



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

(11) PI 0906252-1 B1



(22) Data do Depósito: 07/01/2009

(45) Data de Concessão: 30/07/2019

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

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

(30) Prioridade Unionista: 11/01/2008 FR 0800164.

(73) Titular(es): TECHNIP FRANCE.

(72) Inventor(es): ANH TUAN DO.

(86) Pedido PCT: PCT FR2009000010 de 07/01/2009

(87) Publicação PCT: WO 2009/112664 de 17/09/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 30/06/2010

(57) Resumo: DUTO FLEXÍVEL SUBMARINO DESTINADO AO TRANSPORTE DE HIDROCARBONETOS A invenção refere-se a um duto flexível submarino, o referido duto flexível compreendendo uma luva de estanqueidade interna (18), pelo menos uma camada de armadura de tração (14,16) enrolada em torno da referida luva de estanqueidade interna, uma camada de retenção (12) compreendendo pelo menos uma fita de reforço (34), a referida fita de reforço comportando mechas filamentosas (36) orientadas substancialmente longitudinalmente, as referidas mechas filamentosas (36) compreendendo fibras de polímero (38); de acordo com a invenção as referidas fibras de polímero apresentam, em temperatura ambiente, um módulo de elasticidade superior a 55 GPa de modo que a referida fita de reforço seja adaptada para bloquear a expansão radial da referida camada de armadura, quando a referida camada de armadura sofre esforços radiais; e as referidas fibras de polímero apresentando, por outro lado, uma extensão à ruptura superior a 4% de modo que a referida fita de reforço seja adaptada para sofrer deformações sem se romper.

“DUTO FLEXÍVEL SUBMARINO DESTINADO AO TRANSPORTE DE HIDROCARBONETOS”

[0001] A presente invenção refere-se a um duto flexível submarino destinado ao transporte dos hidrocarbonetos em águas profundas.

[0002] Os dutos flexíveis de transporte dos hidrocarbonetos já são bem conhecidos, e comportam geralmente do interior para o exterior do duto uma carcaça metálica, uma luva de estanqueidade interna de polímero, um arco de pressão, camadas de armaduras de tração e uma luva externa de polímero para proteger o conjunto do duto e notadamente para impedir a água do mar de penetrar na sua espessura. A carcaça metálica e o arco de pressão são constituídos de elementos longitudinais enrolados a passo curto, e eles conferem ao duto sua resistência aos esforços radiais, enquanto que as camadas de armaduras de tração são constituídas de fios metálicos enrolados ao longo de passos longos para retomar os esforços axiais. A natureza, o número, o dimensionamento e a organização das camadas constituindo os dutos flexíveis são essencialmente ligados às suas condições de utilização e de instalação. No presente pedido, a noção de enrolamento de passo curto designa qualquer enrolamento helicoidal ao longo de um ângulo de hélice próximo de 90°, tipicamente compreendido entre 75° e 90°. A noção de enrolamento de passo longo recobre, ela mesma, os ângulos de hélice inferiores a 55°, tipicamente compreendidos entre 25° e 55° para as camadas de armaduras.

[0003] Estes dutos flexíveis são destinados ao transporte dos hidrocarbonetos notadamente nos fundos do mar e isto a grandes profundidades. Mais precisamente, eles são chamados de tipo não ligado e assim são descritos nos documentos normativos publicados pelo American Petroleum Institute (API), API 17J e API RP 17B.

[0004] Quando o duto flexível, qualquer que seja a sua natureza, é submetido a uma pressão externa que é mais elevada que a pressão interna, pode produzir-se uma compressão axial que é bem conhecida do versado na técnica sob o nome de efeito de fundo inverso. O efeito de fundo inverso tem tendência a comprimir axialmente o duto flexível, a encurtar o seu comprimento e a aumentar o seu

diâmetro, o que tem tendência a provocar um inchamento das camadas de armaduras de tração. No caso em que a luva externa do duto é estanque, a pressão hidrostática reinando no exterior do duto opõe-se eficazmente ao inchamento das armaduras de tração. Em contrapartida, se a luva externa não é mais estanque, por exemplo, após uma ruptura acidental, a pressão hidrostática não se opõe mais ao inchamento das camadas de armaduras de tração. Conseqüentemente, em ausência de um meio adicional tendo por função limitar este inchamento, os fios compondo as camadas de armaduras de tração podem flambar em um modo radial, o que pode provocar uma deformação local irreversível das referidas camadas de armaduras tendo a forma de “gaiola de passarinho”, e assim provocar a ruína do duto.

