

República Federativa do Brasil
Ministério da Economia, Ministério
do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) PI 0808908-6 A2



* B R P I 0 8 0 8 9 0 8 A 2 *

(22) Data de Depósito: 21/03/2008

(51) Int.Cl.:

(43) Data da Publicação: 19/08/2014
(RPI 2276)

F16L 11/08

(54) Título: CONDUTO FLEXÍVEL SUBMARINO
DESTINADO AO TRANSPORTE DE
HIDROCARBONETOS.

(57) Resumo:

(30) Prioridade Unionista: 21/03/2007 FR 0702065,
21/03/2007 FR 0702066

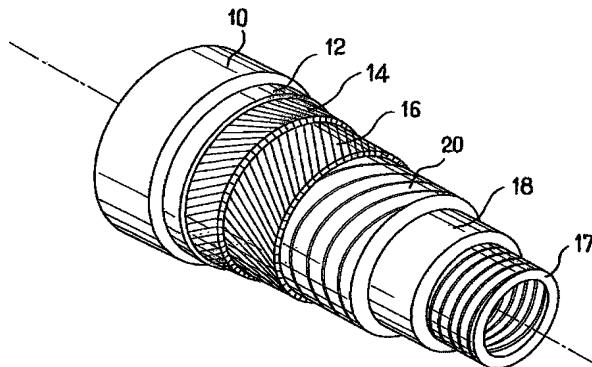
(73) Titular(es): Technip France

(72) Inventor(es): Alain Coutarel, Anh Tuan Do, Patrice Joël
Louis Jung

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & Cia.

(86) Pedido Internacional: PCT FR2008000383 de
21/03/2008

(87) Publicação Internacional: WO 2008/135663de
13/11/2008



“CONDUTO FLEXÍVEL SUBMARINO DESTINADO AO TRANSPORTE DE HIDROCARBONETOS”

A presente invenção se refere a um conduto flexível submarino destinado ao transporte dos hidrocarbonetos em água profunda.

Os condutos flexíveis de transporte dos hidrocarbonetos já são bem conhecidos, e eles compreendem geralmente do interior para o exterior do conduto, uma carcaça metálica, uma bainha de estanqueidade interna feita de polímero, uma abóbada de pressão, mantas de armaduras de tração e uma bainha externa feita de polímero para proteger o conjunto do conduto e notadamente para impedir que a água do mar penetre em sua espessura. A carcaça metálica e a abóbada de pressão são constituídas por elementos longitudinais enrolados com passo curto, e elas conferem ao conduto sua resistência aos esforços radiais enquanto que as mantas de armaduras de tração são constituídas por fios metálicos enrolados de acordo com passos longos para compensar os esforços axiais. A natureza, o número, o dimensionamento e a organização das camadas que constituem os condutos flexíveis estão essencialmente ligados a suas condições de utilização e de instalação. No presente pedido, a noção de enrolamento com passo curto designa qualquer enrolamento helicoidal de acordo com um ângulo de hélice próximo de 90°, tipicamente compreendido entre 75° e 90°. A noção de enrolamento com passo longo recobre no que lhe diz respeito os ângulos de hélice inferiores a 55°, tipicamente compreendidos entre 25° e 55°, para as mantas de armaduras.

Esses condutos flexíveis são destinados ao transporte dos hidrocarbonetos notadamente nos fundos marinhos e isso, em grandes profundidades. Mais precisamente eles são ditos de tipo não ligado (“unbonded” em língua inglesa) e eles são assim descritos nos documentos normativos publicados pelo American Petroleum Institute (API), API 17J e API RP 17B.

Quando o conduto flexível, qualquer que seja sua natureza, é submetido a uma pressão externa que é maior do que a pressão interna, pode se produzir uma compressão axial que é conhecida pelo profissional sob o nome de efeito de fundo in verso (“reverse end cap effect” em língua inglesa).

5 O efeito de fundo inverso tem tendência a comprimir axialmente o conduto flexível, a encurtar seu comprimento e a aumentar seu diâmetro, o que tem tendência a provocar uma inflação das mantas de armaduras de tração. No caso em que a bainha externa do conduto é estanque, a pressão hidrostática que existe no exterior do conduto se opõe eficazmente à inflação das
10 armaduras de tração. Em contrapartida, se a bainha externa não é mais estanque, por exemplo em consequência de um rasgamento acidental, a pressão hidrostática não se opõe mais à inflação das mantas das armaduras de tração. Na seqüência, na ausência de um meio adicional que tem como função limitar essa inflação, os fios que compõem as mantas de armaduras de tração
15 podem sofrer uma flambagem de acordo com um modo radial, o que pode provocar uma deformação local irreversível das ditas mantas de armaduras que têm a forma de uma “gaiola de pássaro”, e assim provocar a ruína do conduto.

Uma solução conhecida que permite reduzir esse risco de
20 flambagem radial em “gaiola de pássaro” consiste em enrolar com passo curto, em torno das mantas de armaduras de tração, fitas reforçadas de fibras de aramida, e mais precisamente fibras comercializadas sob a marca Kevlar® pela empresa DuPont de Nemours. Tais fitas apresentam uma grande resistência mecânica em tração de acordo com seu eixo longitudinal, o que
25 permite limitar a inflação das mantas de armaduras de tração. Elas apresentam por outro lado uma grande flexibilidade em flexão, o que facilita as operações de manipulação e de enrolamento em torno das mantas de armaduras. Finalmente, com características mecânicas iguais, elas são muito mais leves do que fitas metálicas, o que permite reduzir o peso do conduto flexível. Será

possível notadamente se referir ao documento FR 2 837 899 no qual um tal conduto é divulgado.

Essas fitas de reforço se apresentam sob a forma de feixes de mechas de fibras ou mechas filamentares feitas de Kevlar® orientadas paralelamente ao eixo longitudinal da fita. Essas mechas de fibras longitudinais podem ser unidas umas com as outras sob a forma de um feixe relativamente plano que tem uma seção substancialmente retangular do tipo daquela de uma fita ou de uma tira. Também é possível utilizar uma fita de reforço constituída por uma seção central substancialmente retangular e por duas bordas longitudinais mais finas do que a seção central tal como descrito no documento EP1419338. Os meios de união e de contenção dessas mechas de fibras ou mechas filamentares, compreendem geralmente elementos transversos que são conformados de maneira a circundar e a apertar juntas as ditas mechas de modo a formar um feixe relativamente plano. Nas configurações correntes, esses elementos transversos são assimiláveis a fios de trama, as mechas filamentares formando a urdidura, e a fita podendo então ser considerada como um material tecido. Diferentes modos de realização dessas fitas de reforços são descritos nos documentos WO97/12753 e WO9713091.

