



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

**(11) PI 0318419-6 B1**

**(22) Data do Depósito:** 25/07/2003

**(45) Data de Concessão:** 11/04/2017



**(54) Título:** PROCESSO PARA FABRICAR UM CABO ELÉTRICO

**(51) Int.Cl.:** H01B 13/00; H01B 13/14; H01B 13/26

**(73) Titular(es):** PRYSMIAN CAVI E SISTEMI ENERGIA S.R.L.

**(72) Inventor(es):** SERGIO BELLÍ; ALBERTO BAREGGI; GAIA DELL'ANNA; CRISTIANA SCELZA;  
FABRIZIO DONAZZI

## “PROCESSO PARA FABRICAR UM CABO ELÉTRICO”

A presente invenção diz respeito a um processo para fabricar cabos elétricos, em particular cabos elétricos para transmissão de força ou distribuição em média ou alta voltagem.

5                   No presente relatório descritivo, a expressão média voltagem é usada com referência a uma tensão tipicamente de cerca de 1 kV a cerca de 60 kV, e a expressão alta voltagem refere-se a uma tensão acima de 60 kV (voltagem muito alta é também algumas vezes usada na técnica para definir voltagens maiores do que cerca de 150 kV ou 220 kV, até 500 kV  
10                   ou mais).

Referidos cabos podem ser usados para transmissão ou distribuição tanto de corrente contínua (DC) quanto de corrente alternada (AC).

Os cabos para transmissão ou distribuição de força em média  
15                   ou alta voltagem geralmente têm um condutor de metal que é circundado, respectivamente, com uma primeira camada semicondutiva interna, uma camada isolante e uma camada semicondutiva externa. A seguir no presente relatório descritivo, o referido grupo de elementos será indicado com o termo de “núcleo”.

20                   Em uma posição radialmente externa ao referido núcleo, o cabo é dotado de uma blindagem (ou tela) de metal, usualmente de alumínio, chumbo ou cobre.

A blindagem de metal pode consistir de vários fios ou fitas de metal, helicoidalmente enrolados ao redor do núcleo, ou de um tubo  
25                   circunferencialmente contínuo, tal como uma fita metálica configurada de acordo com uma forma tubular e soldada ou selada para garantir a hermeticidade.

A blindagem de metal desempenha uma função elétrica mediante a criação, dentro do cabo, como resultado do contato direto entre a

blindagem de metal e a camada semicondutiva externa do núcleo, de um campo elétrico uniforme do tipo radial, ao mesmo tempo anulando o campo elétrico externo do cabo. Uma outra função é aquela de resistir às correntes de curto-circuito.

5 Quando produzidas na forma tubular circunferencialmente contínua, a blindagem de metal proporciona hermeticidade contra a penetração de água na direção radial.

Um exemplo de blindagens de metal é descrito na US Re 36307.

10 Em uma configuração do tipo unipolar, referido cabo ainda compreende uma sobrecapa polimérica em uma posição radialmente externa à blindagem de metal mencionada acima.

Além disso, os cabos para transmissão ou distribuição de força são geralmente dotados de uma ou mais camadas para protegê-los dos impactos acidentais que possam ocorrer sobre sua superfície externa.

15 Os impactos acidentais sobre um cabo pode ocorrer, por exemplo, durante o seu transporte ou durante a etapa de assentamento do cabo em uma valeta aberta no solo. Referidos impactos acidentais podem causar uma série de danos estruturais ao cabo, incluindo a deformação da camada isolante e separação da camada isolante das camadas semicondutivas, danos que podem causar variações na tensão de voltagem elétrica da camada isolante com um conseqüente decréscimo na capacidade isolante da referida camada.

20 Os cabos de isolamento reticulados são conhecidos e seu processo de fabricação é descrito, por exemplo, nas EP 1288218, EP 426073, US 2002/0143114 e US 4469539.

A reticulação do isolamento do cabo pode ser feita ou pelo uso da assim chamada reticulação de silano ou pelo uso de peróxidos.

No primeiro caso, o núcleo do cabo, compreendendo o

isolamento extrusado que circunda o condutor, é mantido por um período de tempo relativamente longo (horas ou dias) em um ambiente contendo água (ou líquida ou em vapor, tal como a umidade ambiente), de tal forma que a água possa difundir-se através do isolamento para fazer com que a reticulação ocorra. Isto requer que o núcleo do cabo seja enrolado sobre carretéis de comprimento fixo, fato que inerentemente impede que um processo contínuo seja realizado.

No segundo caso, a reticulação é causada pela decomposição de um peróxido, em temperatura e pressão relativamente elevadas. As reações químicas que ocorrem geram subprodutos gasosos que devem ser deixados difundirem-se através da camada isolante, não apenas durante o tempo de cura, mas também depois da cura. Portanto, uma etapa de desgaseificação tem de ser fornecida, durante a qual o núcleo do cabo é armazenado por um período de tempo suficiente para eliminar tais subprodutos gasosos antes que outras camadas sejam aplicadas sobre o núcleo do cabo (em particular no caso em que tais camadas sejam impermeáveis ao gás ou substancialmente impermeáveis ao gás, tal como no caso em que uma camada de metal longitudinalmente dobrada seja aplicada).

Na experiência prática da Requerente, na ausência de um estágio de desgaseificação antes de outra aplicação de camadas, pode acontecer que, sob condições ambientais particulares (por exemplo irradiação solar fora do comum do núcleo do cabo), referidos subprodutos se expandam, assim causando deformações indesejáveis da blindagem de metal e/ou da sobrecapa polimérica.

Além disso, no caso de uma etapa de desgaseificação não provida, os subprodutos gasosos (por exemplo metano, acetofenona, álcool cumínico) permanecem aprisionados dentro do núcleo do cabo por causa da presença das outras camadas a ele aplicadas e podem deixar o cabo apenas a partir das suas extremidades. Isto é particularmente perigoso, uma vez que

alguns dos referidos subprodutos (por exemplo o metano) são inflamáveis e, assim, podem ocorrer explosões, por exemplo durante o lançamento ou a junção dos referidos cabos na valeta aberta no solo. Além disso, na ausência de um estágio de desgaseificação antes da aplicação de outras camadas, pode  
5 acontecer que a porosidade no isolamento seja observada, a qual pode deteriorar as propriedades elétricas de isolamento.

Um processo para produzir um cabo que tenha isolamento termoplástico é descrito na WO 02/47092, no nome da mesma Requerente, onde um cabo é produzido por extrusão e passagem através de um misturador  
10 estático de um material termoplástico, compreendendo um polímero termoplástico misturado com um líquido dielétrico, tal como material termoplástico sendo aplicado ao redor de um condutor por meio de uma cabeça de extrusão. Após um resfriamento e uma etapa de secagem, o núcleo do cabo é armazenado em um carretel e depois uma blindagem de metal é  
15 aplicada mediante tiras finas de colocação helicoidal de cobre ou fios de cobre sobre o núcleo do cabo. Uma capa polimérica então completa o cabo.

O suprimento contínuo do núcleo do cabo com isolamento extrusado à unidade de aplicação da blindagem não foi considerada. De fato, a blindagem foi de um tipo apenas adequado para um processo de aplicação não  
20 contínua, uma vez que ela requeria o uso de carretéis montados sobre um aparelho rotativo, como ainda explicado no que segue.

A Requerente percebeu que a presença de uma fase de repouso durante a produção do cabo, por exemplo para fins de cura ou de desgaseificação, é indesejável porque isso limita o comprimento de cada peça  
25 do cabo (armazenagem em carretéis do cabo sendo necessária), introduz problemas de espaço e logísticos na fábrica, prolonga o tempo de fabricação do cabo e, finalmente, aumenta o custo da produção do cabo.

De acordo com um aspecto da presente invenção, a Requerente percebeu que um cabo pode ser produzido de uma maneira particularmente

conveniente por um processo contínua, isto é, na ausência das fases intermediárias de repouso ou armazenagem, mediante o uso de um material de isolamento termoplástico em combinação com uma blindagem de metal longitudinalmente dobrada, circunferencialmente contínua.

5                   Em um primeiro aspecto, a presente invenção se refere a um processo contínuo para fabricar um cabo elétrico, referido processo compreendendo as fases de:

- alimentar um condutor em uma velocidade de alimentação predeterminada;
- 10                   – extrusar uma camada isolante termoplástica radialmente externa ao condutor;
- esfriar a camada de isolamento extrusada;
- formar uma blindagem de metal circunferencialmente fechada ao redor da referida camada isolante extrusada;
- 15                   caracterizado em que o tempo decorrido entre o término da fase de resfriamento e o início da fase de formação da blindagem é inversamente proporcional à velocidade de alimentação do condutor.

Em particular, a blindagem de metal circunferencialmente fechada ao redor da camada isolante extrusada é formada por dobragem  
20 longitudinal de uma folha de metal, ou tendo as bordas superpostas ou as bordas ligadas às bordas.

Preferivelmente, a fase de formar a blindagem de metal de acordo com o processo da presente invenção compreende a etapa de sobrepor as bordas de uma folha de metal. Alternativamente, referida fase de formar  
25 compreende a etapa de ligar as bordas da referida folha de metal.

Preferivelmente, o processo compreende a fase de fornecer o condutor na forma de uma haste de metal.

Além disso, preferivelmente, o processo da presente invenção compreende a fase de aplicar um elemento de proteção contra impactos ao

redor da blindagem de metal. Preferivelmente, referido elemento de proteção contra impactos é aplicado por extrusão. Preferivelmente, referido elemento de proteção contra impactos compreende uma camada polimérica não expandida e uma camada polimérica expandida. Preferivelmente, a camada polimérica expandida é posicionada radialmente externa à camada polimérica não expandida. Preferivelmente, a camada polimérica não expandida e a camada polimérica expandida são aplicadas por co-extrusão.

O processo da invenção de uma forma geral ainda compreende a fase de aplicar uma sobrecapa ao redor da blindagem de metal. De preferência, a sobrecapa é aplicada por extrusão.

