



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

**(11) PI 0906406-0 B1**



\* B R P I 0 9 0 6 4 0 6 B 1 \*

**(22) Data do Depósito: 06/01/2009**

**(45) Data de Concessão: 26/02/2019**

---

**(54) Título:** UMBILICAL PARA UTILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO FORA DA COSTA DE HIDROCARBONETOS, E, MÉTODO DE FABRICAR UM UMBILICAL

**(51) Int.Cl.:** H01B 7/04.

**(30) Prioridade Unionista:** 10/01/2008 GB 0800386.5.

**(73) Titular(es):** TECHNIP FRANCE.

**(72) Inventor(es):** ALAN DEIGHTON; DAVID FOGG.

**(86) Pedido PCT:** PCT GB2009000007 de 06/01/2009

**(87) Publicação PCT:** WO 2009/087363 de 16/07/2009

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 07/07/2010

**(57) Resumo:** UMBILICAL PARA UTILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO FORA DA COSTA DE HIDROCARBONETOS, E, MÉTODO DE FABRICAR UM UMBILICAL Um umbilical (1) para utilização na produção fora da costa de hidrocarbonetos, que compreende um conjunto de elementos funcionais no qual, pelo menos um dos elementos funcionais compreende um cabo elétrico, e no qual dito cabo elétrico (2, 3) é encerrado dentro de um tubo, dito tubo (2e, 3e) sendo adaptado para aplicar uma força de compressão radial sobre o cabo, pelo que, o tubo é capaz de suportar o peso do cabo elétrico em uma direção axial.

“UMBILICAL PARA UTILIZAÇÃO NA PRODUÇÃO FORA DA COSTA DE HIDROCARBONETOS, E, MÉTODO DE FABRICAR UM UMBILICAL”

**[0001]** A presente invenção é relativa a um umbilical para utilização na produção fora da costa de hidrocarbonetos e, em particular, a um umbilical de energia para utilização em aplicações em águas profundas.

**[0002]** Um umbilical consiste de um grupo de um ou mais tipos de elementos umbilicais ativos, alongados, tal como cabos elétricos, cabos de fibra ótica, tubos de aço e/ou mangueiras, cabeados juntos para flexibilidade, cobertos por bainhas e, quando aplicável, armados para resistência mecânica. Umbilicais são tipicamente utilizados para transmitir energia, sinais e fluidos (por exemplo, para injeção de fluido, energia hidráulica, liberação de gás, etc.) para e a partir de uma instalação submarina.

**[0003]** A seção transversal do umbilical é genericamente circular, com os elementos alongados sendo enrolados juntos, seja em um padrão helicoidal ou em um padrão S/Z. Para encher os vazios intersticiais entre os diversos elementos umbilicais e obter a configuração desejada, componentes de enchimento podem ser incluídos dentro dos vazios.

**[0004]** O API (American Petroleum Institute) 17E – “Especificação para Umbilicais Submarinos” (“Specification for Subsea Umbilicals”) fornece padrões para o projeto e fabricação de tais umbilicais.

**[0005]** Umbilicais submarinos estão sendo instalados em profundidades crescentes de água comumente mais profundas que 2.000 m. Tais umbilicais devem ser capazes de suportar as condições de carregamento crescentemente severas durante sua instalação e sua vida útil.

**[0006]** Os principais componentes de suporte de carga encarregados de suportar as cargas axiais provocadas pelo peso e movimentos do umbilical são tubos de aço (ver US 6.472.614, WO 93/17.176 e GB 2.316.990), hastes de aço (ver US 6.472.714), hastes de compósito (ver WO2005/124.213) ou camadas de armadura de tração (ver figura 1 da US 6.472.614).

**[0007]** Os outros elementos, isto é, os cabos elétricos e óticos, as mangueiras

termoplásticas, a bainha externa polimérica, e qualquer dos componentes de enchimento polimérico, não contribuem de maneira significativa para a resistência à tração do umbilical.

**[0008]** Cabos elétricos utilizados em umbilicais submarinos recaem em duas categorias distintas, respectivamente conhecidas como cabos de energia e cabos de sinal.

**[0009]** Cabos de energia são utilizados para transmitir energia elétrica elevada, tipicamente alguns MW para equipamento potente submarino, tal como bombas. Cabos de energia são genericamente classificados em uma voltagem média entre 6 kV e 75 kV. Um cabo de energia típico da técnica precedente está ilustrado na figura 1 dos desenhos que acompanham. Do interior para o exterior ele compreende um condutor central de cobre 2a, três camadas semicondutoras e de isolamento elétrico 2b, uma tela de folha metálica 2c e uma bainha polimérica externa 2b. O condutor central 2a genericamente tem uma construção trançada e uma grande seção, tipicamente constituída entre 50 mm<sup>2</sup> e 400 mm<sup>2</sup>. Energia trifásica pode ser fornecida pelos três cabos enfeixados juntos dentro da estrutura do umbilical.