No entanto, foi constatado apesar disso, que em condições extremas de utilização, essas fitas de reforço podiam se deteriorar. Essas condições extremas são encontradas principalmente quando o conduto flexível é por um lado imerso em grande profundidade, tipicamente a mais de 2000 m, e por outro lado simultaneamente submetido a solicitações dinâmicas em flexão, o que gera um fenômeno de fadiga das fitas de reforço. Essas condições podem estar reunidas ao nível da parte inferior dos condutos ascendentes flexíveis (“flexible risers” em língua inglesa) dispostos em catenária, e que asseguram a ligação entre o fundo marinho e um suporte que flutua na superfície. Devido a movimentos do suporte flutuante, a parte

inferior da catenária pode ser submetida a grandes variações de curvatura. Além disso, essa zona dinâmica está localizada na proximidade do ponto de contato com o fundo marinho (“touch down point” em língua inglesa), quer dizer potencialmente em grande profundidade.

5 Igualmente, um problema que se apresenta e que a presente invenção visa resolver é fornecer um conduto flexível submarino que possa resistir nessas condições extremas de profundidade e de solicitações dinâmicas em flexão, e para o qual a inflação das armaduras de tração possa ser duravelmente contida para evitar a flambagem radial em “gaiola de pássaro”.

10 Com o objetivo de resolver esse problema, a presente invenção propõe um conduto flexível submarino destinado ao transporte dos hidrocarbonetos, o dito conduto flexível compreendendo, do interior para o exterior, uma bainha de estanqueidade interna, pelo menos uma manta de armaduras de tração enrolada em torno da dita bainha de estanqueidade interna, uma camada de retenção deformável que compreende pelo menos uma fita de retenção flexível enrolada em torno da dita manta de armaduras de tração, e pelo menos uma estrutura tubular que circunda a dita camada de retenção, a dita fita de retenção compreendendo mechas de fibras, as ditas 15 mechas sendo orientadas substancialmente de acordo com a direção longitudinal da dita fita de retenção, e de acordo com a invenção a dita fita de retenção é revestida com uma camada de reforço feita de material polimérico para aumentar a resistência à deformação da dita camada de retenção.

20 Assim, uma característica da invenção reside na utilização da fita de retenção e da camada de reforço feita de material polimérico, que permitem juntas aumentar globalmente a rigidez em flexão da fita de retenção revestida e portanto, a resistência à deformação da camada de retenção. De fato, foi descoberto que essa característica permite aumentar significativamente a duração de vida da camada de retenção do conduto

flexível, quando esse último é imerso em grande profundidade e simultaneamente submetido a solicitações dinâmicas em flexão.

Ensaios longos e minuciosos foram necessários para compreender os fenômenos de deterioração da camada de retenção e 5 desenvolver a presente invenção. Esses ensaios foram tecnicamente difíceis de executar, visto que foi preciso testar em tamanho real segmentos de conduto flexível submetendo-se os mesmos simultaneamente a uma pressão exterior muito grande e a variações de curvatura.

Essa invenção apresenta um caráter surpreendente e vai de 10 encontro a vários preconceitos do profissional. De fato, esse último considerava naturalmente que, quanto maior fosse a profundidade, maior era o efeito de fundo inverso e, em consequência disso, mais resistentes devem ser os meios destinados a impedir a inflação das mantas de armaduras de tração. Ora, quando a camada de retenção exerce sua função de limitação de inflação 15 das mantas de armaduras de tração, a fita de retenção é no que lhe diz respeito principalmente solicitada em tração de acordo com uma direção substancialmente paralela a seu eixo longitudinal, quer dizer àquela das mechas de fibras. Em consequência disso, o profissional tinha antes procurado maximizar a resistência à tração das fitas de retenção. Além disso, a fim de 20 facilitar a fabricação da camada de retenção, ele tinha também procurado minimizar a rigidez em flexão da fita de retenção, o que permitia realizar a operação de enrolamento com um distribuidor de fitas de baixa potência. Ora, a presente invenção vai de encontro a essas duas práticas, visto que o fato de 25 revestir a fita de retenção com uma camada de reforço feita de material polimérico leva por um lado a uma diminuição de sua resistência mecânica em tração com seção transversal igual (aumento da seção com quantidade igual de mechas de fibras), e por outro lado a um aumento de sua rigidez em flexão.

Assim, a camada de reforço feita de material polimérico

aumenta a rigidez em flexão da fita de retenção, o que de modo surpreendente limita o fenômeno precitado de fadiga.

A camada de reforço feita de material polimérico é vantajosamente realizada em poliamida, em polietileno ou em polipropileno 5 ou ainda em poliéster; os polímeros fluorados tais como os PVDF podem também convir. Os polímeros adaptados são de preferência polímeros termoplásticos.

Quanto ao mais, a fita de retenção é orientada vantajosamente, de modo que a camada de reforço esteja diretamente em contato com as 10 armaduras. Assim, as fibras das mechas são preservadas do desgaste por seu atrito contra as armaduras.

De acordo com um modo especial de execução da invenção, a dita camada de reforço e a dita fita de retenção são pelo menos parcialmente interpenetradas uma na outra, de modo a obter uma perfeita coesão da camada 15 de reforço e da fita de retenção. Desse modo, as propriedades mecânicas da fita de retenção, em termos de resistência à tração, são conservadas de modo que a camada de reforço é preservada dos esforços de tração que são exercidos sobre ela, e essa mesma camada de reforço pode então desempenhar seu papel enrijecendo a fita de retenção.

Além disso, as ditas fibras apresentam em temperatura 20 ambiente um módulo de elasticidade, de preferência, superior a 50 GPa. O módulo de elasticidade é medido por um ensaio de tração de acordo com a norma ASTM D885-04. Esse ensaio é feito não em uma fibra individual, mas sim em um fio constituído por 500 a 2500 fibras ou filamentos idênticos e de 25 mesmo comprimento. A torção do fio utilizado para o ensaio é inferior a 100 voltas por metro e por exemplo, da ordem de 60 voltas por metro, o que permite melhorar a reproduzibilidade e a precisão das medições, em acordo com as recomendações da norma precitada. A distância entre garras no início de ensaio de tração é da ordem de 400 mm. A velocidade de tração é da

ordem de 50 mm/min. A temperatura ambiente na qual são feitos esses ensaios é da ordem de 18°C a 23°C.