Preferivelmente, o elemento de proteção contra impactos é aplicado entre a blindagem de metal fechada e a sobrecapa.

Preferivelmente, o material polimérico termoplástico da camada isolante inclui uma quantidade predeterminada de um líquido dielétrico.

Além disso, a Requerente observou que o cabo obtido pelo processo contínuo da presente invenção é surpreendentemente dotado de alta resistência mecânica a impactos acidentais que possam ocorrer sobre o cabo.

Em particular, a Requerente observou que uma proteção contra altos impactos é vantajosamente conferida ao cabo pela combinação de uma blindagem de metal circunferencialmente fechada com um elemento de proteção contra impactos, compreendendo pelo menos uma camada polimérica expandida, esta última sendo localizada radialmente externa à blindagem de metal.

Além disso, a Requerente observou que, no caso em que uma deformação da blindagem venha a ocorrer por causa de um impacto relevante sobre o cabo, a presença de uma blindagem de metal circunferencialmente fechada é particularmente vantajosa, tendo em vista que a blindagem se deforma contínua e suavemente, dessa forma evitando qualquer aumento local

do campo elétrico na camada isolante.

Além do mais, a Requerente observou que um cabo dotado de uma camada isolante termoplástica, uma blindagem de metal circunferencialmente fechada e um elemento de proteção contra impactos compreendendo pelo menos uma camada polimérica expandida, pode ser  
5 vantajosamente obtido por meio de um processo contínuo de fabricação.

Além disso, a Requerente observou que a resistência mecânica a impactos acidentais pode ser vantajosamente aumentada dotando-se o cabo com uma outra camada polimérica expandida em uma posição radialmente  
10 interna em relação à blindagem de metal.

Preferivelmente, referida outra camada polimérica expandida é uma camada bloqueadora da água.

Em um segundo aspecto, a presente invenção refere-se a um cabo elétrico que compreende:

- 15           – um condutor;
- uma camada isolante termoplástica radialmente externa ao condutor;
- pelo menos uma camada polimérica expandida ao redor da referida camada isolante;
- 20           – uma blindagem de metal circunferencialmente fechada ao redor da referida camada isolante, e
- um elemento protetor contra impactos em uma posição radialmente externa à blindagem de metal, referido elemento protetor contra impactos compreendendo pelo menos uma camada polimérica não expandida  
25 ao redor da referida blindagem de metal e pelo menos uma camada polimérica radialmente externa à referida camada polimérica não expandida.

Outros detalhes serão ilustrados na descrição detalhada que segue, com referência aos desenhos anexos, em que:

- A Figura 1 é uma vista em perspectiva de um cabo elétrico

de acordo com uma primeira forma de realização da presente invenção;

– A Figura 2 é uma vista em perspectiva de um cabo elétrico de acordo com uma segunda forma de realização da presente invenção;

– A Figura 3 diagramaticamente representa uma instalação  
5 para a produção dos cabos de acordo com o processo da presente invenção;

– A Figura 4 diagramaticamente representa uma instalação alternativa para a produção de cabos de acordo com o processo da presente invenção;

– A Figura 5 é uma vista em seção transversal de um cabo  
10 elétrico produzido de acordo com a presente invenção, danificado por um impacto, e

– A Figura 6 é uma vista em seção transversal de um cabo elétrico tradicional dotado de uma blindagem produzida de fios, danificada por um impacto.

15 As Figuras 1 e 2 apresentam uma vista em perspectiva, parcialmente em seção transversal, de um cabo elétrico 1, tipicamente projetado para uso em uma faixa de média ou alta voltagem, o qual é produzido pelo processo de acordo com a presente invenção.

O cabo 1 compreende: um condutor 2; uma camada  
20 semicondutora interna 3; uma camada isolante 4; uma camada semicondutora externa 5; uma blindagem de metal 6 e um elemento protetor 20.

Preferivelmente, o condutor 2 é uma haste de metal. Preferivelmente, o condutor é produzido de cobre ou de alumínio.

Alternativamente, o condutor 2 compreende pelo menos dois  
25 fios de metal, preferivelmente de cobre ou de alumínio, os quais são trançados entre si de acordo com técnicas convencionais.

A área da seção transversal do condutor 2 é determinada no relacionamento com a força a ser transportada na voltagem selecionada. As áreas de seções transversais preferidas para os cabos de acordo com a presente

invenção variam de  $16 \text{ mm}^2$  a  $1600 \text{ mm}^2$ .

No presente relatório descritivo, a expressão “material isolante” é usada para indicar um material que tenha uma rigidez dielétrica de pelo menos  $5 \text{ kV/mm}$ . Para cabos de transmissão de força de média-alta  
5 voltagem (isto é, voltagem mais elevada do que cerca de  $1 \text{ kV}$ ), de preferência o material isolante tem uma rigidez dielétrica maior do que  $40 \text{ kV/mm}$ .

Tipicamente, a camada isolante dos cabos de transmissão de força tem uma constante dielétrica (K) de mais do que 2.

A camada semicondutiva interna 3 e a camada semicondutiva  
10 externa 5 são geralmente obtidas por extrusão.

Os materiais poliméricos básicos das camadas semicondutivas 3 e 5, que são convenientemente selecionados daqueles mencionados no seguinte do presente relatório descritivo com referência à camada polimérica expandida, são aditivados com um negro-de-fumo eletrocondutivo, por exemplo o negro de formilha eletrocondutivo ou o negro de acetileno, de  
15 modo a conferir propriedades semicondutivas ao material polimérico. Em particular, a área superficial do negro-de-fumo é geralmente maior do que  $20 \text{ m}^2/\text{g}$ , usualmente entre  $40$  e  $500 \text{ m}^2/\text{g}$ . Vantajosamente, um negro-de-fumo altamente condutivo pode ser usado, tendo uma área superficial de pelo  
20 menos  $900 \text{ m}^2/\text{g}$ , tal como, por exemplo o negro-de-fumo de formilha conhecido comercialmente sob nome registrado de Ketjenblack® EC (Akzo Chemie NV). A quantidade de negro-de-fumo a ser adicionada à matriz polimérica pode variar na dependência do tipo de polímero e do negro-de-fumo usado, do grau de expansão que se pretenda obter, do agente de  
25 expansão, etc. A quantidade de negro-de-fumo, assim, tem de ser tal de modo a dar as propriedades semicondutivas suficientes do material expandido, em particular de modo a obter um valor de resistividade volumétrica para o material expandido, em temperatura ambiente, de menos do que  $500 \text{ } \Omega \cdot \text{m}$ , preferivelmente menos do que  $20 \text{ } \Omega \cdot \text{m}$ . Tipicamente, a quantidade de negro-

de-fumo pode variar entre 1 e 50 % em peso, preferivelmente entre 3 e 30 % em peso, em relação ao peso do polímero.

Em uma forma de realização preferida da presente invenção, as camadas semicondutivas interna e externa 3, 5 compreendem um material polimérico não reticulado, mais preferível um material de polipropileno.

Preferivelmente a camada isolante 4 é produzida de um material termoplástico que compreende um material polimérico termoplástico que inclua uma quantidade predeterminada de um líquido dielétrico.

Preferivelmente o material polimérico termoplástico é selecionado de: poliolefinas, copolímeros de olefinas diferentes, copolímeros de uma olefina com um éster etilenicamente insaturado, poliésteres, poliacetatos, polímeros de celulose, policarbonatos, polissulfonas, resinas fenólicas, resinas de uréia, policetonas, poliacrilatos, poliamidas, poliaminas, e misturas destes. Exemplos de polímeros adequados são: polietileno (PE), em particular PE de baixa densidade (LDPE), PE de média densidade (MDPE), PE de alta densidade (HDPE), PE de baixa densidade linear (LLDPE), polietileno de ultra-baixa densidade (ULDPE); polipropileno (PP); copolímero de etileno/éster vinílico, por exemplo etileno/acetato de vinila (EVA); copolímeros de etileno/acrilato, em particular etileno/acrilato de metila (EMA), etileno/acrilato de etila (EEA) e etileno/acrilato de butila (EBA); copolímeros termoplásticos de etileno/ $\alpha$ -olefina; poliestireno; resinas de acrilonitrila/butadieno/estireno (ABS); polímeros halogenados, em particular o cloreto de polivinila (PVC); poliuretano (PUR); poliamidas; poliésteres aromáticos tais como o tereftalato de polietileno (PET) ou o tereftalato de polibutileno (PBT); e os copolímeros destes ou suas misturas mecânicas.

Preferivelmente, o líquido dielétrico pode ser selecionado de: óleos minerais tais como, por exemplo, os óleos naftênicos, os óleos aromáticos, os óleos parafínicos, os óleos poliaromáticos, referidos óleos

minerais opcionalmente contendo pelo menos um heteroátomo selecionado de oxigênio, nitrogênio ou enxofre; parafinas líquidas; óleos vegetais tais como, por exemplo, o óleo de soja, o óleo de linhaça, o óleo de mamona; poliolefinas aromáticas oligoméricas; ceras parafínicas tais como, por exemplo, as ceras de polietileno, as ceras de polipropileno; óleos sintéticos tais como, por exemplo, os óleos de silicona, os alquil benzenos [tais como, por exemplo, o dibenziltolueno, dodecilbenzeno, di(octilbenzil)tolueno], os ésteres alifáticos (tais como, por exemplo, os tetraésteres de pentaeritritol, os ésteres de ácido sebácico, os ésteres ftálicos), oligômeros olefinicos (tais como, por exemplo, os polibutenos ou poliisobutenos opcionalmente hidrogenados); ou misturas destes. Os óleos aromáticos, parafínicos e naftênicos são particularmente preferidos.

Nas formas de realização preferidas apresentadas nas Figuras 1 e 2, a blindagem de metal é feita de uma folha de metal contínua, de preferência de alumínio ou cobre, a qual é configurada como um tubo.

A folha de metal que forma a blindagem de metal 6 é dobrada longitudinalmente ao redor da camada semicondutiva externa 5 com as bordas de sobrepondo.