**[0010]** Cabos de sinal são genericamente utilizados para transmitir sinais de baixa energia (<1 kW) para dispositivos elétricos no fundo do mar. Cabos de sinal são genericamente classificados em uma voltagem menor do que 3000 V, e tipicamente menor do que 1000 V.

**[0011]** Cabos de sinal genericamente consistem de condutores isolados de pequena seção enfeixados juntos como pares (2), quadras (4), ou muito raramente qualquer outro número, dito feixe sendo ainda revestido por bainha.

**[0012]** Um exemplo de um cabo de sinal quádruplo da técnica precedente está ilustrado na figura 2 dos desenhos que acompanham. A figura 2 mostra quatro condutores de cobre de pequena dimensão trançados 3a recobertos individualmente por bainha por meio de camadas de isolamento polimérico 3b e enfeixados juntos de maneira helicoidal. Um material de enchimento polimérico 3c é adicionado para encher os vazios no feixe e para alcançar uma forma cilíndrica. Este arranjo é opcionalmente circundado por uma blindagem eletromagnética 3g feita de uma folha

enrolada de cobre ou alumínio. Uma bainha externa polimérica 3d protege o cabo contra dano mecânico e entrada de água.

**[0013]** Os condutores de cobre de cabos elétricos não são componentes de suporte de carga devido à baixa resistência à tração do cobre. Estes condutores de cobre efetivamente somente adicionam peso ao umbilical. A menos que protegidos, estes condutores elétricos podem, portanto, ser danificados por alongamento ou esmagamento excessivos, especialmente sob condições severas tal como em águas profundas e/ou em umbilicais dinâmicos.

**[0014]** Um objetivo da presente invenção é solucionar este problema e fornecer um umbilical que compreende cabos de energia e/ou cabos de sinal, o qual pode ser utilizado em aplicações dinâmicas e/ou em águas profundas.

**[0015]** Uma solução da técnica precedente para este problema consiste em reforçar cada cabo elétrico enrolando de maneira helicoidal ao redor dele, pelo menos, uma camada de arames de armadura de aço como uma camada de armadura. A figura 3 dos desenhos que acompanham ilustra um cabo de sinal da técnica precedente, similar àquele representado na figura 2 que acompanha, porém, compreendendo em adição uma tal camada de armadura 3h, genericamente localizada sob a bainha externa polimérica 3d. Contudo, o processo de fazer a armadura é caro e consumidor de tempo.

**[0016]** A US 2006/0193572 divulga um umbilical para águas profundas que compreende um cabo de sinal elétrico protegido por um tubo de aço que o encerra. O diâmetro interior do tubo de aço é maior do que o diâmetro exterior do cabo de modo que existe um espaço entre eles. O tubo de aço isola o cabo do impacto de atrito excessivo e esmagamento sob condições severas de carga. O cabo tem sua vida própria dentro do tubo de aço e pende de maneira independente da suspensão do umbilical. Contudo, isto não é adequado para a maior parte de umbilicais submarinos e, certamente, cabos de energia pesados e não reforçados. Aliás, tais cabos de energia não são capazes de suportar seu próprio peso e, devido ao espaço entre o tubo e o cabo a carga de tração devido ao peso do cabo não é transmitida de maneira adequada do cabo para o tubo para possibilitar ao tubo

suportar o peso do cabo de energia.

**[0017]** De acordo com um aspecto da presente invenção é fornecido um umbilical para utilização na produção fora da costa de hidrocarbonetos, que compreende um conjunto de elementos funcionais no qual, pelo menos um dos elementos funcionais é um cabo elétrico, e no qual dito cabo elétrico é encerrado dentro de um tubo, dito tubo sendo adaptado para aplicar uma força de compressão radial sobre o cabo elétrico, pelo que, o tubo é capaz de suportar o peso do cabo elétrico em uma direção axial.

**[0018]** Preferivelmente o tubo é adaptado para aplicar dita carga de compressão à superfície exterior do cabo elétrico ao longo de completamente ou substancialmente todo o comprimento do cabo.

**[0019]** Em uma modalidade preferida dito tubo é formado de um material rígido ou substancialmente rígido. Preferivelmente o tubo compreende um tubo metálico, por exemplo, um tubo de aço.

**[0020]** Em uma segunda modalidade o tubo compreende um tubo metálico não ferroso, por exemplo, feito de ligas de alta resistência de alumínio ou cobre.

**[0021]** Em uma terceira modalidade o tubo compreende um tubo de material compósito, por exemplo, um tubo que compreende fibras de carbono, fibras de aramid ou fibras de vidro.

**[0022]** O tubo também pode ser uma combinação de ditos materiais e/ou compreender uma ou mais camadas de ditos materiais.

