



República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0804224-1 B1

(22) Data do Depósito: 02/10/2008

(45) Data de Concessão: 11/07/2023

(54) Título: CORPO DE TUBO FLEXÍVEL, TUBO FLEXÍVEL, DUTO ELEVATÓRIO, LINHA DE FLUXO OU JUMPER, MÉTODO PARA FABRICAR CORPO FLEXXÍVEL E USO DE CORPO FLEXÍVEL

(51) Int.Cl.: F16L 59/00.

(30) Prioridade Unionista: 02/10/2007 GB 0719215.6.

(73) Titular(es): BAKER HUGHES ENERGY TECHNOLOGY UK LIMITED.

(72) Inventor(es): PETER RAOUL WILLIAMS.

(57) Resumo: ISOLAMENTO TÉRMICO DE TUBOS FLEXÍVEIS Um corpo de tubo flexível e um método para fabricar corpo de tubo flexível são descritos. O corpo de tubo flexível inclui uma bainha de pressão interna, pelo menos uma camada isolante compreendendo uma camada de malha compreendendo uma pluralidade de bolsos e uma bainha externa.

“CORPO DE TUBO FLEXÍVEL, TUBO FLEXÍVEL, DUTO ELEVATÓRIO, LINHA DE FLUXO OU JUMPER, MÉTODO PARA FABRICAR CORPO FLEXXÍVEL E USO DE CORPO FLEXÍVEL”

Campo da Invenção

5 A presente invenção refere-se a corpos de tubo flexível que podem ser usados para formar tubos flexíveis do tipo adequado para transporte de óleo mineral, óleo bruto ou fluidos de produção similares. Em particular, mas não exclusivamente, a presente invenção refere-se a corpos de tubo flexível tendo uma camada de isolamento térmico formada como uma camada intersticial com bolso do corpo de tubo flexível.

10 Fundamentos da Invenção

Tradicionalmente, os tubos flexíveis são utilizados para transportar fluidos, tais como óleo e/ou gás e/ou água, de uma localização a outra. O tubo flexível é particularmente útil em conectar uma localização submarina a uma localização no nível do mar. O tubo flexível é geralmente formado de um conjunto de um corpo de tubo e um ou mais encaixes de extremidade. O corpo de tubo é tipicamente formado como um composto de materiais em camadas que formam um fluido e duto contendo pressão. A estrutura do tubo permite grandes deflexões sem causar tensões de curvatura que danificam a funcionalidade do tubo durante sua vida útil. O corpo de tubo é geralmente, mas não necessariamente, construído como uma estrutura composta incluindo camadas metálicas e de polímero.

20 Em muitos projetos de tubo flexível conhecidos, o tubo inclui uma ou mais camadas de proteção contra tração. A carga principal em tal camada é tensão. Em aplicações de alta pressão, tal como em ambientes de águas profundas e ultra profundas, a camada de proteção contra tração experimenta cargas de alta tensão a partir da carga da tampa de extremidade de pressão interna bem como peso. Isso pode causar falha no tubo flexível desde que tais condições são experimentadas por períodos prolongados de tempo.

25 O tubo flexível não soldado tem sido um habilitar para desenvolvimentos em águas profundas (menos de 3.300 pés (1.005,84 metros)) e em água ultra profundas (mais de 3.300 pés) durante 15 anos. A tecnologia habilitou a indústria a inicialmente produzir em águas profundas no início dos anos 90 e então em águas ultra profundas em torno de 6.500 pés (1.981,2 metros) no fim dos anos 90. Profundidades de água maiores de que 6.500 pés empurram o envelope onde típicas configurações de dutos elevatórios de suspensão livre e tubos flexíveis em geral podem operar.

35 É a demanda crescente por óleo que está levando a exploração a ocorrer em profundidades cada vez maiores onde fatores ambientais são mais extremos. Em tais ambientes de águas profundas e ultra profundas, a temperatura do solo oceânico aumenta o risco dos fluidos de produção resfriarem a uma temperatura que pode levar a bloqueio do tubo. Por exemplo, quando transportando óleo bruto, o bloqueio do orifício interno do tubo flexível

pode ocorrer devido à formação de parafina. Como um método de superar tais problemas, no passado foi sugerido que uma camada de isolamento térmico deveria ser fornecida em torno da camada de barreira de um tubo flexível, essa camada sendo a camada que forma o orifício interno ao longo do qual o fluido é transportado. O isolamento térmico foi, de alguma forma, eficaz em isolar o orifício interno do tubo da baixa temperatura externa assim auxiliando a impedir bloqueio. No entanto, os efeitos do isolamento fornecido foram limitados.

Um problema adicional com técnicas de isolamento conhecidas é que a formação de camadas de isolamento pode ser um processo complexo que envolve alinhamento cuidadoso, etapas de aquecimento e resfriamento durante a fabricação. Será apreciado que técnicas de isolamento conhecidas anteriores têm aumentado apreciavelmente os custo e tempo de fabricação do corpo de tubo flexível.

Sumário da Invenção

É um objetivo da presente invenção pelo menos parcialmente suavizar os problemas mencionados acima.

É um objetivo de modalidades da presente invenção fornecer corpo de tubo flexível que pode ser usado em tubos flexíveis de um tipo capaz de transportar fluidos de produção e que inclui pelo menos uma camada de isolamento térmico entre uma bainha de pressão interna, tal como uma camada ou revestimento de barreira, e uma camada de proteção externa do corpo de tubo flexível.

É um objetivo de modalidades da presente invenção fornecer corpo de tubo flexível que inclui uma ou mais camadas de isolamento que são simples e rápidas de fabricar e ainda que fornecem uma resistência térmica altamente eficaz para impedir fluxo de energia quente na direção radial através do corpo de tubo flexível.

