República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0414954-8 B1

(22) Data do Depósito: 29/10/2004

(45) Data de Concessão: 29/11/2016

(54) Título: TUBO FLEXÍVEL E MÉTODO DE FABRICAR UM TUBO FLEXÍVEL

(51) Int.Cl.: F16L 11/08; B29C 53/58

(30) Prioridade Unionista: 31/10/2003 DK PA 2003 01622

(73) Titular(es): NATIONAL OILWELL VARCO DENMARK I/S

(72) Inventor(es): JAN RYTTER

"TUBO FLEXÍVEL E MÉTODO DE FABRICAR UM TUBO FLEXÍVEL"

CAMPO TÉCNICO

A invenção trata de um tubo flexível para transportar um fluido em um ambiente marítimo, o tubo compreendendo a) um revestimento interior para confinar o fluido a ser transportado pelo tubo; b) uma camada de blindagem circundando o revestimento interior; c) uma bainha exterior circundando a camada de blindagem.

A invenção trata outrossim de: Um método para a fabricação de um tubo flexível para transportar um fluido em um ambiente marítimo, o método compreendendo as etapas de a) proporciona um revestimento interior para confinar o fluido a ser transportado pelo tubo; b) o fornecimento de uma camada de blindagem circundando o revestimento interior; c) o fornecimento de uma bainha protetora exterior circundando a camada de blindagem.

A invenção pode *e.g.* ser útil em aplicações tais como no transporte de líquidos e gases sob pressão (*e.g.*,,hidrocarbonetos, água, etc.), *e.g.* sob temperaturas elevadas, em ambientes marítimos (isto é, ambientes compreendendo água, *e.g.*. salgada ou doce).

TÉCNICA ANTERIOR

Tubos flexíveis do tipo acima são e.g usados para o transporte de óleo e gás a grandes ou variáveis profundidades marinhas, e.g. de poços submarinos para instalações na superfície do mar onde o óleo ou gás é refinado ou expedido para processamento.

A construção de tubos dessa natureza é e.g. conhecida do JP-3265781, na qual é descrito um tubo flexível blindado. A blindagem é circundada por uma bainha hermética que previne a penetração de fluidos provenientes do meio ambiente na blindagem do tubo por intermédio da qual a blindagem tem de absorver forças oriundas de pressões tanto internas como externas.

Um problema com este tipo de tubo é que a camada de

blindagem - devido à bainha hermética que a circunda tem de ser suscetível de suportar atividade química proveniente de fluidos que se escapam do interior do tubo, e.g. por difusão e dessa maneira se acumulam em torno das camadas de blindagem.

Por outro lado, a patente US nº 4 402 346 descreve um tubo em que a blindagem é circundada por uma bainha externa permeável, que tem a vantagem de que gases agressivos se difundido através do revestimento interior não serão acumulados no volume em torno dos perfis de blindagem

Um problema com ambos os tipos de tubos é que a bainha externa – permeável ou não – pode impedir uma expansão radial das camadas de blindagem enroladas que podem resultar na criação de forças compressivas criticamente grandes na camada de blindagem quando o tubo é submetido a uma pressão hidrostática externa. Estas forças compressivas podem conduzir à ruptura da bainha externa ou à instabilidade dos perfis de blindagem resultando em deformações danosas.

Uma solução para este problema reside no confeccionar a bainha externa na forma de uma mangueira entrançada conforme é conhecida de cordas e de alguns cabos eletro-hidráulicos. Uma mangueira entrançada deste tipo pode e.g. de produzida de fios compreendendo fibra poliéster, fibra de aramida, monofilamentos de polietileno, ou filamentos metálicos. Os fios podem ser fiados, torcidos ou entrançados em cordas ou montados em fitas.

Um problema com o entrançamento de uma bainha externa para um tubo flexível é que as circunferências de tubos flexíveis típicos são muito maiores que aquelas de até grandes cordas (p.ex. para âncoras) e cabos, e que por conseguinte exigem máquinas muito grandes comparadas com aquelas da indústria de cordas e cabos. Além disso, a velocidade do processo de entrançamento é consideravelmente mais baixa da que é típica para processos de enrolamento em relação com a manufatura de tubos flexíveis e por conseguinte não facilmente integrados em um fluxo de manufatura

normal.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

O objetivo da invenção é apresentar um tubo flexível com uma bainha protetora externa que permite uma expansão e contração radial das camadas de blindagem do tubo. Um objetivo adicional é apresentar uma solução que pode ser produzida de uma maneira simples e eficaz em termos de custo.

Os objetivos da invenção são alcançados pela invenção descrita nas reivindicações apensas e conforme descrita a seguir;

O tubo flexível da invenção assim demonstrou oferecer boas propriedades com respeito à expansão e contração radial e simultaneamente em algumas modalidades ser suscetível de realização usando um processo que é compatível com outros processos normalmente usados para a manufatura de um tubo flexível.

Outrossim o tubo flexível da invenção pode em uma modalidade oferecer uma solução em que gases agressivos são suscetíveis de difusão através do revestimento interno de preferência de modo que tais gases não sejam acumulados no volume em torno dos perfis de blindagem.

O tubo flexível da invenção para transporte de um fluido em um ambiente marítimo, compreende: a) um revestimento interno para confinar o fluido a ser transportado pelo tubo; b) uma camada de blindagem circundando o revestimento interno; c) uma bainha protetora externa circundando a camada de blindagem, em que a bainha protetora externa compreende pelo menos duas camadas protetoras de fios compostos helicoidalmente enrolados, as ditas pelo menos duas camadas sendo enroladas com ângulos de enrolamento essencialmente e sendo localmente mantidas reunidas.

Um tubo flexível de acordo com a invenção pode ainda compreender outras camadas tal como uma carcaça, duas ou mais camadas de

blindagem (camadas de blindagem não só de resistência à tração como à pressão na forma de fios ou tiras e fitas helicoidalmente enroladas de longo passo assim como bainhas de polímeros), uma ou mais camadas ou revestimentos intermediários (e.g.. para selar ou proteção mecânica ou corrosiva de outras camadas), uma ou mais anti-corrosivas, anti-incrustações, etc., tal como e.g. exposto em WO H-03/019064, WO A-02/01104, US 6 085 798 e US 5 269 349 que, - com respeito a estas camadas específicas – são aqui incorporadas a título de referência.

Um tubo flexível para transportar uma substância fluídica durante operação e um exterior que está em contato com o ambiente, e.g. um ambiente marinho, no presente contexto, o termo 'uma superfície externa' de um elemento em um tubo flexível (e.g., um revestimento interno ou qualquer outra camada) é tomado para significar uma superfície que está voltada para o exterior (como oposta a estar voltada para dentro) do tubo flexível (não indispensavelmente tendo um contato direto com o ambiente, contudo). De modo similar o termo 'uma superfície interna' de um elemento em um tubo flexível é tomado para significar uma superfície que está voltada para o interior do tubo flexível (não indispensavelmente tendo um contato direto com o fluido a ser transportado pelo tubo).

No presente contexto, o termo 'composto' é usado para indicar que o elemento em questão compreende várias partes (e.g., um cabo compreendendo um número de pernas idênticas ou diferentes, cad perna possivelmente sendo um elemento composto, etc.), e.g. partes de diferente estrutura atômica, de diferente composição química ou e.g.. um fio compreendendo fibras alongadas em um material matriz de fundo) ou um material em camadas compreendendo distintas camadas de diferentes ou idênticos materiais em uma estrutura em sanduíche (e.g., incluindo um material ligante). A natureza composta de um fio (e possivelmente dos constituintes dos fios, e.g. das pernas), sendo de uma natureza possivelmente

não-ligada, torna o fio e a resultante camada produzida dos fios permeável à água.

Em uma modalidade nenhuma camada ou camadas à prova d'água adicional é aplicada entre a camada de blindagem e a bainha protetora externa ou cobrindo a bainha protetora externa, com isto os gases agressivos que são suscetíveis de se difundirem através do revestimento interno não são acumulados no volume em torno dos perfis de blindagem.

No presente contexto, o termo 'permeável à água' é tomado para significar que a água do ambiente marinho no qual o tubo flexível é estendido é suscetível de penetrar através do elemento em questão, e.a bainha protetora externa, e entrar em contato com os elementos subjacentes, e.g. camadas tais como as camadas de blindagem. Em uma modalidade da invenção cada camada da bainha protetora externa tem um índice de velocidade de fluxo de água através de sua espessura, como definida em EN ISSO 11058 para uma perda de carga de água de 50 mm, de 0,1 litro por segundo por metro quadrado, tal como de 50 litros por segundo por metro quadrado, tal como de 200 litros por segundo por metro quadrado, em uma modalidade da invenção, a bainha protetora externa tem um coeficiente de difusão para água superior a 10 vezes aquele de uma camada de polímero de polietileno homogênea, sólida, delgada (e.g.. 0,1 – 2 mm de espessura) tal como superior a 100 vezes, tal como superior a 1000 vezes.

Um fio composto pode assumir várias formas geométricas em seção transversal,, e.g. essencialmente circulares, essencialmente retangulares ou em forma de fita, essencialmente trapezóide, essencialmente formando um paralelogramo,, essencialmente elíptica, etc.

