salgada. Esta flutuabilidade da carga proporciona uma flutuação do recipiente e facilita o envio da carga desde entre portos marítimos.

Na Patente U.S. 2997973, divulga-se um reservatório que compreendendo um tubo fechado de material flexível, tal como um tecido impregnado em borracha natural ou sintética, que possui um nariz aerodinâmico adaptado para ser ligado aos meios de reboque e uma ou mais tubagens que comunicam com o interior do reservatório de modo a permitir encher e esvaziar o reservatório. A flutuabilidade é conseguida pelo conteúdo líquido do recipiente e a sua forma depende do grau de enchimento. Esta patente sugere que a bolsa de transporte flexível possa ser fabricada num tecido único, tecido como um tubo. Ela não ensina, no entanto, o modo como isto poderia ser realizado para um tubo de tal magnitude. Evidentemente, uma tal estrutura teria de tratar do problema das costuras. Encontram-se habitualmente costuras em bolsas de transporte flexíveis comerciais, uma vez que as bolsas são fabricadas tipicamente, de um modo à base de pedaços de tecido com costura por pontos ou outros meios de ligação dos pedaços de tecido de material à prova de água uns com os outros. Ver, e. g., a Patente U.S. 3779196. As costuras são conhecidas por serem uma origem da

falha da bolsa quando a bolsa é sujeita, repetidamente, a cargas elevadas. A falha da costura pode ser, evidentemente, evitada numa estrutura sem costuras.

Outros problemas referem-se à utilização de recipientes de transporte grandes. A este respeito, quando os batelões ou recipientes de transporte flexíveis, parcial ou completamente cheios, são rebocados através da água salgada, sabe-se que ocorrem problemas como instabilidade. Esta instabilidade é descrita como uma oscilação com flexão do recipiente e está relacionada directamente com a flexibilidade do recipiente de transporte parcial ou completamente cheio. Esta oscilação com flexão é conhecida igualmente como serpenteamento. Os recipientes flexíveis compridos tendo extremidades cónicas e uma circunferência relativamente constante ao longo da maioria do seu comprimento são conhecidos por terem problemas de serpenteamento. O serpenteamento é descrito na Patente U.S. 3056373, em que se observa que os batelões flexíveis tendo extremidades cónicas, desenvolvem oscilações prejudiciais capazes de romper seriamente ou, em casos extremos, de destruir o batelão, quando rebocados com uma velocidade superior a uma certa velocidade crítica. Pensou-se que as oscilações desta natureza eram desenvolvidas por forças que actuavam lateralmente no batelão em direcção da sua popa. Uma solução sugerida foi proporcionar um dispositivo para criar uma quebra das linhas de escoamento da água que passa ao longo da superfície do batelão e para provocar turbulência na água em torno da popa. É referido que uma tal turbulência removeria ou diminuiria as forças que provocam o serpenteamento, devido ao serpenteamento depender de um escoamento suave da água que provoca um movimento lateral do batelão.

Propuseram-se outras soluções para o serpenteamento, por exemplo, nas Patentes U.S. 2998973; 3001501; e 3056373. Estas soluções incluem âncoras flutuantes, quilhas e anéis deflectores, entre outras.

Uma outra solução para o serpenteamento é construir o recipiente com uma forma que proporcione estabilidade quando é rebocado. Uma empresa conhecida como Nordic Water Supply, localizada na Noruega, utilizou esta solução. Os recipientes de transporte flexíveis utilizados por esta empresa têm uma forma que pode ser descrita como um hexágono alongado. Verificou-se que esta forma de hexágono alongado proporciona um reboque estável satisfatório, quando se transporta água doce em mar aberto. No entanto, tais recipientes têm limitações de dimensão devido à magnitude das forças aplicadas sobre os mesmos. Neste aspecto, entra em jogo a relação da força de reboque, da velocidade de reboque e do consumo de combustível, para um recipiente de uma dada forma e dimensão. O operador de um rebocador que puxa um recipiente de transporte flexível deseja rebocar o recipiente com uma velocidade que minimize o custo de transporte da carga. Embora as velocidades de reboque elevadas sejam atractivas em termos de minimização do tempo de reboque, as velocidades de reboque elevadas resultam em forças de reboque elevadas e num consumo de combustível elevado. As elevadas forças de reboque requerem que o material utilizado na construção do recipiente tenha maior resistência de modo a suportar as cargas elevadas. O aumento de resistência é obtido, tipicamente, pela utilização de um material de recipiente mais espesso. Isto resulta, no entanto, num aumento do peso do recipiente e numa diminuição da flexibilidade do material. Isto, por sua vez, resulta num aumento da dificuldade em manusear o recipiente de transporte flexível, uma vez que o recipiente é

menos flexível em termos de enrolamento e mais pesado de transportar.

Além disso, o consumo de combustível aumenta rapidamente com o aumento da velocidade de reboque. Para um recipiente particular, existe uma combinação da velocidade de reboque e consumo de combustível que conduz a um custo mínimo de transporte da carga. Além disso, as velocidades de reboque elevadas podem exacerbar, igualmente, os problemas de serpenteamento.

Na situação dos recipientes de transporte flexíveis configurados em hexágono alongado utilizados no transporte de água doce em mar aberto, verificou-se que um recipiente tendo uma capacidade de 20000 metros cúbicos possui uma combinação aceitável de força de reboque (aproximadamente 8 a 9 toneladas métricas), velocidade de reboque (aproximadamente 4,5 nós) e consumo de combustível. Os recipientes configurados em hexágono alongado tendo uma capacidade de 30000 metros cúbicos são operados com uma velocidade de reboque menor, uma força de reboque maior e um consumo de combustível maior que um recipiente cilíndrico de 20000 metros cúbicos. Isto deve-se, em primeiro lugar, ao facto da largura e da profundidade do hexágono alongado maior terem de deslocar mais água salgada, quando este é puxado através do mar aberto. São desejáveis aumentos futuros da capacidade do recipiente de forma a obter uma economia de escala na operação de transporte. No entanto, os aumentos futuros na capacidade dos recipientes configurados em hexágono alongado terão como resultado velocidades de reboque menores e um aumento do consumo de combustível.

O serpenteamento, capacidade do recipiente, força de reboque, velocidade de reboque e consumo de combustível mencionados anteriormente definem uma necessidade para uma concepção de recipiente de transporte flexível melhorada. Existe uma necessidade de uma concepção melhorada que obtenha uma combinação de um reboque estável (sem serpenteamento), uma capacidade de FFCV elevada, uma velocidade de reboque elevada, uma força de reboque baixa e um consumo de combustível baixo, relativamente às concepções existentes.

Além disso, para aumentar o volume de carga a ser rebocado, sugeriu-se rebocar vários recipientes flexíveis em conjunto. Tais configurações podem encontrar-se nas Patentes U.S. 5657714; 5355819; e 3018748 em que uma multiplicidade de recipientes é rebocada em linha, um depois do outro. De modo a aumentar a estabilidade dos recipientes, o documento EPO 832032 B1 divulga o reboque de múltiplos recipientes lado a lado.

Um reservatório com vigas reforçadas é conhecido do documento GB-A-824984.

No entanto, ao rebocar recipientes flexíveis lado a lado, as forças laterais originadas pelo movimento das ondas do mar provocam instabilidade, o que faz com que um recipiente empurre um outro e rode de extremo a extremo. Tais movimentos têm um efeito prejudicial sobre os recipientes e afectam igualmente a velocidade da viagem.

Um outro problema com tais recipientes flexíveis, são as forças de reboque elevadas sobre os mesmos, em adição às forças criadas por condições de mar e de vento extremas. Deste modo, é imperativo que sejam evitadas roturas no recipiente, de outro

modo a carga total seria comprometida. O reforço do recipiente contra tais falhas é desejável e têm sido propostos vários meios para reforçar o recipiente. Estes incluem, tipicamente, a fixação de cordas na superfície externa do recipiente, como pode observar-se, por exemplo, nas Patentes U.S. 2978008 e 3067712. Têm sido consideradas, igualmente, tiras e nervuras de reforço coladas na superfície exterior do recipiente, como divulgado na Patente U.S. 2391926. Tais reforços, no entanto, apresentam as desvantagens de terem de ser fixas ao recipiente, ao mesmo tempo que são igualmente difíceis de manipular, especialmente se o recipiente se destinar a ser enrolado quando vazio. Além disso, os reforços externos na superfície do recipiente proporcionam uma maior resistência de arrasto durante o reboque. Embora os reforços sejam muito desejáveis, especialmente se se considerar um tecido de peso algo leve, o modo de reforçar necessita de ser melhorado.

Além disso, embora como mencionado anteriormente, seja desejável um recipiente flexível sem costura como mencionado na técnica anterior, os meios para fabricação de uma tal estrutura têm as suas dificuldades. Até agora, como salientado, os recipientes flexíveis grandes eram fabricados, tipicamente, em secções menores que eram cosidas ou coladas umas às outras. Estas secções tinham que ser impermeáveis à água. Tipicamente, tais secções, se não fossem fabricadas num material impermeável, poderiam ser providas rapidamente com um tal revestimento antes de serem instaladas. O revestimento poderia ser aplicado através de meios convencionais, tal como pulverização ou revestimento por imersão.

Para tecidos revestidos maiores (*i. e.*, 40'x200'), é possível revesti-los utilizando um sistema de revestimento

líquido de dois rolos. Embora grandes, estes tecidos não são tão grandes como requerido para os FFCV. É economicamente impraticável construir um sistema de rolos para revestir um tecido da dimensão grande considerada.

Ao contrário do sistema de rolos, os tecidos impermeáveis têm sido, também, fabricados tradicionalmente aplicando um revestimento líquido a uma estrutura base tecida ou não tecida, e, em seguida, pela cura ou endurecimento do revestimento através de calor ou de uma reacção química. O processo envolve equipamento para tensionar e suportar o tecido à medida que o revestimento está a ser aplicado e, finalmente, curado. Para tecidos da gama de dimensão de 100" de largura, as linhas de revestimento convencionais são capazes de manipular muitas centenas ou milhares de pés. Elas envolvem a utilização de rolos de suporte, estações de revestimento e estufas de cura que manipularão os substratos tecidos que se enquadram nas 100" de largura.

No entanto, para um recipiente sem costuras flexível tecido extremamente grande, na gama dos 40' de diâmetro e 1000' de comprimento ou maior, os métodos de revestimento convencionais seriam difíceis. Embora os tecidos planos relativamente pequenos sejam rapidamente revestidos, uma estrutura unitária tubular, extremamente longa e larga, é muito mais difícil.

Deste modo, existe uma necessidade de um FFCV para transportar volumes de fluido grandes que solucione os problemas mencionados anteriormente relativos a uma tal estrutura e ao ambiente no qual tem de operar.

Sumário da Invenção

Assim, é um objectivo principal da invenção proporcionar um FFCV tecido sem costuras relativamente grande para o transporte de cargas incluindo, particularmente, a água doce, tendo uma densidade menor que a da água salgada.

É um outro objectivo da invenção proporcionar um tal FFCV que possua meios de inibição do serpenteamento indesejável do mesmo durante o reboque.

É um outro objectivo da invenção proporcionar meios para permitir o transporte de uma multiplicidade de tais FFCV.

Um outro objectivo da invenção é proporcionar um meio de reforço de um tal FFCV de modo a distribuir eficazmente a carga no mesmo e a inibir a rotura.

É ainda um outro objectivo proporcionar um método de revestimento do tubo tecido utilizado no FFCV ou torná-lo de outro modo impermeável.

Estes e outros objectivos e vantagens realizar-se-ão pela presente invenção. Neste aspecto, a presente invenção considera a utilização de um tubo tecido sem costuras para criar o FFCV, tendo um comprimento de 300' ou mais e um diâmetro de 40' ou mais. Uma tal estrutura grande pode ser tecida em máquinas existentes que tecem as telas para os produtores de papel, tal como as pertencentes e operadas pelo presente titular. As extremidades do tubo, referidas por vezes como nariz e cauda, ou proa e popa, são vedadas por um qualquer número de meios, que incluem, poder ser dobradas e unidas e/ou cosidas por pontos com

uma barra de reboque apropriada fixa no nariz. Exemplos de porções de extremidade da técnica anterior podem encontrar-se nas Patentes U.S. 2997973; 3018748; 3056373; 3067712; e 3150627. Está provida uma abertura, ou aberturas, para encher e esvaziar a carga, tal como aquelas divulgadas nas Patentes U.S. 3067712 e 3224403.

De forma a reduzir o efeito de serpenteamento sobre uma tal estrutura longa, está provida uma multiplicidade de vigas de rigidez longitudinais ao longo do seu comprimento. Estas vigas de rigidez destinam-se a serem pressurizadas com ar ou um outro meio. As vigas são, de um modo preferido, tecidas como parte do tubo mas podem também ser tecidas separadamente e mantidas em mangas tecidas como parte do FFCV. Elas podem ser igualmente entrançadas de um modo como exposto nas Patentes U.S. 5421128 e 5735083 ou num artigo intitulado "3-D Braided Composites-Design and Applications" por D. Brookstein, da 6ª Conferência Europeia de Materiais Compósitos, em Setembro de 1995. Elas podem ser, igualmente, tricotadas ou dispostas com tecnologia "lay-up" como uma parte integral da estrutura têxtil utilizada para fabricar o tubo. A estrutura total é fabricada, de um modo preferido, como uma peça (construção unificada). É possível, igualmente, ligar ou fixar tais vigas por costura, no entanto, prefere-se uma construção unificada devido à facilidade de fabricação e à sua maior resistência.

As vigas de rigidez ou de reforço de construção similar, como mencionado acima, podem ser providas, igualmente, com distâncias espaçadas em torno da circunferência do tubo.

As vigas proporcionam, igualmente, flutuabilidade ao FFCV à medida que a carga é descarregada para mantê-lo a flutuar, uma

vez que o FFCV vazio seria normalmente mais pesado que a água salgada. Podem estar providas válvulas que permitem a pressurização e a despressurização à medida que o FFCV é enrolado para armazenamento.

Na situação em que mais do que um FFCV está a ser rebocado, considera-se que um modo possível é aquele em que são rebocados lado a lado. Para aumentar a estabilidade e evitar a "rotação sobre si próprio", uma multiplicidade de separadores de vigas, de um modo preferido, que contêm ar pressurizado ou um outro meio, seriam utilizados para acoplar FFCV adjacentes em conjunto ao longo do seu comprimento. Os separadores de vigas podem ser fixos às paredes laterais do FFCV por meio de elementos de ligação de costuras com cavilha ou por quaisquer outros meios adequados para o propósito.

Um outro modo seria através da tecelagem de uma série de FFCV sem fim e sem costura interligados através de uma porção tecida plana.

Além disso, a presente invenção inclui reforços de fibra tecidos no tubo utilizado para construir o FFCV. Estas fibras de reforço podem estar distanciadas na direcção longitudinal em torno da circunferência do tubo e na direcção vertical ao longo do comprimento do tubo. Além de proporcionar um reforço, um tal arranjo pode permitir a utilização de um tecido de peso mais leve na construção do tubo. Uma vez que elas são tecidas no tecido, não são necessários meios externos para fixá-las nem elas criam uma resistência de arrasto adicional durante o reboque.

O reforço pode tomar, igualmente, a forma de bolsos tecidos no tubo para receberem ao longo do comprimento e circunferencialmente, cordas ou cabos de reforço que cumprirão os requisitos de carga do FFCV, ao mesmo tempo que preservam a sua forma.

A presente invenção divulga, igualmente, métodos que tornam o tubo impermeável. Neste aspecto, propõem-se vários métodos para permitir que seja utilizado um revestimento comercial, *i. e.*, pulverização, revestimento por imersão, etc. O tubo pode ser revestido no interior, no exterior ou em ambos com um material impermeável. O tubo, se a tecelagem for suficientemente apertada, pode ser inflado e o exterior pode ser revestido por pulverização. Pode inserir-se um balão anti adesivo, se necessário, para permitir o revestimento do exterior. O balão é em seguida removido e o tubo pode ser inflado e o interior revestido. Alternativamente, pode inserir-se um forro anti adesivo plano no interior do tubo para impedir a adesividade da superfície interior durante o revestimento e que é depois removido. Igualmente, podem inserir-se meios mecânicos no interior do tubo durante o revestimento para manter as superfícies interiores afastadas durante o revestimento.

Alternativamente, o tubo pode ser tecido com uma fibra que possui um revestimento termoplástico ou com fibras termoplásticas inter-dispersas no interior da tecelagem. O tubo seria em seguida sujeito a calor e a pressão de modo a fazer com que o material termoplástico encha os vazios na tecelagem e crie um tubo impermeável. Um aparelho que permite obter isto, é igualmente divulgado.