É um objetivo de modalidades da presente invenção fornecer um conjunto de duto elevatório, jumper, linha de fluxo e/ou método de fabricação de um tubo flexível capaz de operar em ambientes de águas profundas e ultra profundas.

De acordo com um primeiro aspecto da presente invenção, é fornecido um corpo de tubo flexível para um tubo flexível, o dito corpo de tubo flexível compreendendo:

uma bainha de pressão interna;

pelo menos uma camada de isolamento compreendendo uma camada de malha compreendendo uma pluralidade de bolsos; e

uma bainha externa.

De acordo com um segundo aspecto da presente invenção, é fornecido um método para fabricar corpo de tubo flexível, compreendendo as etapas de:

fornecer uma bainha de pressão interna tubular;

formar uma camada de isolamento compreendendo uma camada de malha compreendendo uma pluralidade de bolsos sobre a bainha de pressão interna; e

formar uma camada de bainha externa sobre a camada de isolamento.

Em uma modalidade preferencial da invenção, a dita etapa de formar uma camada de isolamento adicionalmente compreende as etapas de enrolar uma fita de rede compreendendo uma pluralidade de orifícios pré-formados em torno da bainha de pressão interna e, 5
opcionalmente, de enrolar helicoidalmente uma fita de metal sobre e/ou sob a camada de malha.

Em uma outra modalidade da invenção, o método compreende adicionalmente as etapas de: extrudar uma camada interna sobre a bainha de pressão interna; enrolar a camada de malha em torno da camada interna extrudada; e extrudar uma camada externa 10
sobre a camada de malha, sendo que preferencialmente, a camada de malha é enrolada enquanto a camada extrudada interna permanece pelo menos parcialmente em fluido antes de configurar, desse modo, o assentamento da pelo menos uma parte da malha na camada extrudada interna. Opcionalmente, a camada extrudada externa é extrudada sobre a camada de malha antes de configurar a camada extrudada externa.

15 As modalidades da presente invenção fornecem um corpo de tubo flexível no qual uma camada de isolamento térmico é formada entre uma camada ou revestimento de barreira e uma bainha externa.

Uma ou mais camadas de isolamento podem ser formadas, cada uma possui uma camada de malha compreendendo uma pluralidade de bolsos. A camada de malha pode ser 20
uma armadura de filamentos entrelaçados com furos entre os filamentos formando os bolsos ou pode ser uma lâmina de material no qual os bolsos são formados por uma pluralidade de furos passantes ou furos cegos.

Em uma modalidade da invenção, a dita camada isolante compreende uma fita de malha helicoidalmente enrolada em torno da bainha de pressão interna. A dita camada isolante adicionalmente compreende uma camada extrudada interna e uma camada extrudada 25
externa, a dita camada de malha sendo disposta entre as camadas extrudadas interna e externa, em que opcionalmente, uma camada de metal entre a dita camada de malha e as camadas extrudadas interna e/ou externa e mais opcionalmente, a dita camada de metal compreende uma fina camada de fita de metal helicoidalmente enrolada em torno da camada de barreira. 30

As modalidades da presente invenção fornecem uma camada de isolamento que tem um número de bolsos nos quais um fluido isolante, tal como ar ou gás ou algum outro material isolante tal como material de aerogel, pode ser localizado.

35 As modalidades da presente invenção fornecem um tubo coaxial com pelo menos uma camada de isolamento de baixa condutividade entre uma camada interna e externa do tubo. A camada de isolamento que pode ser uma armadura ou lâmina que parece estampada ou outra tal estrutura serve como um meio de aumentar a resistência térmica da parede

do tubo. A tubulação assim intersticialmente isolada diminuirá a perda térmica de fluido fluindo, tal como óleo bruto, retardando o início da cristalização da parafina e retardando ou impedindo o depósito de material sólido em uma superfície interior do tubo. Como um resultado, a necessidade de 'limpar' a tubulação pode ser retardada ou eliminada.

5 Breve Descrição dos Desenhos

As modalidades da presente invenção serão agora descritas a seguir, a título de exemplo somente, com relação aos desenhos em anexo, nos quais:

A Figura 1 ilustra um corpo de tubo flexível;

A Figura 2 ilustra um duto elevatório em catenária, linha de fluxo e jumper;

10 A Figura 3 ilustra uma camada de isolamento;

A Figura 4 ilustra furos em uma rede;

A Figura 5 ilustra uma armadura; e

A Figura 6 ilustra roscas entrelaçadas.

Nos desenhos, os números de referência se referem a partes similares.

15 Descrição Detalhada da Invenção

Por toda esta especificação, referência será feita a um tubo flexível. Entende-se que um tubo flexível é um conjunto de uma parte de corpo de tubo e um ou mais encaixes de extremidade em cada um dos quais uma extremidade do corpo de tubo é terminada. A Figura 1 ilustra como o corpo de tubo 100 é formado de acordo com uma modalidade da presente invenção a partir de um composto de materiais em camadas que formam um duto contendo pressão. Embora um número de camadas particulares seja ilustrado na Figura 1, entende-se que a presente invenção é amplamente aplicável a estruturas de corpo de tubo compostas incluindo duas ou mais camadas. Nota-se também que as espessuras da camada são mostradas para propósitos ilustrativos somente.

25 Como ilustrado na Figura 1, um corpo de tubo tipicamente inclui uma camada de carcaça mais interna 101. A carcaça fornece uma construção metálica intertravada que pode ser usada como a camada mais interna para impedir, total ou parcialmente, contração de uma bainha de pressão interna 102 devido à descompressão do tubo, pressão interna, pressão de proteção contra tração e cargas de esmagamento mecânico. Aprecia-se que as modalidades da presente invenção são aplicáveis a 'furo suave' bem como tais aplicações de 'furo grosso'.