[0005] Uma solução conhecida permitindo reduzir este risco de flambagem radial “em gaiola de passarinho” consiste em enrolar em passo curto, em torno das camadas de armaduras de tração, fitas reforçadas de fibras de aramida, e mais precisamente fibras homopolímero PTA, esta abreviatura significando poli-p-fenileno tereftalamida. Tais fitas apresentam uma grande resistência mecânica em tração ao longo de seu eixo longitudinal, o que permite limitar o inchamento das camadas de armaduras de tração. Elas apresentam, além disso, uma grande flexibilidade em flexão, o que facilita as operações de retenção e enrolamento em torno das camadas de armaduras. Por último, com características mecânicas iguais, elas são muito mais leve que as fitas metálicas, o que permite reduzir o peso do duto flexível. Pode-se notadamente fazer referência ao documento FR 2.837.899, no qual tal duto é descrito.

[0006] Estas fitas de reforço apresentam-se sob forma de feixes de mechas filamentosas constituídas de fibras homopolímero PTA orientadas paralelamente ao eixo longitudinal da fita. Estas mechas filamentosas longitudinais podem ser montadas umas com as outras sob forma de um feixe relativamente plano tendo uma secção substancialmente retangular do tipo da de uma fita ou de uma tira. É igualmente possível utilizar uma fita de reforço constituída de uma secção central substancialmente retangular e de duas bordas longitudinais mais finas que a secção

central, como descrito no documento EP1419338. Os meios de montagem e de contenção destas mechas filamentosas comportam geralmente elementos transversos que são conformados de modo a cercar e apertar juntas as referidas mechas de modo a formar um feixe relativamente plano. Nas configurações correntes, estes elementos transversos são assimiláveis aos fios de trama, as mechas filamentosas formando o urdume, e a fita podendo então ser considerada como um material tecido. Diferentes modos de realização destas fitas de reforço são descritos nos documentos WO97/12753 e WO9713091.

[0007] No entanto, foi constatado que, apesar disto, em condições extremas de utilização, estas fitas de reforço podiam se deteriorar. Estas condições extremas encontram-se principalmente quando o duto flexível é, por um lado, imerso em grande profundidade, tipicamente a mais 2000 m, e por outro lado simultaneamente submetido a solicitações dinâmicas severas em flexão, o que gera um fenômeno de fadiga das fitas de reforço.

[0008] Assim, um problema que se coloca e que a presente invenção visa resolver é fornecer um duto flexível submarino que possa resistir a estas condições extremas de profundidade e de solicitações dinâmicas em flexão, e pela qual o inchamento das armaduras de tração possa ser contido de modo durável para evitar a flambagem radial “em gaiola de passarinho”.

[0009] Com o objetivo de resolver este problema, a presente invenção propõe um duto flexível submarino destinada ao transporte dos hidrocarbonetos, o referido duto flexível compreendendo, do interior para o exterior, uma luva de estanqueidade interna, pelo menos uma camada de armadura de tração enrolada em torno da referida luva de estanqueidade interna, uma camada de retenção compreendendo pelo menos uma fita de reforço enrolada em torno da referida camada de armadura de tração, e pelo menos uma estrutura tubular que cerca a referida camada de retenção, a referida fita de reforço comportando mechas filamentosas orientadas substancialmente longitudinalmente, as referidas mechas filamentosas compreendendo fibras de polímero; de acordo com a invenção as referidas fibras de polímero apresentam, em temperatura ambiente, um módulo de elasticidade superior

a 55 GPa de modo que a referida fita de reforço seja adaptada para bloquear a expansão radial da referida camada de armadura, quando a referida camada de armadura sofre esforços radiais; e as referidas fibras de polímero apresentam além disso uma extensão à ruptura superior a 4% de modo que a referida fita de reforço seja adaptada para sofrer deformações sem se romper.

[0010] No presente pedido, os termos “fita” e “tira” são considerados equivalentes e utilizados indiferentemente. O termo “filamento” designa uma fibra de grande comprimento. O termo “fio” designa um conjunto composto da justaposição ou da montagem de várias fibras ou filamentos. O termo “mecha filamentar” designa a justaposição ou montagem de várias fibras, filamentos ou fios. No caso das tiras de reforço de acordo com a presente invenção, a montagem entre fios e filamentos é realizada geralmente graças a uma torção relativamente fraca de modo a não degradar a resistência em tração ao longo do eixo da mecha.