**[0023]** O tubo atua assim como uma camada de suporte de carga, em uma maneira similar a uma camada exterior de armadura, e aumenta a resistência e rigidez axiais do cabo elétrico para aplicações em águas profundas.

**[0024]** A provisão do tubo também melhora a resistência elétrica do cabo para compressão axial, reduzindo assim o risco de flambagem ou formação de cocas no cabo e aumentando a vida útil do cabo em umbilicais carregados de maneira dinâmica.

**[0025]** Outra vantagem da presente invenção é que o limite de esmagamento do umbilical pode ser aumentado, facilitando assim a instalação fora da costa do

umbilical, utilizando uma lagarta vertical (Caterpillar) implementada em um navio de instalação, conhecido como um “Sistema de Lançamento Vertical”. Aliás, a espessura da parede do tubo pode ser projetada para proteger o cabo elétrico da carga de esmagamento aplicada pelos calços de tal lagarta. Portanto, é possível aumentar o limite de esmagamento do umbilical, o que facilita sua instalação em importantes profundidades de água.

**[0026]** Preferivelmente, o tubo é completamente ou substancialmente estanque à água, de modo que o cabo elétrico pode ser projetado para um ambiente seco ao invés de um ambiente alagado, conduzindo assim a um projeto simplificado e a reduções de custo no próprio cabo. O tubo também pode atuar como uma barreira eficiente contra a difusão de gás, especialmente hidrogênio, do exterior para o interior do cabo elétrico, evitando assim os efeitos nocivos de gás hidrogênio que circula ao longo dos condutores.

**[0027]** O umbilical da presente invenção pode compreender uma pluralidade de cabos elétricos, um ou mais de tais cabos elétricos preferivelmente cada tal cabo sendo encerrado dentro de um ou mais tubos correspondentes e/ou uma ou mais coleções ou seções de tais cabos elétricos, preferivelmente cada tal coleção ou seção sendo encerrada dentro de um ou mais tubos correspondentes.

**[0028]** De acordo com outro aspecto da presente invenção é fornecido um método de fabricar um umbilical para utilização na produção fora da costa de hidrocarbonetos, que compreende um conjunto de elementos funcionais, no qual pelo menos um dos elementos funcionais compreende um cabo elétrico, o método compreendendo, pelo menos, a etapa de formar um tubo de ajuste apertado ao redor do cabo elétrico, de tal modo que dito tubo é adaptado para aplicar uma força de compressão sobre o cabo, pelo que, o tubo é capaz de suportar o peso do cabo elétrico em uma direção axial.

**[0029]** Preferivelmente o método compreende dobrar longitudinalmente uma chapa metálica ao redor do cabo elétrico e unir juntas regiões laterais que se encontram ou adjacentes da chapa, para formar dito tubo de ajuste apertado ao redor de dito cabo.

**[0030]** O método pode compreender a etapa adicional de reduzir o diâmetro do tubo para aplicar ou para ainda aplicar dita força de compressão radial contra a superfície exterior do cabo elétrico. Dita etapa de reduzir o diâmetro do tubo pode ser conseguida por um estiramento a frio ou processo de laminação, o tubo e cabo contido nele sendo estirados através de uma matriz ou um ou mais conjuntos de rolos.

**[0031]** O método pode ainda compreender fornecer um material de enchimento entre dito cabo e dito tubo.

**[0032]** Em uma modalidade alternativa o cabo pode ser inserido em um tubo pré-formado e o ajuste de compressão requerido alcançado por uma redução subsequente no diâmetro do tubo como descrito acima.

**[0033]** Onde o umbilical compreende uma pluralidade de cabos elétricos, que inclui pelo menos um cabo de sinal de múltiplos núcleos e pelo menos um cabo de energia de núcleo único, o método pode compreender formar um tubo de ajuste apertado estanque ao redor de cada cabo elétrico.

**[0034]** Modalidades da presente invenção serão descritas agora somente à guisa de exemplo, com referência aos desenhos que acompanham.

**[0035]** A figura 1 é uma vista em corte através de um cabo de energia típico da técnica precedente.

**[0036]** A figura 2 é uma vista em corte através de um cabo de sinal quádruplo típico da técnica precedente.

**[0037]** A figura 3 é uma vista em corte através do cabo da técnica precedente da figura 2 com uma camada de armadura.

**[0038]** A figura 4 é uma vista em corte através de um umbilical submarino de acordo com uma modalidade da presente invenção.

**[0039]** A figura 5 é uma vista detalhada de um cabo de energia do umbilical da figura 4.

**[0040]** A figura 6 é uma vista detalhada de um cabo de sinal de múltiplos núcleos do umbilical da figura 4.

**[0041]** A figura 7 é uma vista em corte através de um umbilical submarino de

acordo com uma outra modalidade da presente invenção.