35 A bainha de pressão interna 102 age como uma camada de retenção de fluido e tipicamente compreende uma camada de polímero que assegura integridade de fluido interna. Entende-se que essa camada pode compreender um número de sub-camadas. Aprecia-se que quando a camada de carcaça opcional é utilizada, a bainha de pressão interna é frequentemente referida como uma camada de barreira. Em operação sem tal carcaça (assim chamada operação de furo suave), a bainha de pressão interna pode ser referida como um

revestimento.

Uma camada de proteção contra pressão 103 é uma camada estrutural com um ângulo de afastamento próximo a 90° que aumenta a resistência do tubo flexível à pressão interna e externa e cargas de esmagamento mecânico. A camada também estruturalmente
5 suporta a bainha de pressão interna e tipicamente consiste de uma construção metálica intertravada.

O corpo de tubo flexível pode também incluir uma ou mais camadas de fita 104 e uma primeira camada de proteção contra tração 105 e segunda camada de proteção contra tração 106. Cada camada de proteção contra tração é uma camada estrutural com um ângu-
10 lo de afastamento tipicamente entre 20° e 55°. Cada camada é usada para sustentar cargas de tração e pressão interna. As camadas de proteção contra tração são tipicamente contra-enroladas em pares.

O corpo de tubo flexível também tipicamente inclui uma bainha externa 107 que compreende uma camada de polímero usada para proteger o tubo contra penetração de
15 água do mar e outros ambientes externos, corrosão, abrasão e danos mecânicos.

Cada tubo flexível compreende pelo menos uma parte, às vezes referida como um segmento ou seção de corpo de tubo 100 junto com um encaixe de extremidade localizado em pelo menos uma extremidade do tubo flexível. Um encaixe de extremidade fornece um dispositivo mecânico que forma a transição entre o corpo de tubo flexível e um conector. As
20 diferentes camadas de tubo como mostradas, por exemplo, na Figura 1, são terminadas no encaixe de extremidade de tal forma a transferir a carga entre o tubo flexível e o conector.

A Figura 2 ilustra um conjunto de duto elevatório 200 adequado para transportar fluido de produção tal como óleo e/ou gás e/ou água de uma localização submarina 201 a uma instalação flutuante 202. Por exemplo, na Figura 2, a localização submarina 201 é uma linha
25 de fluxo submarina. A linha de fluxo flexível 203 compreende um tubo flexível, completamente ou em parte, repousando no fundo do mar 204 ou enterrado no fundo do mar e usado em uma aplicação estática. A instalação flutuante pode ser fornecida por uma plataforma e/ou bóia ou, como ilustrado na Figura 2, um navio. O duto elevatório 200 é fornecido como um duto elevatório flexível, ou seja, um tubo flexível conectando o navio à instalação no fundo
30 do mar.

Aprecia-se que há diferentes tipos de duto elevatório, como é bem conhecido por aqueles versados na técnica. As modalidades da presente invenção podem ser usadas com qualquer tipo de duto elevatório, tal como um duto elevatório livremente suspenso (duto elevatório em catenária) restrito a alguma extensão (bóias, correntes), duto elevatório totalmen-
35 te contido ou fechado em um tubo (tubos I ou J).

A Figura 2 também ilustra como as partes do corpo de tubo flexível podem ser utilizadas como uma linha de fluxo 205 ou jumper 206.

Com relação novamente à Figura 1, uma camada de isolamento 108 é fornecida sob a bainha externa 107. Como ilustrado na Figura 1, a camada de isolamento pode ser formada a partir de múltiplas camadas ou, de acordo com as modalidades da presente invenção, pode ser uma estrutura de única camada. A camada de isolamento 108 fornece uma camada intersticial no tubo coaxial e aumenta a resistência térmica intersticial a fluxo de calor radialmente externamente através do tubo. A energia térmica deixando um fluido de transporte, correndo ao longo do orifício central, e entrando no ambiente submarino frio é assim diminuída. Aprecia-se que o corpo de tubo flexível 100 pode incluir uma, duas ou mais camadas de isolamento localizadas entre as camadas selecionadas do corpo de tubo flexível.

A Figura 3 ilustra um exemplo de uma camada de isolamento 108 de acordo com uma modalidade da presente invenção. A camada de isolamento inclui uma camada extrudada adjacente 300, uma camada de malha metálica em forma de favo 301 e uma camada extrudada externa 302. Ao formar uma camada de isolamento 108, uma camada extrudada radialmente para dentro é formada durante a fabricação do tubo e enquanto essa permanece mole, uma camada de malha em forma de favo pré-formada é formada em torno da camada extrudada interna. A camada extrudada então se solidificará 'travando' a camada em malha e a camada extrudada juntas. A camada de malha 301 pode ser adicionada na forma de lâmina ou pode apropriadamente ser pré-formada como uma fita que pode ser enrolada em torno da camada extrudada. Em virtude do fato de que a camada extrudada é macia quando a camada de malha é introduzida, as regiões de margem radialmente internas 303 da camada de malha descerão na camada extrudada. A camada de malha 301 e a camada extrudada adjacente 300 assim se tornam efetivamente uma camada integral. Uma camada extrudada externa adicional 302 é então extrudada sobre o tipo da camada de malha 301 efetivamente colocando a camada de malha entre as duas camadas extrudadas 300, 302. A camada extrudada externa 302 é extrudada de uma maneira tal que a camada extrudada externa é mole quando ela encontra a camada de malha. As regiões de margem radialmente externas 304 assim se tornarão embutidas em uma superfície adjacente da camada extrudada externa 302 antes da configuração da camada extrudada externa tal que a camada extrudada adjacente 300, a camada de malha 301 e a camada extrudada 302 efetivamente se tornam uma camada isolante unitária. Uma área de contato transversal oferecida pela camada isolante ou camada dentro da camada isolante é reduzida com relação àquela oferecida por camadas adjacentes.

