

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

(21) **PI0611228-5 A2**

(22) Data de Depósito: 03/05/2006
(43) Data da Publicação: 22/02/2011
(RPI 2094)



★ B R P I 0 6 1 1 2 2 8 A 2 ★

(51) *Int.Cl.:*

F16L 11/08
F16L 11/12
F16L 58/10
F16L 57/06
B32B 1/08
E21B 17/20

(54) **Título: CONDUTO TUBULAR FLEXÍVEL PARA O TRANSPORTE DE HIDROCARBONETOS E PROCESSO DE PRODUÇÃO DO MESMO**

(30) Prioridade Unionista: 11/05/2005 FR 05/04739

(73) Titular(es): TECHNIP FRANCE

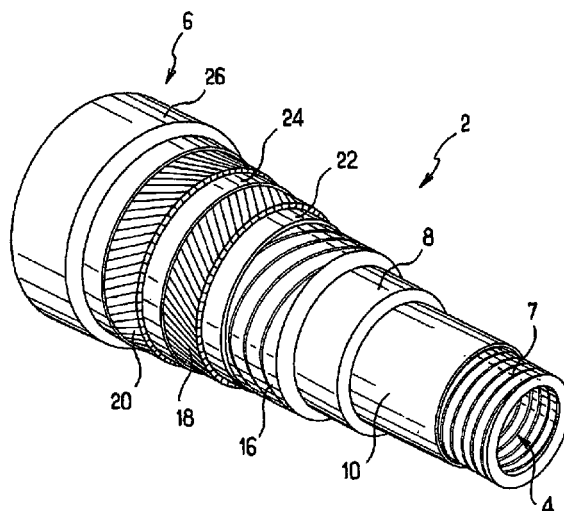
(72) Inventor(es): Jean Hardy

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

(86) Pedido Internacional: PCT FR2006000992 de 03/05/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2006/120320 de 16/11/2006

(57) **Resumo:** CONJUNTO TUBULAR FLEXÍVEL PARA O TRANSPORTE DE HIDROCARBONETOS E PROCESSO DE PRODUÇÃO DO MESMO. A invenção refere-se a um conduto tubular flexível (2) para o transporte dos hidrocarbonetos, o referido conduto tubular flexível compreendendo pelo menos duas mantas de armaduras metálicas (18, 20) separadas por uma camada anti-desgaste (24) de material plástico, cada uma das referidas mantas sendo produzida por enrolamento helicoidal de um elemento metálico longitudinal, a referida camada anti-desgaste (24) sendo produzida por enrolamento helicoidal de uma tira do material plástico; de acordo com a invenção, o referido material plástico compreende um polímero amorfo cuja temperatura de transição vítrea está compreendida entre 175 e 255°C.





**“CONDUTO TUBULAR FLEXÍVEL PARA O TRANSPORTE DE
HIDROCARBONETOS E PROCESSO DE PRODUÇÃO DO MESMO”**

A presente invenção refere-se aos condutos tubulares flexíveis para o transporte dos hidrocarbonetos.

5 Ela refere-se mais precisamente a um conduto do tipo deste descrita nos documentos normativos publicados pelo “American Petroleum Institute (API)” e notadamente os documentos API 17J e API RP 17B.

10 Este tipo de conduto compreende camadas sucessivas independentes umas das outras constituídas por um lado, de enrolamentos helicoidais, de tiras e/ou de fios de forma e por outro lado, pelo menos de uma bainha de material polimérica. Enquanto que as camadas metálicas têm uma função de compensação dos esforços mecânicos, tanto internos quanto externos, as bainhas de polímero têm, por sua vez, uma função de estanqueidade interna ou externa.

15 As diferentes camadas são em um certo limite móveis umas em relação às outras de maneira a permitir ao conduto fletir. Existem diferentes estruturas para estes condutos, embora apresentem muito geralmente um conjunto de camadas designado abóbada de pressão, destinada a compensação dos esforços radiais, e um conjunto de camadas destinado a
20 compensação dos esforços axiais.

Geralmente, a abóbada de pressão situada no interior do conduto, é constituída de um enrolamento helicoidal com passos curtos de um fio de forma e as camadas destinadas à compensação dos esforços axiais situadas no exterior do conduto são constituídas geralmente de um par de
25 mantas de armaduras de fios cruzados enrolados helicoidalmente de acordo com um passo longo.