Breve Descrição dos Desenhos

Assim através da presente invenção realizar-se-ão os seus objectivos e vantagens, cuja descrição deve ser tomada em conjunto com os desenhos, em que:

A Figura 1 é uma vista em perspectiva um tanto geral de um FFCV da técnica anterior que é cilíndrico e que possui uma proa ou nariz pontiagudo;

A Figura 2 é uma vista em perspectiva um tanto geral de um FFCV que é cilíndrico e que possui uma proa ou nariz achatado, que incorpora os ensinamentos da presente invenção;

A Figura 2A é uma vista em perspectiva um tanto geral de um arranjo de lingueta que veda a proa ou nariz do FFCV, que incorpora os ensinamentos da presente invenção;

A Figura 2B é uma vista em secção lateral da proa do FFCV mostrado na Figura 2A, que incorpora os ensinamentos da presente invenção;

As Figuras 2C e 2D mostram um arranjo de lingueta alternativo àquele mostrado nas Figuras 2A e 2B, que incorpora os ensinamentos da presente invenção;

A Figura 2E é uma vista em perspectiva um tanto geral de uma porção de extremidade colapsada e dobrada do FFCV antes da vedação, que incorpora os ensinamentos da presente invenção;

A Figura 2F é uma vista em perspectiva um tanto geral de um FFCV que possui tampas de extremidade rombas na sua proa e popa, que incorpora os ensinamentos da presente invenção;

As Figuras 2G e 2H mostram um arranjo de tampa de extremidade alternativo àquele mostrado na Figura 2F, que incorpora os ensinamentos da presente invenção;

A Figura 2I é uma vista em perspectiva um tanto geral de um FFCV que possui uma proa achatada, a qual é ortogonal à popa, que incorpora os ensinamentos da presente invenção;

A Figura 3 é uma vista em corte de um FFCV que possui vigas de rigidez longitudinais, que incorporam os ensinamentos da presente invenção;

A Figura 3A é uma vista em perspectiva um tanto geral de um FFCV que possui vigas de rigidez longitudinais (mostradas separadamente) que estão inseridas em mangas ao longo do FFCV, que incorporam os ensinamentos da presente invenção;

A Figura 4 é uma vista parcialmente em corte de um FFCV que possui vigas de rigidez circunferenciais, que incorporam os ensinamentos da presente invenção;

A Figura 5 é uma vista um tanto geral de um FFCV configurado em cápsula que possui uma viga de rigidez longitudinal e uma viga de rigidez vertical na sua proa, que incorporam os ensinamentos da presente invenção;

As Figuras 5A e 5B mostram vistas um tanto gerais de uma série de FFCV configurados em cápsula ligados através de

uma estrutura tecida plana, que incorporam os ensinamentos da presente invenção;

A Figura 6 é uma vista um tanto geral de dois FFCV que estão a ser rebocados lado a lado, com uma multiplicidade de separadores de viga ligados entre os mesmos, que incorporam os ensinamentos da presente invenção;

A Figura 7 é uma vista um tanto esquemática da distribuição de forças em FFCV lado a lado, ligados através de separadores de vigas que incorporam os ensinamentos da presente invenção;

A Figura 8 é uma vista em perspectiva de um dispositivo para aplicação de calor e de pressão num tubo que se destina a ser utilizado num FFCV, que incorpora os ensinamentos da presente invenção;

A Figura 9 é uma vista em perspectiva do dispositivo mostrado na Figura 8 em conjunção com o tubo que incorpora os ensinamentos da presente invenção; e

As Figuras 10, 10A e 10B são vistas em perspectiva de uma forma alternativa da porção de tubo do FFCV que possui bolsos tecidos para receber elementos de reforço, que incorporam os ensinamentos da presente invenção.

Descrição Pormenorizada das Formas de Realização Preferidas

O FFCV 10 proposto destina-se a ser construído num tubo têxtil impermeável tecido sem costuras. A configuração do tubo pode variar. Por exemplo, como mostrado na Figura 2, ele compreenderia um tubo 12 que possui um diâmetro substancialmente uniforme (perímetro) e vedado em cada extremidade 14 e 16. Ele pode ter, igualmente, um diâmetro não uniforme ou uma forma não uniforme. Ver Figura 5. As extremidades 14 e 16 respectivas podem ser fechadas, apertadas, e vedadas de qualquer número de modos, como será discutido. A estrutura revestida resultante será também suficientemente flexível para ser dobrada ou enrolada para transporte e armazenamento.

Antes de discutir mais particularmente a concepção do FFCV da presente invenção, é importante ter em consideração certos factores de concepção. A distribuição uniforme da carga de reboque é crucial para a vida e desempenho do FFCV. Durante o processo de reboque existem dois tipos de forças de resistência de arrasto que operam sobre o FFCV, as forças de resistência de viscosidade e de resistência de arrasto devida à forma. A força total, a carga de reboque, é a soma das forças de resistência de viscosidade e de forma. Quando um FFCV cheio, estacionário, se move inicialmente, existe uma força de inércia experimentada durante a aceleração do FFCV até uma velocidade constante. A força de inércia pode ser bastante grande em comparação com a força de resistência de arrasto total devido à grande quantidade de massa que é colocada em movimento. Mostrou-se que a força de resistência de arrasto é determinada em primeiro lugar pela maior secção transversal do perfil do FFCV, ou do ponto de diâmetro maior. Uma vez a velocidade constante, a força de

reboque de inércia é nula, e a carga de reboque total é a força de resistência de arrasto total.

Como parte disto, e em adição ao mesmo, determinou-se que para aumentar o volume do FFCV, é mais eficiente aumentar o seu comprimento que aumentar tanto o seu comprimento como largura. Por exemplo, desenvolveu-se uma força de reboque como uma função da velocidade de reboque, para uma bolsa de transporte configurada de modo cilíndrico que possui uma proa e popa configuradas de modo esférico. Assume-se que o FFCV está totalmente submerso em água. Embora esta hipótese possa não ser correcta para uma carga que possui uma densidade menor que a da água salgada, ela proporciona um meio para estimar os efeitos relativos da concepção do FFCV nos requisitos do reboque. Este modelo estima a força de reboque total ao calcular e adicionar em conjunto dois componentes da resistência de arrasto para uma dada velocidade. Os dois componentes da resistência de arrasto são a resistência de viscosidade e a resistência de arrasto devida à forma. A fórmula para os componentes de resistência de arrasto é mostrada abaixo.

$$\text{Resistência de viscosidade (toneladas)} = (0,25 * (A4 + D4) * (B4 + (3,142 * C4)) * E4^{1,63} / 8896$$

$$\text{Resistência de arrasto devida à forma (toneladas)} = (((B4 - (3,14 * C4 / 2)) * C4 / 2)^{1,87} * E4^{1,33 * 1,133} / 8896$$

$$\begin{aligned} \text{Força de Reboque Total (toneladas)} = \\ \text{Resistência de viscosidade (toneladas)} + \text{Resistência de} \\ \text{arrasto devida à forma (toneladas)} \end{aligned}$$

em que A4 é o comprimento total em metros, D4 é o comprimento total das secções de proa e de popa em metros, B4 é o perímetro da bolsa em metros, C4 é o calado em metros e E4 é a velocidade em nós.

A força de reboque para uma série de concepções de FFCV pode ser agora determinada. Por exemplo, assuma-se que o FFCV possui um comprimento total de 160 metros, um comprimento total de 10 metros para as secções de proa e de popa, um perímetro de 35 metros, uma velocidade de 4 nós e que a bolsa está 50% cheia. O calado em metros é calculado assumindo que a forma da secção transversal do FFCV parcialmente cheio tem uma forma de pista de corrida. Esta forma assume que a secção transversal se parece com dois meios círculos unidos numa secção central rectangular. O calado para este FFCV é calculado como sendo 3,26 metros. A fórmula para o calado é mostrada abaixo.

$$\text{Calado (metros)} = B4/3,14*(1-((1-J4)^{0,5}))$$

em que J4 é a fracção cheia do FFCV (50% neste caso).

Para este FFCV a resistência de arrasto total é de 3,23 toneladas. A resistência de arrasto devida à forma é de 1,15 toneladas e a resistência de viscosidade é de 2,07 toneladas. Se a carga for água doce, este FFCV transportaria 7481 toneladas estando 50% cheio.

Se se desejar um FFCV que possa transportar, aproximadamente, 60000 toneladas de água estando 50% cheio, a capacidade do FFCV pode ser aumentada, pelo menos, de duas maneiras. Um modo é aumentar proporcionalmente o comprimento total, comprimento total das secções de proa e de popa e

perímetro com um factor igual. Se estas dimensões de FFCV forem aumentadas por um factor de 2, a capacidade do FFCV estando 50% cheio é de 59,846 toneladas. A força de reboque total aumenta de 3,23 toneladas para o FFCV anterior, até 23,72 toneladas para este FFCV. Isto é um aumento de 634%. A resistência de arrasto devida à forma é de 15,43 toneladas (um aumento de 1241%) e a resistência de viscosidade é de 8,29 toneladas (um aumento de 300%). A maioria do aumento da força de reboque resulta de um aumento na resistência de arrasto devida à forma, o qual reflecte o facto desta concepção requerer que se desloque mais água salgada de modo a mover o FFCV através da água salgada.

Um meio alternativo para aumentar a capacidade de 60000 toneladas é aumentar o comprimento do FFCV mantendo as dimensões do perímetro proa e popa iguais. Quando o comprimento total é aumentado até 1233,6 metros a capacidade para 50% cheio é de 59836 toneladas. Com uma velocidade de 4 nós a força de resistência de arrasto total é de 16,31 toneladas ou 69% do segundo FFCV acima descrito. A resistência de arrasto devida à forma é de 1,15 toneladas (a mesma que para o primeiro FFCV) e a resistência de viscosidade é de 15,15 toneladas (um aumento de 631% em relação ao primeiro FFCV).

Esta concepção alternativa (um FFCV alongado de 1233,6 metros) tem, claramente, uma vantagem em termos de aumento de capacidade ao mesmo tempo que minimiza qualquer aumento na força de reboque. A concepção alongada realizará, igualmente, uma economia de combustível muito maior para a embarcação de reboque, relativamente à primeira concepção extrapolada com a mesma capacidade.

Com o modo preferido de aumento de volume do FFCV que foi determinado, voltamo-nos agora para a construção geral do tubo 12 que constituirá o FFCV. A presente invenção considera tecer o tubo 12 de um modo sem costuras num grande tear têxtil do tipo utilizado tipicamente para tecer material têxtil ou tecido para produtores de papel, sem costura. O tubo 12 é tecido num tear que possui uma largura de, aproximadamente, 96 pés. Com um tear que possui uma tal largura, o tubo 12 teria um diâmetro de aproximadamente 92 pés. O tubo 12 poderia ser tecido até um comprimento de 300 pés ou mais. O tubo, como será discutido, terá que ser impermeável à água salgada ou à difusão de iões de sais. Uma vez feito isto, são vedadas as extremidades dos tubos. A vedação é requerida não só para permitir que a estrutura contenha água ou uma outra carga, mas igualmente para proporcionar um meio para rebocar o FFCV.

A vedação pode realizar-se de vários modos. A extremidade vedada pode ser formada pela colapsagem da extremidade 14 do tubo 12 e pela sua dobragem numa ou mais vezes, como mostrado na Figura 2. Uma extremidade 14 do tubo 12 pode ser vedada de modo a que o plano da superfície vedada esteja, igualmente, no mesmo plano que a superfície de vedação na outra extremidade 16 do tubo. Alternativamente, a extremidade 14 pode estar ortogonal ao plano formado pela superfície de vedação na outra extremidade 16 do tubo, criando uma proa que é perpendicular à superfície da água, similar àquela de um navio. (Ver Figura 2I). Para vedação, as extremidades 14 e 16 do tubo são colapsadas de modo a que resulte um comprimento de vedação de alguns pés. A vedação é facilitada pela colagem ou vedação das superfícies interiores da extremidade de tubo achatada com um material reactivo ou um adesivo. Além disso, as extremidades 14 e 16 achatadas do tubo podem ser grampeadas e reforçadas com barras 18 metálicas ou

compósitas que são aparafusadas ou fixas através da estrutura compósita. Estas barras 18 metálicas ou compósitas podem proporcionar um meio de fixação a um mecanismo 20 de reboque de um rebocador que reboca o FFCV.

Além disso, como mostrado nas Figuras 2A e 2B, um artigo metálico ou compósito, que será chamado de uma lingueta 22, pode ser inserido no interior e na extremidade do tubo 12 antes de vedação. A lingueta 22 seria perfilada de modo a corresponder à forma da extremidade do tubo quando a extremidade do tubo está quer totalmente aberta, parcialmente colapsada, como totalmente colapsada. A extremidade 14 do tubo 12 seria vedada em torno da lingueta com um adesivo ou cola. A lingueta seria fixa em posição por parafusos 24 ou por algum outro meio adequado. A lingueta seria aparafusada não só à extremidade do tubo revestido mas, igualmente, a qualquer placa metálica exterior ou dispositivo de suporte compósito. A lingueta poderia ser adaptada, igualmente, com dispositivos de fixação para reboque do FFCV. A lingueta poderia estar adaptada igualmente com uma ou mais portas 28 ou tubagens que podem ser utilizadas quer para ventilar o FFCV, encher o FFCV com água, como para esvaziar o FFCV de água. Estas tubagens podem ser realizadas de modo a que possam ser inseridas no FFCV bombas ligadas a uma tubagem de descarga e a uma fonte de alimentação externa, e ser utilizadas para esvaziar o FFCV de água.

São possíveis outras configurações para a construção da lingueta, tal como a lingueta 22' de cinco pontas mostrada nas Figuras 2C e 2D. A lingueta 22' seria fixa de modo similar ao tubo 12 como discutido, possuindo cada uma das pontas portas 28' para enchimento, esvaziamento ou ventilação. Tal como com cada uma das configurações de lingueta, ele é dimensionado de modo a

ter um perímetro de superfície exterior que corresponda àquele da extremidade do tubo 12.

Uma alternativa a um arranjo de lingueta é uma estrutura de costura com cavilha que pode ser criada na extremidade vedada. Um modo de realizar isto, é utilizar as margens dianteira e posterior do FFCV para formar costuras, tal como uma costura com cavilha. Uma costura com cavilha poderia ser efectuada começando pela tecelagem do tubo, tecendo primeiro um tecido plano com um comprimento aproximadamente de 10 pés. A configuração do tear seria, em seguida, modificada para efectuar a transição para um tecido tubular e, em seguida na extremidade oposta modificada de novo para um tecido plano de aproximadamente 10 pés. Depois de revestir a extremidade plana do tubo, ela é dobrada sobre si mesma de modo a formar um anel fechado. Este anel seria fixo em posição fixando em conjunto as duas peças de tecido revestido que contactam de modo a formar o anel. Estas peças poderiam ser fixas com parafusos e reforçadas com uma folha compósita ou metálica. O anel fechado seria então maquinado ou cortado de modo a que ele formasse uma série de dedos com anéis dimensionados de modo igual, com espaços entre os dedos. Estes espaços teriam uma largura ligeiramente maior que a largura de um dedo com anel. Os dedos com anéis formam uma extremidade de uma costura com cavilha que pode ser entrelaçada com um outro conjunto de dedos com anéis de um outro FFCV. Logo que os dedos com anéis estejam entrelaçados nas duas extremidades de dois FFCV, seria inserida uma corda ou um eixo nos anéis e fixa em posição. Esta costura com cavilha pode ser utilizada para fixar um mecanismo de reboque. Alternativamente, ela pode proporcionar um meio para unir em conjunto dois FFCV. Os dois FFCV podem ser unidos em conjunto rapidamente e separados rapidamente através deste meio de união.

Uma alternativa à formação de uma simples extremidade colapsada e vedada envolve tanto a colapsagem como a dobração da extremidade 14 do tubo 12, de modo a que a largura W da extremidade vedada corresponda quer ao diâmetro do tubo como à largura do tubo, quando o tubo está cheio com água e flutua na água salgada. A configuração geral da extremidade colapsada e dobrada é mostrada na Figura 2E. Esta característica de fazer corresponder a largura da extremidade vedada quer com a largura do tubo quer com o diâmetro do tubo quando cheio, minimizará a concentração de tensões quando o FFCV estiver a ser rebocado.

A extremidade 14 (colapsada e dobrada) será vedada com um vedante de polímero reactivo ou adesivo. A extremidade vedada pode ser reforçada, igualmente, como discutido previamente, com barras metálicas ou compósitas de modo a fixar a extremidade vedada e pode estar provida com um meio para fixação de um dispositivo de reboque. Além disso, pode inserir-se uma lingueta metálica ou compósita, como discutido anteriormente, no interior e na extremidade do tubo antes de vedação. A lingueta seria perfilada de modo a corresponder à forma da extremidade do tubo, quando a extremidade do tubo está colapsada e dobrada.