Em consequência disso, graças a esse módulo de elasticidade, as mechas de fibras e portanto, a fita de retenção revestida, compensam sem 5 de alongarem demais, os esforços de tração que são exercidos substancialmente tangencialmente à fita de retenção e impedem a inflação das mantas de armaduras. As fibras adaptadas para a realização de tais mechas são fibras orgânicas, por exemplo fibras de aramida, ou de polietileno de alto desempenho ou ainda de poliéster. Tais fibras apresentam por ouro lado, e de 10 modo vantajoso, um alongamento na ruptura superior a 2 %, por exemplo 2,5 %. A medição desse alongamento na ruptura é realizada por ensaio de tração de acordo com a norma ASTM D885-04 precitada.

Por outro lado, as ditas mechas de fibras compreendem fibras de núcleo circundadas por fibras de superfícies, uma porção das ditas fibras 15 de superfície é vantajosamente embutida no interior do dito material polimérico da dita camada de reforço para ligar juntas a dita camada de reforço e a dita fita de retenção. Desse modo, a camada de reforço feita de material polimérico adere bastante à fita de retenção bem mais graças a uma ligação mecânica pela prisão das fibras do que a uma ligação química. O 20 material polimérico se estende mais ou menos profundamente na fibra e prende pelo menos as fibras de superfície.

Por outro lado, a fita de retenção compreende além disso, e de modo especialmente vantajoso, meios de contenção para manter juntas as ditas mechas de fibras. Por exemplo, a dita fita de retenção é um material tecido e os meios de contenção destinados a manter juntas as diferentes 25 mechas de fibras compreendem então pelo menos um fio de trama tecido com as ditas mechas que constituem, elas, os elementos de urdidura. Tais fios de trama não sendo submetidos aos esforços de tensão aplicados à tira, podem vantajosamente ser realizados com uma matéria pouco resistente diferente

daquela das mechas de fibras.

Por outro lado, as ditas fibras são mantidas juntas, de preferência apertadas umas contra as outras, de maneira a aumentar seu coeficiente de fricção umas em relação às outras e a aumentar a resistência da
5 mecha de fibras em tração.

Vantajosamente,a dita fita de retenção compreende duas faces opostas uma à outra, cada uma das ditas faces é recoberta pela dita camada de reforço, de maneira a aumentar e mais ainda a rigidez da camada de manutenção em flexão e também preservar a fita de retenção da abrasão em
10 suas duas faces. Além disso, e de acordo com um outro modo de execução, a dita camada de reforço forma uma bainha em torno da dita fita de retenção envolvendo para isso a mesma e preservando-a não somente nas duas faces opostas mas também na espessura.

Por outro lado, a camada de reforço é obtida por extrusão do
15 dito material polimérico. Essa camada de reforço é então, ou diretamente extrudada sobre a fita de retenção, ou extrudada independentemente e em seguida adaptada e calandrada com a fita de retenção. Será explicado mas em detalhe na seqüência da descrição o modo de realização da camada de reforço sobre a fita de retenção.

Além disso, vantajosamente, uma camada têxtil, por exemplo
20 uma camada têxtil que forma uma esteira, é intercalada entre as mechas de fibras e a camada de reforço. O termo esteira designa uma membrana de fibras curtas não tecidas, geralmente unidas por compactação mecânica e/ou colagem. Desse modo, a aderência entre as mechas de fibras e a camada de
25 reforço é melhorada.

Outras particularidades e vantagens da invenção se destacarão com a leitura da descrição feita abaixo de modos de realização especiais da invenção, dados a título indicativo mas não limitativo, em referência aos desenhos anexos nos quais:

- a Figura 1 é uma vista esquemática parcial em perspectiva de um conduto flexível de acordo com a invenção;

- a Figura 2 é uma vista esquemática parcial em perspectiva de um elemento do conduto flexível ilustrado na Figura 1;

5 - a Figura 3 é uma vista esquemática de uma instalação que permite revestir com uma camada de reforço, o elemento representado na Figura 2;

10 - a Figura 4, é uma vista esquemática em corte reto do elemento parcialmente representado na Figura 2 e revestido, de acordo com uma primeira variante de realização;

- a Figura 5, é uma vista esquemática em corte reto do elemento parcialmente representado na Figura 2 e revestido, de acordo com uma segunda variante de realização;

15 - a Figura 6, é uma vista esquemática em corte reto do elemento parcialmente representado na Figura 2 e revestido, de acordo com uma terceira variante de realização; e

- a Figura 7 é uma vista esquemática em corte reto do elemento parcialmente representado na Figura 2 e revestido, de acordo com uma quarta variante de realização.

20 A figura 1 ilustra um conduto de acordo com a invenção que comprehende, do exterior para o interior, uma bainha polimérica externa de estanqueidade 10 (chamada bainha externa), uma camada de retenção 12 que será detalhada abaixo enrolada em torno de uma manta externa de armaduras de tração 14, uma manta interna de armaduras de tração 16 enrolada em sentido oposto da manta externa 14, uma abóbada de pressão 20 de compensação dos esforços radiais gerados pela pressa do fluido transportado, uma bainha polimérica interna de estanqueidade 18 e uma carcaça interna 17 de compensação dos esforços radiais de esmagamento. Devido à presença da carcaça interna 17, esse conduto é dito de passagem não lisa (“rough bore” em