Convenientemente, um material de selagem e de ligação é interposto entre as bordas de superposição, de modo a tornar a blindagem de metal impermeável à água. Alternativamente, as bordas da folha de metal podem ser soldadas.

Como mostrado nas Figuras 1 e 2, a blindagem de metal 6 é circundada por uma sobrecapa 23 de preferência produzida de um material polimérico não reticulado, por exemplo de cloreto de polivinila (PVC) ou de polietileno (PE); a espessura de uma tal sobrecapa pode ser selecionada de modo a dotar o cabo de um certo grau de resistência às tensões e impactos mecânicos, porém sem aumentar excessivamente o diâmetro e a rigidez do cabo. Essa solução é conveniente, por exemplo, para cabos destinados ao uso

em áreas protegidas, quando os impactos limitados sejam esperados ou a proteção seja de outra forma proporcionada.

Em conformidade com uma forma de realização preferida, apresentada na Figura 1, a qual é particularmente conveniente quando uma  
5 proteção intensificada contra o impacto seja desejada, o cabo 1 é fornecido com um elemento protetor 20, localizado em uma posição radialmente externa à referida blindagem de metal 6. De acordo com a referida forma de realização, o elemento protetor 20 compreende uma camada polimérica não  
10 expandida 21 (em uma posição radial interna) e uma camada polimérica expandida 22 (em uma posição radial externa). De acordo com a forma de realização da Figura 1, a camada polimérica não expandida 21 se acha em contato com a blindagem de metal 6 e a camada polimérica expandida 22 se  
acha entre a camada polimérica não expandida 21 e a sobrecapa polimérica 23.

15 A espessura da camada polimérica não expandida 21 situa-se na faixa de 0,5 mm a 5 mm.

A espessura da camada polimérica expandida 22 situa-se na faixa de 0,5 mm a 6 mm.

Preferivelmente, a espessura da camada polimérica expandida  
20 22 é de 1 a duas vezes a espessura da camada polimérica não expandida 21.

O elemento protetor 20 tem a função de propiciar proteção reforçada ao cabo contra impactos externos, pelo menos parcialmente absorvendo a energia do impacto.

O material polimérico expansível que é adequado para ser  
25 usado na camada polimérica expandida 22 pode ser selecionado do grupo compreendendo: poliolefinas, copolímeros de diferentes olefinas, copolímeros de uma olefina com um éster etilenicamente insaturado, poliésteres, policarbonatos, polissulfonas, resinas fenólicas, resinas de uréia, e misturas destes. Exemplos de polímeros adequados são: polietileno (PE), em particular

PE de baixa densidade (LDPE), PE de média densidade (MDPE), PE de alta densidade (HDPE), PE de baixa densidade linear (LLDPE), polietileno de ultra-baixa densidade (ULDPE); polipropileno (PP); copolímeros elastoméricos de etileno/propileno (EPR) ou terpolímeros de etileno/propileno/dieno (EPDM); borracha natural; borracha butílica; copolímeros de etileno/éster vinílico, por exemplo etileno/acetato de vinila (EVA); copolímeros de etileno/acrilato, em particular etileno/acrilato de metila (EMA), etileno/acrilato de etila (EEA) e etileno/acrilato de butila (EBA); copolímeros termoplásticos de etileno/ $\alpha$ -olefina; poliestireno; resinas de acrilonitrila/butadieno/estireno (ABS); polímeros halogenados, em particular o cloreto de polivinila (PVC); poliuretano (PUR); poliamidas; poliésteres aromáticos tais como o tereftalato de polietileno (PET) ou o tereftalato de polibutileno (PBT); e os copolímeros destes ou suas misturas mecânicas.

Preferivelmente, o material polimérico que forma a camada polimérica expandida 22 é um polímero ou copolímero de poliolefina à base de etileno e/ou propileno, e é selecionado, em particular, de:

(a) copolímeros de etileno com um éster etilenicamente insaturado como, por exemplo, o acetato de vinila ou o acetato de butila, nos quais a quantidade de éster insaturado situa-se geralmente entre 5 % em peso e 80 % em peso, de preferência entre 10 % em peso e 50 % em peso;

(b) copolímeros elastoméricos de etileno com pelo menos uma  $\alpha$ -olefina  $C_3$ - $C_{12}$ , e opcionalmente um dieno, preferivelmente copolímeros de etileno/propileno (EPR) ou de etileno/propileno/dieno (EPDM), geralmente tendo a seguinte composição: 35 % a 90 % molares de etileno, 10 % a 65 % molares de  $\alpha$ -olefina, 0 % a 10 % molares de dieno (por exemplo 1,4-hexadieno ou 5-etilideno-2-norborneno);

(c) copolímeros de etileno com pelo menos uma  $\alpha$ -olefina  $C_4$ - $C_{12}$ , preferivelmente 1-hexeno, 1-octeno e outros e, opcionalmente um dieno,

geralmente tendo uma densidade entre 0,86 g/cm<sup>3</sup> e 0,90 g/cm<sup>3</sup> e a seguinte composição: 75% a 97% em mol de etileno; 3% a 25% em mol de  $\alpha$ -olefina; 0% a 5% em mol de um dieno;

- (d) polipropileno modificado com copolímeros de etileno/ $\alpha$ -olefina C<sub>3</sub>-C<sub>12</sub>, em que a relação em peso entre o polipropileno e o copolímero de etileno/ $\alpha$ -olefina C<sub>3</sub>-C<sub>12</sub> situa-se entre 90/10 e 10/90, de preferência entre 80/20 e 20/80.

Por exemplo, os produtos comerciais Elvax<sup>®</sup> (DuPont), Levapren<sup>®</sup> (Bayer) e Lotryl<sup>®</sup> (Elf-Atochem) situam-se na classe (a), os produtos Dutral<sup>®</sup> (Enichem) ou Nordel<sup>®</sup> (Dow-DuPont) são da classe (b), os produtos pertencentes à classe (c) são o Engage<sup>®</sup> (Dow-DuPont) ou o Exact<sup>®</sup> (Exxon), enquanto o polipropileno modificado com os copolímeros de etileno/alfa-olefina (d) são comercialmente disponíveis sob os nomes comerciais de Moplen<sup>®</sup> ou Hifax<sup>®</sup> (Basell), ou também Fina-Pro<sup>®</sup> (Fina), e outros.

Dentro da classe (d), são particularmente preferidos os elastômeros termoplásticos que compreendem uma matriz contínua de um polímero termoplástico, por exemplo o polipropileno, e partículas finas (geralmente tendo um diâmetro da ordem de 1  $\mu$ m a 10  $\mu$ m) de um polímero elastomérico curado, por exemplo EPR ou EPDM reticulados, dispersos na matriz termoplástica.

O polímero elastomérico pode ser incorporado na matriz termoplástica no estado não curado e depois dinamicamente reticulado durante o processamento pela adição de uma quantidade adequada de um agente de reticulação.

Alternativamente, o polímero elastomérico pode ser curado separadamente e, depois, disperso na matriz termoplástica na forma de partículas finas.

Elastômeros termoplásticos deste tipo são descritos, por

exemplo, na Patente U.S. 4.104.210 ou no Pedido de Patente Européia EP 324.430. Estes elastômeros termoplásticos são preferidos, tendo em vista que eles provaram ser particularmente eficazes em absorver elasticamente forças radiais durante os ciclos térmicos do cabo na faixa completa de temperaturas de trabalho.

Para os fins do presente relatório descritivo, a expressão polímero “expandido” é entendida como referindo-se a um polímero dentro da estrutura em que o percentual de volume de “vazios” (isto equivale a dizer, o espaço não ocupado pelo polímero, porém por um gás ou ar) é maior do que 10 % do volume total do referido polímero.

Em geral, o percentual de espaço livre em um polímero expandido é expresso em termos do grau de expansão (G). No presente relatório descritivo, a expressão “grau de expansão do polímero” é entendida como referindo-se à expansão do polímero determinada da seguinte maneira:

$$G (\text{grau de expansão}) = (d_0/d_e - 1)$$

em que  $d_0$  indica a densidade do polímero não expandido (isto equivale a dizer, o polímero com uma estrutura que seja essencialmente livre de volume de vazios) e  $d_e$  indica a densidade aparente medida para o polímero expandido.

Preferivelmente, o grau de expansão da camada polimérica expandida 22 é escolhido na faixa de 0,35 a 0,7, mais preferível de 0,4 a 0,6.

Preferivelmente, a camada polimérica não expandida 21 e a sobrecapa 23 são produzidas de materiais poliolefinicos, usualmente o cloreto de polivinila ou o polietileno.

Como mostrado nas Figuras 1 e 2, o cabo 1 é ainda dotado de uma camada 8 de bloqueio de água, colocada entre a camada semicondutiva externa 5 e a blindagem de metal 6.

Preferivelmente, a camada de bloqueio de água 8 é uma camada semicondutiva expandida, intumescível em água.

Um exemplo de uma camada semicondutiva expandida, intumescível em água, é descrito no Pedido de Patente Internacional WO 01/46965 no nome da Requerente.

Preferivelmente, o polímero expansível da camada 8 de bloqueio de água é escolhido dos materiais poliméricos mencionados acima para uso na camada expandida 22.

Preferivelmente, a espessura da camada 8 de bloqueio de água situa-se na faixa de 0,2 mm e 1,5 mm.

A referida camada 8 de bloqueio de água tem por objetivo prover uma barreira eficaz à penetração de água longitudinal para o interior do cabo.