Um outro meio para vedação das extremidades envolve a fixação de tampas 30 de extremidade metálicas ou compósitas, como mostrado na Figura 2F. Nesta forma de realização, a dimensão das tampas será determinada pelo perímetro do tubo. O perímetro da tampa 30 de extremidade será concebido para corresponder ao perímetro do interior do tubo 12, e será vedado com o mesmo através de colagem, aparafusamento ou qualquer outro meio adequado para o propósito. A tampa 30 de extremidade servirá como vedação, para enchimento e esvaziamento através das

portas 31, e meio de fixação do reboque. O FFCV não é cónico, pelo contrário, tem uma extremidade mais "romba" com o perímetro substancialmente uniforme que distribui a força ao longo do perímetro maior, o qual é o mesmo ao longo de todo o comprimento, em vez de concentrar as forças na área de pescoço de diâmetro menor do FFCV da técnica anterior (ver Figura 1). Através da fixação de uma tampa de reboque que corresponde ao perímetro garante-se uma distribuição de forças mais igual, particularmente as forças de reboque iniciais, ao longo da estrutura do FFCV total.

Uma concepção alternativa de uma tampa de extremidade é mostrada nas Figuras 2G e 2H. A tampa 30' de extremidade mostrada é fabricada, igualmente, em material metálico ou compósito e é colada, aparafusada ou vedada de um outro modo ao tubo 12. Como pode observar-se, embora sendo cónica, a porção posterior da tampa 30' tem um perímetro que corresponde ao perímetro interior do tubo 12 que proporciona uma distribuição de força uniforme no mesmo.

A abordagem colapsada, a configuração colapsada e dobrada para vedação, a abordagem de lingueta, ou a abordagem de tampa de extremidade podem ser concebidas de modo a distribuir, em vez de concentrar, as forças de reboque ao longo do FFCV total e permitirão uma operação melhorada do mesmo.

Tendo-se já considerado as forças de reboque para determinar a forma que é mais eficiente, *i. e.*, mais comprido é melhor que mais largo, e os meios para vedação das extremidades do tubo, voltamo-nos agora para uma discussão das forças sobre o próprio FFCV na selecção de material e construção.

As forças que podem ocorrer num FFCV podem ser entendidas de duas perspectivas. Numa perspectiva, podem estimar-se as forças de resistência de arrasto para um FFCV que viaja através da água ao longo de um intervalo de velocidades. Estas forças podem distribuir-se uniformemente ao longo de todo o FFCV e é desejável que as forças se distribuam o mais uniformemente possível. Uma outra perspectiva é que o FFCV é fabricado com um material específico que possui uma dada espessura. Para um material específico, conhecem-se a carga de rotura e as propriedades de alongamento e pode assumir-se que este material não poderá exceder uma percentagem específica da carga de rotura. Por exemplo, assume-se que o material do FFCV tem um peso base de 1000 gramas por metro quadrado e que metade do peso base é atribuído ao material têxtil (não revestido) e metade à matriz ou material de revestimento com 70% da fibra orientada na direcção ao longo do comprimento do FFCV. Se a fibra for, por exemplo, nylon 6 ou nylon 6.6 que possui uma densidade de 1,14 gramas por centímetro cúbico, pode calcular-se que o nylon orientado ao longo do comprimento compreende, aproximadamente, 300 milímetros quadrados do material do FFCV ao longo de uma largura de 1 metro. Trezentos (300) milímetros quadrados são iguais a, aproximadamente, 0,47 polegadas quadradas. Se se assumir que o reforço de nylon tem uma tensão limite de rotura de 80000 libras por polegada quadrada, uma peça com a largura de um metro deste material de FFCV romperá quando a carga atingir 37600 lbs. Isto é equivalente a 11500 libras por pé linear. Para um FFCV que possui um diâmetro de 42 ft a circunferência é de 132 ft. A carga de rotura teórica para este FFCV seria de 1518000 lbs. Assumindo que não se excederá 33% da tensão limite de rotura do reforço de nylon, então a carga máxima permitida para o FFCV seria de aproximadamente 500000 lbs ou de aproximadamente 4000 libras por pé linear (333 libras por

polegada linear). Deste modo, o requisito de carga pode ser determinado e deve ser ponderado na selecção de material e nas técnicas de construção.

Igualmente, o FFCV experimentará um ciclo entre uma carga nula e uma carga alta. Deste modo, devem considerar-se, igualmente, em qualquer selecção de material, as propriedades de recuperação do material num ambiente de carga cíclica. Os materiais devem suportar igualmente a exposição à luz solar, à água salgada, às temperaturas da água salgada, à vida marinha e à carga que é enviada. Os materiais de construção devem impedir igualmente a contaminação da carga pela água salgada. A contaminação ocorreria, se a água salgada fosse forçada para o interior da carga ou se os iões de sais fossem difundidos para o interior da carga.

Com o anterior em mente, a presente invenção considera FFCV que são construídos a partir de têxteis revestidos. Os têxteis revestidos têm dois componentes principais. Estes componentes são o reforço de fibra e o revestimento polimérico. Uma variedade de reforços de fibra e de materiais de revestimento poliméricos são adequados para FFCV. Tais materiais devem ser capazes de suportar as cargas mecânicas e os vários tipos de extensões que serão experimentados pelo FFCV.

A presente invenção considera uma carga de tracção de rotura para a qual o material de FFCV deverá ser concebido, no intervalo de, aproximadamente, 1100 libras por polegada de largura de tecido até 2300 libras por polegada de largura de tecido. Além disso, o revestimento deve ser capaz de ser dobrado ou flectido repetidamente, uma vez que o material do FFCV é frequentemente enrolado numa bobina.

Os materiais de revestimento polimérico adequados incluem policloreto de vinilo, poliuretanos, borrachas sintéticas e naturais, poliureias, poliolefinas, polímeros de silicone e polímeros acrílicos. Estes polímeros podem ser de natureza termoplástica ou termoendurecível. Os revestimentos poliméricos termoendurecíveis podem ser curados através de calor, curáveis à temperatura ambiente ou curáveis por UV. Os revestimentos poliméricos podem incluir plastificantes e estabilizadores que conferem quer flexibilidade como durabilidade ao revestimento. Os materiais de revestimento preferidos são o policloreto de vinilo, os poliuretanos e as poliureias plastificados. Estes materiais possuem propriedades de barreira boas e são tanto flexíveis como duráveis.

Os materiais de reforço de fibra adequados são nylons (como uma classe geral), poliésteres (como uma classe geral), poliaramidas (tal como Kevlar®, Twaron ou Technora), poliolefinas (tal como Dyneema e Spectra) e polibenzoxazole (PBO).

Dentro de uma classe de materiais, as fibras de alta resistência minimizam o peso do tecido requerido para satisfazer o requisito de concepção para o FFCV. Os materiais de reforço de fibra preferidos são nylons de alta resistência, poliaramidas de alta resistência e poliolefinas de alta resistência. O PBO é desejável devido à sua alta resistência, mas indesejável devido ao seu custo relativamente alto. As poliolefinas de alta resistência são desejáveis devido à sua alta resistência, mas são difíceis de ligar eficazmente com materiais de revestimento.

O reforço de fibra pode ser formado numa variedade de construções de tecelagem. Estas construções de tecelagem variam

de uma tecelagem tafetá (1x1) até tecelagens panamá e tecelagens de sarja. As tecelagens panamá, tal como 2x2, 3x3, 4x4, 5x5, 6x6, 2x1, 3x1, 4x1, 5x1 e 6x1, são adequadas. As tecelagens de sarja, tal como 2x2, 3x3, 4x4, 5x5, 6x6, 2x1, 3x1, 4x1, 5x1 e 6x1, são adequadas. Adicionalmente, podem empregar-se as tecelagens de cetim, tal como 2x1, 3x1, 4x1, 5x1 e 6x1. Embora tenha sido discutido uma tecelagem de uma única camada, como será evidente para um especialista da técnica, podem ser igualmente desejáveis tecelagens de multi-camadas, dependendo das circunstâncias.

O tamanho do fio ou denier na contagem de fio variará dependendo da resistência do material seleccionado. Quanto maior o diâmetro do fio, menos linhas por polegada serão requeridas para obter o requisito de resistência. Reciprocamente, quanto menor o diâmetro do fio, mais linhas por polegada serão requeridas para manter a mesma resistência. Podem utilizar-se vários níveis de torção no fio, dependendo da superfície desejada. A torção do fio pode variar de tão baixo como uma torção de zero até tão alto como 20 voltas por polegada e mais. Além disso, as formas do fio podem variar. Dependendo das circunstâncias envolvidas, podem utilizar-se formas redondas, elípticas, achatadas ou outras adequadas para o propósito.

Deste modo, com tudo o que foi mencionado anteriormente em mente, a fibra e a tecelagem apropriadas podem ser seleccionadas em conjunto com o revestimento a ser utilizado.

Voltando agora, no entanto, à estrutura do próprio FFCV 10, embora se tenha determinado que uma estrutura longa é rebocada de modo mais eficiente a altas velocidades (maiores que os presentes 4,5 nós), o serpenteamento em tais estruturas é, no

entanto, um problema. Para reduzir a ocorrência de serpenteamento, a presente invenção proporciona um FFCV 10 construído com uma ou mais vigas 32 na direcção do comprimento ou longitudinais que proporcionam rigidez ao longo do comprimento do tubo 12, como mostrado na Figura 3. Deste modo, adiciona-se uma forma de rigidez estrutural na direcção do comprimento a um FFCV 10. As vigas 32 podem ser estruturas tubulares estanques ao ar fabricadas em tecido revestido. Quando a viga 32 é insuflada com gás ou ar pressurizado, a viga 32 rigidifica e é capaz de suportar uma carga aplicada. A viga 32 pode ser, igualmente, insuflada e pressurizada com um líquido, tal como água ou outro meio, para obter a rigidez desejada. As vigas 32 podem ser fabricadas de modo a serem rectilíneas ou curvas, dependendo da forma desejada para a aplicação e da carga que será suportada.

As vigas 32 podem ser fixas ao FFCV 10 ou, podem ser construídas como uma parte integral do FFCV. Na Figura 3, mostram-se duas vigas 32, posicionadas de modo oposto. As vigas 32 podem estender-se ao longo do comprimento total do FFCV 10 ou podem estender-se apenas numa porção curta do FFCV 10. O comprimento e a localização da viga 32 são determinados pela necessidade de estabilizar o FFCV 10 contra o serpenteamento. As vigas 32 podem ser numa única peça ou em múltiplas peças 34 que se estendem ao longo do FFCV 10 (ver Figura 4).

De um modo preferido, a viga 32 é fabricada como uma parte integral do FFCV 10. Deste modo, é menos provável que a viga 32 se separe do FFCV 10. Uma ou mais vigas 32 podem ser tecidas como uma parte integral de um único tubo 12 tecido para o FFCV 10. É possível tecer não só o tubo 12 que se torna no espaço de transporte de carga, mas também tecer, simultaneamente, a

estrutura ou estruturas tubulares que se tornam na viga ou vigas 32 no FFCV 10. Note-se que mesmo na situação em que a viga de rigidez é uma parte integral do FFCV 10, ela pode ser ainda tecida num material diferente ou numa tecelagem diferente do FFCV 10, como será evidente para um especialista da técnica.

No entanto, pode ser igualmente desejável tornar as vigas 33 de rigidez infláveis como unidades separadas e, como mostrado na Figura 3A. A estrutura tubular pode ter mangas 35 tecidas integralmente para receberem as vigas 33 de rigidez. Isto permite que as vigas de rigidez sejam fabricadas de modo a satisfazer requisitos de carga diferentes dos da estrutura tubular. Igualmente, a viga pode ser revestida separadamente do FFCV para torná-la impermeável e inflável, permitindo que seja utilizado um revestimento diferente para a estrutura tubular, se assim desejado.

Podem fabricar-se igualmente vigas 32 similares, de modo a estenderem-se na direcção transversal ao comprimento do FFCV 10, como mostrado na Figura 4. As vigas 36 que se estendem na direcção transversal podem ser utilizadas para criar deflectores ao longo do lado do FFCV 10. Estes deflectores podem quebrar padrões de escoamento da água salgada ao longo do lado do FFCV 10, o que, de acordo com a técnica anterior, conduz a um reboque estável do FFCV 10. Ver Patente U.S. 3056373.

Além disso, as vigas 32 e 36, cheias com ar pressurizado, proporcionam flutuabilidade ao FFCV 10. Esta flutuabilidade acrescida tem uma utilidade limitada quando o FFCV 10 está cheio com carga. Esta flutuabilidade acrescida tem uma maior utilidade quando a carga está a ser esvaziada do FFCV 10. Quando a carga é removida do FFCV 10, as vigas 32 e 36 proporcionarão

flutuabilidade para manter o FFCV 10 a boiar. Esta característica é especialmente importante quando a densidade do material do FFCV 10 é maior que a da água salgada. Se o FFCV 10 se destinar a ser enrolado numa bobina quando o FFCV 10 estiver vazio, as vigas 32 e 36 podem ser esvaziadas gradualmente através de válvulas de descarga periódica de modo a proporcionar simultaneamente uma facilidade de enrolamento e de flutuação do FFCV 10 vazio. As vigas 32 gradualmente esvaziadas podem actuar igualmente de modo a manter o FFCV 10 aberto de modo recta na superfície da água durante a operação de enrolamento, enchimento e descarga.

A colocação ou localização das vigas 32 no FFCV 10 é importante para a estabilidade, a durabilidade e a flutuabilidade do FFCV 10. Uma configuração simples de duas vigas 32 colocaria as vigas 32 equidistantes uma da outra, ao longo da lateral do FFCV 10, como mostrado na Figura 3. Se a área da secção transversal das vigas 32 for uma fracção pequena da área de secção transversal total do FFCV 10, então as vigas 32 permanecerão abaixo da superfície da água salgada quando o FFCV 10 estiver cheio até, aproximadamente, 50% da capacidade total. Como resultado, as vigas 32 de rigidez não estarão sujeitas a uma forte acção de ondas que pode ocorrer à superfície do mar. Se uma forte acção das ondas actuar nas vigas 32, é possível que as vigas 32 possam ser danificadas. O dano das vigas 32 seria prejudicial para a durabilidade do FFCV 10. Deste modo, é preferível que as vigas 32 estejam localizadas abaixo da superfície da água salgada, quando o FFCV 10 está cheio até à capacidade de transporte desejada. Estas mesmas vigas 32 subirão até à superfície da água salgada quando o FFCV 10 for esvaziado, desde que a flutuabilidade combinada das vigas

32 e 36 for maior que qualquer força de flutuação negativa que poderia fazer com que um FFCV 10 vazio afundasse.

O FFCV 10 pode ser tornado igualmente estável contra a rotação sobre si próprio, colocando vigas de modo a que a flutuabilidade das vigas contrarie as forças de rotação sobre si próprio. Uma tal configuração teria três vigas. Duas vigas 32 estariam cheias com gás ou ar pressurizado e localizadas em lados opostos do FFCV 10. A terceira viga 38 estaria cheia com água salgada pressurizada e estender-se-ia ao longo do fundo do FFCV 10 como uma quilha. Se este FFCV 10 fosse sujeito a forças de rotação sobre si próprio, a flutuabilidade combinada das vigas 32 laterais e o efeito de lastro da viga 38 de fundo resultariam em forças que actuariam de modo a impedir o FFCV 10 de rodar sobre si próprio.

Como mencionado anteriormente, é preferível que as vigas sejam uma parte integral da estrutura do FFCV. O processo de tecelagem necessita assim da tecelagem de tubos múltiplos que estejam lado a lado, possuindo cada tubo dimensões apropriadas para a função do tubo individual. Deste modo, é possível tecer a estrutura como uma estrutura unitária ou numa peça. Um material fibroso de elevado módulo na tecelagem das vigas intensificaria a função de rigidez das vigas. A estrutura de tecelagem pode ser revestida depois da tecelagem de modo a criar barreiras, para manter o ar, a água doce e a água salgada, separados uns dos outros.

As vigas podem ser executadas, igualmente, como tubos de tecido, por disposição com tecnologia "lay-up" tricotados, não tecidos ou entrançados separados, que são revestidos com um polímero de modo a permitir que contenham ar pressurizado ou

água. (Para o entrançamento, ver as Patentes U.S. 5421128 e 5735083 e um artigo intitulado "3-D Braided Composite-Design and Applications" por D. Brookstein, 6ª Conferência Europeia de Materiais Compósitos (Setembro de 1993). Se a viga for fabricada como um tubo separado, a viga deve ser fixa ao tubo 12 principal. Uma tal viga pode ser fixa por um número de meios, que incluem soldadura térmica, costura, elementos de fixação de gancho e anel, colagem ou costura com cavilha.