[0011] O módulo de elasticidade e a extensão à ruptura acima citados são medidos por um teste de tração de acordo com a norma ASTM D885-04. Este teste é praticado não sobre uma fibra individual, mas sobre um fio constituído de 500 a 2500 fibras ou filamentos idênticos e do mesmo modo comprimento. A torção do fio utilizado para o teste é inferior a 100 voltas por metro e, por exemplo, da ordem de 60 voltas por metro, o que permite melhorar a reprodutibilidade e a precisão das medidas, de acordo com as recomendações da norma acima citada. A distância entre as garras no início do teste de tração é da ordem de 400 mm. A velocidade de tração é da ordem de 50 mm /min. A temperatura ambiente, em que são feitos estes testes, é da ordem de 18°C a 23°C.

[0012] Assim, uma característica da invenção reside na escolha de uma fita de reforço cujo módulo de elasticidade das fibras de polímero tendo a função de reforço não é necessariamente muito elevado, mas cuja extensão à ruptura é relativamente grande. Assim, é ao mesmo tempo o valor do módulo de elasticidade superior a 55 GPa como o alongamento à ruptura ou a extensão à ruptura que deve ser superior a 4%, que importa.

[0013] Com efeito, a camada de retenção é capturada entre, por um lado, os fios

constituindo a camada externa de armaduras de tração e, por outro lado, a estrutura tubular externa. Ora, os movimentos do duto flexível, gerando deslocamentos relativos entre os fios de armaduras, conduzem seja a estirar localmente a camada de retenção ao nível dos jogos entre os referidos fios de armaduras, seja a comprimir a mesma localmente de modo que ela forme dobras ao nível dos referidos jogos. Como resultado, a repetição destes ciclos de compressão e de formação de dobras gera um fenômeno de fadiga das fibras de polímero. Ora, mais a extensão à ruptura das fibras de polímero da camada de retenção é grande, menos os estiramentos e as dobras da camada de retenção entre os fios de armaduras têm de possibilidade de provocar a ruptura destas fibras de polímero. E demonstra-se que a realização de uma fita de reforço cujas fibras de polímero tendo a função de reforço apresentam uma extensão à ruptura superior a 4%, melhora significativamente o comportamento à fadiga da camada de retenção.

[0014] Com vantagem, as referidas fibras polímeros apresentam, por outro lado, uma extensão à ruptura, medida, em temperatura ambiente, superior a 4,2%. Esta característica procura uma melhora suplementar do comportamento à fadiga da camada de retenção.

[0015] Com vantagem, as referidas fibras polímeros apresentam, além disso, um módulo de elasticidade, medido em temperatura ambiente, superior a 60 GPa. Esta característica permite, em uma quantidade de fibras iguais, reduzir o inchamento da camada de retenção nos casos em que a luva externa não é estanque.

[0016] Além disso, e de modo particularmente vantajoso, as referidas fibras polímeros apresentam uma resistência a ruptura em extensão, medida em temperatura ambiente, (de acordo com a norma ASTM D885-04) superior a 3000 MPa, de modo que a medida da área sob a curva, tensão/deformação, que é representativa da energia que pode absorver estas fibras, é mais ainda aumentada.

[0017] Com vantagem, as referidas fibras polímeros apresentam, além disso, uma resistência à tração, medida a temperatura de 130°C (de acordo com a norma ASTM D885-04) superior a 2300 MPa, de preferência 2500 MPa. Assim, é possível realizar uma camada de retenção podendo operar a uma temperatura da ordem de

100°C a 130°C, por exemplo, em um tubo flexível para o transporte de fluidos em alta temperatura.

[0018] Com vantagem, os polímeros das referidas fibras são copolímeros e preferivelmente polímeros que pertencem à família das aramidas e mais particularmente, das aramidas de tipo para (em oposição ao tipo meta). Além disso, as referidas fibras de polímero são mantidas juntas, preferivelmente apertadas umas contra as outras, de modo a aumentar o seu coeficiente de atrito umas com relação às outras e aumentar a resistência da mecha filamentar em tração.

[0019] Com vantagem, os polímeros das referidas fibras são co-poli-(p-fenileno/3,4'-oxidifenileno tereftalamidas).