Também, a fim de evitar que pelo menos duas destas mantas de armaduras não estejam diretamente em contato uma contra a outra, o que provocaria seu desgaste prematuro, uma camada intermediária relativamente

fina em material plástico é interposta.

Poder-se-á notadamente referir-se ao documento EP 0 929 767, o qual descreve um conduto equipado de tal camada intermediária anti-desgaste (“anti-wear layer” em inglês).

5 É conhecido produzir uma tal camada anti-desgaste por enrolamento helicoidal de uma tira anti-desgaste obtida por extrusão de um material plástico à base de poliamida ou poliolefinas.

10 No entanto, estas camadas intermediárias se deterioram rapidamente, quando os condutos flexíveis sofrem tensões severas, tais como aquelas encontradas para a exploração de certos campos de petróleo submarinos, situados a grande profundidade, e onde o hidrocarboneto está a uma temperatura elevada próxima de 130°C. Em tais condições, estas camadas intermediárias anti-desgaste podem sofrer temperaturas próximas de 110°C e pressões de contato da ordem de 300 a 400 bars.

15 Também, um problema que se coloca e que a presente invenção visa resolver é então, de propor um conduto tubular flexível cuja camada intermediária anti-desgaste de material plástico não seja somente resistente em condições severas de utilização, mas também seja suscetível de ser obtida a um custo vantajoso.

20 Com este objetivo e de acordo com um primeiro aspecto, a invenção propõe um conduto tubular flexível para o transporte dos hidrocarbonetos, o referido conduto tubular flexível compreendendo pelo menos duas mantas de armaduras metálicas separadas por uma camada anti-desgaste de material plástico, cada uma das referidas mantas sendo produzida
25 por enrolamento helicoidal de um elemento metálico longitudinal, a referida camada anti-desgaste sendo produzida por enrolamento helicoidal de uma tira de material plástico; de acordo com a invenção, o referido material plástico compreende um polímero amorfo cuja temperatura de transição vítrea fica compreendida entre 175 e 255°C.

Assim, uma característica da invenção reside na utilização de um polímero amorfo, isoladamente ou em mistura, cuja temperatura de transição vítrea está compreendida entre 175 e 255°C, no material plástico utilizado para formar uma camada intermediária anti-desgaste. Por exemplo, a
5 temperatura de transição vítrea do polímero amorfo está compreendida entre 210 e 240°C.

Enquanto que os polímeros amorfos de alto desempenho não são recomendados nas aplicações ou qualidades tribológicas são procuradas e notadamente a resistência ao desgaste, revela-se que de maneira
10 completamente surpreendente, tais materiais conservam suas propriedades por toda a duração de vida do conduto tubular flexível. Outros materiais, poderiam ser vantajosamente considerados, dentre os materiais semi-cristalinos de alto desempenho, no entanto, por um lado, eles são difíceis de empregar por extrusão sob a forma de tira de grande comprimento, o que seria
15 absolutamente necessário para poder recobrir os condutos, e por outro lado são extremamente caros.

De acordo com um primeiro modo de realização da invenção particularmente vantajoso, o referido polímero amorfo é um polímero que compreende um grupamento sulfonado ou mais precisamente um grupamento
20 sulfona («sulfone group» em língua inglesa). Ou seja, um grupamento que compreende um átomo de enxofre e dois átomos de oxigênio ligados ao átomo de enxofre por duas duplas ligações. Tais polímeros são utilizados geralmente no domínio da injeção de plástico mas de modo algum no domínio da extrusão onde polímeros de peso molecular elevado devem ser utilizados.

Assim, graças à utilização de polímeros com grupamentos sulfonados relativamente pouco caros, cuja temperatura de transição vítrea está em média próxima de 220° Celsius, a camada intermediária anti-desgaste é relativamente resistente, e não flui entre os elementos enrolados de cada
25 uma das mantas de armaduras cujo espaçamento pode atingir alguns

milímetros. Ela não flui notadamente quando é levada a temperaturas da ordem de 110° e quando ela é submetida a uma pressão próxima de 400 bars. Estas condições podem ser reunidas no caso de uma exploração petrolífera de grandes profundidades. Além disso, estes polímeros com grupamentos sulfonados conferem ao material plástico uma grande resistência à hidrólise, o que retarda o seu envelhecimento.