**[0042]** Fazendo referência aos desenhos, a figura 4 mostra um umbilical 1 de acordo com uma modalidade da presente invenção que compreende um conjunto de elementos funcionais que incluem um número de tubos de aço ou mangueiras termoplásticas 4, cabos de fibra ótica 6, hastes de reforço de aço ou carbono 5, cabos de energia elétrica 2 e cabos de sinal elétrico 3 enfeixados juntos com material de enchimento 7 e recobertos com bainha por meio de uma bainha externa polimérica 8.

**[0043]** Cada cabo de energia 2 no umbilical 1 da figura 4 é encerrado individualmente em um tubo metálico protetor 2e, ditos tubos sendo um ajuste apertado ao redor dos cabos de energia 2 para aplicar uma força de compressão radial à superfície exterior dos cabos de energia 2. Preferivelmente cada cabo de sinal de múltiplos núcleos 3 no umbilical 1 é também encerrado em um tubo metálico similar 3e.

**[0044]** A presente invenção, portanto, se aplica a condutores de energia individuais, a condutores de energia enfeixados (tal como um feixe trifólio para um suprimento de energia trifásica), ou para um cabo de voltagem de sinal de múltiplos núcleos, ou uma combinação dos mesmos.

**[0045]** No caso de cabos de energia protegidos de maneira individual que transportam corrente CA, os tubos protetores metálicos 2e são preferivelmente feitos de um metal não magnético tal como, por exemplo, um aço inoxidável não magnético, para reduzir perdas de corrente magnética e parasita.

**[0046]** A figura 7 ilustra outra modalidade da presente invenção onde três cabos de energia 2, utilizados para suprimento de energia trifásica, por exemplo, são enfeixados juntos com material de enchimento 9 e então protegidos por um único tubo metálico 10 que encerra e comprime o feixe. O restante da estrutura umbilical é similar àquela mostrada na figura 4.

**[0047]** Na modalidade mostrada na figura 7, que utiliza um único tubo metálico 10 para proteger um feixe de três cabos de energia 2 transportando correntes CA trifásicas, o campo magnético resultante na localização do tubo 10 é muito baixo

(uma vez que os três campos magnéticos induzidos estão se equilibrando e anulando um ao outro), tornando assim possível utilizar seja um metal magnético ou um metal não magnético para o tubo 10.

**[0048]** Os condutores 2a, 3a dos cabos de energia e de sinal 2, 3 podem ser feitos, preferivelmente, com materiais mais fortes e mais leves do que cobre, tal como alumínio de alta resistência, por exemplo.

**[0049]** O que segue são exemplos de métodos de formar um tubo de ajustamento apertado ao redor de um cabo elétrico.

Exemplo 1:

**[0050]** Este processo de fabricação compreende três etapas principais.

**[0051]** Durante uma primeira etapa uma tira metálica é dobrada longitudinalmente ao redor do cabo (ou do feixe) para formar um tubo. Pode haver uma pequena superposição na junção entre ambos os lados da tira dobrada.

**[0052]** Uma segunda etapa consiste em soldar em costura a tira dobrada na área de junção/superposição. A técnica de soldagem a mais adequada é soldagem a laser, que proporciona uma zona reduzida afetada por calor, reduzindo o risco de superaquecer o cabo durante o processo de soldagem.

**[0053]** Alternativamente, outras técnicas de soldagem conhecidas podem ser utilizadas tais como, soldagem MIG (metal em gás inerte), soldagem TIG (tungstênio em gás inerte) e ERW (soldagem com resistência elétrica).

**[0054]** Uma terceira etapa opcional consiste em reduzir o diâmetro do tubo para comprimir ou comprimir ainda mais a superfície exterior do cabo (ou feixe). Esta etapa pode ser realizada por meio de um processo de laminação a frio onde o cabo protegido é puxado através de uma série de rolos adequadamente espaçados e perfilados, ou um processo de estiramento a frio onde o cabo protegido é estirado através de uma matriz. A matriz de redução deveria ser escolhida de maneira cuidadosa para alcançar um efeito de compressão adequado, sem danificar ou alongar o cabo de maneira excessiva. Durante esta etapa o diâmetro externo do cabo (ou do feixe) é ligeiramente reduzido, alcançando assim um bom contato com o tubo circundante.

**[0055]** Preferivelmente estas três etapas são realizadas em linha para evitar estiramento não desejado do cabo.

**[0056]** O contato entre um cabo elétrico e um tubo circundante pode ser melhorado adicionando uma ou mais camadas intermediárias entre o tubo e o cabo e/ou adicionando um material de enchimento entre o tubo e o cabo, por exemplo, enchendo o tubo com material adequado entre ditas segunda e terceira etapas.

**[0057]** As figuras 5 e 6 ilustram, respectivamente, um cabo de energia e um cabo de sinal de múltiplos núcleos protegidos por tubos metálicos 2e, 3e, fabricados de acordo com este processo. A costura de solda 2f, 3f se estende de maneira longitudinal ao longo de todo o cabo.