O material intumescível em água acha-se geralmente em uma forma subdividida, particularmente na forma de pó. As partículas que constituem o pó intumescível em água têm preferivelmente um diâmetro não maior do que 250  $\mu\text{m}$  e um diâmetro médio de 10  $\mu\text{m}$  a 100  $\mu\text{m}$ . Mais preferível, a quantidade de partículas que tenham um diâmetro de 10  $\mu\text{m}$  a 50  $\mu\text{m}$  é de pelo menos 50 % em peso em relação ao peso total do pó. O material intumescível em água geralmente consiste em um homopolímero ou copolímero tendo grupos hidrofílicos ao longo da cadeia polimérica, por exemplo: ácido poliacrílico reticulado e pelo menos parcialmente salificado (por exemplo, os produtos Cabloc<sup>®</sup> da C. F. Stockhausen GmbH ou Waterlock<sup>®</sup> da Grain Processing Co.); amido ou os seus derivados misturado com copolímeros entre acrilamida e acrilato de sódio (por exemplo, os produtos SGP Absorbent Polymer<sup>®</sup> da Henkel AG); carboximetilcelulose sódica (por exemplo, os produtos Blanose<sup>®</sup> da Hercules Inc.).

A quantidade de material intumescível em água a ser incluído na camada polimérica expandida é geralmente de 5 phr a 120 phr, preferivelmente de 15 phr a 80 phr (phr = partes em peso em relação a 100 partes em peso do polímero de base).

Além disso, o material polimérico expandido da camada 8 de bloqueio de água é modificado para ser semicondutivo pela adição de um negro-de-fumo eletrocondutivo adequado conforme mencionado acima com referência às camadas semicondutivas 3 e 5.

5 Além disso, mediante o fornecimento do cabo da Figura 1 com um material polimérico expandido tendo propriedades semicondutivas e incluindo-se um material intumescível em água (isto é, a camada semicondutiva 8 de bloqueio de água), é formada uma camada que é capaz de elástica e uniformemente absorver as forças radiais de expansão e contração  
10 devidas ao ciclo térmico ao qual o cabo é submetido durante o uso, ao mesmo tempo em que garante a necessária continuidade elétrica entre o cabo e a blindagem de metal.

Além disso, a presença do material intumescível em água disperso na camada expandida é capaz de efetivamente bloquear a umidade  
15 e/ou a água, desta forma evitando o uso de fitas intumescíveis em água ou de pós intumescíveis pela água livre.

Além do mais, dotando-se o cabo da Figura 1 com a camada semicondutiva 8 de bloqueio de água, a espessura da camada semicondutiva externa 5 pode ser vantajosamente reduzida, uma vez que a propriedade  
20 elétrica da camada semicondutiva externa 5 é parcialmente desempenhada pela referida camada semicondutiva de bloqueio de água. Portanto, referido aspecto vantajosamente contribui para a redução da espessura da camada semicondutiva externa e, assim, do peso global do cabo.

#### Processo de fabricação e instalações

25 Como mostrado na Figura 3, uma fábrica para a produção de cabos de acordo com a presente invenção compreende: uma unidade condutora de suprimento 201, uma primeira seção de extrusão 202 para a obtenção da camada isolante 4 e as camadas semicondutivas 3 e 5, uma seção de resfriamento 203, uma seção de aplicação da blindagem de metal 204, uma

segunda seção de extrusão 214 para aplicar o elemento de proteção 20, uma seção de extrusão da sobrecapa 205, uma outra seção de resfriamento 206, e uma seção de enrolamento 207.

Convenientemente, a unidade de suprimento do condutor 201  
5 compreende um aparelho para laminar uma haste de metal até o diâmetro desejado para o condutor do cabo (proporcionando o acabamento superficial requerido).

No caso em que a junção dos comprimentos das hastes de metal seja necessária para produzir continuamente o comprimento final do  
10 cabo conforme necessário pelo pedido (ou por outras exigências do cliente), a unidade de suprimento do condutor 201 convenientemente compreende um aparelho para soldar e termicamente tratar do condutor, bem como unidades de acúmulo adequadas para proporcionar tempo suficiente para a operação de soldagem sem afetar a liberação contínua de velocidade constante do próprio  
15 condutor.

A primeira seção de extrusão 202 compreende um primeiro aparelho de extrusora 110, adequado para extrusar a camada isolante 4 sobre o condutor 2 fornecido pela unidade de suprimento do condutor 201; o primeiro aparelho de extrusora 110 é precedido, ao longo da direção de  
20 avanço do condutor 2, por um segundo aparelho de extrusora 210, adequado para extrusar a camada semicondutiva interna 3 sobre a superfície externa do condutor 2 (e abaixo da camada isolante 4), e seguida por um terceiro aparelho de extrusora 310, adequado para extrusar a camada semicondutiva externa 5 ao redor da camada isolante 4, para se obter o núcleo 2a do cabo.

25 O primeiro, o segundo e o terceiro aparelhos de extrusora podem ser dispostos em sucessão, cada um com sua própria cabeça de extrusão ou, preferivelmente, eles podem ser todos conectados a uma cabeça de extrusão tripla comum 150 para se obter a co-extrusão das referidas três camadas.

Um exemplo de estrutura adequada para o aparelho de extrusora 110 é descrito na WO 02/47092 no nome da mesma Requerente.

Convenientemente, o segundo e o terceiro aparelhos de extrusora têm uma estrutura semelhante à do primeiro aparelho de extrusora 110 (a menos que diferentes disposições sejam requeridas pelos materiais  
5 específicos a serem aplicados).

A seção de resfriamento 203, através da qual o núcleo 2a do cabo é passado, pode consistir em um duto aberto alongado, ao longo do qual um fluido de resfriamento é levado a fluir. A água é um exemplo preferido de  
10 tal fluido de resfriamento. O comprimento de tal seção de resfriamento, assim como a natureza, a temperatura e a taxa de fluxo do fluido de resfriamento, são determinados para prover uma temperatura final adequada para as etapas subseqüentes do processo.

Um secador 208 é convenientemente inserido antes de entrar  
15 na seção subseqüente, referido secador sendo eficaz para remover resíduos de fluido de resfriamento, tais como a umidade ou gotículas de água, particularmente no caso em que tais resíduos se aglomerem de modo a que sejam prejudiciais ao desempenho global do cabo.

A seção 204 de aplicação da blindagem de metal inclui um  
20 aparelho 209 de liberação da folha de metal, que seja adequado para fornecer uma folha de metal 60 a uma unidade de aplicação 210.

Em uma forma de realização preferida, a unidade de aplicação 210 inclui um conformador (não mostrado) pelo qual a folha de metal (60) é dobrada longitudinalmente em uma forma tubular de modo a circundar o  
25 núcleo do cabo 2a, avançando através dele, e para formar a blindagem 6 de metal circunferencialmente fechada.

Um agente de selagem e de ligação adequado pode ser fornecido na área de superposição das bordas da folha 60, de modo a formar a blindagem 6 de metal circunferencialmente fechada.

Alternativamente, um agente de selagem e de ligação adequado pode ser fornecido nas bordas da folha 60, de modo a formar a blindagem 6 de metal circunferencialmente fechada.

O uso de uma blindagem de metal longitudinalmente dobrada  
5 é particularmente conveniente, no fato de que ela contribui para que se possa produzir o cabo com um processo contínuo, sem que se necessite produzir o cabo com um processo contínuo, sem requerer o uso de máquinas rotativas de carretéis complexas, que de outra forma seriam necessárias no caso de uma blindagem de metal de múltiplos arames (ou fitas) espiralmente enrolados.

10 Se conveniente para o projeto específico de cabo, uma outra extrusora 211, equipada com uma cabeça de extrusão 212, é localizada a montante da unidade de aplicação 210, junto com um refrigerador 213, para aplicar a camada semicondutiva expandida 8 ao redor do núcleo do cabo 2a, abaixo da blindagem de metal 6.

15 Preferivelmente, o refrigerador 213 é um refrigerador a ar sob pressão.

Se nenhuma proteção adicional for necessária, o cabo é acabado pela sua passagem através da seção 205 de extrusão da sobrecapa, a qual inclui uma extrusora 220 da sobrecapa e sua cabeça de extrusão 221.

20 Após a seção de resfriamento final 206, as instalações incluem a seção de enrolamento 207 pela qual o cabo acabado é enrolado em um carretel 222.

Preferivelmente, a seção de enrolamento 207 inclui uma seção de acúmulo 223 que permite a substituição de um carretel completo por um  
25 vazio sem interrupção no processo de fabricação do cabo.

No caso de se desejar uma proteção contra impacto reforçada, uma outra seção de extrusão 214 deve ser localizada a jusante da unidade de aplicação 210.

Na forma de realização mostrada na Figura 3, a seção de

extrusão 214 compreende três extrusoras 215, 216 e 217, equipadas com uma cabeça de extrusão tripla comum 218.

Em mais detalhes, a seção de extrusão 214 é adequada para aplicar um elemento protetor 20 compreendendo uma camada polimérica expandida 22 e uma camada polimérica não expandida 21. A camada polimérica não expandida 21 é aplicada pela extrusora 216, ao passo que a camada polimérica expandida 22 é aplicada pela extrusora 217.

Além disso, a seção de extrusão 214 compreende uma outra extrusora 215 que é provida para aplicar uma camada de revestimento de base que seja adequada para melhorar a ligação entre a blindagem de metal 6 e o elemento protetor 20 (isto é, a camada polimérica não expandida 21).

Uma seção de resfriamento 219 se acha convenientemente presente a jusante da outra seção de extrusão 214.

A Figura 4 mostra uma instalação semelhante àquela da Figura 3, em conformidade com a qual as extrusoras 215, 216 e 217 são separadas uma da outra e três cabeças de extrusão independentes distintas 215a, 216a e 217a são providas.

Canais ou dutos de resfriamento separados 219a e 219b acham-se presentes após as extrusoras 215 e 216 respectivamente, enquanto o canal de resfriamento 219 fica localizado após a extrusora 217.

De acordo com uma outra forma de realização (não mostrada), a camada de revestimento de base e a camada polimérica não expandida 21 são aplicadas juntas por co-extrusão e, sucessivamente, a extrusão da camada polimérica expandida 22 é realizada.