[0020] Assim, a fita de reforço comporta, além disso, meios de contenção para manter juntas as referidas mechas filamentosas. De acordo com um modo preferido de realização da invenção, a referida fita de reforço é um material tecido. Assim, os meios de contenção destinados a manter juntas as diferentes mechas filamentosas comportam, então, pelo menos um fio de trama tecido com as referidas mechas que constituem os elementos de cadeia. Tais fios de trama não sendo submetidos aos esforços de tensão aplicados à tira, eles podem com vantagem ser realizados com um material pouco resistente diferente do das mechas filamentosas.

[0021] Com vantagem, as fitas de reforço são enroladas em passo curto, o que permite aumentar a resistência ao inchamento da camada de retenção.

[0022] Com vantagem, este enrolamento forma espiras adjacentes, para tornar a camada de retenção mais resistente. Por outro lado, a camada de retenção pode ser constituída de vários enrolamentos sobrepostos uns sobre os outros e eventualmente cruzados entre si. Isto permite realizar uma camada de retenção apresentando uma espessura superior à das tiras.

[0023] Além disso, a estrutura tubular comporta com vantagem uma luva de estanqueidade externa que vem se aplicar sobre a camada de retenção, e que comprime a mesma contra as camadas de armaduras quando o duto é estendido nos fundos marinhos de grande profundidade.

[0024] Outras particularidades e vantagens da invenção surgirão à leitura da

descrição feita a seguir de modos de realização específicos da invenção, dados a título indicativo, mas não limitativo, em referência aos desenhos anexos em que:

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

- a Figura 2 é um gráfico ilustrando as propriedades mecânicas de materiais sintéticos de tipo polímero; e,

- a Figura 3 é uma vista esquemática parcial em perspectiva de uma fita de reforço de acordo com a invenção.

[0025] A Figura 1 ilustra um duto de acordo com a invenção compreendendo, do exterior para o interior, uma luva polimérica externa de estanqueidade 10 (chamada luva externa), uma camada de retenção 12 que será detalhada a seguir enrolada em torno de uma camada externa de armaduras de tração 14, uma camada interna de armaduras de tração 16 enrolada em sentido oposto da camada externa 14, um arco de pressão 20 de retomada dos esforços radiais gerado pela pressão do fluido transportado, uma luva polimérica interna de estanqueidade 18 e uma carcaça interna 17 de retomada dos esforços radiais de esmagamento. Devido à presença da carcaça interna 17, este duto é dito de passagem não lisa. A invenção pode também ser aplicável a um duto dito de passagem lisa, que não comporta carcaça interna. Do mesmo modo, não se sai do campo da presente invenção suprimir o arco de pressão 20, sob reserva que os ângulos de hélice dos fios constituindo as camadas de armaduras 14, 16 estejam próximos de 55° e em sentido oposto. As camadas de armaduras 14, 16 são obtidas por enrolamento de passo longo de um conjunto de fios de material metálico ou compósito, de seção geralmente substancialmente retangular. A invenção seria aplicável também se estes fios tivessem uma seção de geometria circular ou complexa, do tipo, por exemplo, T autogrampeado. Na figura 1, apenas duas camadas de armaduras 14 e 16 são representadas, mas o duto poderia também comportar um ou vários pares suplementares de armaduras. A camada de armadura 14 é dita externa porque ela é aqui a última, partindo do interior do duto, antes da luva de estanqueidade externa 10. A camada de retenção 12 é geralmente enrolada em torno da camada externa

14, mas a invenção seria aplicável também ao caso de uma camada de retenção intercalada entre duas camadas de armaduras de tração. Tal configuração é descrita no documento FR 2.837.899.

[0026] A camada de retenção 12 pode ser constituída de várias tiras, faixas, fitas ou elementos unitários enrolados em passo curto em torno da camada externa de armaduras 14. Este enrolamento é geralmente articulado ou com recuperação de modo a aumentar a capacidade de retomada dos esforços radiais de inchamento. Os elementos unitários da camada de retenção apresentam uma forte resistência em tração longitudinal, ao longo de seu eixo longitudinal.

[0027] Assim, os elementos unitários de retenção são realizados com materiais apropriados, e na espécie em uma fita de reforço de fibras de polímero cujas características são específicas. A fita de reforço é realizada por montagem tecida ou não tecida das referidas fibras.