Exemplo 2:

**[0058]** Um tubo sem costura feito de material não ferroso, com um baixo ponto de fusão, tal como ligas de alumínio ou cobre, é diretamente e continuamente extrudado ao redor de um único cabo elétrico (figura 5) ou um feixe de cabos elétricos (figura 6) utilizando um processo de extrusão contínuo conhecido na técnica tal como, por exemplo, o processo de extrusão rotativo contínuo, comercializado por Meltech-Confex Limited.

**[0059]** Utilizar tais ligas tem a vantagem de reduzir temperaturas de processamento. Ligas de cobre alumínio ou ligas de alumínio cobre também têm a vantagem de alta resistência e de um módulo mais elevado do que alumínio ou cobre refinados.

Exemplo 3:

**[0060]** Um tubo sem costura feito de materiais compósitos é fabricado diretamente ao redor do cabo elétrico/feixe enrolando com fibras orgânicas de alta resistência (tal como fibras de carbono ou aramid) ao redor do cabo e então impregnando as fibras com uma resina (matriz compósita) tal como epóxi e finalmente curando o conjunto em um forno.

**[0061]** Diversas modificações e variações às modalidades descritas da invenção serão evidentes para aqueles versados na técnica sem se afastarem do escopo da invenção como definida nas reivindicações anexas. Embora a invenção tenha sido

descrita em conexão com modalidades preferidas específicas, deveria ser entendido que a invenção como reivindicada não deveria ser limitada de maneira indevida a tais modalidades específicas.

### REIVINDICAÇÕES

1. Umbilical (1) para utilização na produção fora da costa de hidrocarbonetos, caracterizado pelo fato de compreender uma bainha exterior (8) e um conjunto de elementos funcionais posicionado dentro da bainha exterior, em que pelo menos um dos elementos funcionais do conjunto compreende:

um tubo metálico (2e, 3e) formado de um material rígido ou substancialmente rígido; e

um cabo elétrico (2, 3) encerrado dentro do tubo (2e, 3e), dito tubo sendo de ajuste apertado e aplicando assim uma força de compressão radial sobre pelo menos uma maior parte de uma circunferência do cabo elétrico ao longo de uma região circunferencial do mesmo, o tubo (2e, 3e) suportando o peso do cabo elétrico em uma direção axial,

em que o dito tubo (2e, 3e) é substancialmente estanque à água para manter um ambiente seco em torno do cabo (2, 3).

2. Umbilical de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de dito tubo aplicar dita força de compressão sobre o cabo ao longo de todo ou de substancialmente todo o comprimento do cabo.

3. Umbilical de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de o tubo ser um tubo de metal não ferroso.

4. Umbilical de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de dito tubo ser um tubo de material compósito compreendendo uma dentre fibras de vidro, fibras de carbono e fibras de aramida.

5. Umbilical de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de dito tubo compreender um tubo de aço.

6. Umbilical de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de dito tubo ser completamente ou substancialmente impermeável à difusão de gás, em particular de hidrogênio, através de todo ele.

7. Umbilical de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de o cabo compreender um cabo de energia de núcleo único (2).

8. Umbilical de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de o cabo compreender um cabo de múltiplos núcleos tal como um cabo de sinal (3).

9. Umbilical de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de o cabo de múltiplos núcleos ser um cabo de sinal compreendendo um feixe de condutores individuais.

10. Umbilical de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de um material de enchimento ser fornecido entre o cabo e o tubo.

11. Umbilical de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de dito tubo ser um tubo de metal não ferroso feito de um dentre ligas de cobre e alumínio de alta resistência.

12. Umbilical de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de dito tubo ser um tubo feito de uma combinação de metal e um material compósito.

13. Umbilical de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de dito cabo elétrico compreender pelo menos um condutor de cobre.

14. Método de fabricar um umbilical, do tipo definido na reivindicação 1, para utilização na produção fora da costa de hidrocarbonetos, que compreende um conjunto de elementos funcionais, no qual pelo menos um dos elementos funcionais compreende um cabo elétrico, o método caracterizado pelo fato de pelo menos compreender a etapa de formar um tubo de ajuste apertado ao redor do cabo elétrico, de tal modo que dito tubo é adaptado para aplicar uma força de compressão radial sobre o cabo, pelo que, o tubo é capaz de suportar o peso do cabo elétrico em uma direção axial.

15. Método de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de compreender dobrar de maneira longitudinal uma chapa metálica ao redor do cabo elétrico e unir juntas regiões laterais de encontro ou adjacentes da chapa para formar dito tubo de ajustamento apertado ao redor de dito cabo.

16. Método de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de ditas regiões laterais de encontro ou adjacentes da chapa serem unidas por meio de

soldagem a laser.