No presente contexto, o termo "um revestimento interno para confinar o fluido a ser transportado pelo tubo" é tomado para significar um corpo de encerramento – tipicamente, porém não limitado a ser tubular onde o fluido a ser conduzido pelo tubo está essencialmente localizado no interior do

corpo (revestimento interno) significando que o revestimento interno circunda o fluido a ser transportado pelo tubo ('essencialmente localizado' significando que uma pequena fração de líquido ou gases pode se escapar por difusão através da parede do revestimento interno). Em uma modalidade da invenção, o tubo flexível tem um eixo geométrico longitudinal central localizado no interior do revestimento interno, o revestimento interno ou forro tendo uma superfície interna voltada para o interior (o fluido a ser transportado) e uma superfície externa voltada para o exterior (e.g. um ambiente marinho).

No presente contexto, o termo 'ângulos de enrolamento essencialmente opostos' é tomado pára significar que camadas adjacentes são enroladas com ângulos de enrolamento em relação a um eixo geométrico longitudinal do tubo flexível que são comparáveis em valor absoluto (isto é, em uma modalidade igual a porém pelo menos igual dentro de 20%, em uma modalidade pelo menos igual dentro de 10° de diferença em ângulos de enrolamento) porém tendo sinal oposto (e.g. a camada subjacente tendo um ângulo de enrolamento de +40° e a camada enrolada imediatamente circundante à camada subjacente tendo um ângulo de enrolamento de -40°). Em uma modalidade da invenção, o valor absoluto dos ângulos de enrolamento das camadas protetora está na faixa de 45° - 65°, tal como de 52° a 60°.

Em uma modalidade da invenção, o tubo flexível compreende uma camada em contato físico com a superfície interna do forro (e.g. uma camada de blindagem interna (e..g..na forma de uma carcaça) ou qualquer camada pertinente) caso em que o forro não está indispensavelmente em contato físico direto com o fluido a ser transportado.

Em uma modalidade da invenção, as pelo menos duas camadas são localmente conjugadas no sentido de que as pelo menos duas camadas protetoras terem superfícies de contato adjacentes compreendendo áreas que são interligadas (e.g. por uma ligação química ou mecânica) e áreas que não

são interligadas, isto é, as camadas não são 100% fixadas entre si. Por outro lado, elas não completamente desligadas entre si porém por alguns pontos intermediários..

Em uma modalidade da invenção, as pelo menos duas camadas são localmente mantidas reunidas no sentido de que as camadas são reunidas para proporcionar fixação local dos fios de uma camada com respeito à outra camada, enquanto permitindo a deformação por cortante entre as camadas nas não ligadas da interface entre as camadas.

Em uma modalidade da invenção, as camadas são e.g. localmente mantidas conjugadas por uma ligação localizada, e.g. implementada por uma cola ou uma fusão localizada induzida por calor ou pressão, distribuída sobre superfícies em contato de duas camadas adjacentes em pontos ou sítios distintos o ao longo de um ou mais trajetos lineares ou curvados (e.g. helicoidais). De modo alternativo, as camadas podem ser mantidas conjugadas por grampos ou tramas de entrelaçamento situadas em posições distintas distribuídas dessa maneira interligando camadas adjacentes.

Em outras palavras, 'localmente interligadas não inclui uma ligação homogênea contínua cobrindo a inteira superfície de contato entre camadas adjacentes.

As camadas são localmente interligadas para proporcionar a fixação dos fios de uma camada com respeito à outra camada, enquanto permitindo deformação por cortante entre as camadas nas áreas não ligadas da interface ente as camadas.

Constitui uma vantagem da invenção o fato de uma estrutura relativamente flexível, contudo fixa da bainha exterior ser prevista. Isto, e.g. realizado pelo fato da bainha externa ser mantida conjugada em um conjunto de pontos distintos ou ao longo de trajetos lineares ou curvados.

A flexibilidade é mantida porque a rigidez em cortante nos fios de camadas protetoras adjacentes pode ser tornada muito maior (e.g. 5 a 10

vezes maior) nas áreas sendo localmente interligadas do que fora destas áreas. Isto permite uma alteração de ângulos entre os fios de duas camadas adjacentes da bainha protetora externa durante o alongamento ou encurtamento do tubo.

Em uma modalidade da invenção, as camadas de blindagem não são quimicamente ligas com o forro interno ou com possíveis camadas intermediárias ou membranas porém são suscetíveis de se deslocarem em relação a esta ou estas camadas, desse modo aperfeiçoando a flexibilidade do tubo. Este tipo de tubo é normalmente designado de um tubo "não aglutinado"

Em uma modalidade da invenção uma membrana permeável à água é interposta entre a camada de blindagem extrema externa e a bainha exterior, desse modo prestando proteção das camadas de blindagem durante a manufatura, anterior à aplicação da bainha exterior, e também oferecendo uma barreira ao ingresso de partículas finas (e.g. areia) provenientes do ambiente circundante nas camadas de blindagem.

Em uma modalidade da invenção, um tubo flexível é apresentado, o tubo flexível compreendendo um forro interno criando uma barreira contra a infiltração de fluido sendo transportado pelo tubo, o forro sendo circundado por uma ou mais camadas de blindagem, as camadas de blindagem compreendendo um ou mais perfis de blindagem, as camadas de blindagem sendo circundadas por uma delgada membrana permeável, a membrana sendo circundada por uma bainha protetora externa que compreende pelo menos duas camadas enroladas de um ou mais fios, as pelo menos duas camadas sendo enroladas com ângulos de enrolamento opostos, os fios compreendendo pernas que são parcialmente, isto é, localmente) interligadas as camadas enroladas são parcialmente (isto é, localmente) interligadas.

Uma outra vantagem da invenção reside no fato de que a concentração de materiais nocivos se difundido através do forro a partir do

interior do tubo poder ser mantida a um nível inferior ao máximo valor admissível para a camada ou camadas de blindagem. Isto é realizado pelo fato dos materiais nocivos serem dissolvidos na água do mar que circunda a blindagem e subseqüentemente removidos das camadas de tubo por difusão devido à diferença em concentração em relação ao mar circundante ambiente. Outrossim, se o tubo e usado em um ambiente marinho para o transporte de fluidos a temperaturas elevadas, a água circundante auxilia no assegurar um resfriamento efetivo das camadas de blindagem dessa forma prevenindo seu dano devido a superaquecimento decorrente do fluido transportado pelo tubo. Também, a camada de blindagem é protegida pela bainha protetora exterior contra agarramento, incrustações, desgaste, cargas de impacto e forças compressivas criticamente grandes.

Em uma modalidade da invenção, as ditas pelo menos duas camadas de proteção são mantidas conjugadas por pelo menos uma cadeia discreta de material ligante localizada sobre superfícies em contato de camada protetoras vizinhas,a cadeia de material ligante se estendendo em uma direção longitudinal do tubo flexível e cruzando os fios compostos das camadas protetoras. O termo 'a cadeia de material ligante cruzando os fios compostos' é tomado para significar que o trajeto da cadeia de material ligante cruza o trajeto dos fios compostos enrolados para fixar as camadas nos "pontos de cruzamento". Uma estrutura deste tipo é e.g. especialmente apropriada para resistir a impactos mecânicos externos tais como desgaste, agarramento, incrustação, carregamento por pontos, etc..porque – devido à extensão longitudinal da ligação ou adesão – espiras individuais de um fio de uma camada protetora não podem ser deslocadas entre si entre si e desse modo expor camadas subjacentes aos ditos impactos externos.

Em uma modalidade da invenção, a cadeia de material ligante forma uma tira linear contínua em uma direção axial do tubo flexível. Alternativamente, a cadeia pode ser segmentada e/ou seguir qualquer outro

trajeto apropriado ao longo do eixo geométrico longitudinal do tubo flexível. Em uma modalidade da invenção uma multiplicidade de cordões de matéria ligante é prevista entre camadas adjacentes enroladas com ângulos de enrolamento opostos.

Quando uma multiplicidade de cordões essencialmente lineares e contínuos de material ligante é distribuída em torno da periferia das superfícies em contato de camadas protetoras vizinhas, é assegurado que as camadas vizinhas possam ser interligadas de uma maneira controlada. Variando a 'densidade' de cordões de material ligante (e.g. a distância periférica entre cordões adjacentes) a rigidez à cortante da bainha protetora pode ser ajustada para otimizar o comportamento estrutural do tubo. Outrossim, a permeabilidade das camadas protetoras pode ser variada.

Em uma modalidade da invenção, 2 ou mais cordões de material ligante são previstos, tais como 5 ou mais, tais como 10 ou mais. Em uma modalidade da invenção, os cordões de material ligante são distribuídos por igual ao longo da periferia das camadas protetoras vizinhas (quando visualizadas em uma seção transversal perpendicular a uma direção longitudinal do tubo flexível). Em uma modalidade da invenção, a distância sobre a periferia da superfície entre cordões individuais de material ligante em uma seção transversal perpendicular a um eixo geométrico longitudinal do tubo está entre 1 e 15 cm, tal como entre 3 e 10 cm. Em uma modalidade da invenção, a distância sobre a periferia superficial entre cordões individuais de material ligante em uma seção transversal perpendicular a um eixo geométrico longitudinal do tubo corresponde a um ângulo na faixa entre 10 e 60 graus quando visualizado do centro da seção transversal.

No presente contexto, o termo "material ligante" é tomado para significar qualquer adesivo tal como (e.g. baseada em silano, epóxi ou uretano) ou materiais termoplásticos tal como poli(álcool vinílico) (PVA) ou polietileno (PE) ou cimento (e.g. acrilatos) que são suscetíveis de levar duas

camadas protetoras a aderirem entre si ao longo da extensão do material ligante.

Quando o dito material ligante é selecionado do grupo de adesivo fundido, polímero termoplástico, adesivo de polímero reticulado, pasta de vulcanização, é assegurado que a elasticidade e ductilidade da ligação possa ser otimizada com relação ao comportamento estrutural do tubo.