O FFCV 10 pode tomar, igualmente, uma forma 50 de cápsula, tal como aquela mostrada na Figura 5. A forma 50 de cápsula pode ser plana numa extremidade 52 ou em ambas as extremidades do tubo, ao mesmo tempo que é tubular no meio 54. Como mostrado na Figura 5, ela pode incluir vigas 56 de rigidez, como discutido previamente, ao longo do seu comprimento e, em adição, uma viga 58 através da sua extremidade 52 que é tecida integralmente ou tecida separadamente e fixa.

O FFCV pode ser formado, igualmente, numa série de cápsulas 50' tecidas sem fim ou sem costura, como mostrado nas Figuras 5A e 5B. A este respeito, as cápsulas 50' podem ser criadas por tecelagem de porções 51 planas, em seguida da porção 53 tubular, em seguida a plana 51, em seguida a tubular 53, e assim sucessivamente como mostrado na Figura 5A. As extremidades podem ser vedadas de um modo apropriado discutido neste documento. Na Figura 5B mostra-se, igualmente, uma série de cápsulas 50' assim formadas, no entanto, interligando as porções 53 tubulares e tecidas com as mesmas como parte das porções 51 planas, está um tubo 55 que permite que as cápsulas 50' sejam cheias e esvaziadas.

Vigas de tipo similar têm uma outra utilidade no transporte de fluidos por FFCV. A este respeito, considera-se transportar uma multiplicidade de FFCV em conjunto de modo a, entre outras coisas, aumentar o volume e reduzir o custo. Até ao momento, era conhecido rebocar recipientes flexíveis múltiplos em fila, lado a lado ou com um padrão. No entanto, ao rebocar FFCV lado a lado, existe a tendência para que as forças do oceano provoquem movimento lateral de um contra o próximo, ou de rotação sobre si próprio. Isto pode ter um efeito prejudicial no FFCV entre outras coisas. Para reduzir a probabilidade de uma tal ocorrência, são acoplados separadores 60 de viga, de uma construção similar às vigas de rigidez previamente discutidas, entre os FFCV 10 ao longo do seu comprimento como mostrado na Figura 6.

Os separadores 60 de viga podem ser fixos através de um mecanismo simples aos FFCV 10, tal como por uma costura com cavilha ou um mecanismo de tipo separação rápida e podem ser inflados e esvaziados com a utilização de válvulas. As vigas esvaziadas, após descarga da carga, podem ser facilmente enroladas.

Os separadores 60 de viga ajudarão igualmente à flutuabilidade dos FFCV 10 vazios durante as operações de enrolamento, em adição às vigas 32 de rigidez, se utilizadas. Se as últimas não forem utilizadas, eles actuarão como meio de flutuação principal durante o enrolamento.

Os separadores 60 de viga actuarão, igualmente, como um dispositivo de flutuação durante o reboque dos FFCV 10, reduzindo a resistência de arrasto e proporcionando potencialmente velocidades mais rápidas durante o reboque de

FFCV 10 cheios. Estes separadores de viga manterão, igualmente, o FFCV 10 numa direcção relativamente recta evitando a necessidade de outros mecanismos de controlo durante o reboque.

Os separadores 60 de viga fazem com que os dois FFCV 10 pareçam como um "catamarã". A estabilidade do catamarã deve-se, predominantemente, aos seus dois cascos. Os mesmos princípios de um tal sistema aplicam-se neste caso.

A estabilidade deve-se ao facto de durante o reboque destes FFCV cheios no oceano, o movimento das ondas tenderá a empurrar um dos FFCV fazendo com que ele rode de extremidade a extremidade, como ilustrado na Figura 7. No entanto, forma-se uma contra-força pelo conteúdo do outro FFCV e que será activada de modo a anular a força de rotação gerada pelo primeiro FFCV. Esta contra-força impedirá o primeiro FFCV de rodar sobre si próprio, uma vez que ela o empurra na direcção oposta. Esta força será transmitida com a ajuda dos separadores 60 de viga estabilizando assim ou auto-corrigindo o arranjo.

Como já foi discutido, é importante distribuir tão uniformemente quanto possível as forças que actuam no FFCV 10. Muita da técnica anterior foca-se especialmente, nas forças de reboque e proporciona reforços longitudinais. Isto é tipicamente realizado ao proporcionar cordas ou tiras de reforço no exterior do FFCV.

A presente invenção destina-se a proporcionar uma opção melhorada e de baixo custo para reforço de FFCV. A presente invenção é ligeiramente análoga àquilo conhecido como tecido resistente às roturas em que o tecido está provido com reforços em intervalos predeterminados com fio maior e/ou mais forte que

aquele utilizado no resto do tecido. Um exemplo típico disto é o modo como são construídos os pára-quedas. Uma tal estrutura proporciona não só resistência e resistência ao rasgamento, como pode permitir a redução do peso global do tecido.

A este respeito, como ilustrado na Figura 2F, a presente invenção envolve a tecelagem de elementos tensores 70 e 72 no tecido do FFCV, em pelo menos uma, mas de um modo preferido duas, direcções de tecido principais em intervalos predeterminados de possivelmente um a três pés. Embora sejam preferíveis as duas direcções, eles não necessitam de ser da mesma resistência em ambas as direcções do tecido. Pode requerer-se uma maior contribuição de resistência na direcção da proa e da popa. Os elementos tensores podem ser fios maiores, e/ou fios de resistência específica maior (resistência por unidade de peso ou secção transversal unitária) (e. g., Kevlar[®], etc), que os fios que compreendem a maioria do corpo do tubo. O elemento pode ser tecido sozinho, em intervalos como descrito, ou em grupos, em intervalos. Os elementos tensores de reforço podem ser igualmente corda ou entrançado, por exemplo.

Os elementos tensores tecidos integralmente 70 e 72 da invenção reduzirão os custos dos FFCV 10 ao simplificarem grandemente a fabricação. Todos os passos associados à medição, corte e fixação dos elementos de reforço serão eliminados. Os reforços tecidos integralmente 70 e 72 também contribuirão mais para a integridade estrutural global dos FFCV devido a poderem ser localizados de modo óptimo independentemente dos pormenores de fabricação. Em adição à contribuição para a tensão de tracção desejada, os elementos tecidos integralmente 70 e 72 melhorarão a resistência ao rasgamento e reduzirão a probabilidade de falha

ou a propagação de falhas devido a impacto com detritos flutuantes.

Um especialista da técnica apreciará a selecção do material de reforço utilizado e os intervalos ou espaçamento seleccionado dependerá, entre outra coisas, das forças de reboque envolvidas, da dimensão do FFCV, da carga pretendida e da quantidade da mesma, das tensões nos laços, em conjunto com os factores de custo e os resultados desejados. A implementação e a incorporação do material de reforço na tecelagem integral, pode realizar-se através da tecnologia de tecelagem existente conhecida, por exemplo, na indústria de materiais têxteis para a produção de papel.

Um modo alternativo de reforçar o FFCV é o mostrado nas Figuras 10-10B. A este respeito, o FFCV pode ser formado a partir de um tecido 100 que pode ser tecido plano, como mostrado na Figura 10. Num tal caso, o tecido 100 seria unido finalmente em conjunto de modo a criar um tubo com uma costura à prova de água apropriada ao longo do seu comprimento. Pode utilizar-se qualquer costura adequada para o propósito, tal como um fecho de correr à prova de água, uma costura de dobra, ou um arranjo de costura com cavilha, por exemplo. Alternativamente, ele pode ser tecido tubular, como mostrado na Figura 10A. O tecido seria impermeável e teria porções de extremidade adequadas, como foi descrito em relação a outras formas de realização neste documento.

Ao contrário disto, o tecido 100 incluiria bolsos 102 tecidos que podem estar ao longo do seu comprimento, circunferência ou de ambos. Contidos dentro dos bolsos 102 estariam elementos de reforço adequados 104 e 106 tal como

corda, cabo metálico, ou outro tipo adequado para o propósito. O número de bolsos e o espaçamento seria determinado pelos requisitos de carga. Igualmente, o tipo e a dimensão dos elementos de reforço 104 e 106 que são colocados nos bolsos 102 podem variar dependendo da carga (e. g., força de reboque, tensão nos laços, etc.). O elemento 104 de reforço longitudinal seria acoplado nas suas extremidades a tampas de extremidade adequadas ou a barras de reboque, por exemplo. Os elementos 106 de reforço radial ou circunferencial teriam as suas extremidades respectivas unidas adequadamente em conjunto através de grampeamento, entrançamento ou de outros meios adequados para o propósito.

Através do arranjo anterior, a carga no FFCV está principalmente sobre os elementos de reforço 104 e 106, estando a carga sobre o tecido grandemente reduzida, permitindo assim, entre outras coisas, um tecido de peso mais leve. Igualmente, os elementos de reforço 104 e 106 actuarão como detentores do rasgamento, de modo a conter rasgos ou danos no tecido.

Como mostrado na Figura 10B, um FFCV pode ser fabricado em secções 110 e 112 e construído com os bolsos 102 descritos anteriormente. Estas secções 110 e 112 podem, em seguida, ser unidas em conjunto por meio de anéis 114 colocados nas extremidades das mesmas, de modo a criar um tipo de costura com cavilha que seria então tornada impermeável por meio de um revestimento da mesma. Pode utilizar-se, igualmente, um fecho de correr impermeável à água, em adição a qualquer outra técnica de união de tecido adequada para o propósito, tal como uma costura rebatível ou outras costuras utilizadas, por exemplo, na indústria de produção de papel. Além disso, os elementos 104 de

reforço respectivos seriam acoplados entre si de um modo adequado de modo a transportar a carga entre os mesmos.

Voltando agora a um método para tornar uma tal estrutura grande impermeável, existem vários modos de realizar isto.

Um meio de revestimento não requer que a superfície interior do tubo esteja acessível. Este meio utilizaria uma película ou forro económico (tal como polietileno). Esta película ou forro anti adesivo seria inserida na superfície interior do tubo durante o processo de tecelagem. Isto pode efectuar-se parando o tear durante a tecelagem da secção tubular e inserindo a película no interior do tubo através do acesso obtido entre os fios de teia localizados entre o tecido já tecido e a barra de golpe do tear. Este processo de inserção teria, provavelmente, que ser repetido muitas vezes durante o processo de tecelagem de forma a forrar a superfície interior do tubo. Logo que a película tenha sido inserida na superfície interior do tubo, a estrutura é vedada e a estrutura total pode ser revestida por imersão; revestida por pulverização ou revestida através de algum outro meio, de modo a que o tecido de base seja impregnado com o revestimento desejado. A estrutura impregnada com resina é curada até que, através de uma abertura cortada na superfície do tubo, a película possa ser removida, o tubo parcial ou totalmente insuflado através de ar pressurizado, e o processo de cura completado, se requerido. A película serve para impedir que a resina de revestimento de uma superfície interior do tubo adira a uma outra superfície interior do tubo.

Um outro método para revestimento do tubo é o revestimento por imersão ou revestimento por pulverização da estrutura total sem que seja tomada qualquer medida para impedir que as

superfícies internas do tubo contactem umas com as outras, *i. e.*, sem forrar a superfície interior do tubo com uma película ou forro. É possível tecer uma estrutura de modo a que o revestimento não passe completamente através do tecido, no entanto o revestimento penetra no tecido de modo a que o revestimento adira ao tecido. Esta abordagem permite revestir a estrutura e criar um tubo revestido, sem preocupação que as superfícies interiores adiram umas às outras.

Uma outra abordagem envolve a utilização de uma concepção de tecido na qual o revestimento passa através do tecido e as superfícies interiores ligam-se umas às outras após o revestimento. Neste caso, inserir-se-ia uma peça metálica ou uma película plástica dimensionada com um orifício entre as superfícies internas do tubo antes do revestimento, e antes ou depois de vedação das extremidades do tubo. Se efectuado depois, esta peça metálica ou película plástica seria inserida através de um pequeno furo cortado no tubo tecido. Depois do revestimento inserir-se-ia ou ligar-se-ia uma linha de ar pressurizado ao espaço ou intervalo criado entre a peça metálica ou película plástica e uma superfície revestida do tubo. Este ar pressurizado seria utilizado para forçar as duas superfícies interiores do tubo para longe umas das outras, *i. e.*, expandir o tubo. Ao efectuar isto, o revestimento que liga as duas superfícies interiores falharia de um modo de tipo destacamento até que as superfícies interiores totais do tubo estejam libertadas uma da outra. Esta abordagem requer uma resina de revestimento que possa falhar rapidamente com um modo de falha de tipo destacamento. Embora as resinas de revestimento sejam concebidas, habitualmente, para resistir ao destacamento, as resinas curáveis são susceptíveis a falha por destacamento quando elas estão apenas parcialmente curadas. A presente

invenção considera um processo pelo qual a estrutura tubular é revestida, o revestimento é parcialmente curado de modo a que o revestimento já não flua, em seguida aplicam-se forças enquanto o revestimento está susceptível a falha por destacamento de modo a que as superfícies interiores se libertem uma da outra. Se desejado, o interior do tubo expandido pode ser agora igualmente revestido.

Um outro método para revestimento do tubo é revestir por pulverização a estrutura, enquanto se toma alguma medida para garantir que as superfícies interiores do tubo não estão em contacto uma com a outra. Um modo de executar isto, é inflar o tubo com ar e revestir a estrutura enquanto o ar mantém as superfícies interiores afastadas. Este método depende da estrutura tecida ter uma baixa permeabilidade ao ar, de modo a que o tubo possa ser inflado através da inserção de uma linha de ar pressurizado no interior do tubo. Alternativamente, pode erguer-se um andaime no interior do tubo. Um tal andaime pode ser uma estrutura de suporte metálica ou um tubo rígido ou semi-rígido ou uma estrutura de tipo extensível (com ou sem uma membrana nas imediações) que se aproximará do diâmetro do interior do tubo e poderá ser dimensionada de modo a permitir que seja móvel de secção para secção, que está a ser revestida. O andaime pode ser, igualmente, um arco ou tubo inflável que é colocado no interior do tubo. Tais andaimes seriam colocados no interior do tubo através de um ponto de acesso dimensionado com orifício que é cortado na superfície do tubo tecido. Logo que o andaime esteja em posição, pode ser adequado revestir por pulverização a estrutura a partir do exterior do tubo, do interior do tubo, ou quer do interior como do exterior do tubo.

Note-se que o método de arco ou tubo inflado pode utilizar eficazmente as vigas de rigidez discutidas previamente. A este respeito, tais vigas podem ser tornadas impermeáveis em primeiro lugar ao serem revestidas, e em seguida infladas de modo a suportar a forma expandida do tubo. O revestimento das duas superfícies interior e exterior do tubo pode ser então realizado.

Considera-se ainda um outro método de revestimento. A este respeito, um balão elástico que possui uma circunferência exterior ligeiramente menor que a circunferência interior é fabricado a partir de um material impermeável. O seu comprimento axial seria igual a parte ou ao total do comprimento do tubo. A superfície exterior do balão teria as características de "libertação ou não aderência" à resina ou a outro material que fosse utilizado para revestir e/ou impregnar o tubo. Isto pode realizar-se seleccionando o material apropriado para o próprio balão ou aplicando um revestimento no exterior do balão. O balão é colocado no interior do tubo e em seguida é inflado utilizando um gás ou um líquido de modo a expandi-lo contra a superfície interior do tubo. A circunferência do balão quando inflado é tal que ele aplicaria uma tensão circunferencial ao tubo ao longo do comprimento axial total do balão. Pode então aplicar-se um revestimento no exterior do tubo na área em que ele é mantido sob tensão circunferencial pelo balão. Pode utilizar-se aplicação manual, pulverização, ou qualquer outra técnica de aplicação conhecida para aplicar o revestimento. Se o comprimento axial do balão for menor que o comprimento axial do tubo, o balão pode ser esvaziado depois da aplicação do revestimento e recolocado num comprimento não revestido do tubo, e os passos são repetidos. Devido à superfície de "libertação ou não aderência", o balão não "cola" ao revestimento que pode

passar através do tubo. Depois do comprimento circunferencial e axial total do tubo ter sido revestido, o balão é removido. Neste momento, se for desejado revestir o interior do tubo, o tubo pode ser montado e vedado nas suas extremidades e inflado. O interior do tubo pode ser agora revestido. Note-se, que em todos os casos em que o tubo é revestido no interior e no exterior, os revestimentos utilizados para cada caso devem ser compatíveis para criar uma ligação apropriada.