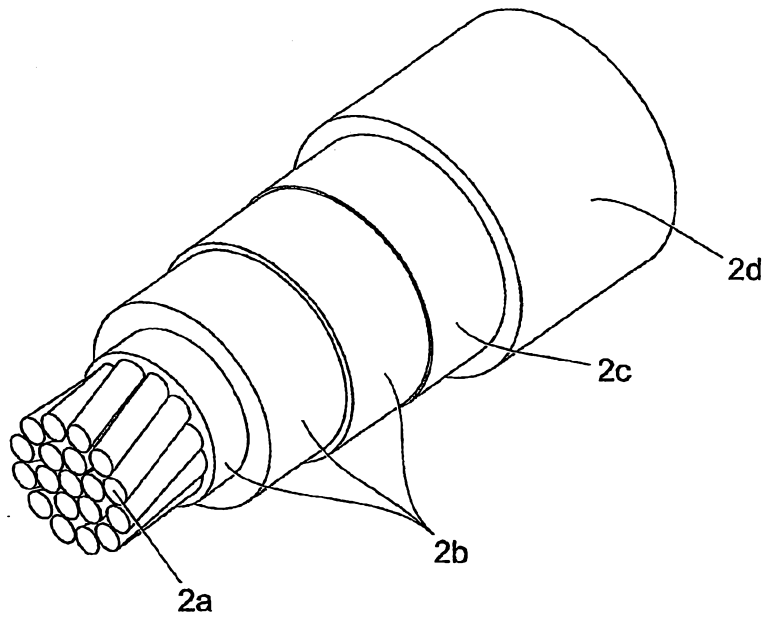
17. Método de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de compreender extrudar um metal não ferroso tal como ligas de alumínio ou cobre ao redor do cabo elétrico para formar dito tubo de ajustamento apertado ao redor de dito cabo.

18. Método de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de compreender enrolar fibras orgânicas de alta resistência ao redor do cabo elétrico, opcionalmente então impregná-las com resina para formar dito tubo de ajustamento apertado ao redor de dito cabo.

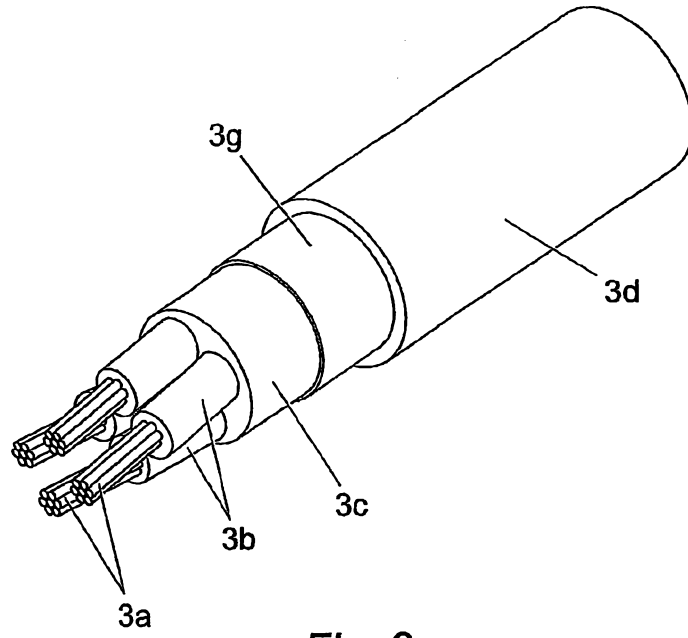
19. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 a 18, caracterizado pelo fato de compreender a etapa adicional de reduzir o diâmetro do tubo para aplicar dita força de compressão radial contra a superfície exterior do cabo elétrico.

20. Método de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de dita etapa de reduzir o diâmetro do tubo ser alcançada por um processo de estiramento a frio ou de laminação, o tubo e cabo contido nele sendo estirados através de uma matriz ou de um ou mais conjuntos de rolos.

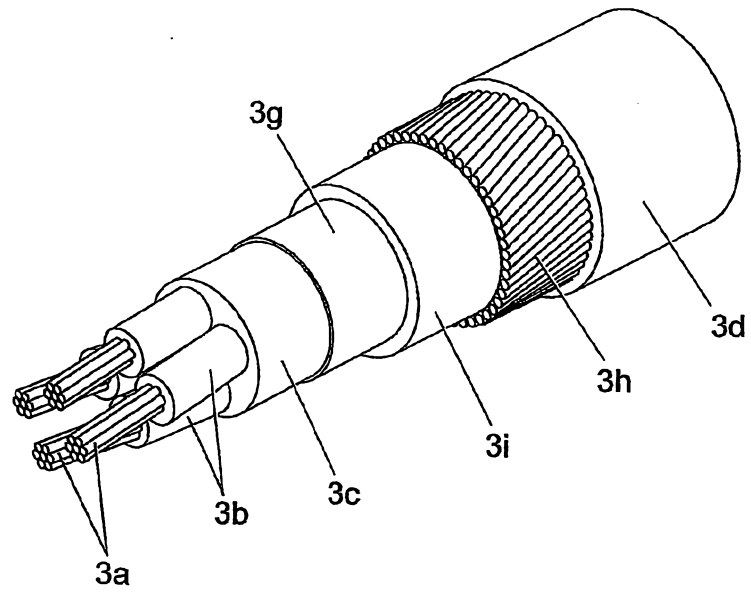
21. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 a 20, caracterizado pelo fato de compreender fornecer um material de enchimento entre dito cabo e dito tubo.