Quando os fios compostos compreendem um número de cordas, pelo menos uma das cordas sendo localmente ligada com pelo menos uma corda vizinha, é assegurado que as cordas vizinhas possam ser interligadas de uma maneira controlada desse controlando a rigidez a cortante do fio. Variando a 'densidade' das ligações a permeabilidade do fio pode ser variada.

No presente contexto, o termo "localmente ligada"é tomado para significar que as cordas são mantidas conjugadas em pontos distintos ou ao longo de um trajeto linear ou curvado distinto, e.g. 1) 'quimicamente' sendo aderidas entre si, e.g. sendo coladas ou objeto de fusão ou compressão ou 2) 'mecanicamente' por grampos ou fios de trama entrelaçados dispostos em posições distintas distribuídas.

No presente contexto, o termo "corda vizinha" é tomado para significar uma corda que está localizada adjacente à corda em questão pelo menos através de pelo menos um determinado comprimento de sua extensão longitudinal. Em uma modalidade da invenção cordas vizinhas se tocam mutuamente. Em uma modalidade da invenção, cordas vizinhas de uma corda dada são tomadas ser todas as cordas localizadas inteiramente ou parcialmente dentro de uma distância radial da maior dimensão em seção transversal da corda em questão a partir do centro da corda em questão, quando visualizada em uma seção transversal perpendicular a um eixo geométrico longitudinal da corda. Em uma modalidade da invenção, cordas vizinhas de uma corda dada são tomadas para ser as 6 cordas vizinhas mais próximas, tais como as quatro

cordas vizinhas mais próximas , tais como as duas cordas vizinhas mais próximas, tal como a corda vizinha mais próxima, conforme dada pela distância do centro da corda em questão para uma superfície de uma corda vizinha, quando visualizada em uma seção transversal perpendicular a um eixo geométrico longitudinal da corda.

Em uma modalidade da invenção, de preferência todas as cordas de um fio composto específico são localmente ligadas com pelo menos uma e de preferência com todas as cordas vizinhas..

Em uma modalidade da invenção, a ligação local de cordas vizinhas é prevista para proporcionar uma permeabilidade predefinida para água (a uma determinada diferença de pressão hidrostática entre as superfícies interna e externa da camada em questão.) A permeabilidade é realizada (e controlada) pela natureza composta do fio (e.g. compreendendo cordas torcidas) e a estrutura angular de camadas protetoras vizinhas sendo localmente interligadas (isto é, produzindo uma combinação de partes fixas e não ligadas das superfícies em contato de camadas protetoras externas vizinhas.).

Em uma modalidade da invenção,, um fio compreende duas ou mais cordas, tal como 3 ou 4 ou 5 cordas. Em uma modalidade da invenção, o numero de cordas de um fio está na faixa de 5 a 100, tal como de 20 a 50. Em uma modalidade da invenção, as cordas de um fio são distribuídas em uma ou mais camadas..

Em uma modalidade da invenção,, as cordas são inteiramente ou parcialmente compostas de um polímero termoplástico.

Em uma modalidade da presente invenção, pelo menos uma corda é ligada com pelo menos uma corda vizinha ao longo de sua superfície longitudinal adjacente.

Em uma modalidade da invenção,pelo menos uma corda é inteiramente ou parcialmente fundida com pelo menos uma corda vizinha ao

longo de sua superfície longitudinal adjacente; O 'parcialmente fundida ao longo de sua superfície longitudinal adjacente' é tomado significar que fios adjacentes não são ligados por fusão continuamente no entendimento de que e.g. uma extensão de duas cordas vizinhas é alternadamente conjuntamente fundida e NÃO completamente fundida entre si (isto é, segmentada). Desse modo um outro parâmetro de construção para a permeabilidade d fio resultado é provido controlando os segmentos e distribuição (periódica ou aperiódica) das partes ligadas e não-ligadas..

Em uma modalidade da invenção, uma corda compreende um número de fios. Em uma modalidade da invenção, uma corda compreende dois ou mais fios,tal como 4 ou mais fios. Em uma modalidade da invenção, os fios são torcidos para formar um trajeto helicoidal em torno de um eixo geométrico longitudinal da corda. Em uma modalidade da invenção, os fios são torcidos em torno de um elemento longitudinal central para formar um trajeto helicoidal em torno de um eixo geométrico longitudinal da corda. Em uma modalidade da invenção,, pelo menos um fio compreende um material ligante de fio, tal como uma cola ou cimento ou material termoplástico..

Quando cada corda compreende um número de fios torcidos em orno de um eixo geométrico longitudinal da corda e pelo menos um dos ditos fios compreende um material ligante de fio, é assegurado que uma maneira conveniente de controlar a distribuição e densidade das ligações locais seja provida. Variando o número total de cordas e/ou o número de cordas compreendendo um material ligante de fio, a rigidez à cortante e/ou permeabilidade do fio resultante pode ser controlada.

Quando os ditos fios são torcidos em torno de um elemento central, é assegurada a liberdade de construção com relação as propriedades mecânicas das cordas e assim o fio é aperfeiçoado.

Quando o dito elemento central compreende filamentos de um material metálico tal como cobre ou liga de core, é assegurado que o

crescimento de espécies marinhas, tais como algas, seja suprimido, enquanto ainda conferindo resistência mecânica à corda,

Em uma modalidade preferencial, um tubo flexível é apresentado, o tubo compreendendo uma camada de blindagem interna prevenindo que o forro interno circundante entre em colapso devido a uma pressão excedente externa, o forro interno sendo circundado por uma camada de blindagem enrolada,, a camada de blindagem sendo circundada por uma camada protetora externa na forma de pelo menos duas camadas protetoras enroladas, as camadas protetoras sendo enroladas a partir de pelo menos um fio em forma de fita a ângulos de enrolamento opostos, os fios compreendendo cordas torcidas compreendendo filamentos de material termoplástico. As cordas sendo construídas em torno de um núcleo de filamento metálico, as cordas sendo longitudinalmente fundidas para formar um fio em forma de fita, as camadas enroladas sendo localmente interligadas aplicando filetes discretos longitudinais de uma cola entre as camadas..

Quando as cordas constituem um fio em forma de fita, é assegurada uma forma conveniente de fio apropriada para o enrolamento de uma camada homogênea. Além disso, as ligações entre cordas auxiliam no prevenir desgaste de uma bainha protetora constituída dos ditos fios, e dessa maneira o risco de expor as camadas de blindagem a estas condições.

Quando o dito material de ligação de fio é selecionado do grupo de materiais termoplásticos, polímeros tais como poliolefina, poliuretano, borrachas que podem ser vulcanizadas, é assegurado que ligações robustas, flexíveis e dúcteis sejam fornecidas entre as cordas.

Quando os fios compreendem um número de fibras ou filamentos, parâmetros tais como permeabilidade (estrutura aberta/ não aglutinada), resistência, flexibilidade, resistência a desgaste, peso e preço podem ser controlados.

Em uma modalidade da invenção, um filamento compreende

um conjunto de fibras descontínuas reunidas, e.g. tecidas, torcidas, fiadas ou enredadas entre si.

Em uma modalidade da invenção, um fio compreende mais de 6 filamentos, tal como mais de 25, tal como mais de 50. Em uma modalidade da invenção, um fio compreende mais de 1000 fibras por mm^2 tal como mais de 100000 por mm^2.

Quando as ditas fibras ou filamentos são selecionados do grupo de materiais poliéster, aramida, polietileno, titânio, cobre, é obtido que parâmetros tais como resistência, flexibilidade, resistência a desgaste e peso de um fio (e desse modo indiretamente uma corda e cabo resultante) podem ser observados e satisfeitos.

Quando as ditas fibras ou filamentos são plenamente ou parcialmente protegidos por um invólucro, um revestimento ou uma impregnação, é assegurado que o desgaste e resistência ambiental possam ser otimizados para determinados tipos de fibras, possibilitando o uso de uma gama mais ampla de materiais.

Em uma modalidade da invenção, as fibras ou filamentos contínuos ou descontínuos

Em uma modalidade da invenção, as fibras ou filamentos contínuos ou descontínuos são reunidos por torção ou fiação.

A permeabilidade para água das camadas protetoras externas da bainha de proteção exterior é governada pela montagem discreta dos fios usados para enrolar as camadas de proteção exteriores, os fios e.g. compreendendo cordas, linhas, filamentos / fibras, os fios ou constituintes dos fios sendo mantidos conjugados por ligações locais compreendendo pontos ou áreas localizadas sendo interligados ou fiados ou mutuamente entrelaçados ou mecanicamente conjugados de outras maneiras.

O fio pode ser produzido em princípio pela utilização de qualquer método, porém oferecendo um método simples e eficaz em termos

de custo o seguinte método da invenção pode ser conveniente.

O método de fabricar um tubo flexível para transportar um fluido em um ambiente marítimo de acordo com a invenção compreende as etapas de:: a) proporcionar um forro para confinar o fluido a ser transportado pelo tubo; b) proporcionar uma camada de blindagem circundando o forro; c) o proporcionar uma bainha protetora externa circundando a camada de blindagem é adicionalmente previsto pela presente invenção. Quando a etapa c) compreende as sub-etapas de c1) fornecer um fio composto;; e c2) proporcionar pelo menos duas camadas protetoras, cada camada sendo estabelecida enrolando helicoidalmente pelo menos um dos ditos fios composto, as pelo menos duas camadas sendo enroladas com ângulos de enrolamento essencialmente opostos e sendo localmente interligadas, é assegurado que uma estrutura relativamente flexível, contudo fixa da bainha externa seja prevista a partir da descrição acima de um tubo flexível de acordo com a invenção.