Em conformidade com uma outra forma de realização (não mostrada), a camada de revestimento de base e a camada polimérica não expandida 21 são aplicadas juntas por co-extrusão e, sucessivamente, a camada polimérica expandida 22 e a sobrecapa 23 são aplicadas juntas por co-extrusão. Alternativamente, a camada de revestimento de base e a camada

polimérica não expandida 21 são aplicadas separadamente pelo uso de duas cabeças de extrusão distintas 215a e 216a, enquanto a camada polimérica expandida 22 e a sobrecapa 23 são aplicadas juntas por co-extrusão.

5 Nas Figuras 3 e 4, o esquema das instalações de fabricação é configurado em U de modo a reduzir as dimensões longitudinais da fábrica. Nas figuras, o avanço do cabo é invertido na extremidade da seção de resfriamento 203 por meio de qualquer dispositivo adequado conhecido na técnica, por exemplo por meio de cilindros.

Alternativamente, o esquema das instalações de fabricação se desenvolve longitudinalmente, e nenhuma inversão da direção de alimentação do cabo se acha presente.

#### Processo contínuo de fabricação

Com a instalação descrita acima, o cabo pode ser produzido com um processo contínuo.

15 No presente relatório descritivo, por “processo contínuo” denota-se um processo em que o tempo necessário para fabricar um dado comprimento de cabo é inversamente proporcional à velocidade de avanço do cabo na linha, de modo que não existem as fases de paradas intermediárias entre o fornecimento do condutor e o enrolamento do cabo acabado.

20 Em conformidade com a presente invenção, o condutor é continuamente suprido da unidade de suprimento 201.

A unidade de suprimento 201 é disposta de modo a permitir a liberação contínua do condutor.

O condutor é convenientemente produzido de uma haste de metal única (tipicamente alumínio ou cobre). Neste caso, a liberação contínua do condutor é propiciada pela ligação do comprimento disponível da haste de metal (tipicamente carregada sobre um carretel ou coisa parecida) a um outro comprimento da haste de metal.

Essa ligação pode ser feita, por exemplo, por soldagem das

extremidades das hastes. De acordo com o processo contínuo da presente invenção, o comprimento máximo do cabo produzido é determinado pelas exigências do cliente ou do instalador, por exemplo o comprimento da linha a ser assentada (entre duas estações intermediárias), a dimensão máxima do  
5 carretel de embarque a ser usado (com as limitações relevantes do transporte), o comprimento máximo instalável, etc., e não pelo comprimento do material bruto disponível ou do produto semi-acabado ou pela capacidade da maquinaria. Desta maneira, é possível instalar linhas elétricas com um número mínimo de juntas entre os comprimentos dos cabos, de modo a  
10 aumentar a confiabilidade da linha, tendo em vista que as juntas dos cabos são conhecidas como sendo pontos de descontinuidade que são propensos a problemas elétricos durante o uso da linha.

No caso em que um condutor entrançado seja desejado, as máquinas rotativas são necessárias para entrançar, e o condutor é  
15 convenientemente preparado fora de linha no comprimento desejado e a operação de união se torna difícil. Em tal caso, o comprimento dos cabos fabricados é determinado pelo comprimento do condutor entrançado disponível (que pode ser predeterminado com base nas exigências do cliente) e/ou pela capacidade dos carretéis de embarque, enquanto o processo  
20 permanece de outra forma contínuo a partir do suprimento do condutor até a extremidade.

A extrusão da camada isolante 4, das camadas semicondutivas 3 e 5, da sobrecapa 23, do elemento protetor 20 (se houver) e da camada 8 de bloqueio de água (se houver), pode ser realizada continuamente desde que os  
25 vários materiais e compostos a serem extrusados sejam fornecidos às entradas pertinentes das extrusoras sem interrupção.

Como nenhuma etapa de reticulação é necessária, por causa do uso de materiais termoplásticos não reticulados, em particular para a camada isolante, nenhuma interrupção do processo é necessária.

Na verdade, os processos convencionais de produção de cabos de isolamento reticulados incluem uma fase de “repouso”, em que o condutor isolado é mantido fora de linha por um certo período de tempo (horas ou mesmo dias) para possibilitar: a) que as reações de reticulação ocorram, no  
5 caso em que a reticulação de silano seja usada, ou b) a emissão dos gases resultantes como subprodutos das reações de reticulação, no caso da reticulação de peróxido.

A fase de repouso do caso a) pode ser realizada pela introdução do cabo em um forno ou pela sua imersão em água em uma  
10 temperatura de cerca de 80°C, de modo a melhorar a velocidade da reação de reticulação.

A fase de repouso do caso b), isto é, a fase de desgaseificação, pode ser realizada pela introdução do cabo (enrolado em um carretel de suporte) em um forno de modo a reduzir o tempo de desgaseificação.

15 Esta fase de “repouso” é tipicamente efetuada pelo enrolamento do elemento semi-acabado em carretéis no final da extrusão das camadas atinentes. Depois disso, o elemento reticulado semi-acabado é suprido a outra linha independente, onde o cabo é completado.

De acordo com o processo da presente invenção, a blindagem  
20 6 de metal é formada de uma folha de metal longitudinalmente dobrada, a qual é convenientemente desenrolada de um carretel que é montado sobre um aparelho estacionário, embora ele fique livre para girar ao redor de seu eixo de rotação de modo a que a folha possa ser desenrolada do carretel. Em conseqüência, no processo da presente invenção a folha de metal pode ser  
25 suprida sem nenhuma interrupção, uma vez que a extremidade traseira da folha do carretel em uso pode ser facilmente conectada (por exemplo por soldagem) à extremidade frontal da folha que esteja carregada sobre um novo carretel. Em geral, um aparelho de acúmulo de folhas apropriado é ainda fornecido.

Isto não deve ser possível no caso em que uma blindagem do tipo helicoidal seja usada (ou formada por fios ou fitas helicoidalmente enroladas), porque, em tal caso, os carretéis carregados com os fios ou fitas devem ser carregados em um aparelho rotativo, girando ao redor do cabo, e a substituição dos carretéis vazios com novos fios ou fitas deve necessitar de uma interrupção no avanço do cabo.

Entretanto, é possível fornecer o cabo com uma blindagem de metal produzida de fios ou fitas, enquanto se mantém o processo de fabricação contínuo, mediante o uso de um aparelho de acordo com o qual referidos fios/fitas são aplicados sobre o cabo de acordo com as operações de entrançamento S e Z a serem realizadas alternativamente. Em um tal caso, os carretéis que suportam referidos fios/fitas não ficam constrangidos a serem rotativamente movidos ao redor do cabo.

No entanto, o uso de uma blindagem de metal longitudinalmente dobrada foi observado ser particularmente conveniente em ligação com o uso das camadas isolantes e semicondutivas termoplásticas.

De fato, como mencionado acima, no caso em que um material reticulado seja usado, após a reação de reticulação estar completa, é necessário que um certo período de tempo seja propiciado a fim de permitir que os subprodutos gasosos sejam emitidos. Convencionalmente, isto é obtido deixando-se o produto semi-acabado (isto é, o núcleo do cabo) repousar por um certo período de tempo depois que a reação de reticulação tenha ocorrido. No caso em que uma blindagem de metal circunferencialmente não contínua seja usada (como no caso de fios ou fitas helicoidalmente enroladas ao redor do núcleo do cabo), a emissão gasosa pode ter lugar também mediante difusão através da blindagem de metal (por exemplo, através das áreas de sobreposição dos fios ou das fitas) e através das camadas extrusadas posicionadas radialmente externas à blindagem de metal.

Entretanto, no caso em que uma blindagem de metal

longitudinalmente dobrada seja usada, ela se estende circunferencialmente ao redor do perímetro completo do núcleo do cabo, por esse meio formando um envoltório substancialmente impenetrável, o qual substancialmente impede outra fuga dos subprodutos gasosos. Conseqüentemente, quando  
5 uma blindagem de metal longitudinalmente dobrada seja usada em ligação com as camadas isolantes reticuladas, a desgaseificação deste material deve ser substancialmente concluída antes que a blindagem de metal seja aplicada.

Ao contrário, o uso para a camada isolante do cabo, de  
10 materiais termoplásticos não reticulados, que não emitam subprodutos gasosos de reticulação (e, em conseqüência, não necessitam de qualquer fase de desgaseificação) em combinação com uma folha de metal longitudinalmente dobrada como blindagem de metal do cabo, permite que o processo de fabricação do cabo seja contínuo, tendo em vista que nenhuma  
15 fase de “repouso” é necessária fora de linha.

Para uma descrição adicional da invenção, um exemplo ilustrativo é dado abaixo.

#### EXEMPLO 1

O seguinte exemplo descreve em detalhes as principais  
20 etapas de um processo de produção contínua de um cabo de 150 mm<sup>2</sup>, 20 kV, de acordo com a Figura 1. A velocidade da linha é estabelecida em 60 m/minuto.

##### a) extrusão do núcleo do cabo

A camada isolante do cabo é obtida pela alimentação direta ao  
25 funil de alimentação da extrusora 110, de um copolímero de heterofase de propileno tendo ponto de fusão de 165 °C, entalpia de fusão de 30 J/g, MFI 0,8 dg/minuto e módulo de flexão de 150 MPa (Adflex<sup>®</sup> Q 200 F - produto comercial da Basell).

Subseqüentemente, o óleo dielétrico Jarylec<sup>®</sup> Exp3 (produto

comercial da Elf Atochem - dibenziltolueno), previamente misturado com os antioxidantes, é injetado em alta pressão na extrusora.

A extrusora 110 tem um diâmetro de 80 mm e uma relação R/D de 25.

- 5 A injeção do óleo dielétrico é feita durante a extrusão em cerca de 20 D a partir do início da rosca da extrusora 110 por meio de três pontos de injeção sobre a mesma seção transversal a 120° do outro. O óleo dielétrico é injetado em uma temperatura de 70 °C e uma pressão de 250 bar.

- 10 Extrusoras correspondentes são usadas para as camadas semicondutivas interna e externa.

Um condutor 2 de alumínio conformado em haste (seção transversal de 150 mm<sup>2</sup>) é alimentado através da cabeça tripla 150 da extrusora.