De preferência, o referido polímero amorfo é uma polifenilsulfona (PPSU), que apresenta todas as características mecânicas, térmicas e de envelhecimento requisitadas.

Além disso, o referido material plástico comporta pelo menos 60% em peso do referido polímero amorfo, o complemento constituído de diferentes aditivos, notadamente de cargas, sendo, conseqüentemente inferior a 40%.

Vantajosamente, o referido material plástico comporta além disso uma carga destinada a reduzir o coeficiente de atrito do referido material plástico de modo que as mantas de armaduras possam atuar umas em relação às outras quando o conduto flexiona, a camada intermediária de material plástico autorizando então o atrito das armaduras contra ela, apesar das pressões elevadas que são exercidas. De acordo com um modo preferido de realização, o referido material plástico apresenta uma proporção em massa inferior a 20%, o que permite conferir um bom coeficiente de atrito da camada intermediária contra as mantas de armaduras, conservando ao mesmo tempo desempenhos mecânicos suficientes para a aplicação.

Por exemplo, a referida carga é um material sintético do tipo de polímeros fluorado ou perfluorado de massa molecular adaptada à utilização sob a forma de óleo, de pasta ou de pó. A carga pode ser constituída igualmente de bissulfeto de molibdênio ou ainda compostos com cadeia graxa alifática, halogenados ou não.

Além disso, o material plástico assim obtido, confere às

camadas anti-desgaste uma resistência à fluência nos condutos tubulares flexíveis que não apresentavam os materiais plásticos anteriormente utilizados. A fluência das camadas anti-desgaste entre as espiras das armaduras de uma estrutura flexível é um fenômeno complexo difícil de modelar e que impõe um número enorme de testes nas condições de serviço dos condutos flexíveis. Além disso, as notas técnicas dos polímeros disponíveis no mercado, não fornecem nenhuma informação nem característica que permitam fazer uma escolha racionalizada de polímero que permita resolver este problema técnico da fluência.

De acordo com um outro modo de realização da invenção, o referido material plástico comporta além disso um polímero semi-cristalino, por exemplo uma polietereetercetona (PEEK) misturada com o polímero amorfo em uma proporção em massa inferior a 20%, por exemplo entre 5 e 15% de polietereetercetona, de forma a se beneficiar ao mesmo tempo das propriedades do polímero amorfo e do polímero semi-cristalino que apresenta em geral boas propriedades tribológicas.

Além disso, o referido material plástico apresenta vantajosamente um módulo de elasticidade em tração («tensile modulus» em língua inglesa), medido de acordo com a norma ASTM D 638, a uma temperatura de 20°C, compreendido entre 1800 e 3200 MPa. Isto confere à tira do referido material plástico uma rigidez em flexão que permite um enrolamento helicoidal em torno do conduto sem nenhuma dificuldade. Por exemplo, este módulo de elasticidade é compreendido entre 2100 e 2700 MPa.

De preferência, o referido material plástico da camada intermediária, apresenta, no limite do limiar de escoamento em tração («tensile strength yield» em língua inglesa), uma tensão superior a 40 MPa e vantajosamente 60 MPa, de maneira a poder resistir durante a instalação em torno de uma manta de armaduras, no curso da qual uma tira de material

plástico pode sofrer tensões da ordem de algumas dezenas de MPa.

Além disso, e de maneira particularmente vantajosa, o referido material plástico, no limite do limiar de escoamento em tração, apresenta um alongamento superior a 5% e preferivelmente superior a 7%, de maneira a ser
5 suficientemente elástico para seguir os movimentos do conduto flexível em serviço.

Além disso, e de maneira preferida, o material plástico apresenta um alongamento na ruptura em tração («elongation at break» em
língua inglesa) superior a 20% e de preferência superior a 50%.