Quando na etapa c2) pelo menos uma cadeia discreta de material ligante é aplicada às superfícies em contato de camadas protetoras vizinhas, a dita cadeia de material sendo disposta para se estender em uma direção longitudinal do tubo flexível e cruzar os fios compostos das camadas protetoras, é assegurado que as camadas vizinhas possam ser interligadas de uma maneira controlada, desse modo proporcionando um meio para controlar a flexibilidade a cortante das camadas protetoras externas.

Quando a etapa c1) compreende as sub-etapas de c1-1) proporcionar um número de cordas, e c1-2) dispor as ditas cordas em um fio de modo que pelo menos uma das ditas cordas seja localmente ligada com pelo menos uma corda vizinha, é assegurado que as cordas vizinhas possam ser interligadas de uma maneira controlada, desse modo oferecendo um meio para controlar a flexibilidade a cortante do fio e assim das camadas protetoras externas.

Em uma modalidade preferencial da invenção, a etapa c1-1) compreende as sub-etapas de c1-1-1) de proporcionar um número de fios em que pelo menos um fio compreende um material ligante, e c1-1-2) dispor os ditos fios como um cordão, desse modo oferecendo um método para interligar cordas vizinhas entre si.

Em uma modalidade da invenção, na etapa c1-1-2) os ditos fios são torcidos em torno de um eixo geométrico longitudinal da corda, desse modo prestando uma estrutura flexível e resistente a desgaste.

Quando a etapa c1-1-1) compreende a sub-etapa de proporcionar um elemento central e na etapa c1-1-2) os ditos fios são enrolados em torno do elemento central, é assegurado que a liberdade de construção relativa às propriedades mecânicas das cordas e assim do fio seja aperfeiçoada.

Quando a etapa c1-2) compreende a etapa de dispor um material ligante entre superfícies longitudinais adjacentes das cordas vizinhas, é assegurado que as cordas vizinhas sejam ligadas entre, enquanto mantendo a flexibilidade intrínseca das cordas.

Quando a etapa c1-2) compreende a etapa de dispor superfícies longitudinais adjacentes das cordas vizinhas para serem inteiramente ou parcialmente reunidas por fusão,é assegurado que as cordas vizinhas produzidas de um material termoplástico sejam eficientemente interligadas, enquanto mantendo a flexibilidade intrínseca das cordas..

Deve ser enfatizado que o termo "compreende/ compreendendo" quando usado no presente relatório descritivo é tomado para especificar a presença de características declaradas, inteiros, etapas ou componentes porém não exclui a presença ou adição de uma ou mais outros aspetos característicos declarados,,, inteiros, etapas, componentes ou grupos dos mesmos.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A invenção será explanada em maior detalhe abaixo em conjunção com uma modalidade preferencial e com referência aos desenhos, em que:

A fig. 1 mostra uma vista em perspectiva com um recorte de uma modalidade de um tubo flexível de acordo com a invenção ilustrando várias camadas do tubo;

A fig. 2 mostra uma vista em seção transversal de várias camadas de uma modalidade do tubo flexível de acordo com a invenção;

A fig. 3 mostra uma vista em perspectiva esquemática de uma modalidade de um tubo flexível de acordo com a invenção ilustrando o enrolamento de fios e ligação de camadas de uma bainha protetora externa;

A fig. 4 mostra uma modalidade de um fio para uso no enrolamento de camadas de uma bainha protetora externa, a fig. 4.a sendo uma vista superior e a fig. 4.b uma vista em seção transversal;

A fig. 5 mostra uma modalidade de um fio para uso no enrolamento de camadas de uma bainha protetora externa, a fig. 5.a sendo uma vista superior de um fio e a fig. 5.b uma vista em perspectiva de uma das cordas do fio;

A fig. 6 mostra uma composição esquemática de um fio para uso no enrolamento de camadas de uma bainha protetora externa;;

A fig. 7 mostra seções transversais de várias modalidades de um fio de acordo com a invenção, a fig. 7.a e a fig. 7.b ilustrando um fio com uma seção transversal substancialmente retangular e uma seção transversal substancialmente trapezoidal, respectivamente; e

A fig. 8 mostra uma modalidade de uma fita para uso no enrolamento de camadas de uma bainha protetora externa, a fig. 8.a sendo uma vista superior de uma fita e a fig. 8b sendo uma vista em seção transversal..

As figuras são esquemáticas e simplificadas para clareza, e

apenas mostram detalhes que são essenciais para a compreensão da invenção, ao passo que outros detalhes são deixados de fora. Através de sua totalidade, os mesmos numerais de referência são usados para partes idênticas ou correspondentes.

MODELOS PARA REALIZAÇÃO DA INVENÇÃO

A fig. 1 mostra uma vista em perspectiva com um recorte de uma modalidade de um tubo flexível de acordo com a invenção ilustrando várias camadas do tubo.

Na fig. 1, um forro barreira interno 1 é mostrado circundando uma camada de blindagem interna (opcional) 2.. A finalidade da camada de blindagem interna é prevenir um colapso do foro interno no caso da diferença de pressão entre sua superfície interna e externa exceder o valor que o forro propriamente dito é suscetível de suportar. A camada de blindagem interna 2 compreende uma fita metálica 21 que he helicoidalmente enrolada para criar um tubo interno. A fita metálica é – durante o processo de enrolamento – munida de abas –que são entrelaçadas desse modo travando espiras individuais da fita entre si de uma tal maneira que a camada de blindagem interna 2 é suscetível de ser defletida de sua direção longitudinal. Embora a camada de blindagem interna não seja intrinsecamente hermética, o forro interno circundante 1 tem o propósito de inteiramente ou parcialmente prevenir o escape de liquido ou gás do interior do tubo para o interior das camadas de blindagem circundantes.

Ainda que mostrado na fig. 1 como uma unidade separada, o forro 1 pode naturalmente ser uma parte mais ou menos integrada da camada de blindagem interna 2 acima mencionada. A fita metálica 21 constituindo a camada de blindagem interna 2 tipicamente pode ser produzida de aço inoxidável, ainda que outras ligas metálicas e metais puros possam ser usados. O forro 1 pode ser produzido de um material termoplástico, tipicamente selecionado do grupo poliamida, poliolefina, policetona ou poli(fluoreto de

vinilideno) (PVDF),, embora muitos outros materiais possam ser usados. Um tubo flexível sem uma camada de blindagem interna pode ser usado para determinadas aplicações, e.g.. em relação com o bombeamento de água de retorno para o interior de um poço de petróleo para substituir o petróleo extraído. Este forro pode ser construído como uma camada ou consistir de mais de uma camada de e.g. polímeros, que pode ser sucessivamente extrudada sobre uma camada prévia, as camadas individuais tendo propriedades idênticas ou diferentes.

Uma ou mais camadas 3, 4 de perfis de blindagem 31, 41 são helicoidalmente enroladas em torno do forro interno 1. Os perfis de blindagem constituem espiras quer com uma pequena extensão de passo (tal como enrolamento ou ângulos de passo na faixa em torno de 80-90°) em relação longitudinal do tubo, ou como mostrado na fig. 1. com uma extensão de passo maior (tal como enrolamento ou ângulo de passo na faixa em torno de 65-30°). Na fig. 1, duas camadas de blindagem 3, 4 enroladas ângulos de enrolamento opostos são mostradas. Neste caso é preferível que os perfis de blindagem 31, 41 das respectivas camadas tenham um ângulo de enrolamento com o eixo geométrico longitudinal do tubo na faixa de 50 a 60° (isto é e.g. +55° e -55°, respectivamente).

A 'extensão de passo' no presente contexto é definida como a distância na direção longitudinal do tubo entre pontos extremos de um passo seguindo o eixo geométrico central de um perfil de blindagem ao longo de uma única espira periférica (2π). O enrolamento ou ângulo de passo de um elemento enrolado (e.g. um fio) é o ângulo entre um eixo geométrico longitudinal do tubo e uma projeção do eixo geométrico central do elemento enrolado em um plano compreendendo o eixo geométrico longitudinal do tubo.

As espiras dos perfis de blindagem criam uma resistência contra o rompimento do tubo devido a uma alta diferença de pressão positiva

entre o forro e a superfície externa do forro e adicionalmente absorve possíveis forças de tração sobre o tubo. Para assegurar uma flexibilidade das camadas de blindagem, os perfis de blindagem podem ser construídos para intrinsecamente compreender um determinado espaço de expansão.

Uma ou mais outras camadas podem ser previstas entre as camadas de blindagem, tal outra camada ou camadas tendo e;g; a finalidade de prevenir ruptura e desgaste entre perfis de blindagem contíguos quando o tubo está sendo curvado.

Os perfis de blindagem 31, 41 podem ser produzidos de uma variedade de materiais dotados de resistência suficiente para assegurar a função do tubo.. Considerando-se que os perfis de blindagem 31, 41 de um tubo flexível de acordo com a invenção são inteiramente ou parcialmente expostos ao meio circundante (e.g., um ambiente marinho contendo água salgada), é vantajoso selecionar materiais que não sejam degradados pelo ambiente.

Para uso em água salgada, os perfis de blindagem produzidos de polímeros reforçados por fibras ou ligas baseadas sobre titânio são especialmente convenientes.

Em uma modalidade preferencial, os perfis de blindagem são produzidos de fitas pré-fabricadas que são montadas com os perfis durante o processo de enrolamento para que os perfis sejam essencialmente livres de tensão mecânica devido ao enrolamento.