língua inglesa). A invenção poderia também ser aplicada a um conduto dito de passagem lisa (“smooth bore” em língua inglesa) que não compreende carcaça interna. Do mesmo modo, não se sairia do campo da presente invenção suprimindo-se a abóbada de pressão 20, sob reserva de que os 5 ângulos de hélice dos fios que constituem as mantas de armaduras 14, 16 sejam próximos de 55° e em sentido oposto. As mantas de armaduras 14, 16 são obtidas por enrolamento com passo longo de um conjunto de fios feitos de material metálico ou compósito, de seção geralmente substancialmente retangular. A invenção se aplicaria também se esses fios tivessem uma seção 10 de geometria circular ou complexa, do tipo por exemplo T autogrampeado. Na Figura 1, somente duas mantas de armaduras 14 e 16 estão representadas, mas o conduto poderia também compreender um ou vários pares suplementares de armaduras. A manta de armaduras 14 é dita externa pois ela é aqui a última, partindo-se do interior do conduto, antes da bainha de 15 estanqueidade externa 10. A camada de retenção 12 é geralmente enrolada em torno da manta externa 14, mas a invenção se aplicaria também ao caso de uma camada de retenção intercalada entre duas mantas de armaduras de tração. Uma tal configuração é divulgada no documento FR 2 837 899. A camada de retenção 12, pode ser constituída de várias tiras, pequenas tiras, 20 fitas de retenção ou elementos unitários enrolados com passo curto em torno da manta externa de armaduras 14. Esse enrolamento é geralmente unido ou com recobrimento de modo a aumenta a capacidade de compensação dos esforços radiais de inflação. Os elementos unitários da camada de retenção apresentam não somente uma grande resistência em tração longitudinal, de 25 acordo com seu eixo longitudinal, mas também uma grande rigidez em flexão que aumenta a resistência à deformação da camada de retenção.

Assim, os elementos unitários de retenção são realizados em materiais apropriados, e nesse caso em uma fita de retenção feita de fibras, revestida de uma camada de reforço feita de material polimérico. A fita de

retenção é realizada por união tecida ou não tecida das ditas fibras.

Essa camada de retenção 12 é destinada a bloquear a expansão radial da dita manta de armaduras, quando ela é submetida a esforços radiais. E esse é o caso quando o conduto flexível, estendido em um fundo marinho de grande profundidade, é submetido a um efeito de fundo inverso grande, e que as mantas de armaduras de tração 14, 16 tendem a se inflar radialmente sob o efeito da compressão axial.

A fim de realizar essa camada de retenção é fornecida uma fita de retenção 22 representada parcialmente em perspectiva na Figura 2. Essa fita de retenção 22 é própria para se estender longitudinalmente de acordo com um eixo A. A fita de retenção 22 comprehende várias mechas e nesse caso seis mechas 24 de fibras 26, as mechas 24 sendo orientadas longitudinalmente de acordo com o eixo A da fita. As mechas 24 são assim constituídas pela união de fibras 26, de fios ou de filamentos realizados em um material orgânico de alta tenacidade, do tipo aramida, polietileno de alto desempenho ou ainda poliéster aromático. Entre as aramidas, podem ser citadas aquelas comercializadas sob a marca Kevlar® pela empresa Du Pont de Nemours, e aquelas comercializadas sob as marcas Twaron® e Technora® pela empresa Teijin. Vantajosamente é escolhido o Kevlar® 49 cujas fibras apresentam um módulo de elasticidade da ordem de 110 GPa medido de acordo com a norma ASTM D885-04 precitada. Elas são justapostas e mantidas juntas por meios de contenção 28 orientados transversalmente em relação ao eixo A da fita de retenção 22. Esses meios de contenção podem compreender liames que circundam o conjunto, ou fios de trama tecidos com as mechas 24, essas últimas constituindo então os elementos de urdidura. Os meios de contenção não tendo a função de compensação dos esforços longitudinais de tração, eles podem ser realizados com polímeros menos resistentes do que aqueles utilizados para as mechas 24.

Será descrito abaixo em referência à figura 3, um método de

realização, de acordo com uma primeira variante e graças a uma instalação adaptada, de uma fita de retenção revestida com uma camada de reforço feita de material polimérico. Para fazer isso, é fornecida uma fita de retenção 30 do tipo precipitado, de uma largura compreendida entre 50 mm e 250 mm e por exemplo aqui de 75 mm, e de uma espessura compreendida entre 0,5 mm e 5 mm e por exemplo de 1 mm, e enrolada em uma bobina de estocagem 32. A fita de retenção 30 atravessa uma cabeça de extrusão 34 em esquadro na qual ela é revestida com uma camada de reforço 35, e depois atravessa em seguida uma calandra 36 para que a fita de retenção 30 e a camada de reforço 35 se interpenetrem uma na outra; a fita de retenção 30 assim revestida é em seguida resfriada em um trocador térmico 33 e finalmente enrolada em uma bobina de recepção 40. A cabeça de extrusão 34 prolonga uma fieira 42 que permite levar um material polimérico na proximidade de uma temperatura de fusão. Por outro lado, simultaneamente, duas camadas intermediárias formadas por duas membranas de fibras 44, 46, ou esteiras, fornecidas por rolos 48, 50, são aplicadas sobre as duas faces opostas da fita de retenção 30 antes da entrada na cabeça de extrusão 34.

Os materiais poliméricos considerados são preferencialmente polímeros termoplásticos cujo módulo de elasticidade em tração é superior a 20 300 MPa. Vantajosamente, o módulo de elasticidade em tração do polímero é por outro lado inferior a 3000 MPa, e preferencialmente inferior a 1200 MPa. Essa gama de módulos compreendidos entre 300 MPa e 1200 MPa permite na prática obter uma fita de retenção que apresenta uma rigidez em flexão suficiente para resolver o problema precipitado de fadiga, ao mesmo tempo em 25 que evita uma rigidez excessiva que teria como efeito desfavorável tornar difícil a operação de enrolamento da dita fita. Assim, podem convir, as poliamidas, os polipropilenos, os polietilenos, os poliésteres ou ainda os polímeros fluorados do tipo PVDF. Entre as poliamidas, podem convir: a poliamida 11, a poliamida 12, a poliamida 6, a poliamida 6-6, a poliamida 6-

12; será escolhida aqui a poliamida 11.

Assim, a poliamida em fusão é extrudada em torno da fita de retenção 30 e em especial sobre as duas membranas de fibras 44, 46 à medida do desenrolar. Desse modo, as duas membranas de fibras 44, 46 constituídas por fibras curtas não tecidas e unidas por compactação mecânica e com uma espessura compreendida entre 0,1 e 0,5 mm, permitem aumentar ao mesmo tempo a impregnação do polímero em fusão e a aderência. Pois de fato, as membranas de fibras 44, 46 absorvem a poliamida em fusão desempenhando o papel de mata-borrão e aumentam em consequência isso a impregnação das fibras das mechas. Por outro lado, elas permitem também evitar que o polímero flua no núcleo da fita de retenção 30. Desse modo, apesar da pressão induzida pela extrusão do polímero em torno da fita de retenção 30 e graças ao efeito de absorção das membranas de fibras, o polímero em fusão precisamente, tende a recobrir uniformemente as duas faces opostas da fita de retenção 30. E depois, a calandragem através da calandra 36 que exerce uma pressão normal à fita de retenção revestida, permite fazer o polímero viscoso em fase de resfriamento penetrar ligeiramente no interior da fita de retenção 30 para poder em seguida, depois de resfriamento no trocador térmico 38, prender as fibras.