A camada de malha 301 inclui uma multidão de unidades hexagonais 305 (a destacada na Figura 3) conectadas juntas. Uma região central 306 em cada unidade hexagonal define um bolso no qual o ar é capturado quando a camada extrudada externa 302 é extrudada sobre a camada de malha intermediária 301 e a camada extrudada inferior 300. Essa

captura ar ou qualquer outro tal fluido em cada bolso 306.

Apropriadamente, antes de extrudar a camada externa 302 sobre a camada de malha, um material tendo uma condutância térmica particularmente baixa U pode ser introduzida nos bolsos. O fluido pode ser ar, um gás inerte ou material de aerogel ou seu similar.

5 Tais produtos de isolamento de aerogel tipicamente têm condutividades térmicas na faixa de 0,009 a 0,022 w/mk.

A camada de malha 301 é pré-formada com técnicas convencionais e pode ser fabricada a partir de uma ampla variedade de materiais candidatos tal como aço inoxidável, titânio, constantan, monel, liga inconel ou liga incoloy ou seu similar. Enquanto a Figura 3
10 ilustra um padrão de favo de mel, a Figura 4 ilustra como alternativamente uma ampla variedade de camadas de metal pré-formadas ou camadas de metal expandidas podem ser utilizadas. A Figura 4a ilustra como uma configuração de orifício entalhado pode ser utilizada com fendas alongadas 400 sendo pré-formadas em um corpo metálico 401. A Figura 4b ilustra como orifícios redondos 402 podem ser formadas e a Figura 4c ilustra como orifícios
15 quadrados podem ser formados. Aprecia-se que as modalidades da presente invenção não são restritas a qualquer forma específica pré-formada.

Ao gerar a camada de malha 301, uma lâmina de metal é perfurada para produzir as regiões de bolso ilustradas nas Figuras 3 e 4. Aprecia-se que ao invés de perfurar uma lâmina de metal com furos passantes, orifícios cegos podem ser alternativamente formadas.
20 Igualmente, ao invés de utilizar uma lâmina perfurada ou lâmina incluindo orifícios cegos, uma rede de metal expandido de material tendo, por exemplo, uma estrutura decorativa ou padrão plana pode ser utilizada. Aprecia-se que se os orifícios cegos são formados, então uma da camada extrudada interna ou externa 300, 302 pode ser omitida desde que a própria camada de malha inclui a estrutura necessária para fechar uma lateral aberta de cada
25 bolso.

A Figura 5 ilustra como uma camada entrelaçada 500 pode ser utilizada como uma camada de malha para formar uma camada isolante no corpo de tubo flexível 100 de acordo com modalidades alternativas da presente invenção. A camada de malha entrelaçada 500 mostrada na Figura 5 é ilustrada como uma armadura plana mostrada mais claramente nas
30 Figuras 6a e 6b nas quais a resistência térmica oferecida pela camada de malha pode, em muitos aspectos, ser determinada controlando-se os parâmetros geométricos físicos da armadura durante a fabricação. Como ilustrado na Figura 6a, cada armadura tem roscas de urdidura 600₁, 600₂ e roscas de trama 601₁, 601₂. A espessura d das roscas de urdidura 600 pode ser maior, menor ou igual à espessura x das roscas de trama 601. Os espaços abertos
35 602 são formados entre roscas entrelaçadas que formam os bolsos para a camada de malha em uso.

Como pelo material da camada de malha perfurada ou expandida notada acima

com relação às Figuras 3 e 4, as roscas da armadura 500 podem ser formadas de qualquer material tendo um valor de condutividade térmica suficientemente baixo k tal que a camada isolante 108 oferece resistência térmica no corpo de tubo flexível 100. O material adequado para as roscas é assim uma camada de metal tal como titânio, urânio, constantan, inconel, monel, aço inoxidável ou níquel-cromo ou seu similar. Também ao invés de uma armadura de metal, roscas podem ser fabricadas a partir de outros tipos de material tal como materiais plásticos como um polímero resistente às cargas compressivas no ambiente operacional. Um náilon como PA11 ou PA12 ou seu similar pode apropriadamente ser utilizado.

Aprecia-se que enquanto as modalidades da presente invenção foram descritas acima com relação a uma camada isolante 108 formada de uma camada de malha intermediária e camadas extrudadas externas, as modalidades da presente invenção podem fazer uso meramente de uma camada de malha localizada entre outras camadas de corpo de tubo flexível. Ou seja, omitindo as camadas extrudadas acima descritas. Em tais casos, uma camada de malha de material entrelaçado ou lâmina completa ou parcialmente perfurada em torno de uma camada adjacente do corpo de tubo flexível com a camada de cobertura do corpo de tubo flexível sendo formada sobre essa. Essa formação de camada externa captura ar ou outro fluido isolante em bolsos formados pela camada de malha.

Apropriadamente, uma camada de malha como descrita acima pode ser formada sobre uma camada de corpo de tubo flexível e uma camada de fita de metal enrolada em torno da camada de malha. Isso auxilia a dispersar a carga no corpo de tubo flexível e evita deformação. Uma camada de gel de alta resistência térmica tal como aerogel pode opcionalmente então ser formada em uma superfície externa da camada de fita enrolada com uma camada adicional do corpo de tubo flexível sendo formado sobre a camada de gel. Nessa modalidade, as camadas extrudadas como aquelas notadas acima são também opcionais.