10 De acordo com um segundo aspecto a invenção propõe um processo de produção de um conduto tubular flexível para o transporte de hidrocarbonetos, o referido processo sendo do tipo que segundo o qual enrola-se helicoidalmente em seqüência pelo menos dois elementos metálicos longitudinais para formar duas mantas de armaduras, tiras de material plástico
15 sendo enroladas helicoidalmente entre as referidas mantas de armaduras para formar uma camada anti-desgaste; de acordo com a invenção, utiliza-se um material plástico que compreende um polímero amorfo cuja temperatura de transição vítrea está compreendida entre 175 e 255°C, para formar as referidas tiras. Além disso, e de maneira particularmente vantajosa, o referido material
20 plástico é extrudado, o que permite simplificar o emprego do material e notadamente para formar folhas de baixa espessura e de grande comprimento.

Preferencialmente, fende-se as referidas folhas para obter as referidas tiras de maneira a condicioná-las para instalá-las sobre um dispositivo de produção dos condutos. Além disso, as referidas tiras são
25 unidas de topo vantajosamente por soldagem por ultra-sons.

Outras particularidades e vantagens da invenção surgirão na leitura da descrição dada a seguir de modos de realização particulares da invenção, dados a título indicativo mas não limitativo, com referência ao desenho anexo em que:

- a única figura é uma vista esquemática parcial em perspectiva de um conduto tubular flexível de acordo com a invenção.

A única figura mostra parcialmente assim uma porção de conduto flexível 2 que compreende, do interior 4 para o exterior 6: um tubo metálico flexível ou carcaça 7, produzido por enrolamento helicoidal com passo curto de fitas ou de fios metálicos; uma bainha de impermeabilidade interna ou de pressão 8 disposta em redor da carcaça 7; uma camada de cobrança 10 entre a carcaça 7 e a bainha de pressão 8; uma abóbada de pressão 16 formada de um enrolamento com passo curto em torno da bainha de pressão 8, um fio de forma metálica intertravado e destinado a compensar os esforços de pressão interna; uma primeira manta de armaduras de tração 18 e, uma segunda manta de armaduras de tração de 20. Estas mantas de armaduras são formadas por fios enrolados com passos longos e destinadas a compensar os esforços longitudinais de tração aos quais pode ser submetido o conduto flexível 2.

Além disso, e em conformidade com a invenção, o conduto 2 apresenta um primeiro enrolamento helicoidal 22 de uma tira de material plástico para formar uma primeira camada anti-desgaste entre a abóbada de pressão 16 e a primeira manta de armaduras 18, e um segundo enrolamento helicoidal 24 de uma tira do mesmo material plástico para formar uma segunda camada anti-desgaste entre as duas mantas de armaduras de tração 18, 20 e a abóbada de pressão 16 não estão respectivamente e diretamente em contato uns com os outros, de modo que, durante a curvatura do conduto flexível 2, não há um desgaste devido aos atritos das armaduras metálicas umas contra as outras.

Estas tiras em material plástico compreendem um polímero amorfo cuja temperatura de transição vítrea está compreendida entre 175 e 255°C e vantajosamente entre 210 e 240°C, e são obtidas por extrusão.

Detalhar-se-á a seguir as composições de material plástico

utilizáveis e mais particularmente o tipo de polímero amorfo adaptado.

Os polímeros amorfos, que não são reputados por seus desempenhos tribológicos, ou seja sua resistência ao desgaste por atrito, se revelaram como sendo excelentes materiais nesta aplicação anti-desgaste das camadas de armaduras.

Os polímeros amorfos revelados como sendo bons candidatos na aplicação pré-citada são a polissulfona (PSU), a polietersulfona (PES), a polifenilsulfona (PPSU) e a polietirimida (PEI) cujas temperaturas de transição vítrea estão compreendidas entre 185 e 250°C. Dentre estes polímeros, os polímeros que compreendem um grupamento sulfonado (PSU, PES e PPSU) aparecem como sendo os mais resistentes.

Com efeito, eles apresentam um módulo de elasticidade em tração próximo de 2500 MPa e um alongamento na ruptura, em tração, superior a 60%. Além disso, eles apresentam um alongamento no limiar de escoamento em tração superior a 5%, e uma tensão no limiar de escoamento em tração superior a 60 MPa.