- 15 O núcleo do cabo 2a que deixa a cabeça de extrusão 150 e esfriado pela passagem da seção 203 de resfriamento conformada em canal, onde água fria é levada a circular.

- 20 O núcleo 2a do cabo resultante tem uma camada semicondutiva interna de cerca de 0,5 mm de espessura, uma camada isolante de cerca de 4,5 mm de espessura e uma camada semicondutiva externa de cerca de 0,5 mm de espessura.

#### b) camada expandida semicondutiva de bloqueio de água

- 25 A camada expandida semicondutiva 8 de bloqueio de água, tendo uma espessura de cerca de 0,7 mm e um grau de expansão de 0,6, é aplicada sobre o núcleo 2a do cabo pela extrusora 211, a qual tem um diâmetro de 60 mm e uma relação L/D de 20.

O material para a referida camada expandida 8 é dado na Tabela 1 abaixo. O material é quimicamente expandido pela adição de cerca de 2 % do agente de expansão Hydrocerol® CF 70 (ácido carboxílico + bicarbonato de sódio) no funil de alimentação da extrusora.

TABELA 1

| COMPOSTOS                      | QUANTIDADE (phr) |
|--------------------------------|------------------|
| Elvax <sup>®</sup> 470         | 100              |
| Ketjenblack <sup>®</sup> EC300 | 20               |
| Irganox <sup>®</sup> 1010      | 0,5              |
| Waterloock <sup>®</sup> J 550  | 40               |
| Hydrocerol <sup>®</sup>        | 2                |

em que:

- Elvax<sup>®</sup> 470: copolímero de etileno/acetato de vinila (EVA) (produto comercial da DuPont);
- 5        - Ketjenblack<sup>®</sup> EC 300: negro-de-fumo de formilha altamente condutivo (produto comercial da Akzo Chemie);
- Irganox<sup>®</sup> 1010: propionato de pentaeritril-tetraquis[3-(3,5-di-t-butil-4-hidroxifenil)] (produto comercial da Ciba Specialty Chemicals);
- Waterloock<sup>®</sup> J 550: ácido poliacrílico reticulado moído
- 10      (parcialmente salificado) (produto comercial da Grain Processing);
- Hydrocerol<sup>®</sup> CF 70: agente de expansão de ácido carboxílico/bicarbonato de sódio (produto comercial da Boeheringer Ingelheim).

Após a cabeça de extrusão 212 da extrusora 211, o esfriamento

15      é fornecido pelo refrigerador 213 a ar sob pressão.

c) aplicação da blindagem de metal ao cabo

O núcleo 2a do cabo, dotado da camada semicondutiva expandida 8, é então coberto - por meio da unidade de aplicação 210 - por uma folha de alumínio envernizada dobrada longitudinalmente, de cerca de

20      0,3 mm de espessura, com o uso de um adesivo para ligar as suas bordas sobrepostas. O adesivo é aplicado por meio da extrusora 215.

d) aplicação do elemento protetor do cabo

Subseqüentemente, a camada polimérica interna 21, produzida de polietileno, de cerca de 1,5 mm de espessura, é extrusada sobre a

25      blindagem de alumínio por meio da extrusora 216 tendo um diâmetro de 120 mm e uma relação de L/D de 25.

De acordo com as instalações do processo da Figura 3, a camada polimérica expandida 22, tendo uma espessura de cerca de 2 mm e um grau de expansão de 0,55, é co-extrusada com a camada polimérica interna não expandida 21. A camada polimérica expandida 22 é aplicada por meio da extrusora 217, que tem um diâmetro de 120 mm e uma relação de L/D de 25.

O material para a camada polimérica expandida 22 é dado na Tabela 2 abaixo.

TABELA 2

| COMPOSTOS         | QUANTIDADE (phr) |
|-------------------|------------------|
| Hifax® SD 817     | 100              |
| Hidrocerol® BiH40 | 1,2              |

em que

- Hifax® SD 817: propileno modificado com o copolímero de etileno/propileno, comercialmente produzido pela Basell;

- Hidrocerol® BiH40: agente de expansão de ácido carboxílico + bicarbonato de sódio, comercialmente produzido pela Boeheringer Ingelheim.

O material polimérico é quimicamente expandido pela adição do agente de expansão (Hidrocerol® BiH40) ao funil de alimentação da extrusora.

A uma distância de cerca de 500 mm da cabeça de extrusão 218, uma seção de resfriamento 219, na forma de um tubo ou canal através do qual a água fria é circulada, interrompe a expansão e esfria o material extrusado antes de se extrusar a camada polimérica não expandida externa 23.

#### e) extrusão da sobrecapa do cabo

Subseqüentemente, a sobrecapa 23 de polietileno, de cerca de 1,5 mm de espessura, é extrusada com o uso da extrusora 220 tendo um diâmetro de 120 mm e uma relação de L/D de 25.

O cabo ao deixar a cabeça de extrusão 221 é finalmente

esfriado em uma seção de resfriamento 206 através da qual a água fria é circulada.

O resfriamento do cabo acabado pode ser realizado mediante o uso de um canal de resfriamento de múltiplas passagens, o que reduz  
5 vantajosamente as dimensões longitudinais da seção de resfriamento.

#### Resistência ao impacto e à carga

Na presença de uma tensão mecânica aplicada ao cabo, tal como um impacto aplicado sobre a superfície externa do cabo ou uma carga localizada significativa, adequada para causar uma deformação do cabo em si,  
10 tem sido observado que, mesmo no caso em que a deformação envolva também o isolamento, por exemplo porque a energia do impacto exceda o valor admissível capaz de ser suportado pela cama de proteção a impactos, ou no caso em que o elemento protetor seja selecionado com espessura relativamente pequena, o perfil de deformação da blindagem de metal segue  
15 uma linha contínua e lisa, dessa forma evitando aumentos locais do campo elétrico.

Geralmente, os materiais usados para a camada isolante e a sobrecapa do cabo, elasticamente recuperam apenas parte de seu tamanho e forma originais após o impacto, de modo que, após o impacto, mesmo que ele  
20 tenha ocorrido antes de o cabo ter sido energizado, a espessura da camada isolante resistindo à tensão elétrica é reduzida.

Entretanto, a Requerente observou que, quando uma blindagem de metal é usada fora da camada isolante do cabo, o material de tal blindagem é permanentemente deformado pelo impacto, ainda limitando a  
25 recuperação elástica da deformação, de modo que a camada isolante fica impedida de elasticamente recuperar sua forma e tamanho originais.

Conseqüentemente, a deformação causada pelo impacto, ou pelo menos uma sua parte significativa, é mantida após o impacto, mesmo que a causa do impacto em si tenha sido removida.

Referida deformação resulta em que a espessura da camada isolante mude do valor original  $t_0$  para um valor “danificado”  $t_d$  (ver Figura 5).

Conseqüentemente, quando o cabo esteja sendo energizado, a  
5 real espessura da camada isolante que esteja transportando a tensão de voltagem elétrica ( $\Gamma$ ) na área de impacto não mais será  $t_0$ , mas ao invés  $t_d$ .

Além disso, quando um impacto é produzido contra um cabo que tenha uma blindagem de metal do tipo “descontínuo”, por exemplo produzido de fios ou fitas helicoidalmente enroladas, ou no caso em que  
10 camada de proteção contra impactos esteja ausente (como mostrado na Figura 5) ou mesmo na presença de uma camada de proteção contra impactos (do tipo compacto ou expandido), a resistência desigual da estrutura de fios da blindagem de metal faz com que o fio localizado mais perto da área do impacto seja significativamente deformado e transmita tal deformação às  
15 camadas subjacentes como uma deformação “local”, com envolvimento mínimo das áreas da vizinhança.

Na camada isolante, isto resulta em um efeito de “ponta”, o qual causa uma deformação das linhas equipotenciais de outra forma circulares do campo elétrico na área do impacto, como mostrado na Figura 5,  
20 onde as linhas equipotenciais circulares originais são desenhadas com linhas pontilhadas e as linhas deformadas são desenhadas com linhas contínuas.

A deformação das linhas equipotenciais do campo elétrico faz com que elas fiquem mais próximas na área do impacto, o que significa que o gradiente elétrico nesta área se torna significativamente mais elevado. É  
25 provável que este aumento local do gradiente elétrico provoque descargas elétricas, determinando a falha do cabo (que sofreu o impacto) em um teste elétrico de descarga parcial, mesmo no caso de impactos de energia relativamente baixa.

No caso em que a blindagem de metal seja produzida de uma

folha de metal longitudinalmente dobrada, particularmente quando combinada com um elemento protetor expandido, a Requerente verificou, porém, que a deformação local da blindagem e da camada isolante subjacente é significativamente reduzida.

- 5                    Na verdade, o elemento protetor expandido, continuamente suportado pela blindagem de metal subjacente, é capaz de distribuir a energia do impacto sobre uma área relativamente grande ao redor da posição do impacto, como mostrado na Figura 6.

10                    Em consequência, a deformação das linhas equipotenciais do campo elétrico é reduzida (e associada com uma área maior também), de modo que elas contraem menos bloqueio do que no caso dos fios helicoidais descritos acima, com um impacto da mesma energia.

15                    Como resultado, o aumento do gradiente elétrico local causado pelo impacto é minimizado e a capacidade do cabo de resistir aos testes de descarga parcial é significativamente aumentada.

## REIVINDICAÇÕES

1. Processo para fabricar um cabo elétrico (1), compreendendo as fases de:

- alimentar (201) um condutor (2) em uma velocidade de  
5 alimentação predeterminada;
  - extrusar (202) uma camada isolante termoplástica (4) em uma posição radialmente externa ao condutor (2);
  - esfriar (203) a camada isolante extrusada (4);
  - formar (210) uma blindagem de metal circunferencialmente  
10 fechada (6) ao redor da referida camada isolante extrusada (4);
- em que o tempo decorrido entre o término da fase de resfriamento (203) e o início da fase (210) de formação da blindagem é inversamente proporcional à velocidade de alimentação do condutor (2),
- caracterizado pelo fato de usar um material de isolamento  
15 termoplástico em combinação com uma blindagem de metal longitudinalmente dobrada, circunferencialmente contínua.