Aprecia-se que enquanto as modalidades da presente invenção foram descritas com relação ao uso de uma camada de malha metálica, as modalidades da presente invenção podem usar um material plástico ou outro material não metálico para a camada de malha. Apropriadamente, a malha/armadura não é compressível tal que as camadas adjacentes se tocam.

Por toda a descrição e reivindicações desta especificação, as palavras “compreendem” e “contêm” e variações dessas, por exemplo, “compreendendo” e “compreende”, significam “incluindo, mas não limitado a”, e não pretendem (e não o fazem) excluir outras porções, aditivos, componentes, inteiros ou etapas.

Por toda a descrição e reivindicações desta especificação, o singular abrange o plural a menos que o contexto exija de outra forma. Em particular, onde o artigo indefinido é usado, a especificação é entendida como contemplando pluralidade bem como singularida-

de, a menos que o contexto exija de outra forma.

Características, inteiros, compostos, porções químicas ou grupos químicos descritos em conjunto com um aspecto particular, a modalidade ou exemplo da invenção é entendida como sendo aplicável a qualquer outro aspecto, modalidade ou exemplo descritos aqui

5 a menos que incompatível com essa.

REIVINDICAÇÕES

1. Corpo de tubo flexível (100) para um tubo flexível para transportar fluidos de produção tais como óleo, gás e água a partir de um local submarino, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

- 5 uma bainha de pressão interna (102);
 pelo menos uma camada isolante (108) compreendendo uma camada de malha (301, 401, 500) compreendendo uma pluralidade de bolsos (306, 400, 402, 403, 602);
 uma bainha externa (107); e
 um material de aerogel isolante disposto em uma pluralidade dos ditos bolsos (306,
 10 400, 402, 403, 600), em que o material de aerogel isolante possui uma condutividade térmica de 0,009 a 0,022 W/mK.

2. Corpo de tubo flexível (100), de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** adicionalmente pelo fato de que compreende:

- a dita malha (301, 401, 500) compreende filamentos entrelaçados, uma pluralidade
 15 de orifícios entre os filamentos definindo as respectivas localizações dos ditos bolsos (306, 400, 402, 403, 602).

3. Corpo de tubo flexível (100), de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **CARACTERIZADO** adicionalmente pelo fato de que compreende:

 os ditos filamentos compreendem fios de metal.

20 4. Corpo de tubo flexível (100), de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** adicionalmente pelo fato de que compreende:

 a dita malha (301, 401, 500) compreende uma rede que compreende uma pluralidade de orifícios cegos ou passantes pré-formados na rede.

25 5. Corpo de tubo flexível (100), de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** adicionalmente pelo fato de que compreende:

 os orifícios são pré-formados em um padrão pré-determinado.

 6. Corpo de tubo flexível (100), de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a dita rede é uma lâmina de metal.

30 7. Corpo de tubo flexível (100), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, **CARACTERIZADO** adicionalmente pelo fato de que compreende:

 a dita camada isolante (108) compreende uma fita de malha helicoidalmente enrolada em torno da bainha de pressão interna (102).

 8. Corpo de tubo flexível (100), de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a dita fita é enrolada diretamente em uma superfície
 35 externa de pelo menos uma camada intermediária localizada radialmente entre a bainha de pressão interna (102) e a bainha externa (107).

 9. Corpo de tubo flexível (100), de acordo com qualquer reivindicação 1 a 8,

CARACTERIZADO adicionalmente pelo fato de que compreende:

a dita camada isolante (108) adicionalmente compreende uma camada extrudada interna (300) e uma camada extrudada externa (302), a dita camada de malha (301, 401, 500) sendo disposta entre as camadas extrudadas interna e externa (300, 302).

5 10. Corpo de tubo flexível (100), de acordo com a reivindicação 9,

CARACTERIZADO adicionalmente pelo fato de que compreende:

uma camada de metal entre a dita camada de malha (301, 401, 500) e as camadas extrudadas interna e/ou externa (300, 302).

11. Corpo de tubo flexível (100), de acordo com a reivindicação 10,

10 **CARACTERIZADO** adicionalmente pelo fato de que compreende:

a dita camada de metal compreende uma fina camada de fita de metal helicoidalmente enrolada em torno da camada de barreira.

12. Corpo de tubo flexível (100), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a bainha de pressão interna (102) compreende
15 uma camada ou revestimento de barreira.

13. Tubo flexível compreendendo o corpo de tubo flexível (100) do tipo definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 12, **CARACTERIZADO** adicionalmente pelo fato de que compreende:

20 dois encaixes de extremidade, cada um localizado em uma extremidade respectiva de duas extremidades do corpo de tubo (100), onde a dita camada isolante (108) compreende uma camada contínua se estendendo entre os encaixes de extremidade.

14. Duto elevatório, linha de fluxo ou jumper (200, 203, 205, 206), **CARACTERIZADOS** pelo fato de que compreendem o tubo flexível do tipo definido na reivindicação 13.

25 15. Método para fabricar corpo de tubo flexível (100) para transportar fluidos de produção tais como óleo, gás e água a partir de um local submarino, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende as etapas de:

fornecer uma bainha de pressão interna (102) tubular;

30 formar uma camada de isolamento (108) compreendendo uma camada de malha (301, 401, 500) compreendendo uma pluralidade de bolsos (306, 400, 402, 403, 602) sobre a bainha de pressão interna (102);

formar uma camada de bainha externa (107) sobre a camada de isolamento (108);

e

35 fornecer um material de aerogel isolante em uma pluralidade dos ditos bolsos, em que o material de aerogel isolante possui uma condutividade térmica de 0,009 a 0,022 W/mK.

16. Método, de acordo com a reivindicação 15, **CARACTERIZADO** pelo fato de que

a dita etapa de formar uma camada de isolamento (108) compreende as etapas de:

enrolar uma fita de filamentos entrelaçados em torno da bainha de pressão interna (102).