[0028] Esta camada de retenção 12 é destinada a bloquear a expansão radial da referida camada de armadura, quando ela sofre esforços radiais. E este é o caso quando o duto flexível, estendido em um fundo marinho de grande profundidade, sofre um efeito de fundo inverso grande, e que as camadas de armaduras de tração 14,16 tendem a inchar radialmente sob o efeito da compressão axial. Enquanto a luva externa 10 é estanque, a camada de retenção 12 não tem nenhuma função dado que o bloqueio do inchamento radial das camadas de armaduras de tração 14, 16 é assegurado pela pressão hidrostática externa, Por outro lado, se nunca a luva externa 10 é rasgada acidentalmente, a camada de retenção 12 deve imediatamente bloquear a expansão radial das camadas de armaduras e assim impedir a formação de um defeito na forma de “gaiola de passarinho”. Também, a camada de retenção 12 deve ser suficientemente resistente para retomar a expansão radial das armaduras de tração 14, 16, no momento em que ocorre uma eventual ruptura da luva externa 10.

[0029] De modo inesperado, foi descoberto que as características mecânicas dos polímeros adaptados a resistir às condições muito severas de carga acima citadas não eram tanto as de um elevado módulo de elasticidade, mas antes as de uma

combinação de uma forte capacidade de alongamento com um módulo relativamente elevado. Tais materiais apresentam, em temperatura ambiente, um módulo de elasticidade superior a 55 GPa, com vantagem superior a 60 GPa, e sobretudo alongamento à ruptura relativamente elevado, na prática superior a 4% e com vantagem superior a 4,2%.

[0030] Por outro lado, com vantagem, uma camada anti-desgaste de material polimérico pode ser intercalada entre a camada externa de armaduras de tração 16 e a camada de retenção 12, de modo a evitar que as fibras de polímero da camada de retenção 12 possam desgastar-se ao contato com armaduras metálicas. As camadas anti-desgaste, que são bem conhecidas do versado na técnica, são geralmente realizadas por enrolamento helicoidal de uma ou várias fitas obtidas por extrusão de um material polimérico à base de poliamida, poliolefinas, ou de fluoreto de polivinilideno (PVDF). Pode-se também fazer referência ao documento WO2006/120320 que descreve camadas anti-desgaste constituídas de fitas de polissulfona (PSU), polietersulfona (PES), polifenilsulfona (PPSU), polieterimida (PEI), politetrafluoroetileno (PTFE), polieteretercetona (PEEK) ou polissulfeto de fenileno (PPS). Nas variantes não representadas onde uma camada de retenção é colocada entre duas camadas de armaduras de tração, é vantajoso intercalar duas camadas anti-desgaste em contato respectivamente com as faces interna e externa desta camada de retenção, de forma a evitar que as fibras de polímero desta camada de retenção possam estar em contato direto com uma destas duas camadas de armaduras.

[0031] Faz-se referência à Figura 2, ilustrando as características mecânicas dos polímeros adaptados a formar fitas de reforço de acordo com a invenção. Sobre esta figura 2, são representadas em abscissa, as percentagens de alongamento do polímero estudado e em ordenadas o esforço de tração que se exerce sobre ele. A curva 22 em traços interrompidos ilustra as características mecânicas de um polímero que não convém para realizar uma fita de reforço de acordo com a invenção, enquanto a curva 24 em traço cheio é a de um polímero que é conveniente.

[0032] Com efeito, a curva 22 é a das fibras de polímero com o módulo de elasticidade E, correspondendo à inclinação da primeira parte da curva 26, é elevado, mas cujo alongamento ao ponto de interrupção 28 é relativamente baixo aqui de 2,5% %. Em contrapartida, a curva 24 testemunha um módulo de elasticidade E correspondendo à inclinação da primeira parte de curva 30, menor, mas superior a 55 GPa, e sobretudo, de um alongamento ao ponto de ruptura 32 superior a 4%. Pode-se notar que a nível equivalente de estresse em tensão, o polímero correspondendo à curva 22 alonga-se nitidamente menos que o correspondendo à curva 24. Por exemplo, para um estresse de tensão aplicado de 1500 MPa, o primeiro alonga-se da ordem de 1, 2% e o segundo da ordem de 2%. Portanto, em carga equivalente e em dimensões equivalentes, uma camada de retenção constituída do polímero 24 correspondendo à camada 24 incha duas vezes mais que outra constituída do polímero correspondendo à camada 22. Também, porque a função da camada de retenção é justamente impedir o inchamento das camadas de armaduras de tração, o versado na técnica teria anteriormente naturalmente escolhido o polímero com baixo alongamento e de módulo elevado, esta escolha permitindo, por outro lado, reduzir a quantidade de fibras e, conseqüentemente, o peso e o custo da camada de retenção. A presente invenção vai, portanto, ao encontro desta tendência.