Na modalidade da fig. 1, as camadas de blindagem 3, 4 são circundadas por uma membrana permeável à água 9, que durante a manufatura auxilia no proteger as camadas de blindagem, e durante a operação oferece uma barreira contra finas partículas (sendo conduzidas pela água em torno do tubo) virem a se intrometer no interior das camadas de blindagem. A membrana, e.g. sendo criada enrolando fios com substancial superposição, de preferência pode ser um têxtil não-tecido agulhado, porém

têxteis tecidos e feltros podem ser adequados.

A membrana permeável 9 é circundada por uma bainha protetora externa 5, que compreende pelo menos duas camadas enroladas 51, 52 tendo essencialmente ângulos de enrolamento opostos e que estão sendo localmente conjugadas (e.g. por um ou mais cordões 55 de material ligante).

A fig. 2 mostra uma vista em seção transversal de várias camadas de uma modalidade de um tubo flexível de acordo com aa invenção. A vista em seção transversal é tomada em uma direção longitudinal 100 do tubo flexível. As características da fig. 2 que são mencionadas na fig. 1 com numerais de referência idênticos representam características tendo função idêntica ou correspondente e não são indispensavelmente expostas em relação com a fig. 2.

Comparadas com o caso do tubo da fig. 1, as camadas de blindagem 3, 4 da modalidade da fig. 2 enroladas diretamente sobre o forro interno 1 compreendem espiras com um passo relativamente pequeno (e.g. correspondente a um ângulo de enrolamento de 87°) na direção longitudinal 100 do tubo e assim absorverão basicamente cargas radiais originárias de pressões internas. Uma blindagem deste tipo ou uma camada dessa natureza por conseguinte é muitas vezes designada de uma blindagem (camada) de pressão. Como visto na figura, os perfis usados neste tipo de camada de blindagem 333, 4 podem ser perfis em forma de 'C' 32, 42. Os perfis de cada camada de blindagem 3, 4 podem ser orientados entre si para se entrefecharem (como ilustrado na fig. 2), as duas camadas sendo enroladas em torno do forro na mesma direção (isto é, tendo essencialmente ângulos de enrolamento idênticos). Alternativamente outros tipos de perfis tais como perfis e fitas em Z ou X ou em forma de T podem ser usados.

Muitos materiais diferentes podem ser usados para a manufatura dos perfis de blindagem 32, 42. Tipicamente são usados metais, de preferência aço carbono.

Em torno das camadas de blindagem de pressão 3, 4, uma bainha intermediária na forma de uma membrana hermética 6 é prevista na modalidade na fig. 2. A finalidade da membrana 6 é prevenir o ingresso de fluidos oriundos do ambiente circundante nas camadas de blindagem de pressão 3, 4. Isto é importante para a modalidade de um tubo flexível mostrado na fig. 2 porque todas as camadas no exterior da bainha intermediária 6 são essencialmente expostas ao ambiente circundante. A membrana hermética 6 assim tem de funcionar como uma barreira de transporte entre o ambiente circundante e a blindagem de pressão 3, 4. A membrana hermética – e.g., produzida por extrusão de um material termoplástico – é essencialmente a prova de líquidos. A membrana pode de preferência ser produzida de um material do grupo poliamida, poliolefina ou policetona, ainda que muitos outros materiais plásticos e suas combinações também possam ser apropriados. A membrana pode ser construída como uma camada ou consistir de mais de uma camada de e.g. polímeros que pode ser extrudada sobre uma camada prévia, as camadas individuais tendo propriedades idênticas ou diferentes.

Em torno da membrana hermética 6, é disposta uma camada de blindagem adicional 7, 8.. A camada de blindagem 7, 8 compreende uma ou mais camadas de perfis ou fitas que são helicoidalmente enrolados com um passo substancialmente mais alto que os perfis de blindagem de pressão 3, 4 acima mencionados. A blindagem constituída por estes perfis ou fitas enroladas são – para o tipo mostrado de tubo – a seguir designada de uma 'blindagem de tração'. Pelo enrolamento com um grande passo (e.g. correspondente a um ângulo de enrolamento em torno de 35°) é assegurado que a blindagem de tração seja capaz de absorver forças de tração no sentido longitudinal 100 do tubo flexível. Tais forças de tração podem e.g. ser impostas durante o lançamento ou operação do tubo flexível.

Para assegurar uma flexibilidade do oleoduto,, os perfis de

blindagem de tração individuais são tipicamente dispostos para oferecer uma folga entre as espiras.

Entre os perfis de blindagem acima mencionados 7, 8 uma ou mais outras camadas podem opcionalmente ser interpostas, tal outra ou outras camadas tendo e.g. a finalidade de prevenir ruptura ou desgaste entre perfis de blindagem contíguos quando o tubo está sendo curvado.. Os perfis de blindagem de tração podem ser produzidos de uma variedade de materiais conforme exposto em conjunção com os perfis de blindagem da figura 1.

Na modalidade da fig. 2, a proteção da blindagem de tração 7, 8 e do oleoduto é em geral prestada aplicando uma membrana permeável 9, e uma bainha externa 5. A membrana permeável pode (alternativamente à modalidade descrita na fig. 1) ser produzida de um material termoplástico que é perfurado quer durante quer após sua manufatura ou de um material trançado ou de um têxtil tecido ou não-tecido. A bainha externa compreende pelo menos duas (aqui duas são mostradas) camadas adjacentes opostamente enroladas que são localmente interligadas, isto é, e.g.. ligadas por pontos discretos ou ao longo de um trajeto linear ou curvado.

A fig. 3 mostra uma vista em perspectiva esquemática de uma modalidade de um tubo flexível de acordo com a invenção ilustrando um método de fabricar um tubo flexível de acordo com a invenção, especificamente o enrolamento de fios e ligação de camadas de uma bainha protetora externa.

Um método prático de fabricar uma bainha protetora externa 5 é mostrado na fig. 3. Duas camadas protetoras 51, 52 de fios em forma de fita helicoidalmente enrolados 53 são enrolados com ângulos de enrolamento opostos em torno de uma membrana permeável 9 circundando uma camada de blindagem 3, a camada de blindagem 3 mais uma vez circundando um forro 1. As camadas 51, 52 sã construídas de pelo menos um fio 53, o fio compreendendo um número de cordas 54, que – dependendo da composição

efetiva do material (e.g. na forma de fibras) constituindo as cordas – são localmente (isto é, parcialmente) interligadas e.g. por um adesivo de fusão a quente termoplástico (tal como poli(álcool vinílico) ou polietileno ou seus compostos) ou apenas conjuntamente fundidos (o último no caso do material de corda compreender um material termoplástico). Durante o enrolamento da camada protetora extrema externa 52, filetes 55 de cola (e.g. baseada sobre poliuretano) são adicionados à camada protetora subjacente 51; Em vez de cola, um polímero termoplástico fundido, uma pasta de vulcanização ou outra cola de cura pode ser usada.

A figura 4 mostra uma modalidade de um fio para uso no enrolamento de camadas de uma bainha protetora externa, a fig. 4.a sendo uma vista superior e a fig. 4.b uma vista em seção transversal.

A fig. 4.a mostra um fio em forma de fita 53 compreendendo 4 cordas 54, 56, 57, 58. Uma seção transversal do fio 53 tomada ao longo da linha BB' é mostrada na fig. 4.b. Cada corda compreende pelo menos dois e (como aqui) de preferência três fios como ilustrado para a corda 54 pelos fios 541, 542, 543. Na modalidade da fig. 4, pelo menos um (aqui um é mostrado) dos fios é impregnado com ou circundado por um agente ligante 592 que interliga os filamentos individuais 591 de um fio entre si e adicionalmente reúne as cordas 54, 56, 57, 58 em um fio em forma de fita 53 de uma maneira localizada (isto é, distribuída),como indicado na fig. 4.a pelo numeral de referência 62. Os fios 541,542,543, podem e.g. consistir em fibra poliéster, fibra de aramida, monofilamentos de polietileno ou misturas do mesmo, porém muitos outros tipos de fibra e filamentos podem ser usados,inclusive metálicos compreendendo, e.g..titânio ou cobre. As fibras ou filamentos podem ser individualmente, inteiramente ou parcialmente protegidos por uma camisa, um revestimento ou uma impregnação dependendo do seu tipo e uso. O agente ligante pode ser um polímero termoplástico, e.g. do tipo poliolefina, poliuretano ou outros polímeros fundíveis. Muitos outros tipos de agentes

ligantes podem ser usados, e.g..borrachas que podem ser vulcanizadas.

A ligação localizada do fio pode ser provida por outras combinações e maneiras de efetuar a junção dos fios individuais 541, 542, 543 e/ou filamentos 591, e.g. por trançado com cordas 54, 56, 57, 58 ou por trançado com um fio completo, 53.

A fig. 5 mostra uma modalidade de fio para uso no enrolamento de camada de uma bainha protetora externa, a fig. 5.a sendo uma vista superior de um fio e a fig. 5.b uma vista em perspectiva de uma das cordas do fio..

O fio 53 da fig.5.a. compreende 4 cordas 54,56,57,58 que são objeto de fusão ao longo de suas superfícies em contato 60. Como mostrado na fig. 5.b, uma corda individual 54 da modalidade ilustrada compreende 4 fios 541, 542, 543, 544 que são torcidos em torno de um elemento central ou núcleo 61. O elemento central 61 compreende em uma modalidade preferencial filamentos 611 produzidos de cobre ou de uma liga de cobre. Outros materiais, metálicos assim como não metálicos podem ser usados como um núcleo 61 da corda 54.