Ainda um outro método para revestimento do tubo emprega uma abordagem de compósito termoplástico. Nesta abordagem o tubo é tecido a partir de uma mistura de pelo menos dois materiais fibrosos. Um material seria a fibra de reforço e o segundo material seria uma fibra de baixo ponto de fusão ou um componente de baixo ponto de fusão de uma fibra de reforço. A fibra ou o componente de baixo ponto de fusão pode ser um poliuretano ou polietileno termoplástico. A fibra de reforço pode ser um cabo de poliéster ou de nylon ou uma das outras fibras discutidas anteriormente. O tubo seria sujeito a calor e a pressão de um modo controlado. Este calor e pressão fariam com que a fibra ou componente de baixo ponto de fusão derretesse e enchesse o vazio na estrutura tecida. Depois do calor e da pressão serem removidos e a estrutura ser arrefecida, formar-se-ia uma estrutura compósita na qual a fibra ou componente de baixo ponto de fusão se tornou na matriz para a fibra de reforço. Esta abordagem requer a aplicação de calor e de pressão ao mesmo tempo que se proporciona, igualmente, um meio para manter as superfícies interiores do tubo sem aderirem ou se ligarem termicamente, uma à outra.

As Figuras 8 e 9 mostram um dispositivo 71 que pode aplicar calor e pressão ao tubo 12. O dispositivo 71 pode ser

auto-propulsionado ou pode ser movido por cabos de tracção exteriores. Cada secção 73 e 74 do dispositivo inclui placas de aquecimento ou placas quentes com ímanes respectivos 76 e motores (não representados) e está posicionada em cada um dos lados do tecido, como mostrado na Figura 9. Está provida uma fonte de alimentação (não representada) para energizar as placas 76 de aquecimento e fornecer energia aos motores que movem o dispositivo através do tubo 12. Os ímanes servem para impulsionar as duas placas 76 quentes em conjunto, o que cria pressão no tecido à medida que o revestimento do fio se liquefaz com o calor. Estes ímanes mantêm, igualmente, a placa 76 de aquecimento superior oposta à placa 76 de aquecimento inferior. O dispositivo 71 inclui correias 78 anti-adesivas sem fim que correm em rolos 80 localizados nas extremidades da placa. As correias 78 correm sobre as placas 76. Deste modo, não existe nenhum movimento da correia 78 em relação à superfície do tecido, quando ela está em contacto com o tecido. Isto evita esborratar o revestimento derretido e obtém uma distribuição uniforme entre os fios. O dispositivo move-se através do comprimento do tubo 12 com uma velocidade que permite que o revestimento derretido seque antes do tecido dobrar sobre si próprio e colar. Se se desejarem maiores velocidades, pode implementar-se um meio para manter temporariamente as superfícies interiores afastadas enquanto se realiza a secagem. Este pode ser, por exemplo, um elemento de reboque no interior do tubo de concepção similar àquele descrito mas que é apenas uma única secção sem, evidentemente, uma placa de aquecimento ou íman. Outros meios adequados para este propósito serão rapidamente evidentes para os especialistas da técnica.

Como parte do processo de revestimento considera-se a utilização de um revestimento em espuma no interior ou no exterior ou em ambas as superfícies do tubo. Um revestimento de espuma proporcionaria flutuabilidade ao FFCV, especialmente a um FFCV vazio. Um FFCV construído a partir de materiais tal como, por exemplo, nylon, poliéster e borracha teria uma densidade maior que a da água salgada. Como um resultado, o FFCV vazio ou as porções vazias do FFCV grande afundar-se-iam. Esta acção de afundamento pode resultar em tensões elevadas no FFCV e pode conduzir a dificuldades significativas no manuseamento do FFCV durante o enchimento e esvaziamento do FFCV. A utilização de um revestimento em espuma proporciona uma alternativa ou um meio adicional para proporcionar flutuabilidade ao FFCV, em relação ao previamente discutido.

Igualmente, tendo em atenção a natureza fechada do FFCV, se ele se destinar a transportar água doce, como parte do processo de revestimento do interior do mesmo, pode proporcionar-se um revestimento que inclua um germicida ou um fungicida de modo a impedir a ocorrência de bactérias ou bolores ou outros contaminantes.

Além disso, uma vez que a luz solar tem igualmente um efeito de degradação no tecido, o FFCV pode incluir como parte do seu revestimento ou da fibra utilizada para realizar o FFCV, um ingrediente protector de UV, a este respeito.

Embora tenham sido divulgadas e descritas com pormenor neste documento formas de realização preferidas, o seu âmbito

não deve estar limitado desse modo e pelo contrário o seu âmbito deve ser determinado por aquele das reivindicações apensas.

Lisboa, 11 de Setembro de 2008

REIVINDICAÇÕES

1. Reservatório (10) de contenção de fluido flexível para o transporte e/ou contenção de cargas compreendendo um fluido ou material fluidificável, compreendendo o referido reservatório (10):

uma estrutura (12) tubular flexível alongada de tecido sem costura;

meios para tornar a referida estrutura (12) tubular impermeável;

possuindo a referida estrutura (12) tubular uma extremidade (14) frontal e uma extremidade (16) posterior;

meios para vedação da referida extremidade (14) frontal e da referida extremidade (16) posterior;

meios (31) para enchimento e para esvaziamento do referido reservatório (10) de carga; e, pelo menos, uma viga (32) de rigidez longitudinal flexível posicionada ao longo de um comprimento da referida estrutura (12) tubular para amortecimento da oscilação indesejável da referida estrutura (12) tubular, estando a referida viga de rigidez integral com a referida estrutura (12) tubular ao ser tecida como parte do tubo e estando adaptada para ser pressurizada com ar ou outro meio, ou sendo mantida no interior de uma manga tecida sem costura com a referida estrutura

(12) tubular ao longo de um comprimento da mesma, e sujeita a pressurização e despressurização.

2. Reservatório de acordo com a reivindicação 1, que inclui, pelo menos, duas vigas (32) de rigidez longitudinais posicionadas equidistantes uma da outra na estrutura (12) tubular.
3. Reservatório de acordo com a reivindicação 2, que inclui uma terceira viga (38) de rigidez longitudinal posicionada em posição intermédia às duas vigas (32) de rigidez longitudinais, estando a referida terceira viga (38) assim posicionada de modo a proporcionar lastro quando cheia.
4. Reservatório de acordo com a reivindicação 1, que inclui, pelo menos, uma viga (36) de rigidez circunferencial flexível posicionada em torno de uma circunferência da estrutura (12) tubular e formada integralmente com a mesma e que é sujeita a pressurização e despressurização.
5. Reservatório de acordo com a reivindicação 1 ou reivindicação 4, que inclui uma multiplicidade das referidas vigas (32, 36) de rigidez.
6. Reservatório de acordo com a reivindicação 5, que inclui, pelo menos, duas vigas de rigidez longitudinais posicionadas equidistantes uma da outra na estrutura (12) tubular que são mantidas em mangas respectivas.
7. Reservatório de acordo com a reivindicação 5, em que as referidas vigas de rigidez são contínuas e as referidas mangas são contínuas.

8. Reservatório de acordo com a reivindicação 1 ou reivindicação 4, em que a referida viga (32, 36) de rigidez é contínua.
9. Reservatório de acordo com a reivindicação 1 ou reivindicação 4, em que a referida viga (32, 36) de rigidez é em secções.
10. Reservatório de acordo com a reivindicação 1, que inclui, pelo menos, dois reservatórios (10) posicionados numa relação lado a lado, uma multiplicidade de separadores (60) de viga posicionados entre e acoplados aos referidos dois reservatórios (10), sendo o referido separador (60) de viga fabricado num material flexível e sujeito a pressurização e despressurização.
11. Reservatório de acordo com a reivindicação 10, em que os referidos separadores (60) de viga são fabricados num material tecido.
12. Reservatório de acordo com a reivindicação 1, em que os meios para vedação da extremidade (14) frontal incluem a contracção, dobragem, e vedação da extremidade (14) frontal da estrutura (12) tubular de modo a criar uma estrutura de tipo proa na extremidade (14) frontal que é perpendicular à superfície da água na qual o reservatório (10) flutua.
13. Reservatório de acordo com a reivindicação 12, em que os referidos meios para vedação da referida extremidade (14) frontal incluem ainda a fixação da referida extremidade (14) frontal de modo mecânico.

14. Reservatório de acordo com a reivindicação 12, em que os referidos meios para vedação da referida extremidade (16) posterior incluem a contracção, dobragem e vedação da extremidade (16) posterior da estrutura (12) tubular.
15. Reservatório de acordo com a reivindicação 14, em que os referidos meios para vedação da referida extremidade (16) posterior incluem ainda a fixação da referida extremidade (16) posterior de modo mecânico.
16. Reservatório de acordo com a reivindicação 14, em que a extremidade (16) posterior está num plano e a extremidade (14) frontal está num plano que é ortogonal ao plano posterior.
17. Reservatório de acordo com a reivindicação 1, que compreende meios para reforçar a estrutura (12) tubular através de tecelagem de modo integral como parte do tecido da mesma, de elementos (102, 104) de reforço em intervalos predeterminados ao longo de um comprimento longitudinal da estrutura (12) tubular.
18. Reservatório de acordo com a reivindicação 17, em que os referidos meios (102, 104) de reforço compreendem ainda a tecelagem de modo integral como parte do tecido, de elementos (102, 104) de reforço em intervalos predeterminados ao longo de uma circunferência da estrutura (12) tubular.
19. Reservatório de acordo com a reivindicação 17, em que o referido tecido inclui uma multiplicidade de bolsas

longitudinais formadas integralmente com o mesmo, contendo elementos (102, 104) de reforço longitudinais respectivos posicionados ao longo de um comprimento da referida estrutura (12) tubular para reforço do referido tecido e para receber uma força longitudinal sobre os mesmos.

20. Reservatório de acordo com a reivindicação 19, em que o referido tecido é contínuo e sem costura.
21. Reservatório de acordo com a reivindicação 19, em que o referido tecido é formado em secções que são unidas entre si.
22. Reservatório de acordo com a reivindicação 19, em que o referido tecido inclui uma multiplicidade de bolsas circunferenciais tendo elementos (102, 104) de reforço circunferenciais respectivos nas mesmas, posicionadas em torno de uma circunferência da estrutura (12) tubular e integralmente formadas com a mesma.
23. Reservatório de acordo com a reivindicação 20, em que o referido tecido inclui uma multiplicidade de bolsas circunferenciais tendo elementos (102, 104) de reforço circunferenciais respectivos nas mesmas, posicionadas em torno de uma circunferência da estrutura (12) tubular e formadas integralmente com a mesma.
24. Reservatório de acordo com a reivindicação 21, em que o referido tecido inclui uma multiplicidade de bolsas circunferenciais tendo elementos (102, 104) de reforço circunferenciais respectivos nas mesmas, posicionadas em

torno de uma circunferência da estrutura (12) tubular e formadas integralmente com a mesma.

25. Reservatório de acordo com a reivindicação 17 ou reivindicação 18 em que o elemento (102, 104) de reforço é seleccionado do grupo consistindo essencialmente em: fios de maior dimensão que os fios que constituem a maioria da estrutura (12) tubular, fios de maior resistência específica que os fios que constituem a maioria da estrutura (12) tubular, corda e entrançado.
26. Reservatório de acordo com a reivindicação 1 ou reivindicação 17, em que os meios (51) para vedação de uma extremidade (14, 16) da estrutura (12) tubular compreendem a contracção da extremidade sobre ela própria, numa estrutura (51) achatada dobrada, a sua vedação e a sua fixação de modo mecânico.
27. Reservatório de acordo com a reivindicação 1 ou reivindicação 17, em que os meios (51) para vedação de uma extremidade da estrutura (12) tubular compreendem uma tampa (30') de extremidade fabricada num material rígido fixo num perímetro da estrutura (12) tubular, definindo a sua circunferência de modo a distribuir uniformemente as forças (F) sobre a mesma.
28. Reservatório de acordo com a reivindicação 26, que inclui a provisão de uma costura (26) com olhal numa extremidade (14, 16), de modo a permitir o acoplamento de uma barra de reboque ou de um outro reservatório (10) ao mesmo.

29. Reservatório de acordo com a reivindicação 1 ou reivindicação 17, em que os meios (51) para vedação de uma extremidade (14, 16) incluem a contracção, dobragem, e vedação de uma extremidade (14, 16) da estrutura (12) tubular, de modo a que a largura da extremidade contraída e dobrada seja aproximadamente a do diâmetro da estrutura (12) tubular.
30. Reservatório de acordo com a reivindicação 29, que inclui um elemento (22) de lingueta rígido que é perfilado de modo a corresponder à extremidade da estrutura (12) tubular e no qual é vedada a extremidade (14) da estrutura (12) tubular.
31. Reservatório de acordo com a reivindicação 30, em que os meios (31) para esvaziar e encher a carga estão localizados no elemento (22) de lingueta.
32. Reservatório de acordo com a reivindicação 1 ou reivindicação 17, em que a estrutura (12) tubular é configurada em cápsula, possuindo, pelo menos, uma extremidade que é contraída e vedada, e inclui uma viga de rigidez flexível vertical numa extremidade, que está sujeita a pressurização e despressurização.
33. Reservatório de acordo com a reivindicação 1 ou 17, em que a estrutura (12) tubular é tecida com reforços de fibra com a tecelagem utilizada seleccionada do grupo consistindo essencialmente em: tecelagem tafetá (1x1); tecelagens panamá que incluem 2x2, 3x3, 4x4, 5x5, 6x6, 2x1, 3x1, 4x1, 5x1, 6x1; tecelagens de sarja que incluem 2x2, 3x3, 4x4, 5x5, 6x6, 2x1, 3x1, 4x1, 5x1, 6x1; e tecelagens de cetim que incluem 2x1, 3x1, 4x1, 5x1 e 6x1.

34. Reservatório de acordo com a reivindicação 33, em que os reforços de fibra são fabricados num material seleccionado do grupo consistindo essencialmente em: nylon, poliésteres, poliaramidas, poliolefinas e polibenzoxazole.
35. Reservatório de acordo com a reivindicação 1 ou reivindicação 17, em que a estrutura (12) tubular é tecida com reforços de fibra que são fabricados num material seleccionado do grupo consistindo essencialmente em: nylon, poliésteres, poliaramidas, poliolefinas e polibenzoxazole.
36. Reservatório de acordo com a reivindicação 1 ou reivindicação 17 ou reivindicação 34, em que os referidos meios para tornar a referida estrutura (12) tubular impermeável incluem um material de revestimento sobre o tecido, em um ou em ambos os lados do mesmo.
37. Reservatório de acordo com a reivindicação 36 em que o referido material de revestimento é seleccionado do grupo consistindo essencialmente em: policloreto de vinilo, poliuretano, borrachas sintéticas e naturais, poliureias, poliolefinas, polímeros de silicone, polímeros acrílicos ou derivados de espuma dos mesmos.
38. Reservatório de acordo com a reivindicação 1 ou reivindicação 17, em que os meios para tornar a estrutura (12) tubular impermeável incluem tecer a estrutura (12) tubular com, pelo menos, dois materiais, sendo um uma fibra de reforço, sendo o outro uma fibra de baixo ponto de fusão ou um componente de baixo ponto de fusão da fibra de reforço, de modo a que um processamento dos mesmos faça com

que a fibra ou o componente de baixo ponto de fusão preencham o vazio do tecido.

39. Reservatório de acordo com a reivindicação 34 ou reivindicação 37, em que os meios para tornar a estrutura (12) tubular impermeável incluem tecer a estrutura (12) tubular com, pelo menos, dois materiais, sendo um uma fibra de reforço, sendo o outro uma fibra de baixo ponto de fusão ou um componente de baixo ponto de fusão da fibra de reforço, de modo a que um processamento dos mesmos faça com que a fibra ou o componente de baixo ponto de fusão preencham o vazio do tecido.

40. Reservatório de acordo com a reivindicação 1 ou reivindicação 17, compreendendo ainda:

pelo menos, duas estruturas (12) tubulares flexíveis alongadas de tecido sem costura; e

meios para ligar as referidas estruturas (12) tubulares entre si numa série compreendendo um tecido plano tecido sem costuras com as referidas estruturas (12) tubulares e posicionado entre as mesmas.

41. Reservatório de acordo com a reivindicação 40, em que os referidos meios (31) para enchimento e esvaziamento compreendem um tubo tecido sem costuras com as referidas estruturas (12) tubulares que permite uma comunicação de fluido entre as mesmas.