Além disso, a mistura com compostos fluorados ou perfluorados do tipo politetrafluoroetileno (PTFE) ou perfluoropolieter (PFPE) ou ainda com o bissulfeto de molibdênio, permite não somente aumentar a ductilidade do material plástico mas sobretudo, melhorar seu coeficiente de atrito com as armaduras metálicas.

Além disso, a resistência à hidrólise e a resistência química dos materiais amorfos pré-citados, é muito claramente superior àquelas das poliamidas por exemplo, anteriormente utilizadas para realizar camadas anti-desgaste.

Além disso, os materiais amorfos adotados apresentam uma temperatura de transição vítrea bem superior à temperatura de serviço à qual o material plástico está submetido, no máximo de 110°C, de tal modo que as propriedades mecânicas em serviço são pouco afetadas.

Conseqüentemente, os materiais que conservam suas características anti-desgaste por um lado, e por outro lado, não se deterioram ao longo do tempo e dos movimentos do conduto tubular flexível enquanto que as tensões, e notadamente as tensões de pressão, são extremamente grandes, de aproximadamente 300 a 400 bars.

Outros polímeros, esses semi-cristalinos, poderiam convir levando em conta suas propriedades e notadamente as suas características tribológicas. Trata-se notadamente, da polietere tercetona (PEEK), a poliimida (PI), os polímeros de cristais líquidos (LCP), a poliftalamida (PPA), ou o polissulfeto de fenileno (PPS). No entanto, eles apresentam o inconveniente de serem caros e de um emprego pouco facilitado, notadamente para obter folhas por extrusão. Além disso, cargas de reforço do tipo fibra de vidro ou fibra de carbono por exemplo, devem ser acrescentados a eles para aumentar sua capacidade de deformação sob carga.

Em contrapartida, eles podem ser misturados aos polímeros amorfos pré-citados, em um limite de 20% em peso, de preferência entre 5 e 15 %, de maneira a conferir propriedades tribológicas intrínsecas aos polímeros semi-cristalinos ao material plástico pré-citado.

A invenção refere-se igualmente a um processo de produção dos condutos tubulares flexíveis para o transporte dos hidrocarbonetos.

A proporção em peso do polímero amorfo no material plástico é superior a 60% e vantajosamente é superior a 80%. De acordo com um modo de realização particular da invenção, a polifenilsulfona (PPSU) é misturada com 15% de politetrafluoroetileno (PTFE) e extrudada através de uma fieira plana de grande amplitude, por exemplo 1,00 metro, de modo a obter uma folha de grande comprimento de 1,5 mm de espessura e sensivelmente 1,00 metro de largura.

De acordo com um outro modo de realização da invenção, a mistura comporta 80% de polifenilsulfona (PPSU), 10% de polietere tercetona

(PEEK) e 10% de politetrafluoroetileno (PTFE).

Simultaneamente, após resfriamento, a folha é enrolada para obter realizar uma bobina mãe de algumas centenas de metros.

Em seguida, a folha é fendida para se obter tiras de 50 a 100 mm de largura que são enroladas sobre bobinas filhas para ser instaladas sobre um dispositivo de recobrimento de fita clássico montado em linha com uma espiraladora ou uma armação de instalação dos fios metálicos de armaduras. Conseqüentemente, não há nenhuma necessidade de modificar ou adaptar o referido dispositivo e recobrimento de fita existente, para ali instalar estas tiras de material plástico.

De acordo com o processo, enrola-se helicoidalmente de início, e com passos curtos, um fio de forma para realizar a abóbada de pressão 16. Em seguida, uma tira de material plástico, do tipo pré-citado que contém um polímero amorfo, é enrolada helicoidalmente para realizar o primeiro enrolamento 22 sobre a abóbada de pressão 16. Esta tira em material plástico é aplicada geralmente com uma tensão da ordem de 100 a 150 daN, o que induz uma tensão média sobre a tira da ordem de 10 a 20 MPa.

Além disso, e de acordo com uma característica da invenção particularmente vantajosa, as tiras de material plástico são unidas de topo, quando é necessário, por soldagem ultra-sônica por pontos. Para assim fazer, as duas extremidades de tira a unir de topo são levadas uma acima da outra e um sonotrodo adaptado é aplicado sobre as duas extremidades.