Será feito referência à figura 4 que ilustra em seção reta, a fita de retenção 430 revestida com a camada de reforço 435. São encontradas nessa Figura, as mechas 424 de seção reta circular e constituídas de fibras 426. A fita de retenção 430 apresenta uma espessura original 4E1 que corresponde substancialmente ao diâmetro das mechas 424 e da ordem do milímetro e uma largura 4L1 de cerca de 75 mm. Por outro lado, são encontradas as duas membranas de fibras 444, 446, de uma espessura 4Esteira de cerca de 0,2 mm, aplicadas sobre as duas faces opostas da fita de retenção 430 e recoberta com a camada de reforço 435 feita de poliamida. Igualmente, essa camada de reforço 435, de espessura 4E21=4E22, forma

uma bainha que recobre também a espessura da fita de retenção 430. De preferência, a espessura cumulada da camada de reforço 435 nas duas faces opostas da fita de retenção 430 é superior a um terço de sua espessura 4E1. Vantajosamente, essa espessura cumulada 4E21+4E22 é superior à metade da espessura 4E1. Essa característica confere à fita de retenção uma rigidez em flexão suficiente para resolver o problema precipitado de fadiga.

As membranas de fibras são constituídas de fibras curtas de alguns milímetros feitas de material polimérico do tipo daquela das fibras 426 das mechas 424. Assim, quando as fibras 426 das mechas 424 são por exemplo feitas de Kevlar® 49, as membranas de fibras 444, 446 são constituídas de fibras aramidas.

Por outro lado, ainda de acordo com essa primeira variante, mas em um outro modo de realização, as membranas de fibras 444, 446 são previamente fixadas por costura na fita de retenção 430. Desse modo, não é de nenhuma forma necessário empregar os dois rolos 48, 50 representados na Figura 3 e que fornecem as membranas de fibras. Fica-se assim livre da guia lateral da alimentação em membranas de fibras que é difícil de empregar simultaneamente com a guia da fita de retenção 430.

A tabela I abaixo ilustra as dimensões de exemplos de fita de retenção 430 revestidas.

Tabela I

4L1	50 mm	100 mm	200 mm
4L2	51 mm	102 mm	204 mm
4E1	0,5 mm	1 mm	2 mm
4E21	0,2 mm	0,2 mm	0,5 mm
4E22	0,2 mm	0,2 mm	0,5 mm
4E21+4E22	0,4 mm	0,4 mm	1 mm
4Esteira	0,1 mm	0,1 mm	0,5 mm

As espessuras 4E21 e 4E22 da camada de reforço 435 nas duas faces opostas da fita de retenção 430 são ambas vantajosamente compreendidas entre 0,2 mm e 2 mm, e preferencialmente entre 0,3 mm e 1,5

mm.

De acordo com mais um outro modo de realização, não representado, e de acordo com essa primeira variante, as duas espessuras opostas da fita de retenção 430 são livres, e as duas faces opostas são respectivamente recobertas por uma membrana de fibras e por uma camada de reforço.

Será feito referência agora à figura 5 que ilustra em seção reta, uma fita de retenção 530 revestida com uma camada de reforço 534 feita de material polimérico e realizada pela execução do método descrito em referência à Figura 3, de acordo com uma segunda variante. De acordo com essa segunda variante, não são aplicadas membranas de fibras entre a camada de reforço 535 e as mechas 524 da fita de retenção 530. Assim, a camada de reforço 535 forma também um abainha em torno da fita de retenção 530 e ela é obtida aplicando-se diretamente o polímero extrudado sobre a fita de retenção.

Para fazer isso, a temperatura do polímero extrudado pela cabeça de extrusão 34 é ajustada a fim de que sua viscosidade esteja a um valor substancialmente superior, em relação àquele que é considerado para revestir uma fita de retenção 530 recoberta de membranas de fibras, tal como ilustrado na Figura 4, de maneira a evitar que esse polímero flua completamente através da fita de retenção 530, e a fim de que ele possa formar uma camada coerente na superfície. Bem evidentemente, a natureza do material polimérico pode também ser adaptada em consequência disso.

Será feito referência agora à Figura 6 que representa em seção reta e de acordo com uma terceira variante de realização, uma fita de retenção 630 revestida com uma camada de reforço 635 em uma só face. Uma tal fita de retenção 630 revestida é suscetível de ser realizada de acordo com o método descrito acima em referência à instalação ilustrada na Figura 3. No entanto, a dita instalação é modificada substancialmente de maneira a

extrudar diretamente e em uma só face somente da fita de retenção 630, o material polimérico destinado a formar a camada de reforço 635. Por outro lado, é necessário, assim como o ilustra a Figura 6, que o material polimérico flua ligeiramente entre as mechas 624 de maneira a impregnar um maior número de fibras 626 e também prever meios de contenção das mechas 624, a fim de obter uma melhor solidarização da camada de reforço 635 e da fita de retenção 630. Quanto ao mais, a temperatura do polímero extrudado é aumentada a fim de diminuir a viscosidade desse polímero, de modo a que ele penetre também no interior das mechas 624 de fibras 636. As ligações mecânicas entre a camada de reforço 635 e a fita de retenção 630 só serão reforçadas por isso, depois de resfriamento do polímero. A camada de reforço 635 é centrada na fita de retenção 630 e ela se estende em uma largura 6L2 substancialmente inferior à largura 6L1 da fita de retenção 630. Vantajosamente, a espessura 6E2 da camada de reforço 635 é superior a um terço da espessura 6E1 da fita de retenção 630 e de preferência superior à metade. Assim, esse critério de espessura que condiciona indiretamente a inércia global da camada de retenção 630 revestida, condiciona por isso mesmo, a resistência à flexão. Por outro lado, o módulo de elasticidade (módulo de Young) do material polimérico, aqui poliamida 11, é superior a 20 300 MPa em temperatura ambiente.