A fig. 6 mostra uma composição esquemática de um fio para uso no enrolamento de camadas de uma bainha protetora externa. O fio 53 da fig. 6é forma de fita e compreende 4 cordas 54, cada corda compreendendo 3 fios 541 e cada fio compreendendo um número de filamentos 591. O número de cordas e fios, respectivamente, pode naturalmente assumir outros valores convenientes, tais como de 5-10 e 3-8 respectivamente. Em outras modalidades da invenção um fio pode apropriadamente compreender 5-20 cordas, uma corda 3-12 fios e um fio 15-40 filamentos de 50-100.000 fibras.

Em uma modalidade da invenção, os fios usados para o enrolamento de camadas protetoras de uma bainha de proteção são implementadas conforme descrito na patente US nº 6 165 586. A patente US nº 6 165 586 trata de uma tira plana flexível e seu uso, particularmente para

reforçar dutos flexíveis. A tira flexível compreende 1) uma camada de mechas de primeira torção filamentares dispostas em uma seção transversal substancialmente retangular; 2) dispositivos de retenção para circundar e sujeitar a camada de mechas de primeira torção; e 3) um material ligante para efetuar a junção dos dispositivos de retenção com a camada. As mechas filamentares podem e.g.. consistir de um conjunto ou grupo de fios contínuos torcidos ou não torcidos entre si, cada fio sendo suscetível de ser constituído por um monofilamento ou um conjunto de fibras continuas ou descontinuas ou filamentos reunidos, particularmente por torção ou fiação.

A fig. 7 mostra seções transversais de várias modalidades de um fio de acordo com a invenção. A fig. 7.a e a fig.7.b ilustrando um fio com uma seção transversal substancialmente retangular e uma seção transversal substancialmente trapezoidal, respectivamente. Na fig. 7 os fios 53 são mostrados como sendo em forma de fita e consistirem de duas camadas de cordas. Os fios podem, todavia, assumir outras formas (e.g. elipsóide) e compreenderem 3 ou mais camadas de cordas. Em uma modalidade da invenção, mais de um dos fios de forma trapezoidal da fig.7.b é usado em combinação para enrolar uma camada protetora externa específica de maneira que fios adjacentes são torcidos em 180° para efetuar a junção de bordas vizinhas, desse modo proporcionando uma camada homogênea sem qualquer necessidade por superposição parcial dos fios individuais. Um efeito similar pode ser obtido (sem torção de fios adjacentes) por fios dotados de uma seção transversal formando um paralelogramo, conforme a fig. 8.

A fig. 8 mostra uma modalidade de um fio em forma de fita para uso no enrolamento de camadas de uma bainha protetora externa, fig. 8.a sendo uma vista superior de uma fita e a fig. 8.b sendo uma vista em seção transversal. Na fig. 8.a um fio 53 na forma de uma fita é mostrado e uma seção transversal tomada ao longo da linha CC' é mostrada na fig. 8.b. A fita consiste de fibras termoplásticas não-tecidas 531 sendo objeto de fusão e

ligadas em pontos de toque cruzados 532. As fibras podem ser igualmente emaranhadas 533 (conforme a fig. 8.b). Em uma modalidade da invenção, a permeabilidade da fita é ajustada puncionando furos 534 através da fita na direção de sua espessura (isto é, perpendicular à vista da fig. 8.a). Os ditos furos de preferência têm menos de 100 μm em diâmetro, tal como 50 μm, tal como 10 μm.

A invenção é definida pelas características das reivindicações independentes. Modalidades preferenciais são definidas nas reivindicações subordinadas.

Algumas modalidades preferenciais foram precedentemente mostradas, porém deve ser enfatizado que a invenção não está limitada às mesmas, porém pode ser incorporada de outras maneiras dentro da matéria-objeto definida nas seguintes reivindicações, combinando diferentes tipos de fios, como aqui mencionado ou outros tipos nas subcamadas da bainha protetora externa.

REIVINDICAÇÕES

1. Tubo flexível para transportar um fluido em um ambiente marítimo, o tubo compreendendo a) um forro (1) para confinar o fluido a ser transportado pelo tubo; b) uma camada de blindagem (3) circundando o forro, c) uma bainha protetora externa (5) circundando a camada de blindagem, caracterizado pelo fato de que a dita bainha protetora externa compreende pelo menos duas camadas protetora (51, 52) de fios compostos helicoidalmente enrolados (53), as pelo menos duas camadas sendo enroladas com ângulos de enrolamento essencialmente opostos e sendo localmente interligadas (55).

2. Tubo flexível de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as pelo menos duas camadas protetoras têm superfícies de contato adjacentes compreendendo áreas que são interligadas e áreas que não são interligadas.

3. Tubo flexível de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que as pelo menos duas camadas protetoras são localmente interligadas para proporcionar fixação local dos fios de uma camada com respeito à outra camada, enquanto permitindo deformação por cortante entre as camadas protetoras em áreas das ditas superfícies adjacentes que são desligadas entre si.

4. Tubo flexível de acordo com qualquer uma das reivindicações 2 ou 3, caracterizado pelo fato de que as ditas pelo menos duas camadas protetoras são conjugadas por uma ligação localizada implementada por uma cola ou uma fusão localizada induzidas por calor ou pressão, distribuída sobre as superfícies adjacentes de contato em pontos ou sítios distintos ou ao longo de um ou mais trajetos lineares ou curvados.

5. Tubo flexível de acordo com qualquer uma das reivindicações 2-4 , caracterizado pelo fato de que as ditas pelo menos duas camadas protetoras são interligadas por pelo menos uma corda discreta de

material ligante localizada sobre as superfícies adjacentes de contato, o cordão de material ligante se estendendo em uma direção longitudinal do tubo flexível e cruzando os fios compostos das camadas protetoras.

6. Tubo flexível de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que uma multiplicidade de cordões essencialmente lineares e contínuos de material ligante é distribuída em torno da periferia das superfícies em contato de camadas protetoras adjacentes.

7. Tubo flexível de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 ou 6, caracterizado pelo fato de que o material ligante é selecionado do grupo de adesivo fundido, polímero termoplástico, adesivo de polímero reticulado, pasta de vulcanização.

8.. Tubo flexível de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes caracterizado pelo fato de que os fios compostos são localmente ligados com pelo menos uma corda vizinha.

9. Tubo flexível de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a dita pelo menos uma corda é ligada com a pelo menos uma corda vizinha ao longo de sua superfície longitudinal adjacente.

10..Tubo flexível de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a dita pelo menos uma corda é inteiramente ou parcialmente fundida com a dita pelo menos uma corda vizinha ao longo de sua superfície longitudinal adjacente.

11.Tubo flexível de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 10, caracterizado pelo fato de que cada corda compreende um número de fios torcidos em torno de um eixo geométrico longitudinal da corda e pelo menos um dos fios compreender um material ligante de fio.

12. Tubo flexível de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que os fios são torcidos em torno de um elemento central.

13. Tubo flexível de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o elemento central compreende filamentos de um material metálico tal como cobre ou uma liga de cobre.

14. Tubo flexível de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 13, caracterizado pelo fato de que as cordas constituem um fio em forma de fita.

15. Tubo flexível de acordo com qualquer uma das reivindicações 11-14 caracterizado pelo fato de que o material ligante de fio é selecionado do grupo de polímeros de material termoplástico tais como poliolefina, poliuretano, borrachas que podem ser vulcanizadas.

16. Tubo flexível de acordo com qualquer uma das reivindicações 11-15, caracterizado pelo fato de que os fios compreendem um número de fibras ou filamentos.

17. Tubo flexível de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que as fibras ou filamentos são selecionados do grupo de materiais poliéster, aramida, polietileno, titânio, cobre.

18. Tubo flexível de acordo com a reivindicação 16 ou 17, caracterizado pelo fato de que as fibras ou filamentos são inteiramente ou parcialmente protegidos por uma camisa, um revestimento ou uma impregnação.

19. Tubo flexível de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que uma camada intermediária permeável à água (9) é interposta entre a camada de blindagem (3) e a bainha protetora externa (5).

20. Método de fabricar um tubo flexível para transportar um fluido em um ambiente marítimo, o método caracterizado pelo fato de que compreende as etapas de a) proporcionar um forro para confinar o fluido a ser transportado pelo tubo; b) proporcionar uma camada de blindagem circundando o forro; c) proporcionar uma bainha protetora externa

circundando a camada de blindagem, em que a etapa c) compreende as sub-etapas de c1) proporcionar um fio composto; e c2) proporcionar pelo menos duas camadas protetoras, cada camada sendo disposta enrolando helicoidalmente pelo menos um dos fios compostos, as pelo menos duas camadas sendo enroladas com ângulos de enrolamento essencialmente opostos e sendo localmente interligadas.

21. Método de acordo com a reivindicação 20, caracterizado pelo fato de que na etapa c2) pelo menos um filete discreto de material ligante é aplicado às superfícies em contato de camadas protetoras vizinhas, o filete de material ligante sendo disposto para se estender em uma direção longitudinal do tubo flexível para cruzar os fios compostos das camadas protetoras.

22. Método de acordo com a reivindicação 20 ou 21, caracterizado pelo fato de que a etapa c1) compreende as sub-etapas de c1-1) proporcionar um número de cordas;e c1-2) dispor as ditas cordas com um fio de maneira que pelo menos uma das cordas seja localmente ligada com pelo menos uma corda vizinha.