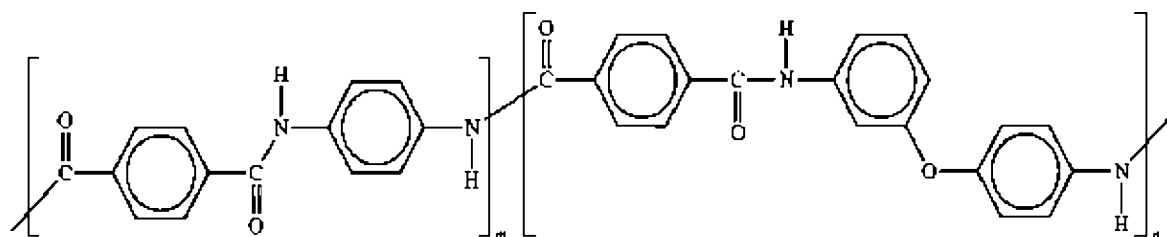
[0033] Pode-se também notar, nos exemplos da figura 2, que as fibras de polímero apresentando um módulo de elasticidade superior a 55 GPa apresentam também geralmente um comportamento quase linear e elástico até a ruptura. A fase de deformação plástica logo antes da ruptura é então muito curta, se bem que, na prática, o limite elástico está muito próximo do limite à ruptura.

[0034] Conhece-se polímeros de tipo polietileno de alto desempenho, que têm ao mesmo tempo um módulo de elasticidade superior a 55 GPa e um alongamento à ruptura em tração superior a 4%. Estes materiais podem ser utilizados para a realização da presente invenção, no entanto sob a condição de se limitar às aplicações a baixa temperatura, tipicamente menos de 40°C. Com efeito, a temperatura de fusão das fibras polietileno é da ordem de 150°C, se bem que acima

de uma temperatura de 50°C, fenômenos de fluência e de queda das características mecânicas degradam muito os seus desempenhos.

[0035] É mais vantajoso utilizar polímeros de tipo aramida porque estes têm bem um melhor comportamento em temperatura, em particular em torno de 130°C, que é a temperatura máxima que, considerando as tecnologias atuais, pode suportar um duto flexível de transporte de hidrocarbonetos. Com efeito, a temperatura de fusão das fibras de aramida é muito elevada, da ordem de 500°C. Elas não se degradam portanto nas temperaturas inferiores a 130°C e conservam a estas temperaturas o essencial das suas características mecânicas. Assim, algumas destas fibras possuem uma resistência à tração superior a 2700 MPa a 80°C e 2300 MPa a 130°C, o que permite o seu emprego nos dutos flexíveis destinados ao transporte de hidrocarbonetos a 130°C.

[0036] Dentre os polímeros de tipo aramida, demonstrou-se que as co-poli-(p-fenileno/3,4'-oxidifenileno tereftalamidas), de fórmula:



eram adaptadas perfeitamente para realizar uma fita de reforço destinada a formar a camada de retenção 12 de acordo com a invenção. Tais copolímeros têm características mecânicas particularmente vantajosas para a realização da presente invenção. Com efeito, em temperatura ambiente, o seu módulo de elasticidade é próximo de 70 GPa, seu alongamento à ruptura de 4,5% e a sua resistência à ruptura de 3400 MPa. Estes resultados são procedentes de testes de tração praticados de acordo com a norma ASTM D885-04 sobre um fio de densidade linear da ordem de 3300 dtex constituído de cerca de 2000 fibras elementares e apresentando uma torção média de 60 voltas por metro.

[0037] Estes copolímeros apresentam geralmente uma taxa de cristalinidade inferior aos homopolímeros PTA, o que confere aos mesmos uma maior capacidade

de absorver deformações de grande amplitude conservando ao mesmo tempo suas propriedades mecânicas essenciais.

[0038] A Figura 3 ilustra um exemplo de fita de reforço 34 de acordo com a invenção. A fita 34 comporta várias mechas filamentosas 36 orientadas longitudinalmente em relação ao seu eixo. As mechas 36 são constituídas da montagem de fios, filamentos ou fibras 38 realizados de um material polímero de acordo com a presente invenção. As mechas 36 são justapostas e mantidas juntas por meios de contenção 40, 42 orientados transversalmente em relação ao eixo da fita 34. Estes meios de contenção podem comportar ligações 42 envolvendo o conjunto, ou fios de trama 40 tecidos com as mechas filamentosas 36, estes últimos constituindo então os elementos de urdume. Os meios de contenção não tendo a função de retomada dos esforços longitudinais de tração, eles podem ser realizados com polímeros menos resistentes que os utilizados para as mechas filamentosas 36.