No entanto, de acordo com um modo especial de execução, de acordo com essa terceira variante de realização, é previsto revestir as duas faces opostas da fita de retenção 630 com uma camada de reforço 635. Desse modo, as duas faces opostas da fita de retenção 630 são suscetíveis de ser preservadas do desgaste por atrito. Quanto ao mais, a fita de retenção 630 apresenta uma rigidez em flexão maior e em consequência disso uma maior resistência à fadiga.

De acordo com uma quarta variante de realização ilustrada na Figura 7, uma fita de retenção 730 é constituída por várias camadas

superpostas e nesse caso por duas camadas superpostas de mechas 724 de fibras 726 ligadas juntas por meios de contenção apropriados 728. Desse modo, a resistência mecânica em tração da fita de retenção 730 é aumentada em relação às fitas de retenção monocamadas das variantes de realização 5 precipitadas.

A fita de retenção 730 é revestida com uma camada de reforço 735 substancialmente similar à camada de reforço 635 que recobre a fita de retenção 630 monocamada ilustrada na Figura 6.

Por outro lado, vantajosamente, uma camada antidesgaste 10 (“anti-wear layer” em inglês) feita de material polimérico pode ser intercalada entre a manta externa de armaduras de tração 14 e a camada de retenção 12. Essa solução permite aumentar a duração de vida da camada de retenção 12, por um lado suprimindo o fenômeno de desgaste em contato com as armaduras metálicas, e por outro lado reduzindo o fenômeno precipitado de 15 fadiga. As camadas antidesgastes, que são bem conhecidas pelo profissional, são geralmente realizadas por enrolamento helicoidal de uma ou várias fitas obtidas por extrusão de um material polimérico à base de poliamida, de poliolefinas, ou de PVDF (“polyvinylidene fluoride” em inglês). Também será possível se referir ao documento WO2006/120320 que descreve camadas 20 antidesgaste constituídas por fitas feitas de polissulfona (PSU), polietersulfona (PES), polifenilsulfona (PPSU), polieterimida (PEI), politetrafluoretileno (PTFE), polieteretercetona (PEEK) ou polissulfeto de fenileno (PPS). Nas variantes não representadas nas quais uma camada de retenção é colocada entre as duas mantas de armaduras de tração 14, 16, seria 25 vantajoso intercalar duas camadas antidesgaste em contato respectivamente com as faces interna e externa dessa camada de retenção, de modo a evitar que as fibras de polímero dessa camada de retenção possam estar em contato direto com uma dessas duas mantas de armaduras.

Tratando-se agora dos métodos de produção das fitas de

retenção revestidas, três outros métodos de realização não representados podem ser executados.

De acordo com um primeiro dos outros métodos de realização, e retomando-se a instalação ilustrada na Figura 3, o material polimérico é extrudado diretamente na fita de retenção, nas duas superfícies opostas, e em seguida são aplicados sucessivamente e em cada uma de suas duas faces opostas, uma membrana de fibras e um filme feito de poliamida termoplástico. O conjunto com cinco camadas é então calandrado e depois resfriado. Desse modo, as membranas de fibras são tomadas em sanduíche entre o material polimérico extrudado, em decorrer de endurecimento e o filme de poliamida termoplástico; e quando o conjunto é calandrado a quente, o filme de poliamida amolece e sob o efeito da pressão exercida pela calandra, atravessa pelo menos parcialmente a membrana de fibras para alcançar ao material polimérico. Assim, o material polimérico e a poliamida do filme tendem a formar uma só fase e prende por isso mesmo a membrana de fibras. Essa estrutura complexada, permite obter uma grande rigidez em flexão da fita de retenção revestida.

De acordo com o segundo outro método de realização, em cada uma das duas faces opostas da fita de retenção, são aplicados sucessivamente uma membrana de fibras e um filme feito de poliamida, o conjunto sendo em seguida calandrado a quente. Desse modo, atravessando a calandra e mediante uma regulagem adaptada da temperatura de calandragem, os filmes de poliamida amolecem para formar uma só fase que atravessa as membranas de fibras mas também que flui através das fibras das mechas da fita de retenção. Um tal método apresenta a vantagem de se liberar dos meios de extrusão relativamente custosos e volumosos.

De acordo com o terceiro outro método de realização, o revestimento polimérico da fita de retenção é realizado por um processo de colocação de pó termoplástico seguido por uma etapa de calandragem a

quente. A fita previamente carregada em eletricidade estática é primeiro mergulhada em um recinto que contém um leito fluidizado de finas partículas de polímero em suspensão em ar comprimido. No decorrer dessa etapa, devido à força de atração devida às cargas eletrostáticas, a fita se encontra 5 revestida de uma camada das ditas finas partículas. No decorrer da etapa seguinte de calandragem a quente, a camada de finas partículas poliméricas é amolecida, fundida e assim solidarizada com as mechas de fibras da fita. Esse método apresenta, ele também, a vantagem de se liberar dos meios de extrusão.

REIVINDICAÇÕES

1. Conduto flexível submarino destinado ao transporte de hidrocarbonetos, o dito conduto flexível compreendendo, do interior para o exterior, uma bainha de estanqueidade interna (18), pelo menos uma manta de armaduras de tração (14, 16) enrolada em torno da dita bainha de estanqueidade interna, uma camada de retenção deformável (12) que compreende pelo menos uma fita de retenção (34) flexível enrolada em torno da dita manta de armaduras de tração, e pelo menos uma estrutura tubular (10) que circunda a dita camada de retenção, a dita fita de retenção compreendendo mechas de fibras, as ditas mechas sendo orientadas substancialmente de acordo com a direção longitudinal da dita fita de retenção; caracterizado pelo fato de que a dita fita de retenção é revestida com uma camada de reforço feita de material polimérico para aumentar a resistência à deformação da dita camada de retenção.

15 2. Conduto flexível submarino de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita camada de reforço e a dita fita de retenção são pelo menos parcialmente interpenetradas uma na outra.

20 3. Conduto flexível submarino de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que as ditas fibras apresentam em temperatura ambiente um módulo de elasticidade superior a 50 GPa.

25 4. Conduto flexível submarino de acordo com uma qualquer das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que as ditas mechas de fibras compreendem fibras de núcleo circundadas por fibras de superfícies, uma porção das ditas fibras de superfície é embutida no interior do dito material polimérico da dita camada de reforço para ligar juntas a dita camada de reforço e a dita fita de retenção.