17. Método, de acordo com a reivindicação 15, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a dita etapa de formar uma camada de isolamento (108) adicionalmente compreende as etapas de:

enrolar uma fita de rede compreendendo uma pluralidade de orifícios pré-formados em torno da bainha de pressão interna (102).

18. Método, de acordo com a reivindicação 15 ou 16, **CARACTERIZADO** adicionalmente pelo fato de que compreende as etapas de:

extrudar uma camada interna (300) sobre a bainha de pressão interna (102);

enrolar a camada de malha (301, 401, 500) em torno da camada interna extrudada;

e

extrudar uma camada externa (302) sobre a camada de malha (301, 401, 500).

19. Método, de acordo com a reivindicação 18, **CARACTERIZADO** adicionalmente pelo fato de que compreende as etapas de:

enrolar a camada de malha (301, 401, 500) enquanto a camada extrudada interna (300) permanece pelo menos parcialmente em fluido antes de configurar, desse modo, o assentamento da pelo menos uma parte da malha na camada extrudada interna (300).

20. Método, de acordo com a reivindicação 19, **CARACTERIZADO** adicionalmente pelo fato de que compreende as etapas de:

extrudar a camada extrudada externa (302) sobre a camada de malha (301, 401, 500) tal que pelo menos uma parte adicional da malha é assentada na camada extrudada externa (302).

21. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 a 17, **CARACTERIZADO** adicionalmente pelo fato de que compreende as etapas de:

enrolar helicoidalmente uma fita de metal sobre e/ou sob a camada de malha (301, 401, 500).

22. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 a 21, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a camada de retenção de fluido é uma camada ou revestimento de barreira.

23. Uso de corpo de tubo flexível (100) do tipo definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de que serve para a extração, transporte ou refinamento de óleo mineral ou fluidos relacionados, ou o transporte de fluidos frios tal como, por exemplo, amônia líquida.