2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a fase de formar (210) compreende a etapa de dobrar longitudinalmente uma folha de metal (60) ao redor da referida camada  
20 isolante extrusada (4).

3. Processo de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a fase de formar (210) compreende a etapa de sobrepor as bordas da referida folha de metal (60) para formar a blindagem de metal (6).

4. Processo de acordo com a reivindicação 2, caracterizado  
25 pelo fato de que a fase de formar (210) compreende a etapa de ligar as bordas da referida folha de metal (60) para formar a blindagem de metal (6).

5. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que ainda compreende a fase de suprir o condutor (2) na forma de uma haste de metal.

6. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que ainda compreende a fase de aplicar uma camada de revestimento de base ao redor da blindagem de metal (6).

5 7. Processo de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que a fase de aplicar a camada de revestimento de base é realizada por extrusão.

8. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que ainda compreende a fase de aplicar um elemento protetor contra impactos (20) ao redor da referida blindagem de metal  
10 circunferencialmente fechada (6).

9. Processo de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a fase de aplicar um elemento protetor contra impactos (20) compreende a fase de aplicar uma camada polimérica não expandida (21) ao redor da referida blindagem de metal (6).

15 10. Processo de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a fase de aplicar um elemento protetor contra impactos (20) compreende a fase de aplicar uma camada polimérica expandida (22).

11. Processo de acordo com as reivindicações 9 e 10, caracterizado pelo fato de que a camada polimérica expandida (22) é aplicada  
20 ao redor da camada polimérica não expandida (21).

12. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que ainda compreende a fase de aplicar uma sobrecapa (23) ao redor da blindagem de metal (6).

13. Processo de acordo com as reivindicações 10 e 12, caracterizado pelo fato de que a sobrecapa (23) é aplicada ao redor da camada polimérica expandida (22).  
25

14. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a fase de resfriar (203) a camada isolante extrusada (4) é realizada por alimentação longitudinal do condutor (2) com a camada isolante

termoplástica (4) através de um dispositivo de resfriamento alongado.

15 15. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado  
pelo fato de que o material polimérico termoplástico da camada isolante (4) é  
selecionado de: poliolefinas, copolímeros de olefinas diferentes, copolímeros  
de uma olefina com um éster etilenicamente insaturado, poliésteres,  
poliacetatos, polímeros de celulose, policarbonatos, polissulfonas, resinas  
fenólicas, resinas de uréia, policetonas, poliacrilatos, poliamidas, poliaminas,  
e misturas destes.

10 16. Processo de acordo com a reivindicação 15, caracterizado  
pelo fato de que o referido material polimérico termoplástico é selecionado  
de: polietileno (PE), polipropileno (PP), etileno/acetato de vinila (EVA);  
etileno/acrilato de metila (EMA), etileno/acrilato de etila (EEA),  
etileno/acrilato de butila (EBA); copolímeros termoplásticos de etileno/ $\alpha$ -  
olefina; poliestireno; resinas de acrilonitrila/butadieno/estireno (ABS); cloreto  
15 de polivinila (PVC); poliuretano; poliamidas; tereftalato de polietileno (PET);  
tereftalato de polibutileno (PBT) e copolímeros destes ou suas misturas  
mecânicas.

20 17. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado  
pelo fato de que o material polimérico termoplástico da camada isolante (4)  
inclui uma quantidade predeterminada de um líquido dielétrico.