**Fig. 1**  
**Técnica Anterior**



**Fig. 2**  
**Técnica Anterior**



**Fig. 3**

**Técnica Anterior**

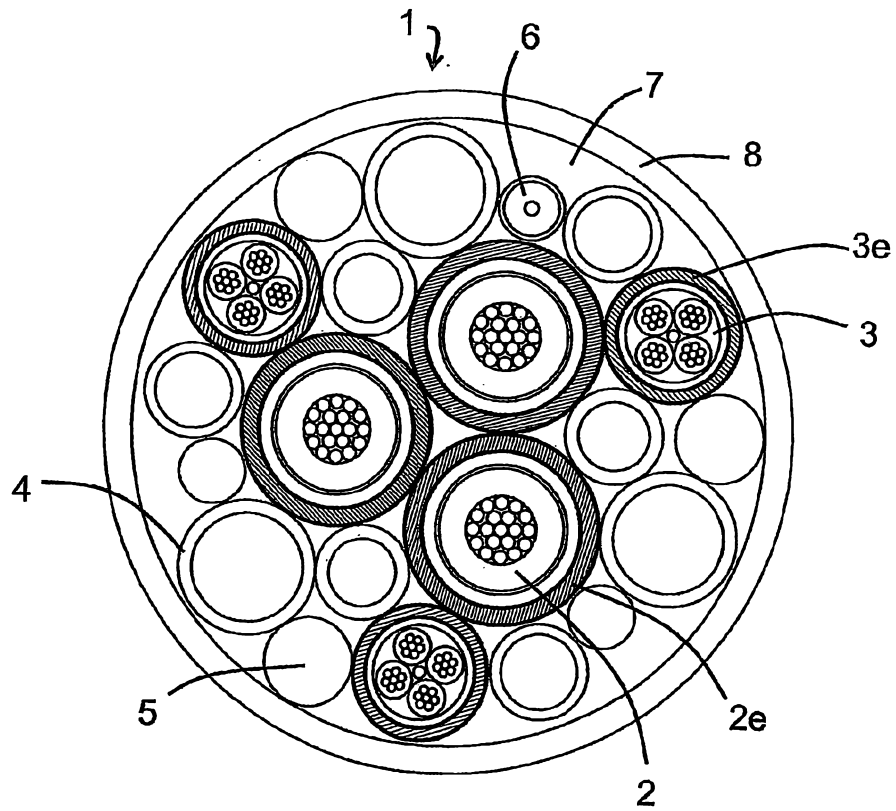


Fig. 4