5. Conduto flexível submarino de acordo com uma qualquer das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que a dita fita de retenção compreende por outro lado meios de contenção para manter juntas as ditas

mechas de fibras.

6. Conduto flexível submarino de acordo com uma qualquer das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que as fibras das ditas mechas são mantidas juntas contra as outras.

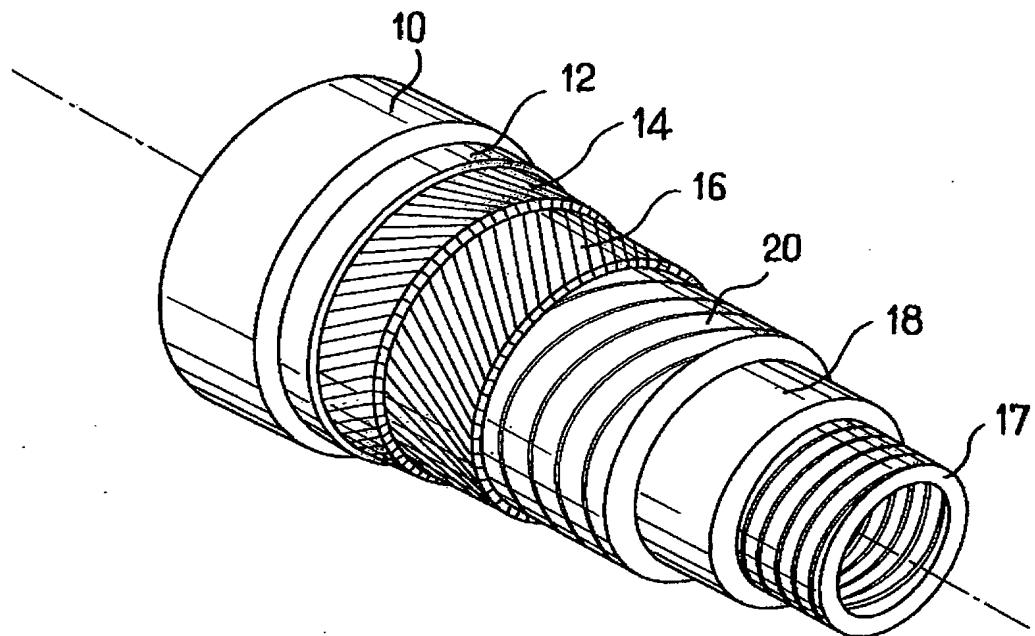
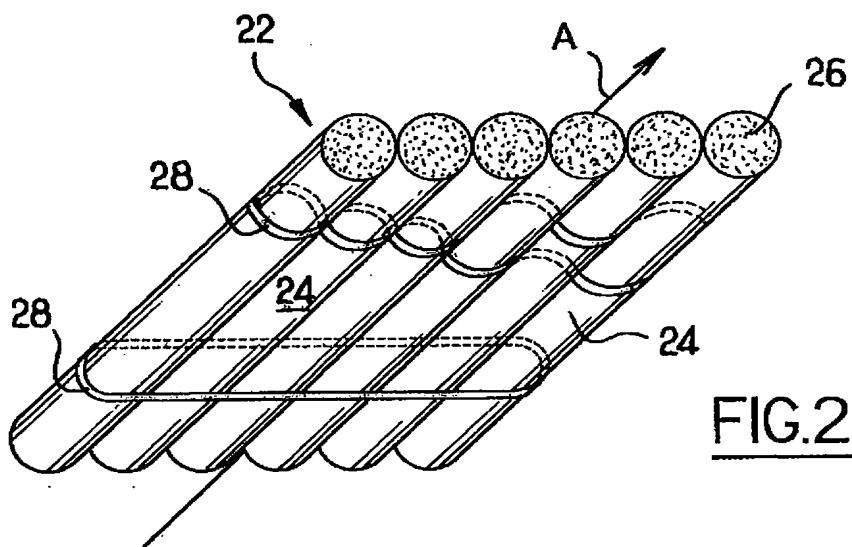
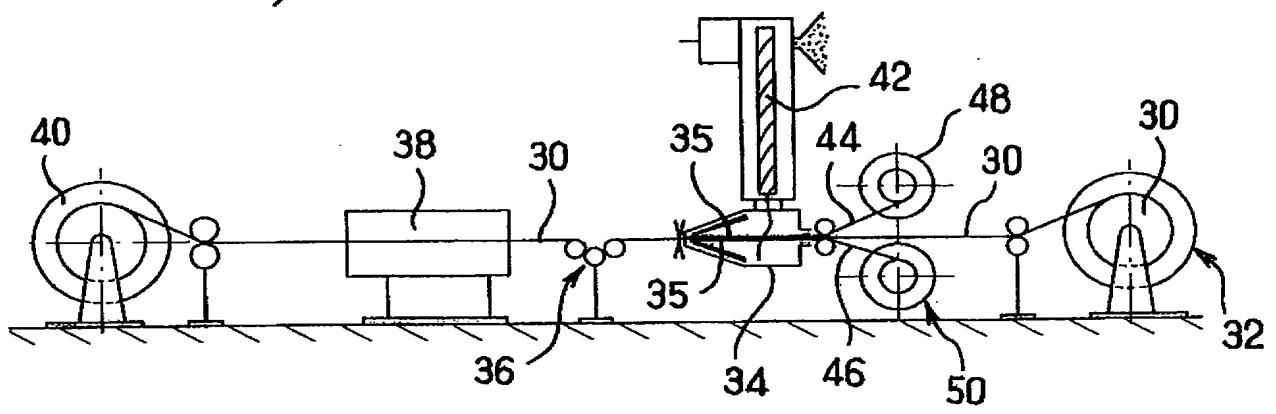
5 7. Conduto flexível submarino de acordo com uma qualquer das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que a dita fita de retenção compreendendo duas faces opostas uma da outra, cada uma das ditas faces é recoberta com a dita camada de reforço.