42. Reservatório de acordo com a reivindicação 41, em que os referidos meios (31) para enchimento e esvaziamento

compreendem ainda um tubo tecido sem costuras numa extremidade (14) frontal respectiva de uma das estruturas (12) tubulares e numa extremidade (16) posterior respectiva da outra das estruturas (12) tubulares.

43. Reservatório de acordo com a reivindicação 40, em que as estruturas (12) tubulares são configuradas em cápsula.

44. Método de revestimento de uma estrutura (12) tubular flexível alongada de tecido sem costura de um reservatório (10) de contenção de fluido flexível de acordo com a reivindicação 1, que possui um interior e um exterior, tendo a referida estrutura (12) tubular um comprimento maior que duzentos pés, compreendendo os seguintes passos:

tecer um tecido de modo a criar a estrutura (12) tubular alongada tendo extremidades abertas;

revestir a superfície exterior com um material que possui um modo de falha de tipo deslocamento;

vedar as extremidades abertas da estrutura (12) tubular; e

insuflar a estrutura (12) tubular de modo a separar quaisquer porções do interior da estrutura tubular que aderiram entre si em resultado do revestimento que passa do exterior para o interior.

45. Método de acordo com a reivindicação 44, que inclui o passo de revestir o interior da estrutura (12) tubular depois do exterior ter sido revestido.

46. Método de acordo com a reivindicação 45, que inclui o passo de proporcionar um germicida ou um fungicida no interior da estrutura (12) tubular.

47. Método de acordo com a reivindicação 45, que inclui o passo de proporcionar um ingrediente de protecção de UV no exterior da estrutura (12) tubular.

48. Método de revestimento de uma estrutura (12) tubular flexível alongada de tecido sem costura de um reservatório (10) de contenção de fluido flexível de acordo com a reivindicação 1, que possui um interior e um exterior, tendo a referida estrutura (12) tubular um comprimento maior que duzentos pés, compreendendo os seguintes passos:

tecer um tecido de modo a criar a estrutura (12) tubular flexível alongada tendo extremidades abertas;

prover meios de prevenção para impedir que o interior da estrutura (12) tubular esteja em contacto com ele próprio durante o revestimento; e

revestir quer o interior quer o exterior da estrutura (12) tubular.

49. Método de acordo com a reivindicação 48, em que os meios de prevenção incluem:

inserir um forro no interior da estrutura (12) tubular que impede que o interior da estrutura (12) tubular se cole; e

em que o referido método compreende ainda os seguintes passos:

vedar as extremidades abertas da estrutura (12) tubular, curando o revestimento de modo a que a estrutura (12) tubular possa ser insuflada;

remover o forro da estrutura (12) tubular; e

insuflar a estrutura (12) tubular.

50. Método de acordo com a reivindicação 48, que inclui o passo de revestir tanto o interior como o exterior da estrutura (12) tubular.
51. Método de acordo com a reivindicação 48, que inclui o passo de tecer o tecido de modo a que ele possua uma baixa permeabilidade ao ar; vedar as extremidades abertas e insuflar a estrutura (12) tubular de modo a impedir o interior de estar em contacto com ele próprio durante o revestimento.
52. Método de acordo com a reivindicação 48, em que os meios de prevenção compreendem a colocação de andaimes, arcos insuflados ou um balão ou balões insuflados posicionados no interior da estrutura (12) tubular.
53. Método de acordo com a reivindicação 48, em que os meios de prevenção compreendem vigas de rigidez flexíveis que são tecidas solidariamente com a estrutura (12) tubular, que são pressurizadas.

54. Método de fabricação de uma estrutura (12) tubular flexível alongada impermeável de tecido sem costura de um reservatório (10) de contenção de fluido flexível de acordo com a reivindicação 1, que possui um interior e um exterior, tendo a referida estrutura (12) tubular um comprimento maior que duzentos pés, compreendendo os seguintes passos:

tecer um tecido de modo a criar uma estrutura (12) tubular flexível alongada tendo extremidades abertas;

tecer como parte do seu tecido, uma fibra de baixo ponto de fusão ou um componente da mesma;

proporcionar um dispositivo que aplica calor e pressão ao tecido de modo a fazer com que a fibra de baixo ponto de fusão ou componente do mesma, derreta e crie uma estrutura na qual os vazios do tecido são cheios;
e

impedir o interior de aderir a ele próprio até que a estrutura assim formada tenha endurecido.

55. Método de acordo com a reivindicação 54, em que o dispositivo que aplica calor e pressão compreende:

uma primeira secção tendo um elemento de aquecimento e um elemento de íman e um meio para mover a referida primeira secção;

uma segunda secção tendo um elemento de aquecimento e um elemento de íman e meios para mover a referida segunda secção; e

em que a referida primeira secção está posicionada no interior da estrutura (12) tubular, estando a referida segunda secção posicionada no exterior da estrutura (12) tubular e oposta à referida primeira secção de modo a que o tecido passe entre as mesmas, o qual é sujeito a aquecimento pelos elementos de aquecimento e a pressão causada pelos ímanes que mantêm as secções unidas enquanto mantêm as secções em posição.

56. Método de acordo com a reivindicação 54, em que o dispositivo inclui meios de prevenção para impedir o tecido de se colar às secções que compreendem uma superfície anti-adesiva coincidente com os elementos de aquecimento.
57. Método de acordo com a reivindicação 56, em que a superfície antiadesiva compreende uma correia antiadesiva que se move em simultâneo com as secções.
58. Reservatório de acordo com as reivindicações 1 a 43, em que o referido reservatório inclui um interior e um exterior; e o referido reservatório inclui ainda um germicida ou um fungicida no interior da referida estrutura (12) tubular.
59. Reservatório de acordo com as reivindicações 1 a 43, em que o referido reservatório inclui um interior e um exterior; e

o referido reservatório inclui ainda um ingrediente de protecção de UV no exterior da referida estrutura (12) tubular.

Lisboa, 11 de Setembro de 2008

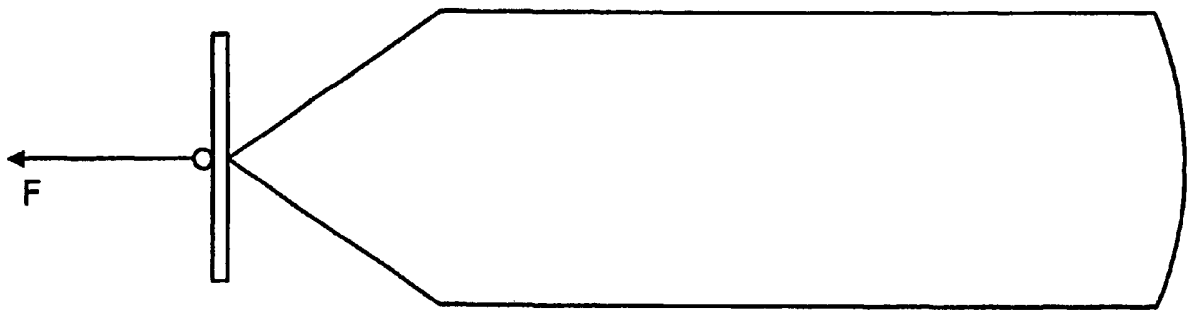


FIG. 1
TÉCNICA ANTERIOR

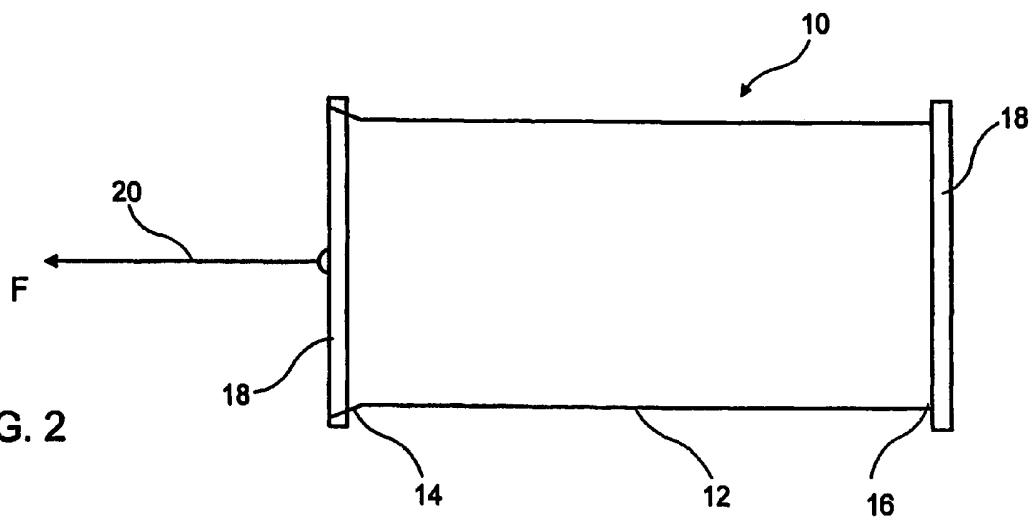
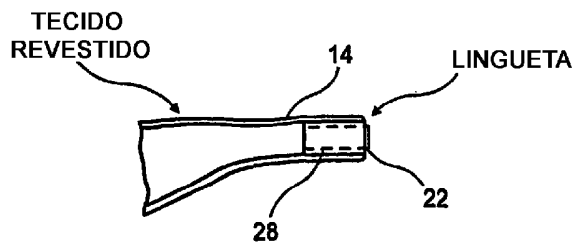
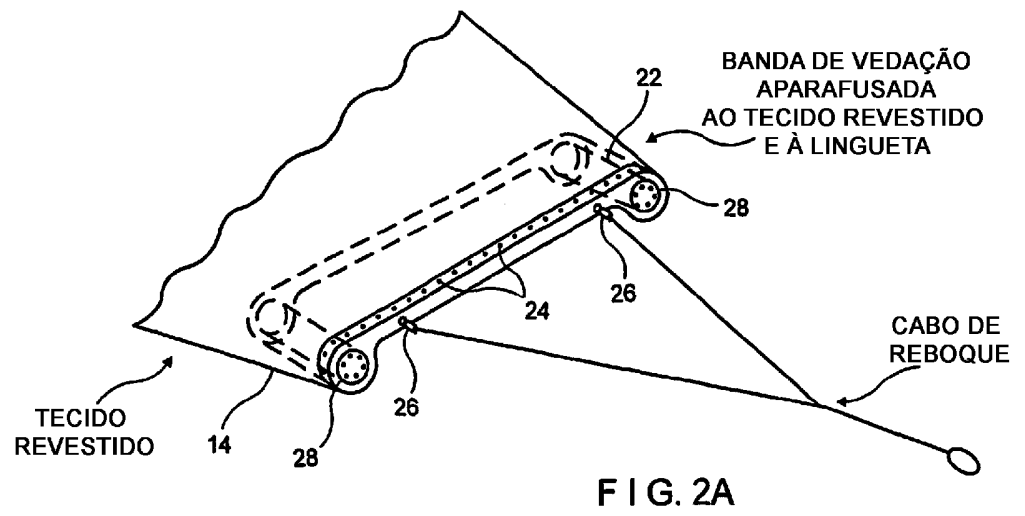
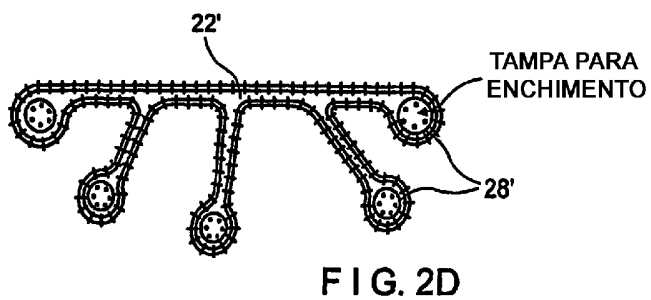
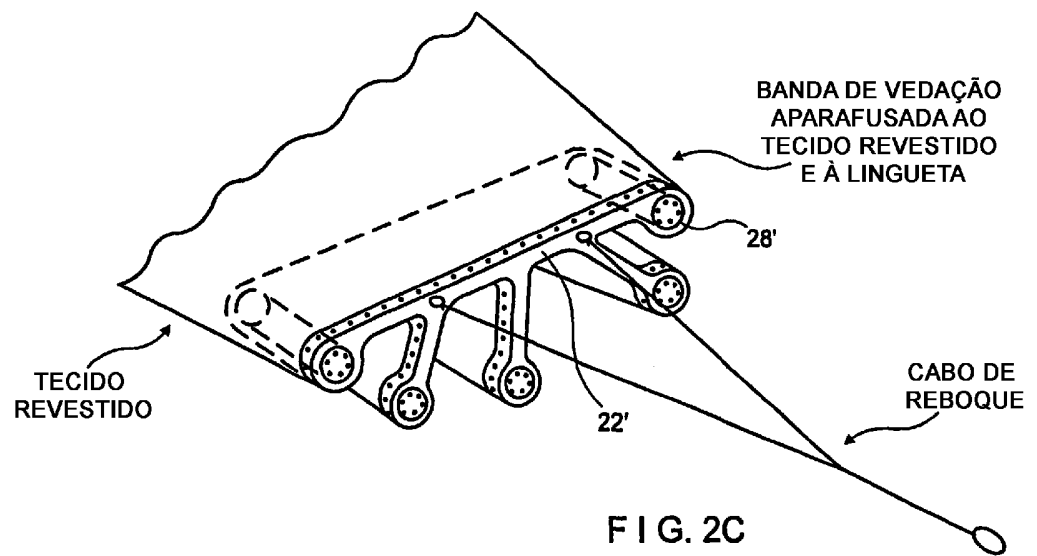


FIG. 2





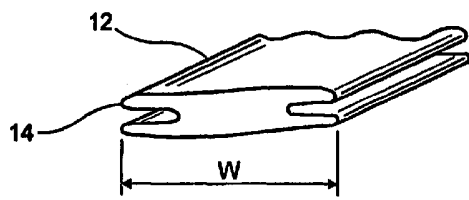


FIG. 2E

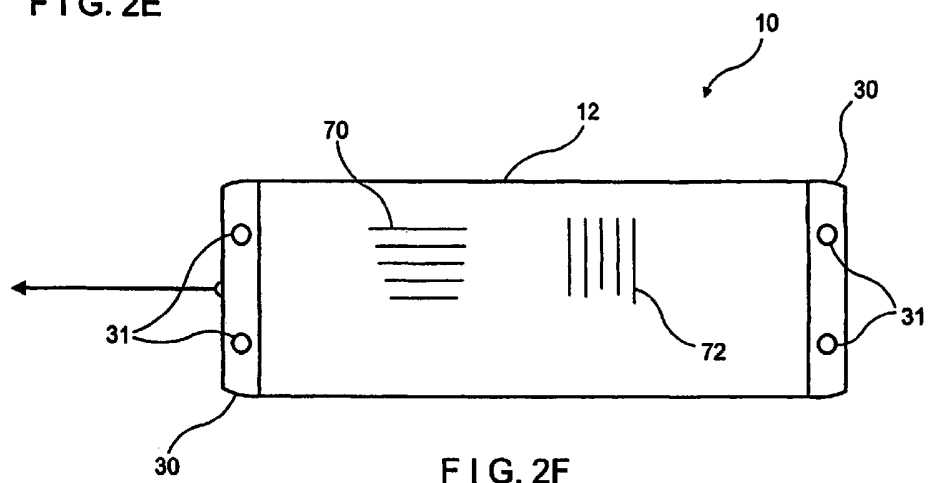
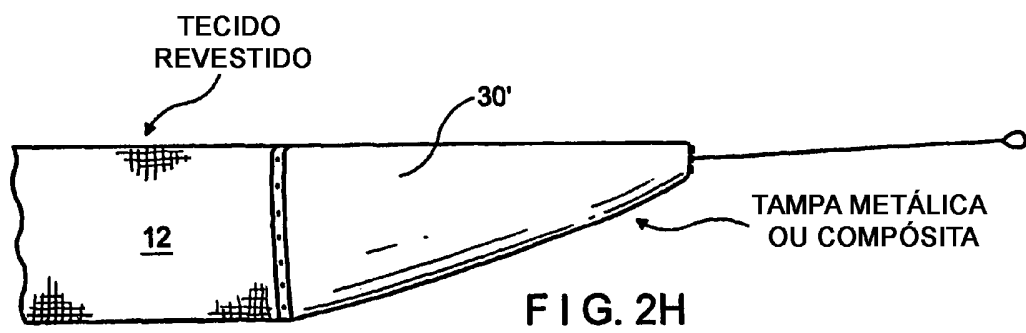
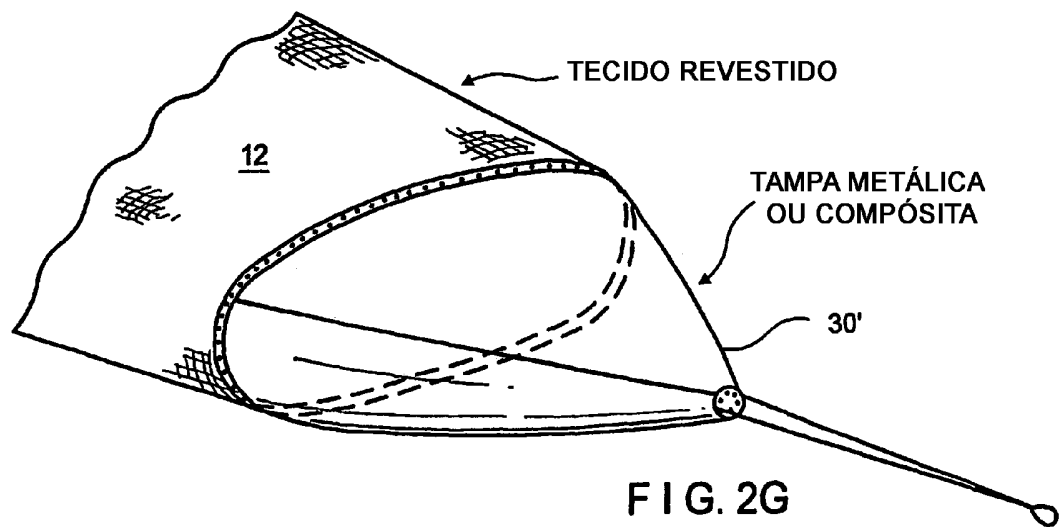