REIVINDICAÇÕES

1. Duto flexível submarino para transporte de hidrocarbonetos, o referido duto flexível compreendendo, do interior para o exterior do mesmo, uma luva de estanqueidade interna (18), pelo menos uma camada de armadura de pressão de tração (14,16) enrolada em torno da referida luva de estanqueidade interna, uma camada de retenção (12) compreendendo pelo menos uma fita de reforço (34) enrolada em torno da referida camada de armadura de pressão de tração, e pelo menos uma estrutura tubular (10) circundando a referida camada de retenção,

a referida fita de reforço compreendendo mechas filamentosas (36) orientadas substancialmente longitudinalmente ao longo do dito duto, as referidas mechas filamentosas (36) compreendendo fibras de polímero (38);

caracterizado pelo fato de que as fibras de polímero (38) apresentam, em temperatura ambiente, um módulo de elasticidade superior a 55 GPa de modo que a referida fita de reforço evite a expansão radial da referida camada de armadura, quando a referida camada de armadura é sujeita a esforços radiais; e

as referidas fibras de polímero adicionalmente apresentam uma extensão à ruptura superior a 4% de modo que a referida fita de reforço seja adaptada para sofrer deformações sem se romper.

2. Duto flexível submarino de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a referida fita de reforço adicionalmente compreende meios de contenção (40,42) para manter juntas as referidas mechas filamentosas (36).

3. Duto flexível submarino de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que as referidas fibras de polímero (38) são mantidas juntas umas contra as outras.

4. Duto flexível submarino de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que as referidas fibras polímeros apresentam, em temperatura ambiente, uma extensão à ruptura superior a 4,2%.

5. Duto flexível submarino de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que as referidas fibras polímeros apresentam, em temperatura ambiente, um módulo de elasticidade superior a 60

GPa.

6. Duto flexível submarino de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que as referidas fibras polímeros apresentam, em temperatura ambiente, uma resistência à tração superior a 3000 MPa.

7. Duto flexível submarino de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que as fibras de polímeros incluem polímeros que apresentam, a uma temperatura de 130°, uma resistência à tração superior a 2300 MPa.

8. Duto flexível submarino de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que os polímeros das referidas fibras são copolímeros.

9. Duto flexível submarino de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que os polímeros das referidas fibras são polímeros pertencendo à família das aramidas.

10. Duto flexível submarino de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que os polímeros das referidas fibras são co-poli-(p-fenileno/3,4'-oxidifenileno tereftalamidas).

11. Duto flexível submarino de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que as referidas mechas filamentosas são tecidas juntas para formar a referida fita de reforço.

12. Duto flexível submarino de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de que a referida estrutura tubular compreende uma luva externa que é aplicada sobre a referida camada de retenção.