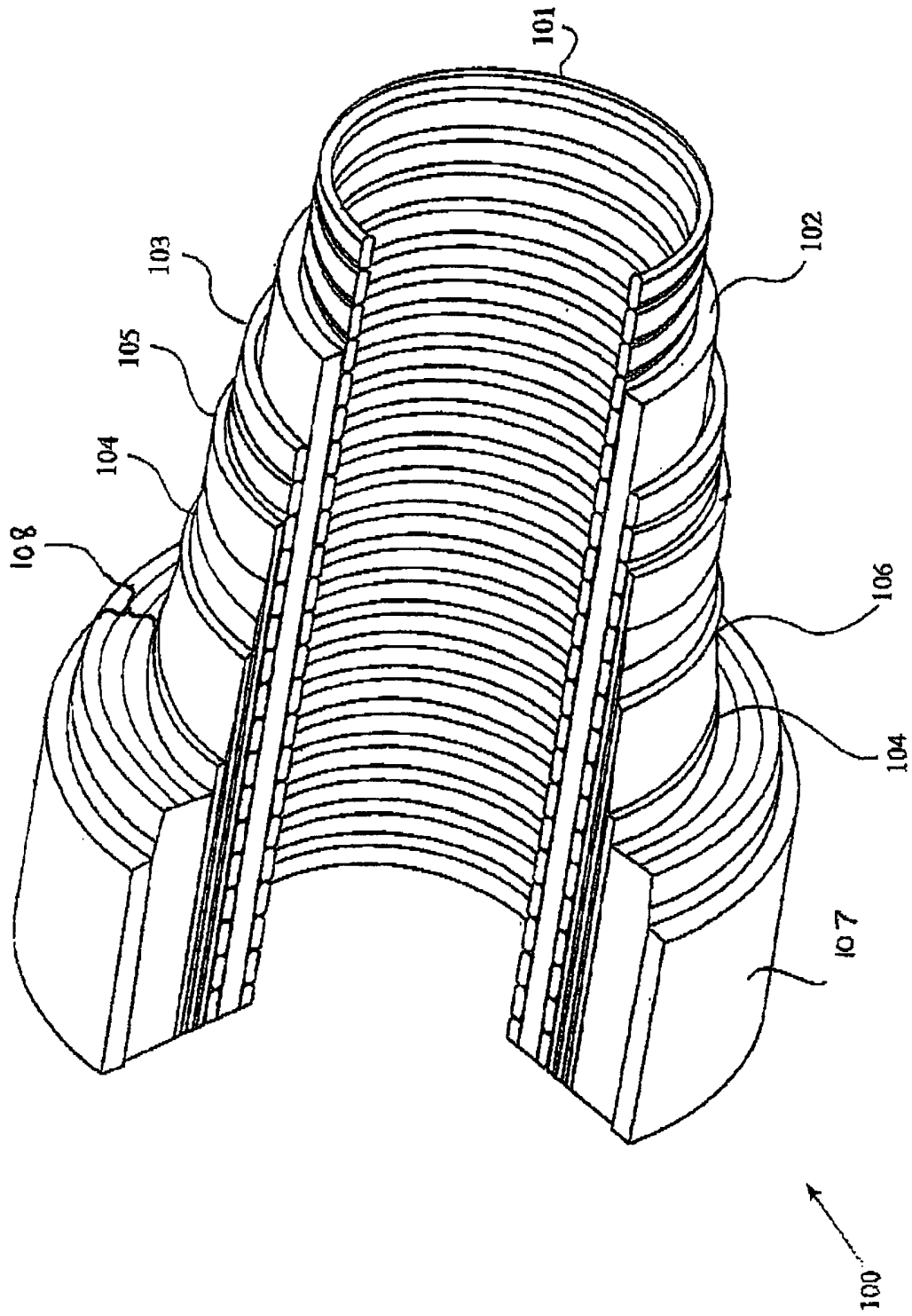


Fig. 1

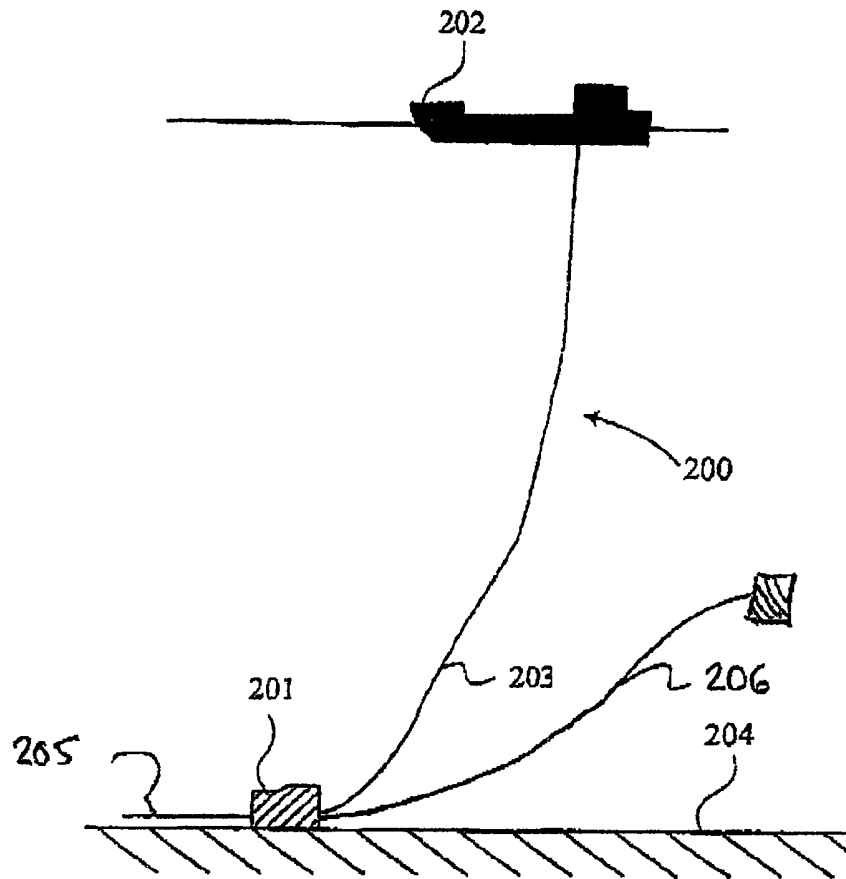


Fig. 2

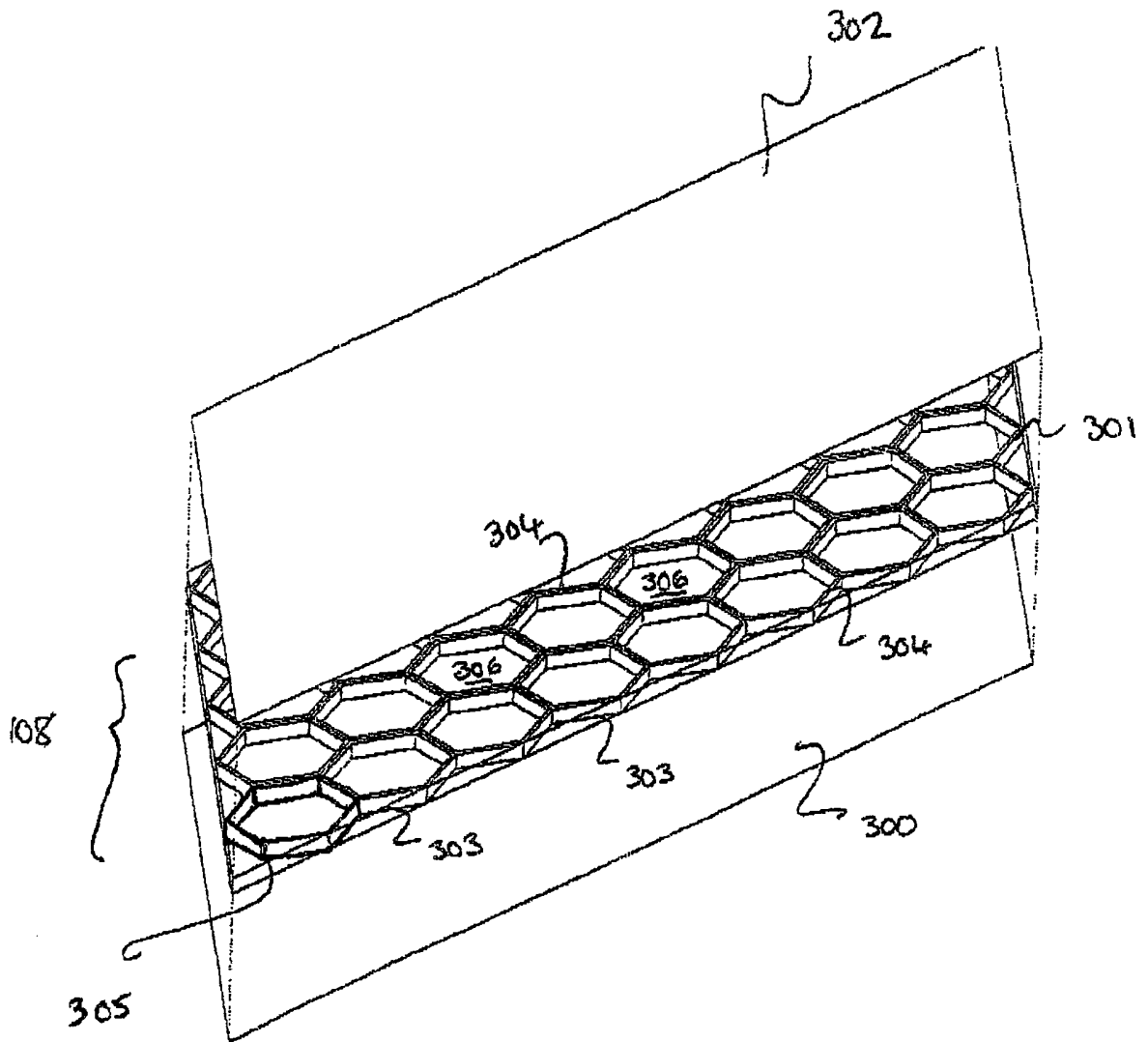


Fig. 3