FIG. 2F



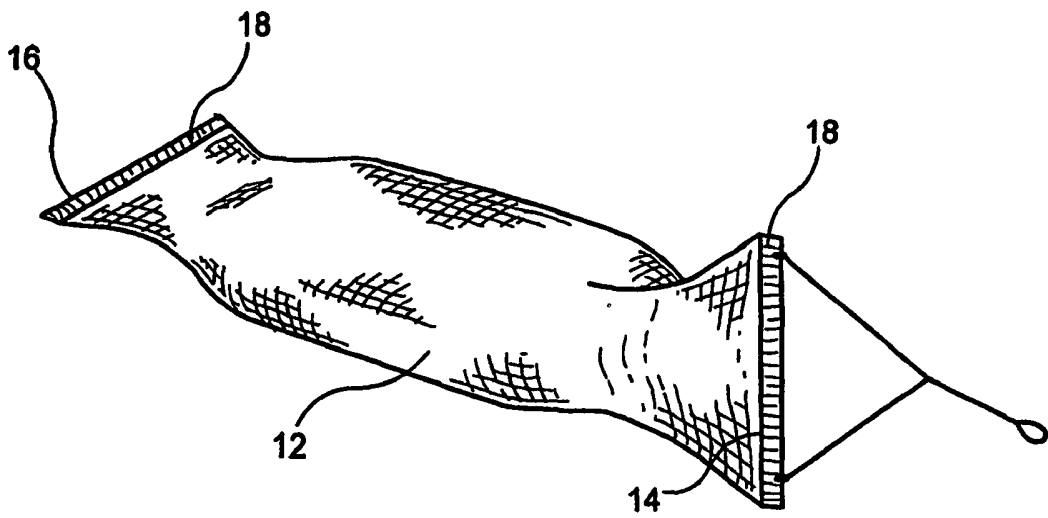


FIG. 2I

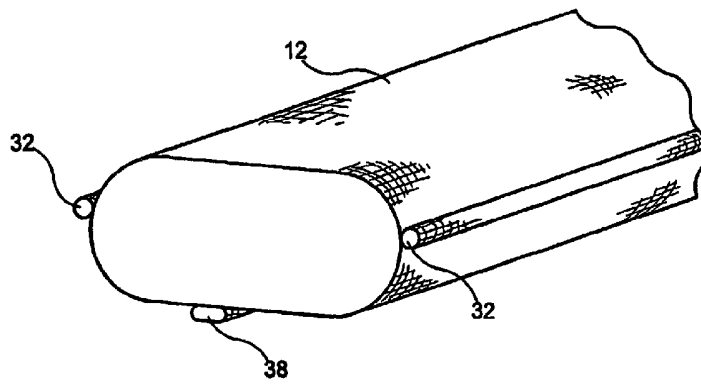


FIG. 3

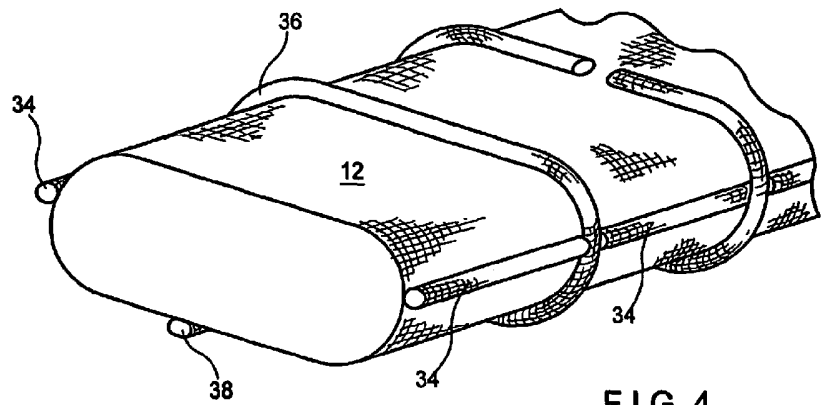


FIG. 4

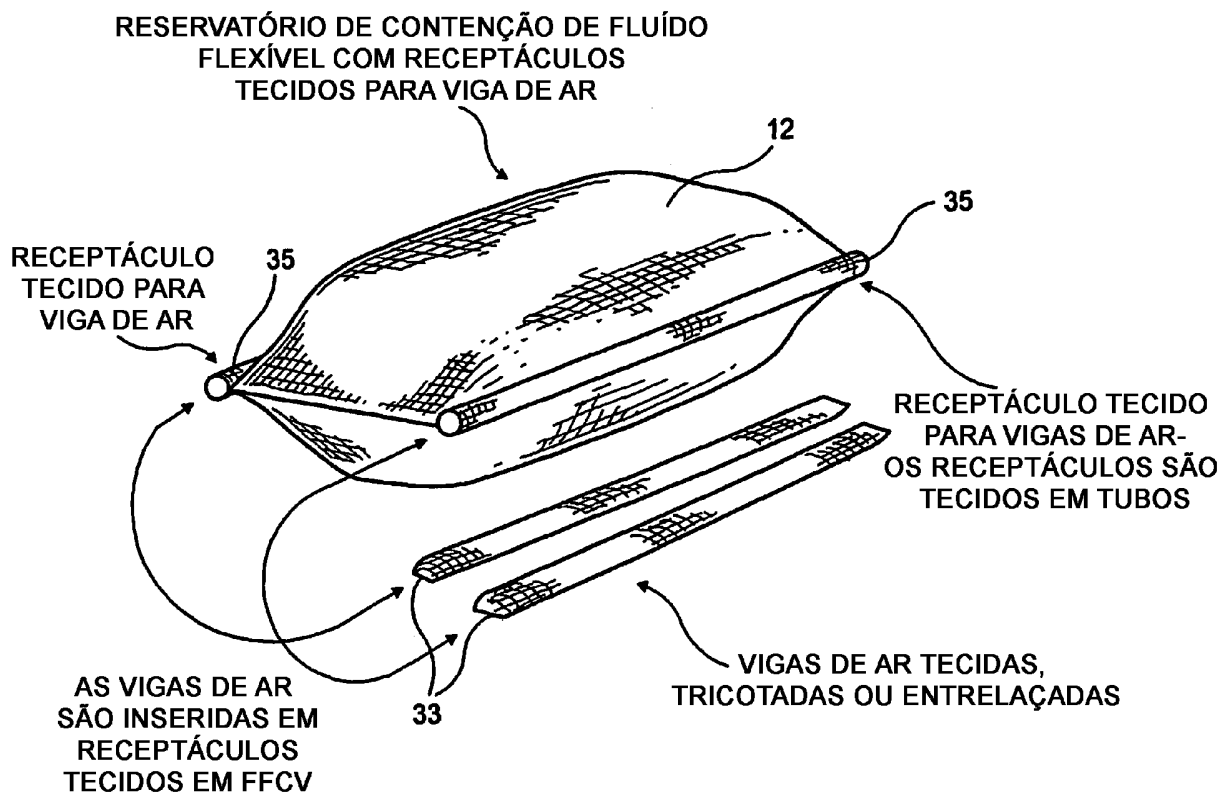


FIG. 3A

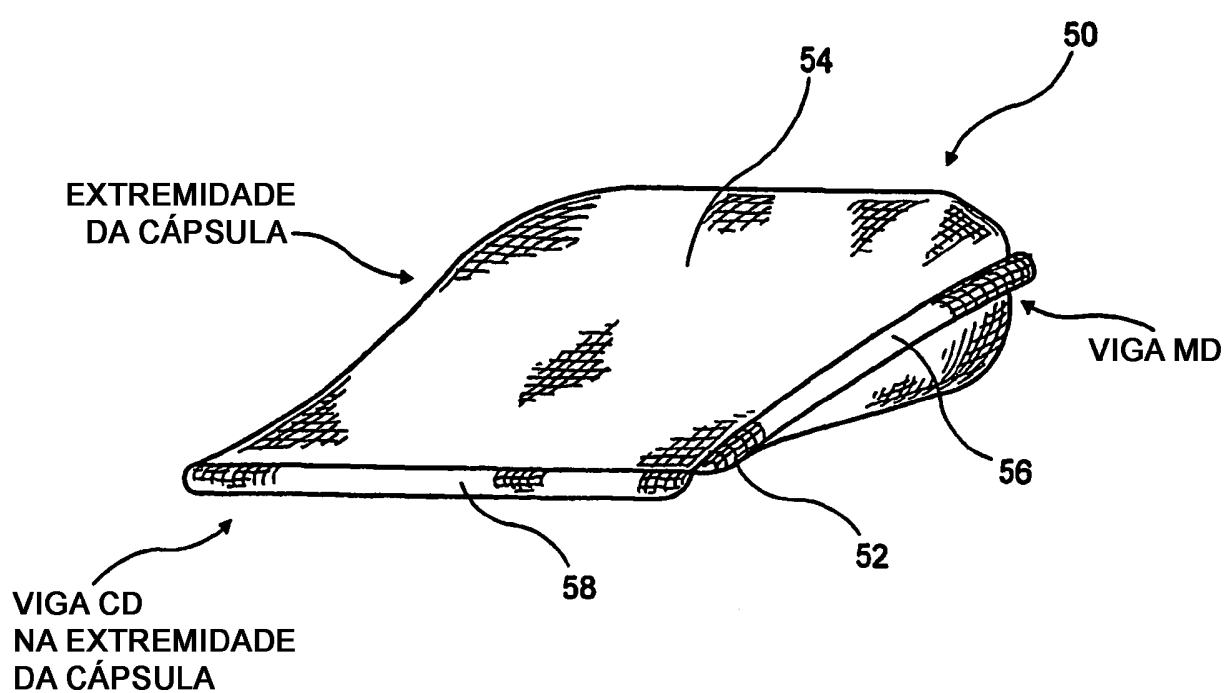


FIG. 5

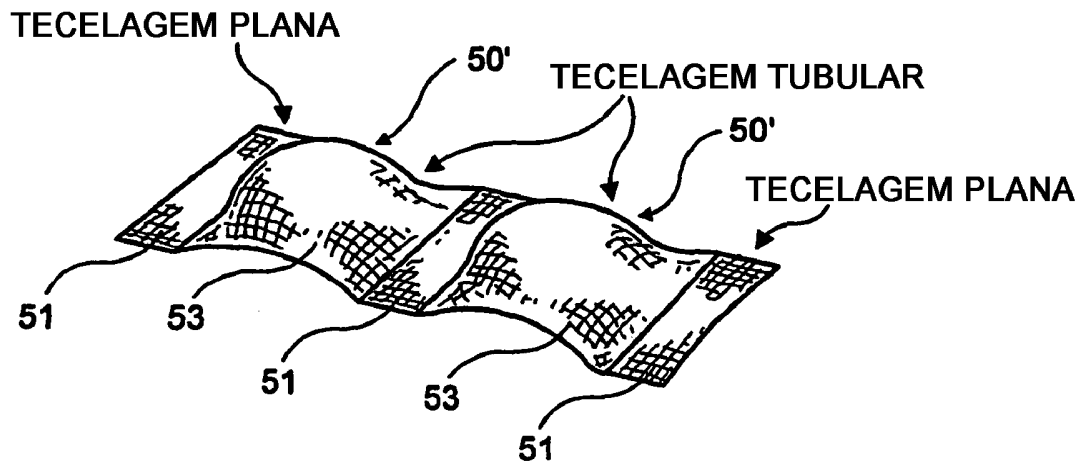


FIG. 5A

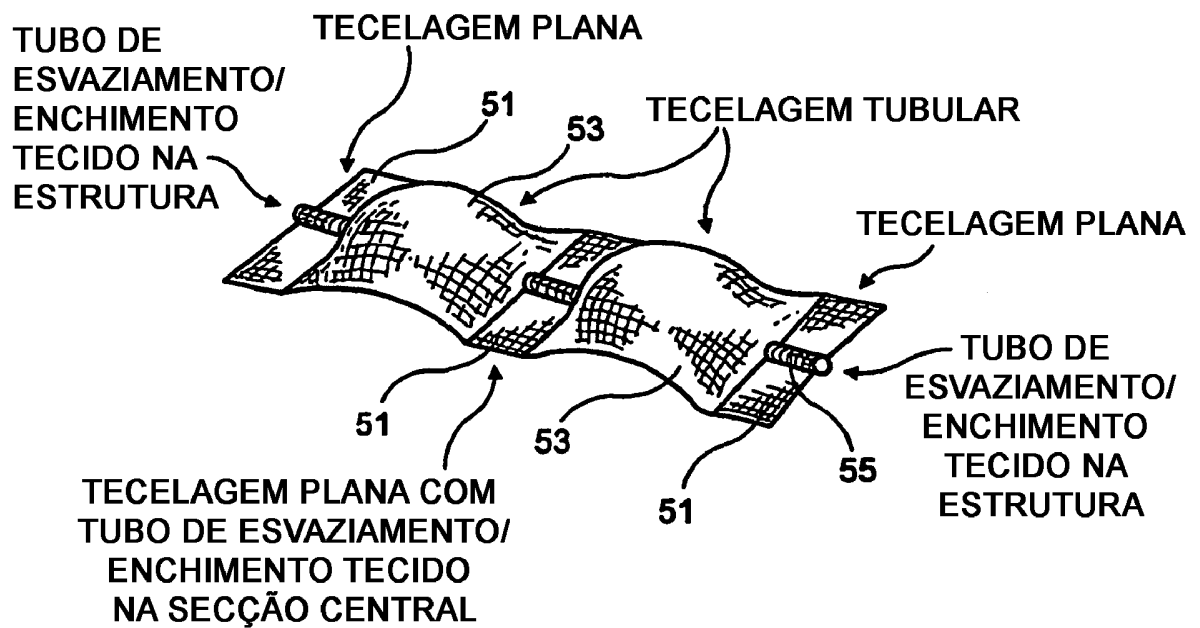