E depois, a primeira armadura de tração 18 é formada sobre o primeiro enrolamento 22 e uma tira de material plástico é novamente enrolada helicoidalmente sobre a armadura de tração 18 para formar o segundo enrolamento 24.

Por fim, a segunda armadura de tração 20 é aplicada sobre o segundo enrolamento 24 e depois é recoberta por uma bainha de proteção 26.

Entretanto, outras camadas, sintéticas ou metálicas são

suscetível de serem incorporadas ao conduto flexível 2 a montante da abóbada de pressão 16 ou a jusante da segunda armadura de tração 20.

REIVINDICAÇÕES

1. Conduto tubular flexível (2) para o transporte de hidrocarbonetos, o referido conduto tubular flexível compreendendo pelo menos duas mantas de armaduras metálicas (18, 20) separadas por uma
5 camada anti-desgaste (24) de material plástico, cada uma das referidas mantas sendo produzida por enrolamento helicoidal de um elemento metálico longitudinal, a referida camada anti-desgaste (24) sendo produzida por enrolamento helicoidal de uma tira do referido material plástico; caracterizado pelo fato de que o referido material plástico compreende um polímero amorfo
10 cuja temperatura de transição vítrea está compreendida entre 175 e 255°C.

2. Conduto tubular flexível de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o referido polímero amorfo é um polímero que compreende um grupamento sulfonado.

3. Conduto tubular flexível de acordo com a reivindicação 2,
15 caracterizado pelo fato de que o referido polímero amorfo é uma polifenilsulfona.

4. Conduto tubular flexível de acordo com uma qualquer das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o referido material plástico comporta pelo menos 60% em peso do polímero amorfo.

20 5. Conduto tubular flexível de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que o referido material plástico comporta além disso uma carga destinada a reduzir o coeficiente de atrito do material plástico.

6. Conduto tubular flexível de acordo com a reivindicação 5,
25 caracterizado pelo fato de que o referido material plástico apresenta uma proporção em massa inferior a 20%.

7. Conduto tubular flexível de acordo com a reivindicação 5 ou 6, caracterizado pelo fato de que a referida carga é um material sintético fluorado ou perfluorado.

8. Conduto tubular flexível de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que o referido material plástico comporta além disso um polímero semi-cristalino.

5 9. Conduto tubular flexível de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o referido material plástico apresenta uma proporção em massa em polímero semi-cristalino inferior a 20%.

10 10. Conduto tubular flexível de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de que o referido material plástico apresenta um módulo de elasticidade em tração compreendido entre 1800 e 3200 MPa.

11. Conduto tubular flexível de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que o referido material plástico apresenta, no limite do limiar de escoamento em tração, uma tensão superior a 40 MPa.

15 12. Conduto tubular flexível de acordo com uma qualquer das reivindicações 1 a 11, caracterizado pelo fato de que o referido material plástico, no limite do limiar de escoamento em tração, apresenta um alongamento superior a 5%.