23. Método de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato de que a etapa c1-1) compreende as sub-etapas de c1-1-1) de proporcionar um número de fios em que pelo menos um fio compreende um material ligante, e de c1-1-2) dispor os ditos fios em uma corda.

24. Método de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de que na etapa c1-1-2) os fios são torcidos em torno de um eixo geométrico longitudinal da corda.

25. Método de acordo com a reivindicação 24, caracterizado pelo fato de que a etapa c1-1-1) compreende a sub-etapa de proporcionar um elemento central e de na etapa c1-11-2) os ditos fios são enrolados em torno do dito elemento central.

26. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações

22-25, caracterizado pelo fato de que a etapa c1-2) compreende a etapa de dispor um material ligante entre superfícies longitudinais adjacentes das cordas vizinhas.

27. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 22-226, caracterizado pelo fato de que a etapa c1-2) compreende a etapa de dispor superfícies longitudinais adjacentes das cordas vizinhas para são inteiramente ou parcialmente ligadas por fusão entre si.

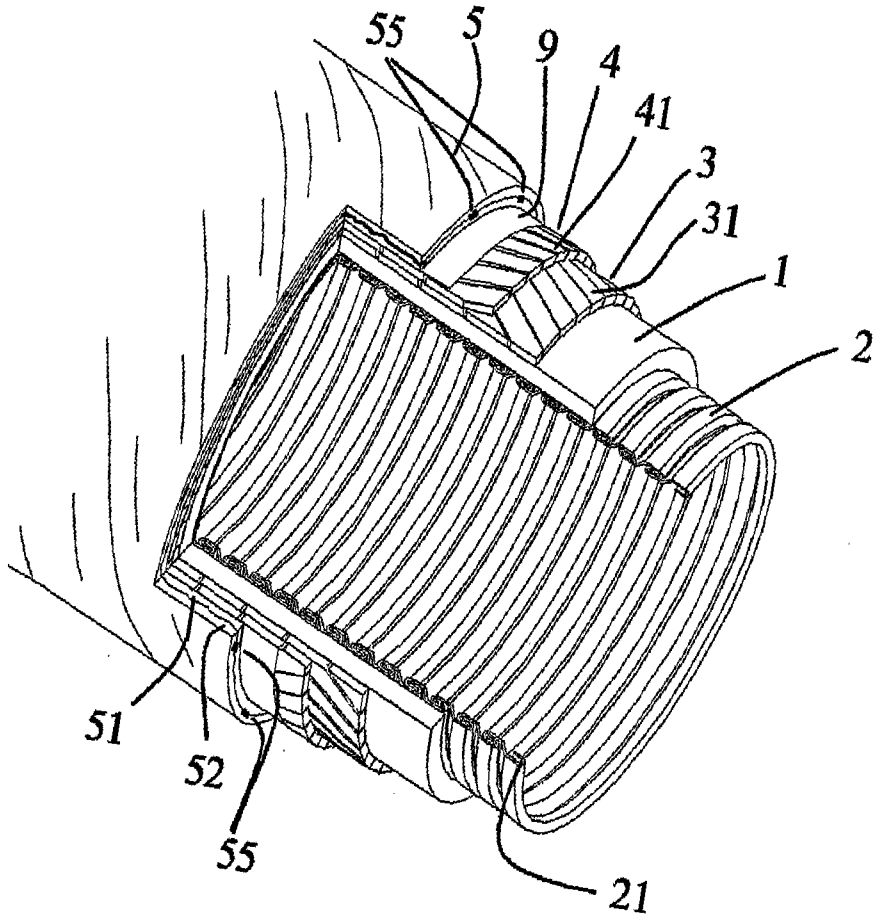


FIG. 1

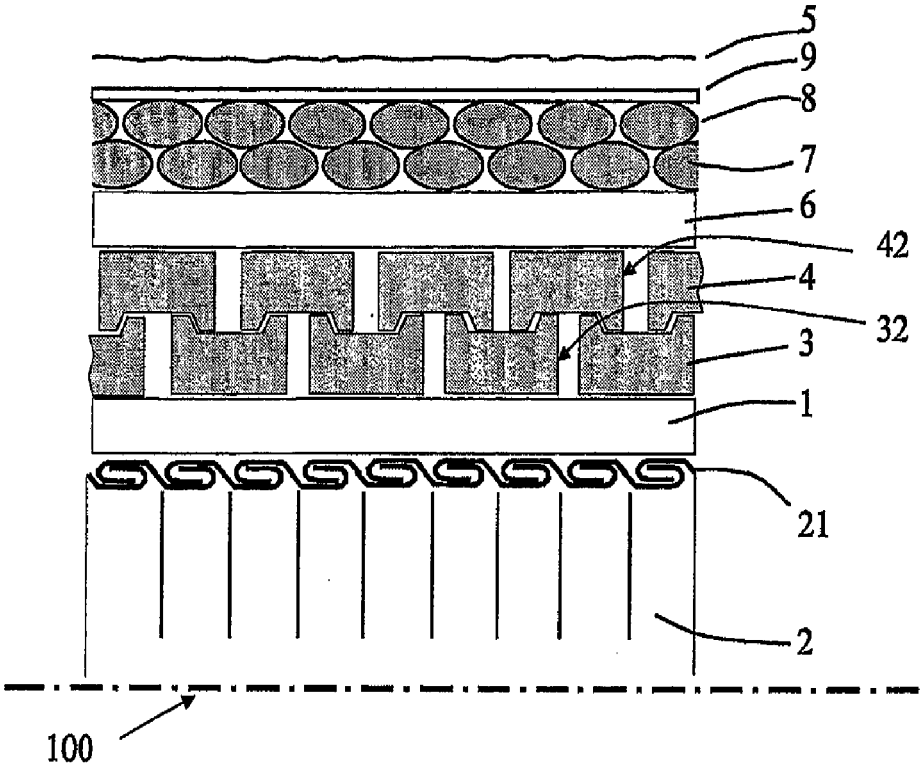


FIG. 2

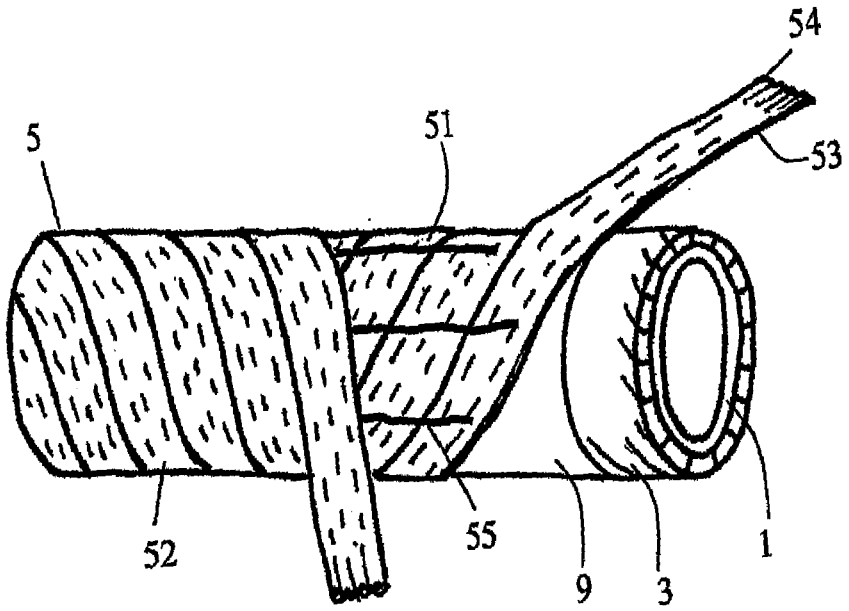


FIG. 3

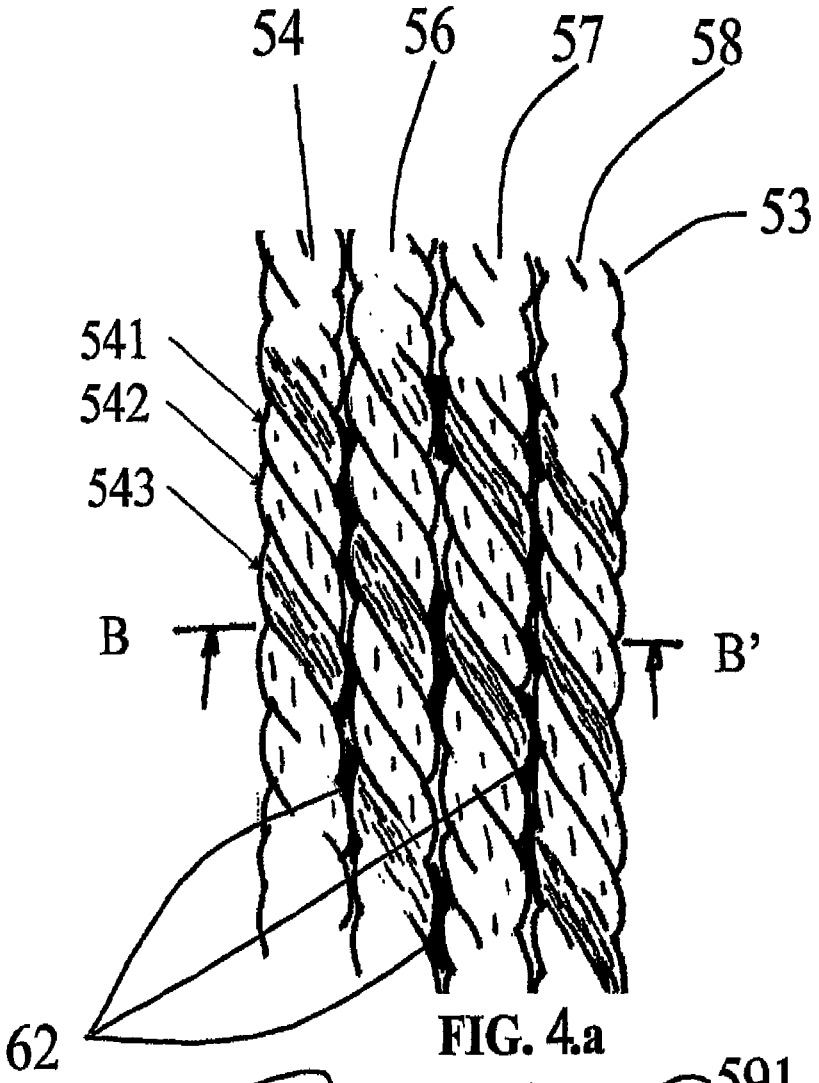


FIG. 4.a

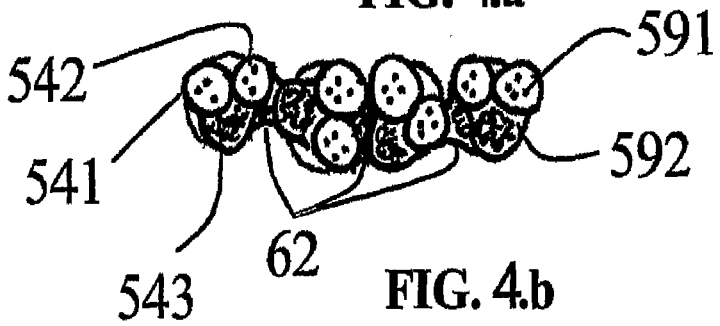