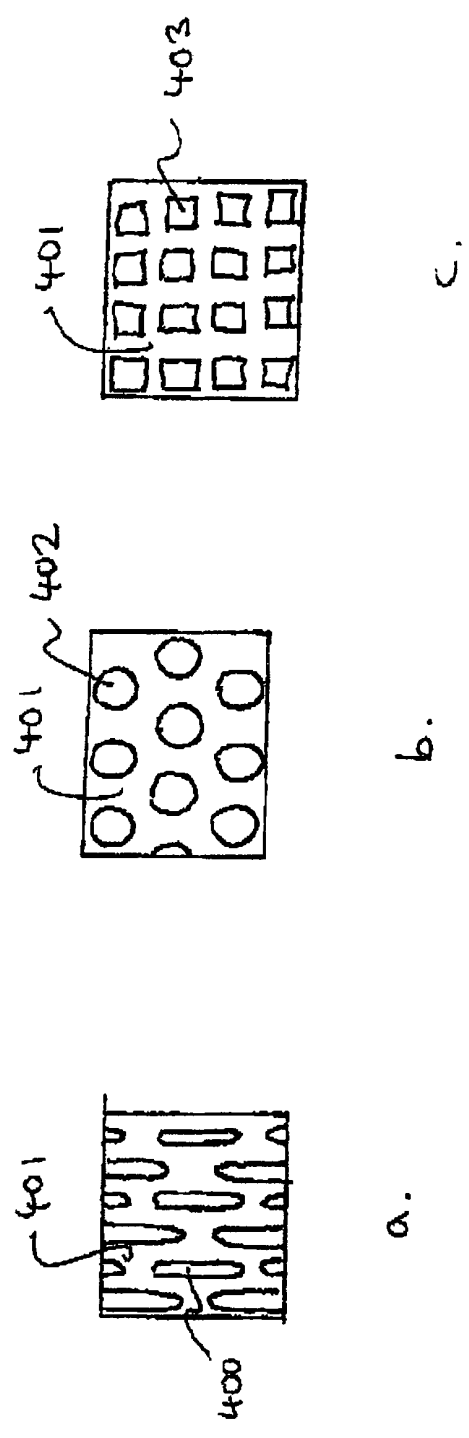


Fig. 4

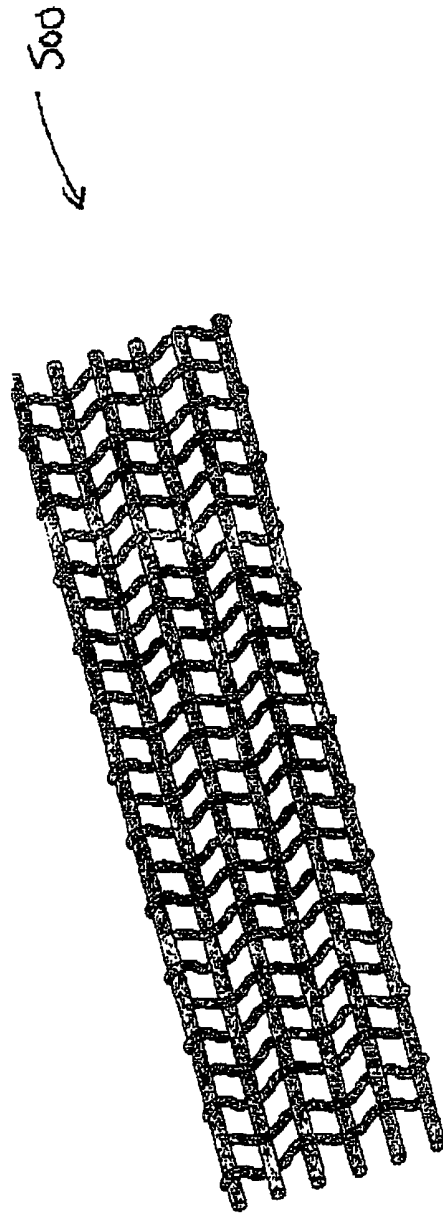


Fig. 5

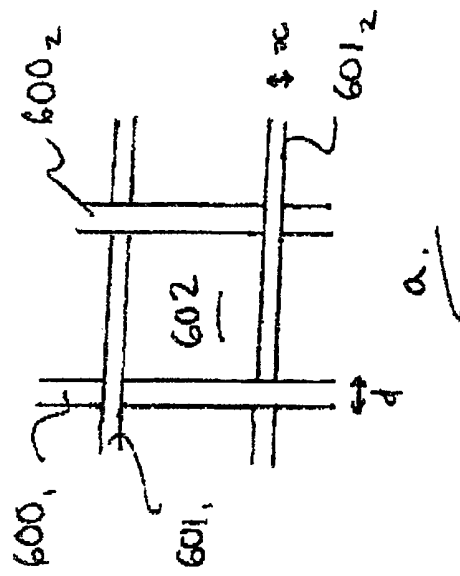


Fig. 6