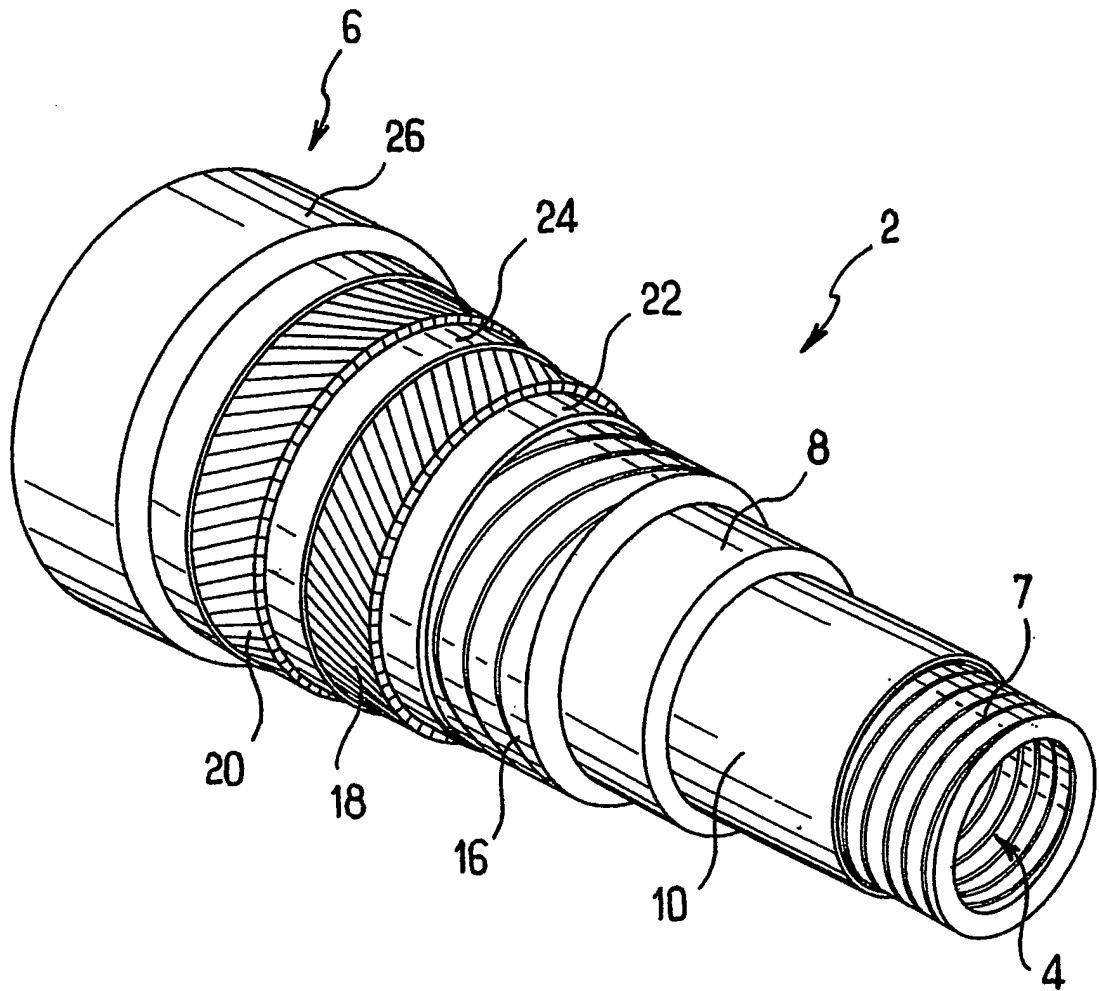
20 13. Processo de produção de um conduto tubular flexível (2) para o transporte dos hidrocarbonetos, o referido processo sendo do tipo que enrola helicoidalmente em seqüência pelo menos dois elementos metálicos longitudinais para formar duas mantas de armaduras (18, 20), tiras de material plástico sendo enroladas helicoidalmente entre as referidas mantas de armaduras para formar uma camada anti-desgaste (24); caracterizado pelo
25 fato de que se utiliza um material plástico que compreende um polímero amorfo cuja temperatura de transição está compreendida entre 175 e 255°C, para formar as referidas tiras.

14. Processo de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o referido material plástico é extrudado sob a forma de folhas

de grande comprimento.

15. Processo de acordo com a reivindicação 13 ou 14, caracterizado pelo fato de que se fende as referidas folhas para obter as referidas tiras.

5 16. Processo de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que as referidas tiras são unidas de topo por soldagem por ultrasons.



RESUMO**“CONDUTO TUBULAR FLEXÍVEL PARA O TRANSPORTE DE
HIDROCARBONETOS E PROCESSO DE PRODUÇÃO DO MESMO”**

A invenção refere-se a um conduto tubular flexível (2) para o
5 transporte dos hidrocarbonetos, o referido conduto tubular flexível
compreendendo pelo menos duas mantas de armaduras metálicas (18, 20)
separadas por uma camada anti-desgaste (24) de material plástico, cada uma
das referidas mantas sendo produzida por enrolamento helicoidal de um
elemento metálico longitudinal, a referida camada anti-desgaste (24) sendo
10 produzida por enrolamento helicoidal de uma tira do material plástico; de
acordo com a invenção, o referido material plástico compreende um polímero
amorfo cuja temperatura de transição vítrea está compreendida entre 175 e
255°C.