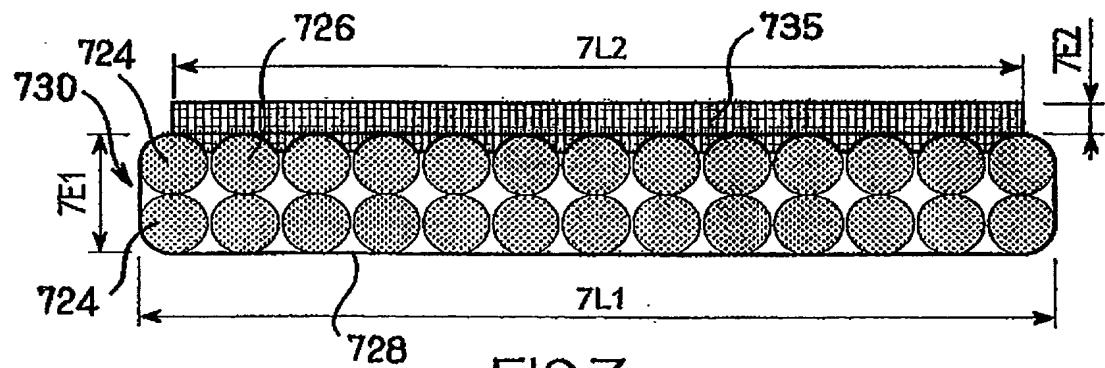
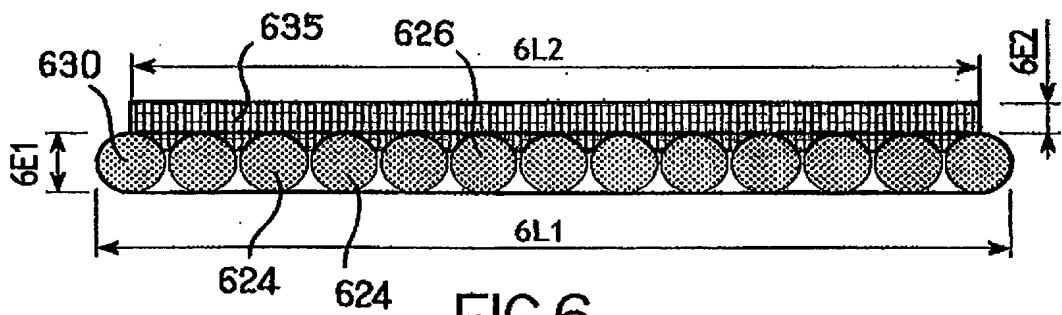
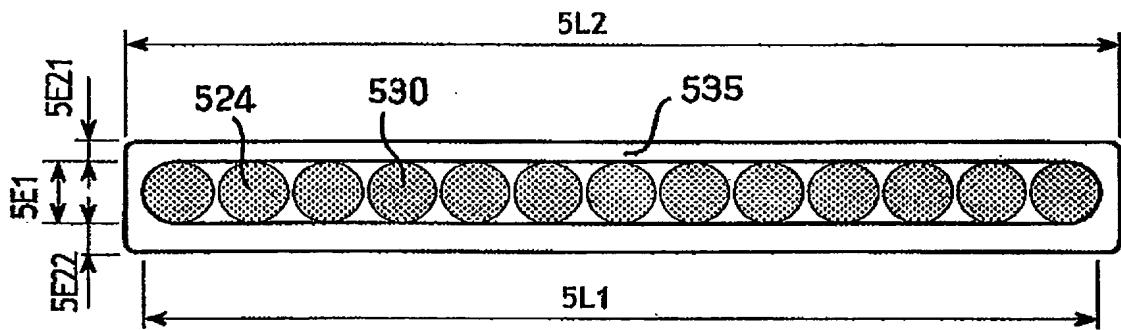
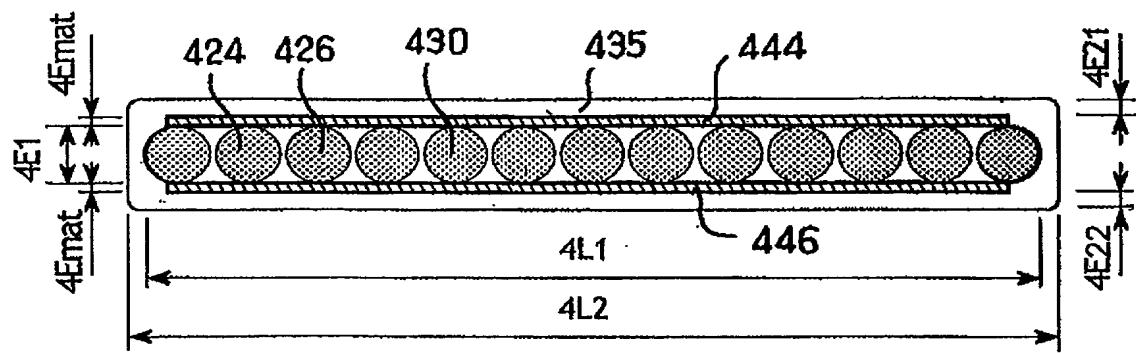
10 8. Conduto flexível submarino de acordo com uma qualquer das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que a dita camada de reforço forma uma bainha em torno da dita fita de retenção.

9. Conduto flexível submarino de acordo com uma qualquer das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que uma camada têxtil é intercalada entre as ditas mechas de fibras e a dita camada de reforço.

15 10. Conduto flexível submarino de acordo com uma qualquer das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que o dito material polimérico é um material termoplástico.

20 11. Conduto flexível submarino de acordo com uma qualquer das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que a dita camada de reforço é obtida por extrusão do dito material polimérico.

FIG.1FIG.2FIG.3



RESUMOCONDUTO FLEXÍVEL PARA O TRANSPORTE DOS
HIDROCARBONETOS COM CAMADA DE RETENÇÃO REFORÇADA

A invenção se refere a um conduto flexível submarino destinado ao transporte dos hidrocarbonetos, o dito conduto flexível compreendendo, do interior para o exterior, uma bainha de estanqueidade interna (18), pelo menos uma manta de armaduras de tração (14, 16) enrolada em torno da dita bainha de estanqueidade interna, uma camada de retenção deformável (12) que compreende pelo menos uma fita de retenção flexível enrolada em torno da dita manta de armaduras de tração, e pelo menos uma estrutura tubular (10) que circunda a dita camada de retenção, a dita fita de retenção compreendendo mechas de fibras, as ditas mechas sendo orientadas substancialmente de acordo com a direção longitudinal da dita fita de retenção; de acordo com a invenção a dita fita de retenção é revestida com uma camada de reforço feita de material polimérico para a resistência à deformação da dita camada de retenção.