FIG. 5B

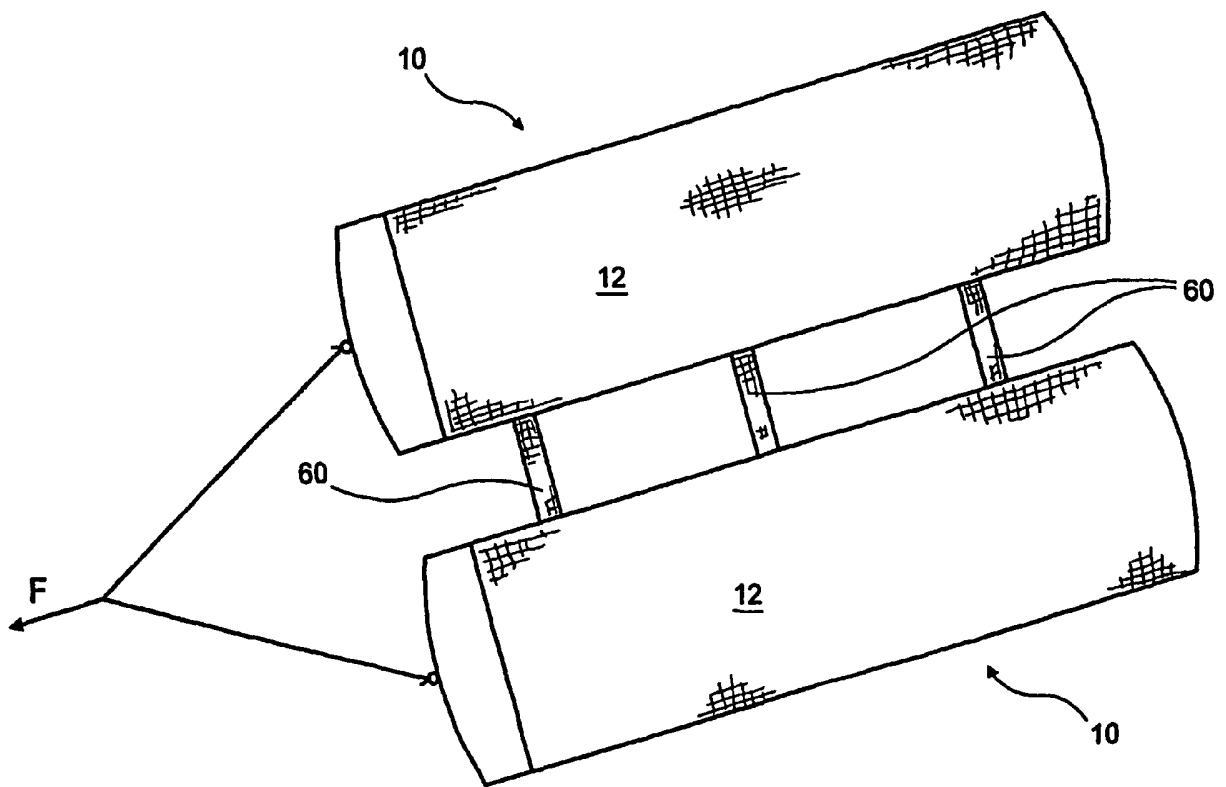


FIG. 6

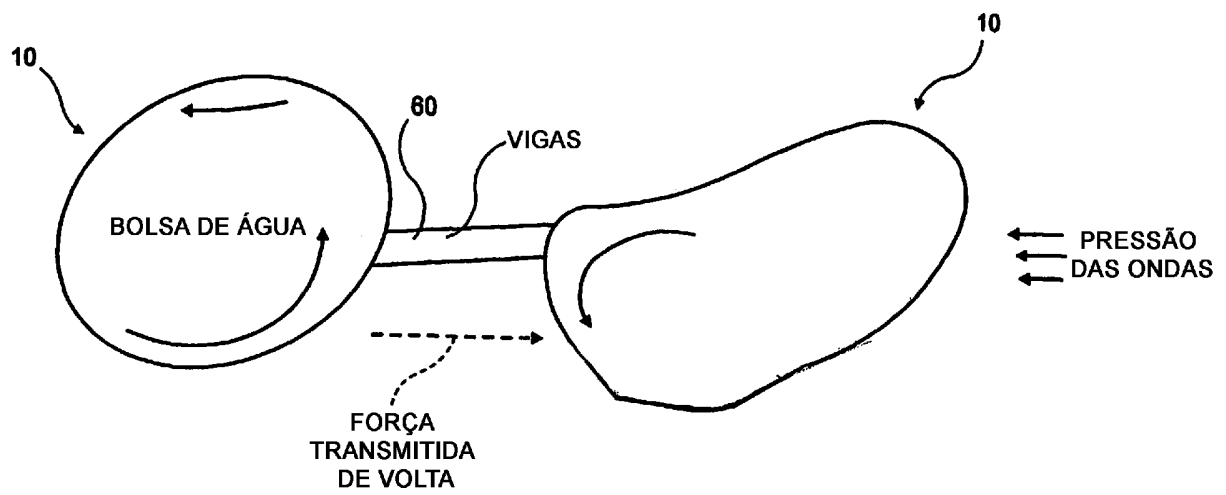


FIG. 7

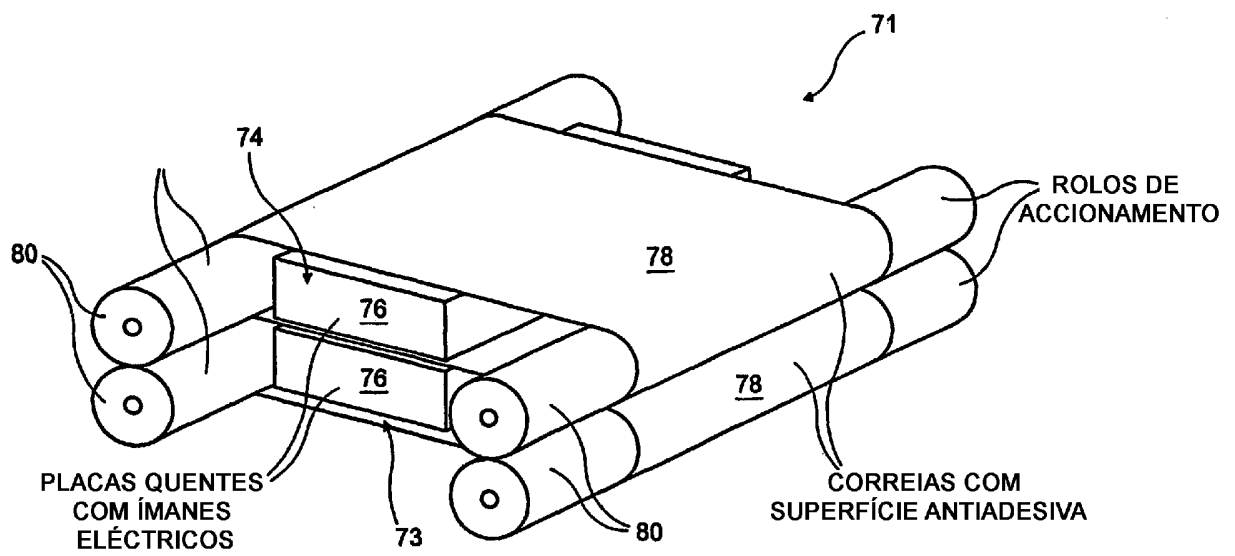


FIG. 8

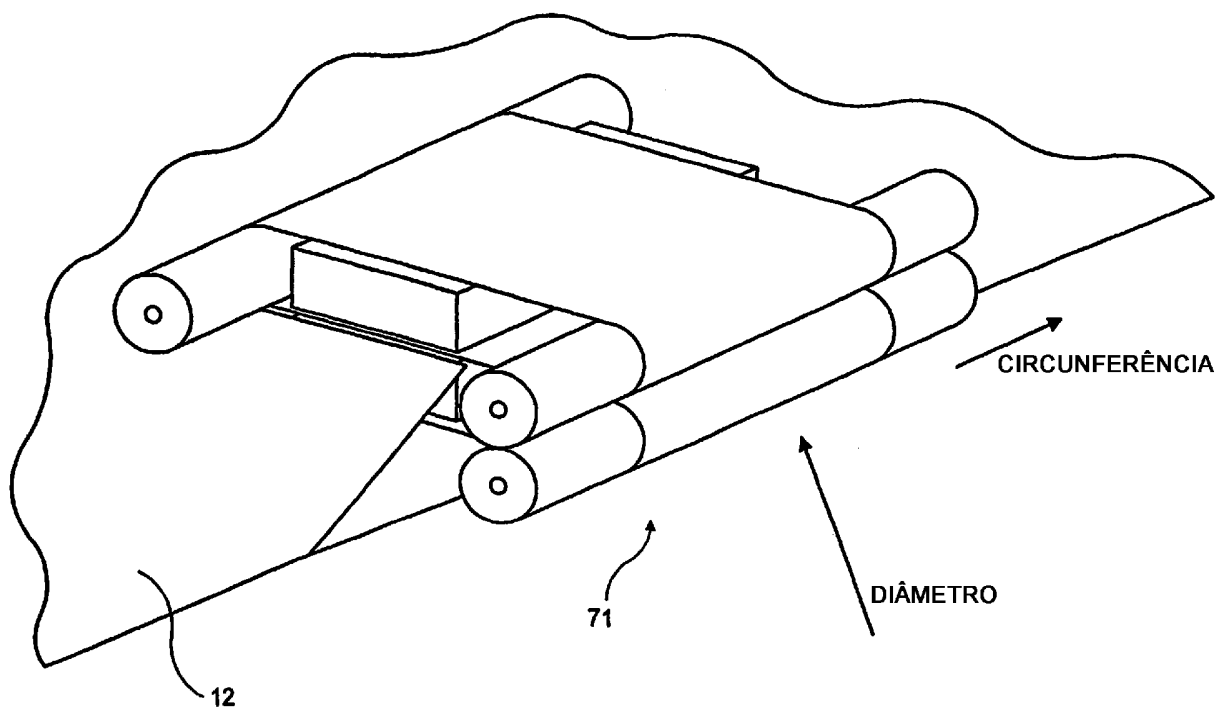


FIG. 9

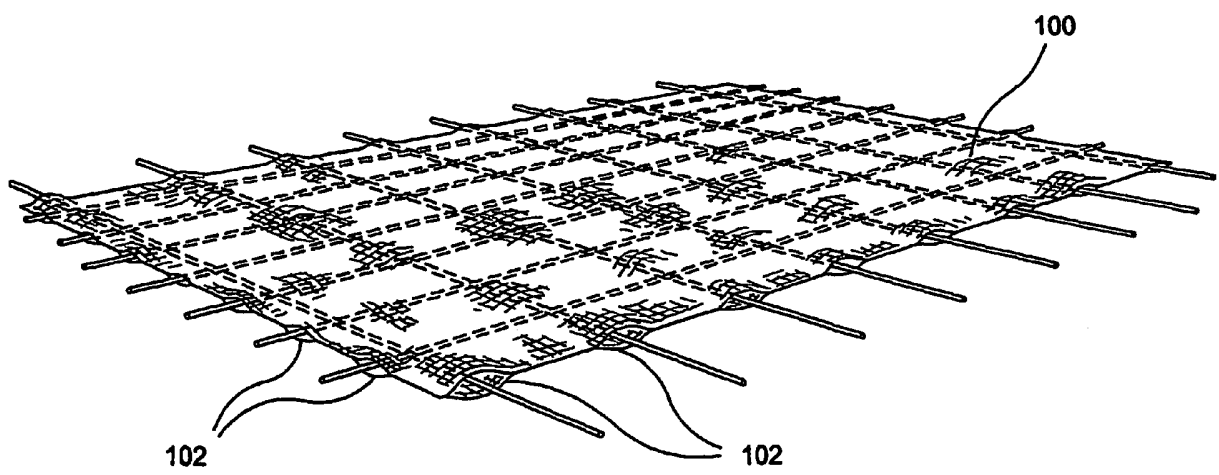


FIG. 10

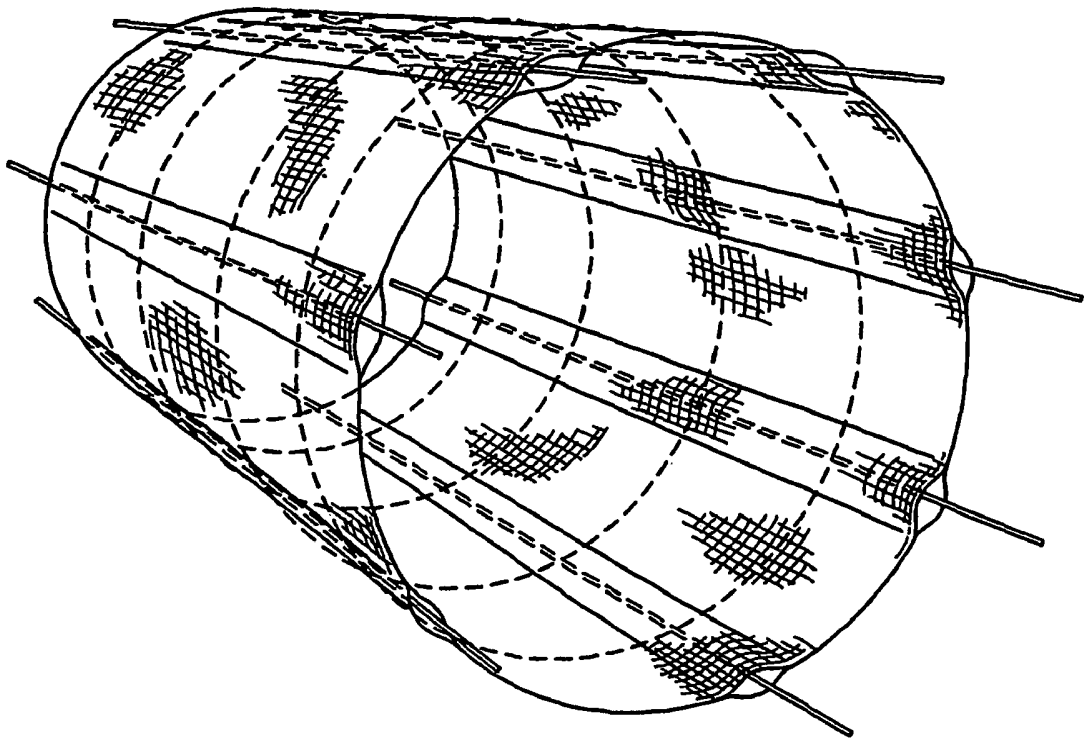


FIG. 10A

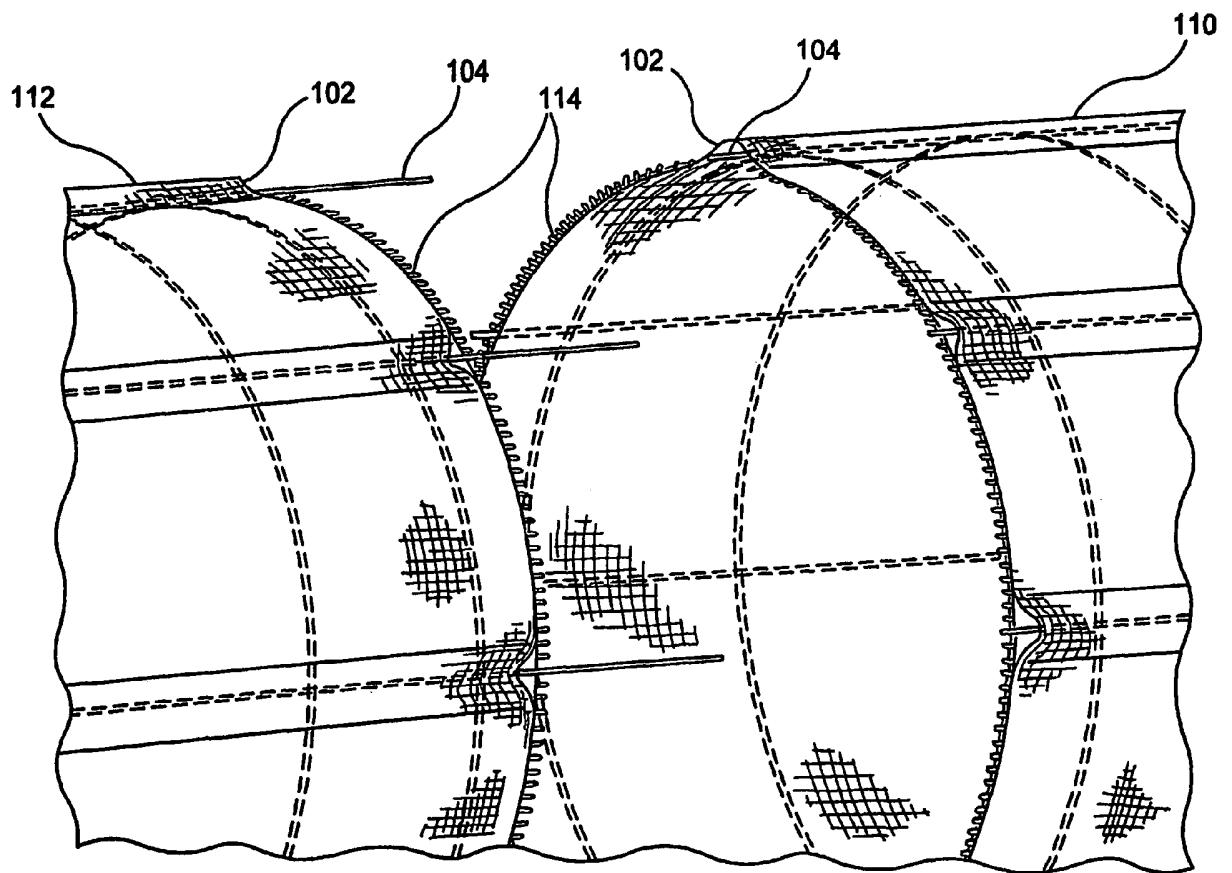


FIG. 10B