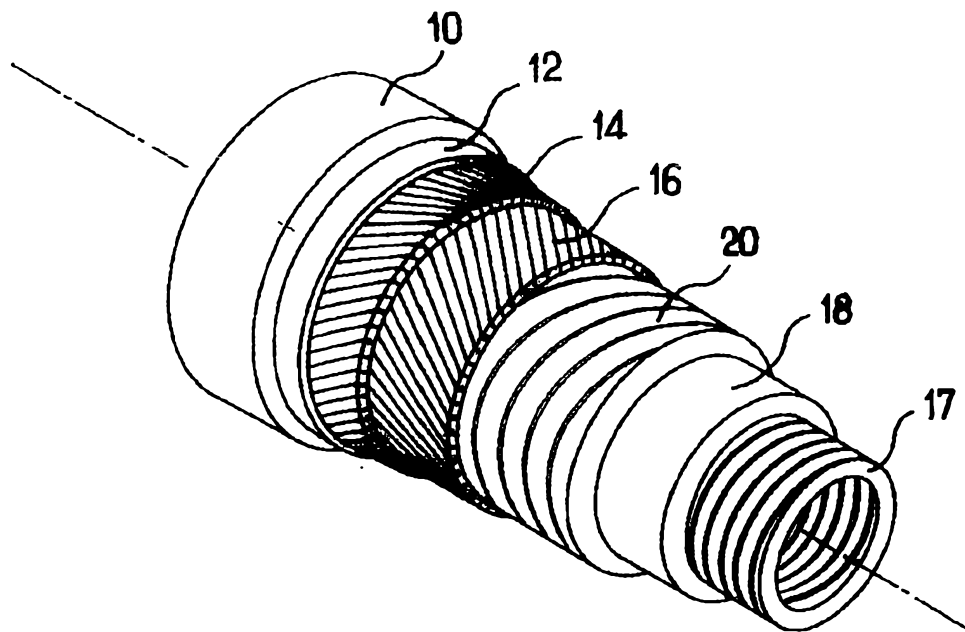


FIG.1

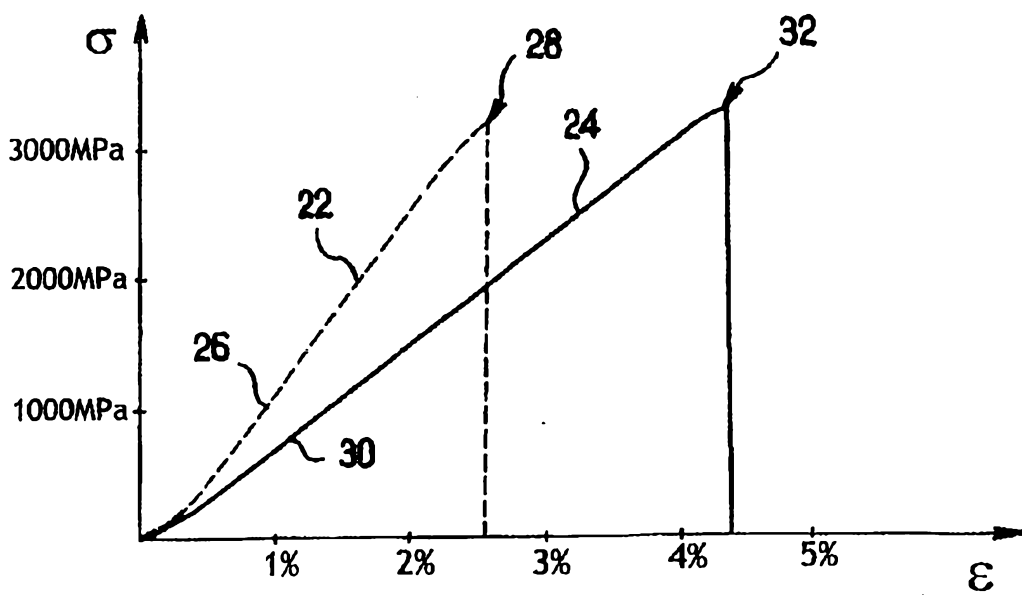


FIG.2

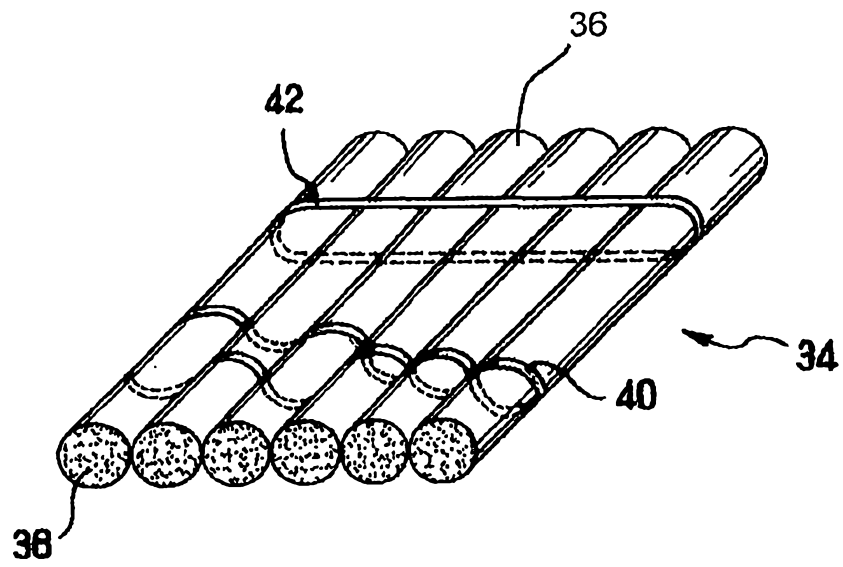


FIG.3