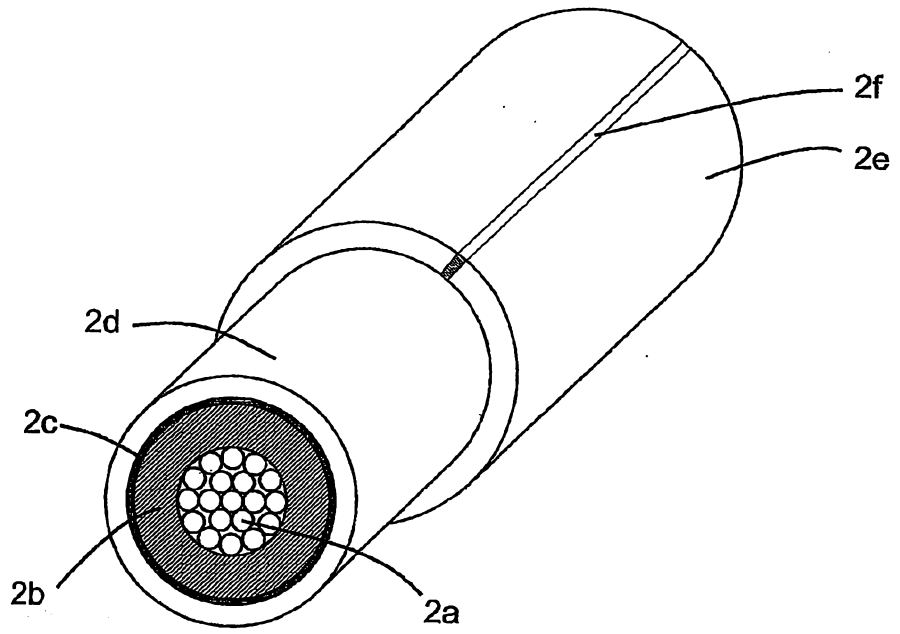
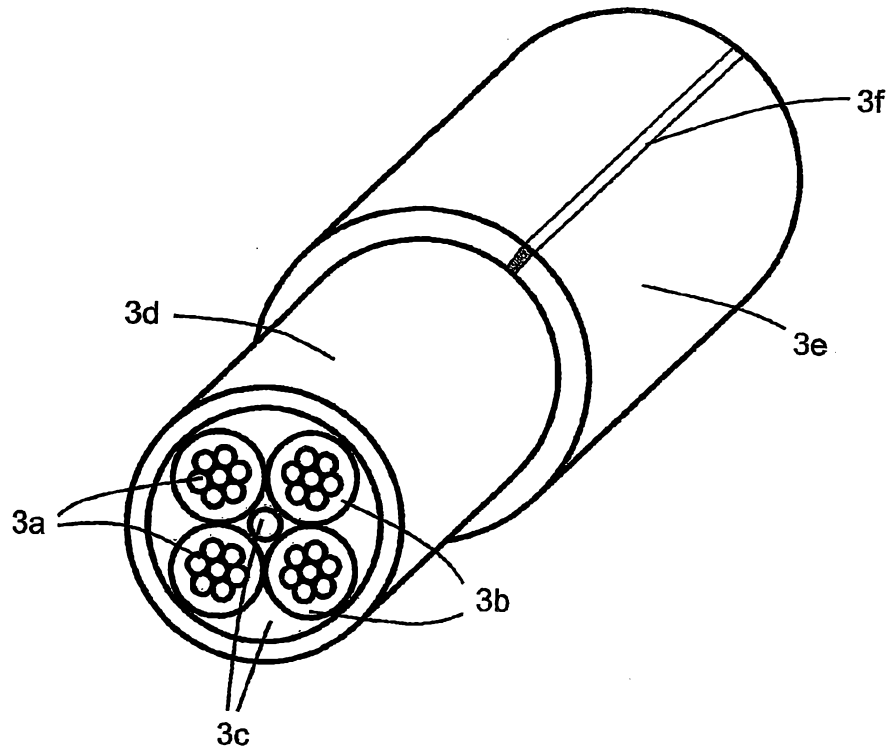


Fig. 5



*Fig. 6*

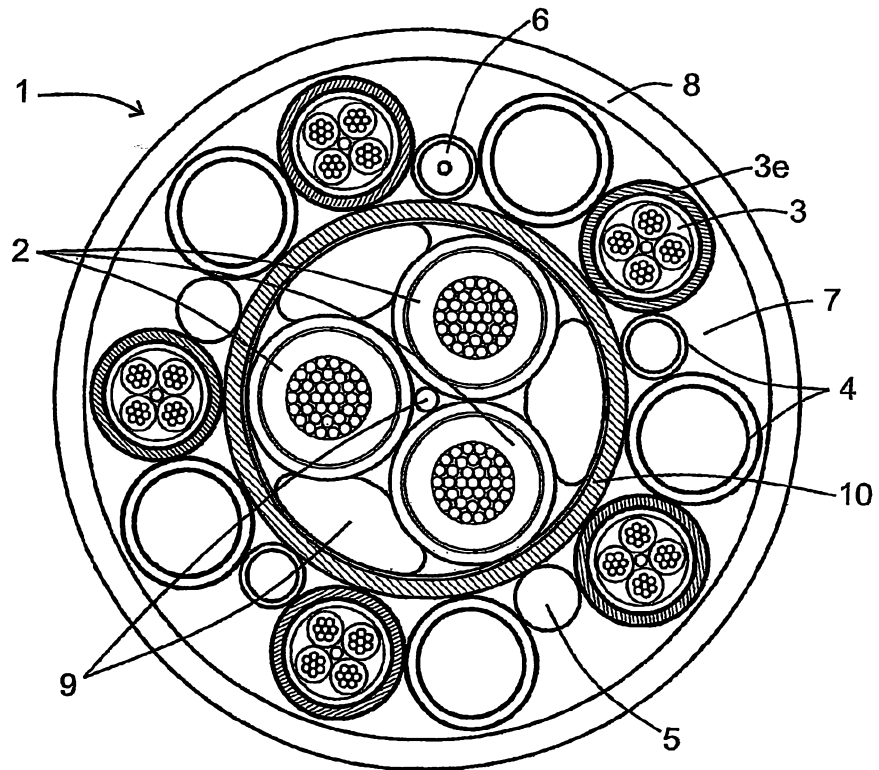


Fig. 7