FIG. 4.b

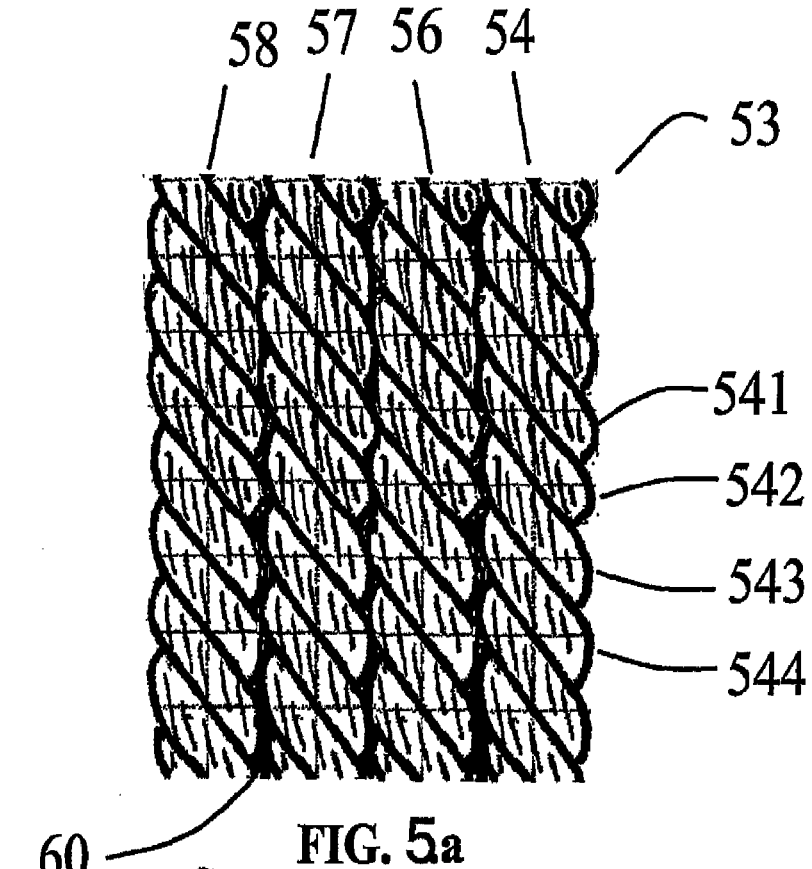


FIG. 5a

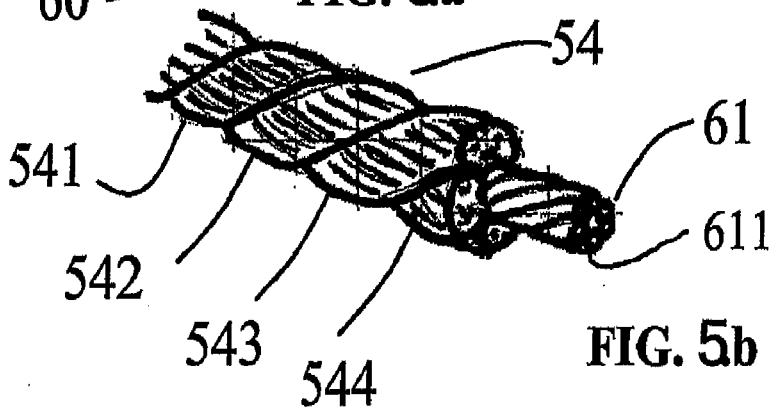


FIG. 5b

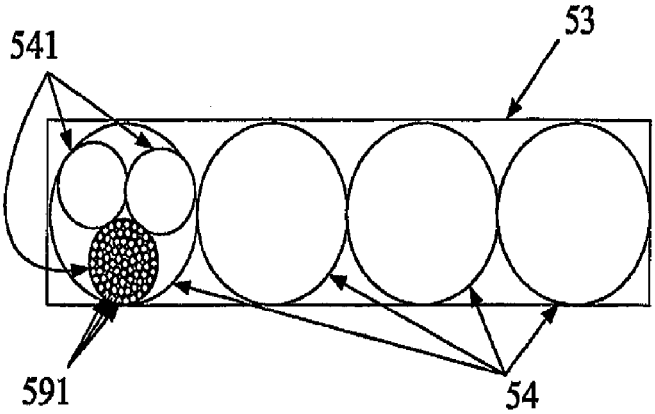


FIG. 6

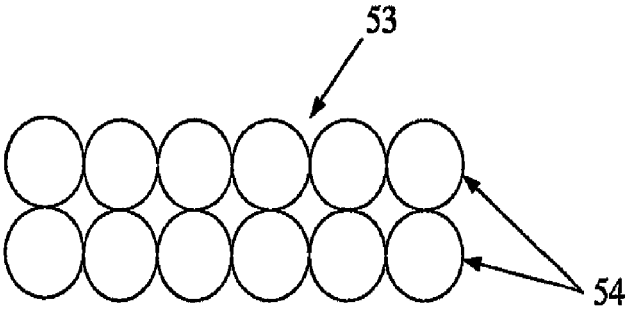


FIG. 7.a

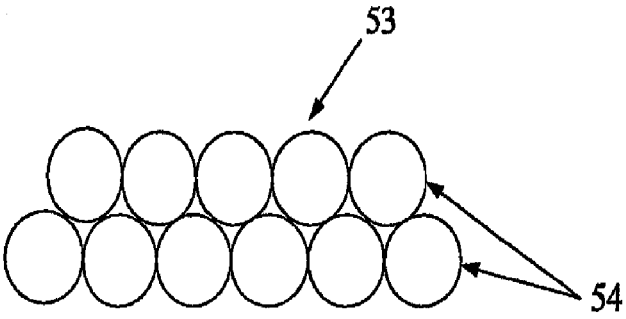


FIG. 7.b

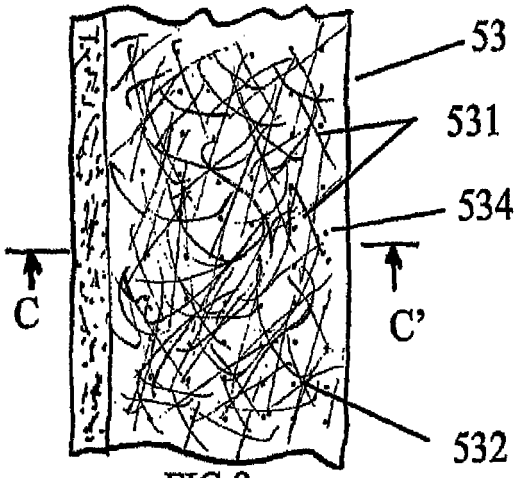


FIG 8.a

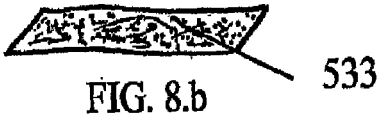


FIG. 8.b

RESUMO

"TUBO FLEXÍVEL E MÉTODO DE FABRICAR UM TUBO FLEXÍVEL"

A invenção refere-se a um tubo flexível para transportar um fluido em um ambiente marítimo, o tubo compreendendo a) um forro (1) para confinar o fluido a ser transportado pelo tubo; b) uma camada de blindagem (3) circundando o forro; c) uma bainha protetora externa (5) circundando a camada de blindagem. A invenção adicionalmente refere-se a um método de fabricar um tubo flexível. O objetivo da presente invenção e dotar um tubo flexível de uma bainha protetora externa que permite uma expansão e contração radial das camadas de blindagem do tubo. O problema é resolvido pelo fato de que a bainha protetora externa compreender pelo menos duas camadas protetoras (51, 52) de fios compostos helicoidalmente enrolados (53), as pelo menos duas camada sendo enrolada com ângulos de enrolamento essencialmente opostos e sendo localmente interligadas (55). Isto tem a vantagem de proporcionar uma estrutura relativamente flexível, contudo fixa, da bainha externa.