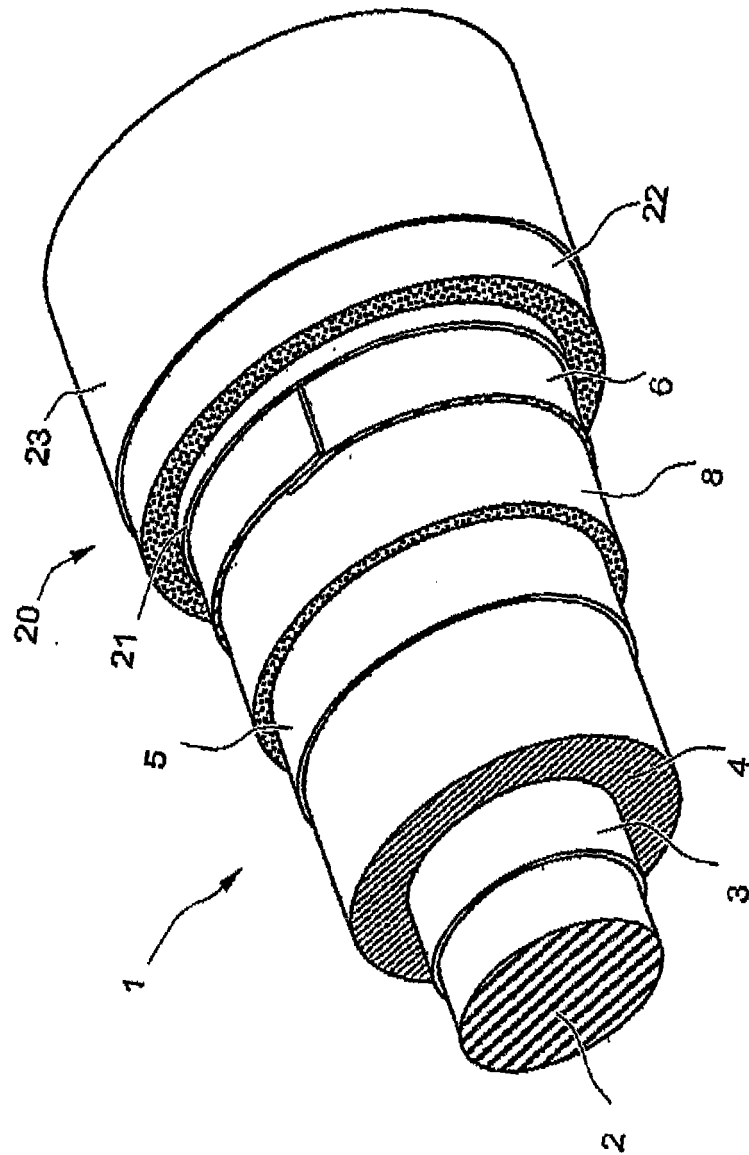


Fig. 1

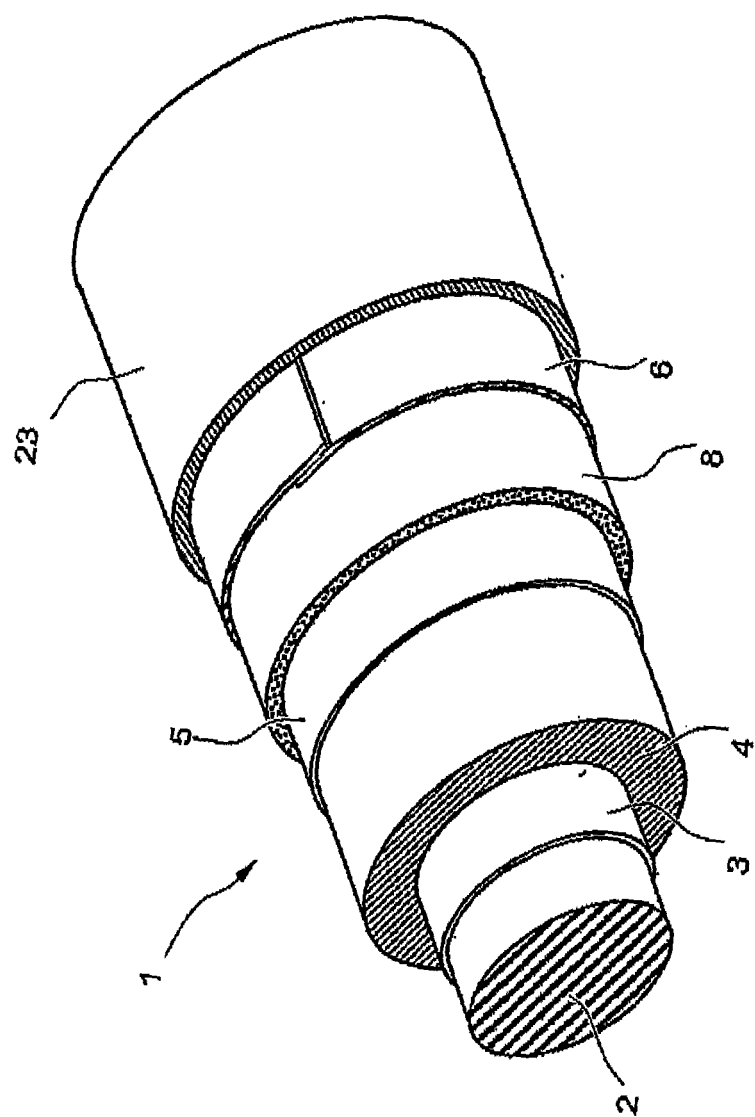


Fig. 2

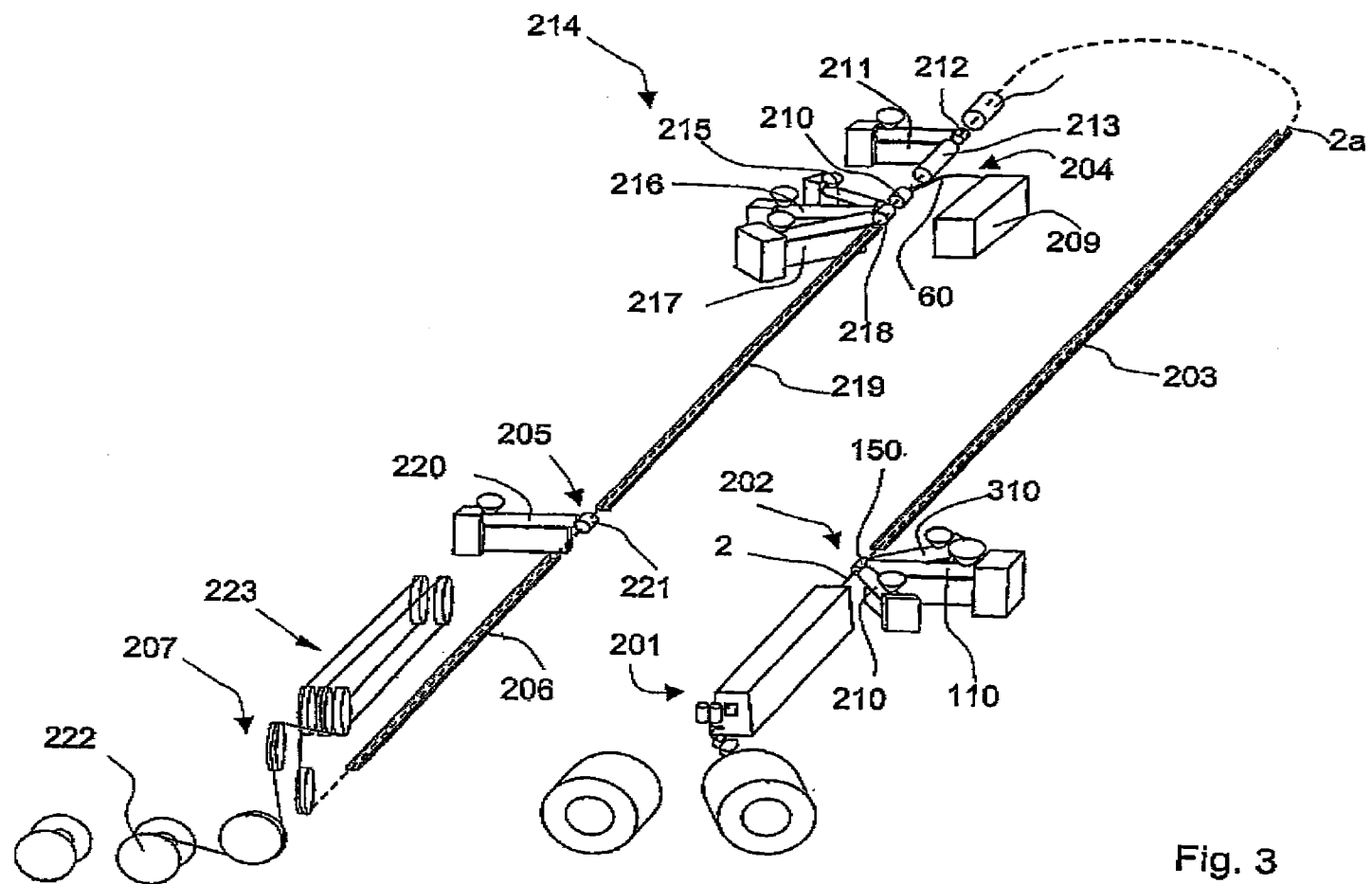


Fig. 3

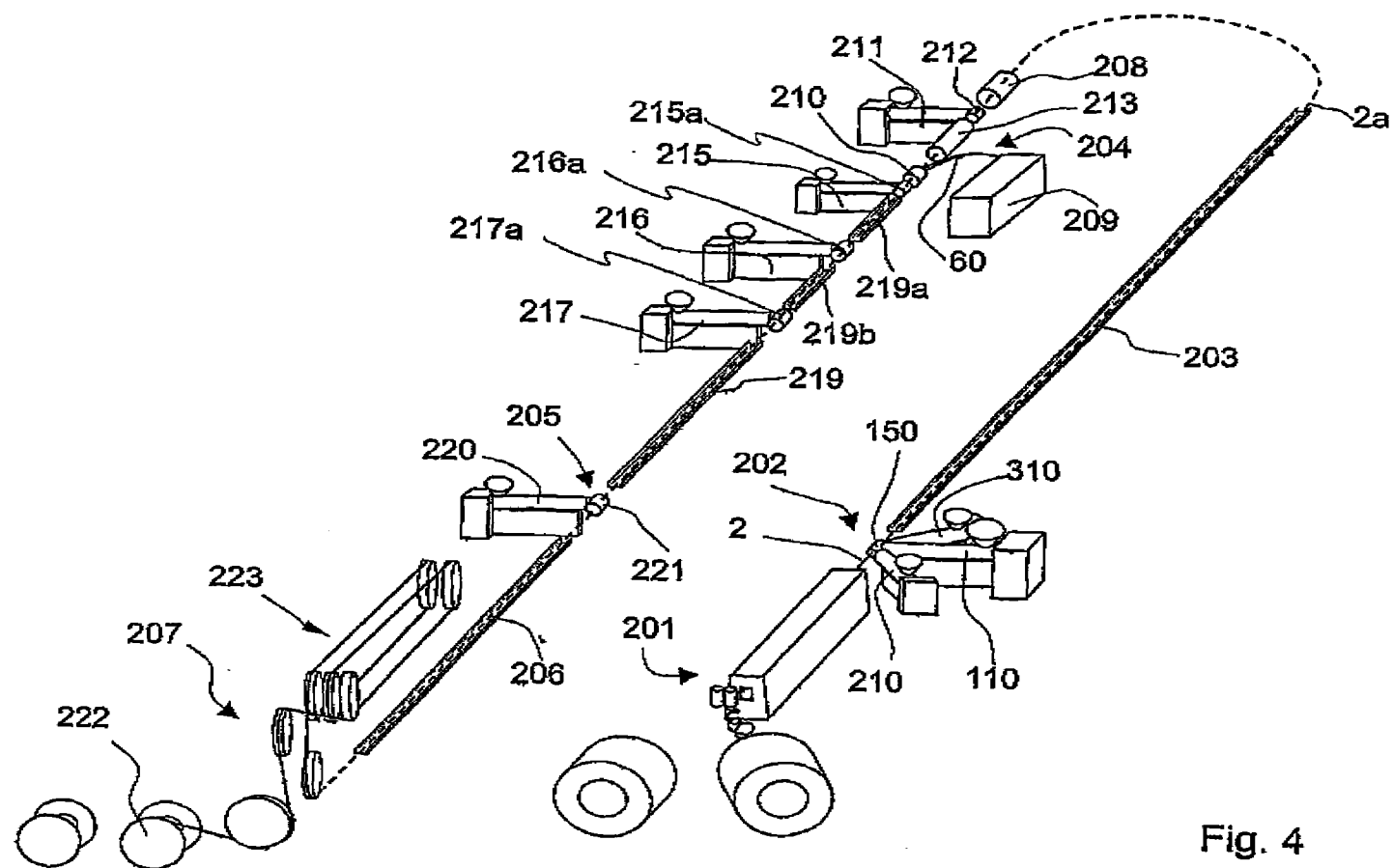


Fig. 4

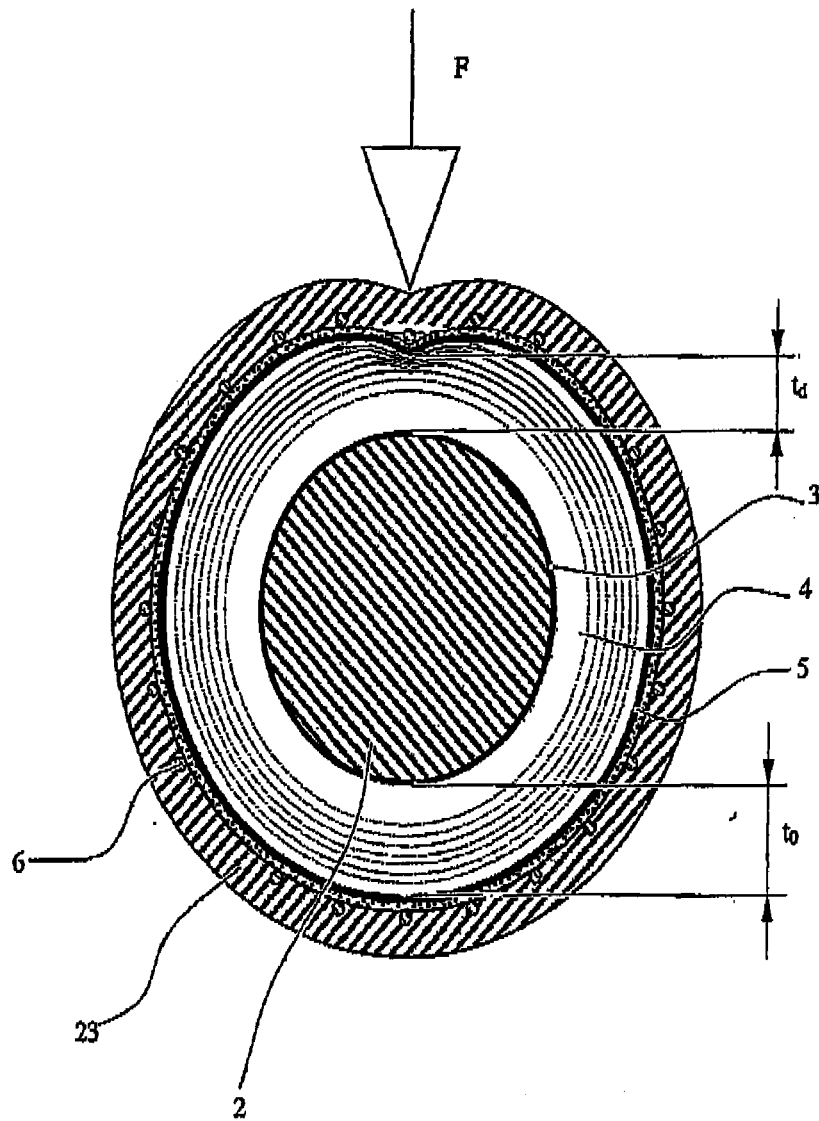


Fig. 5

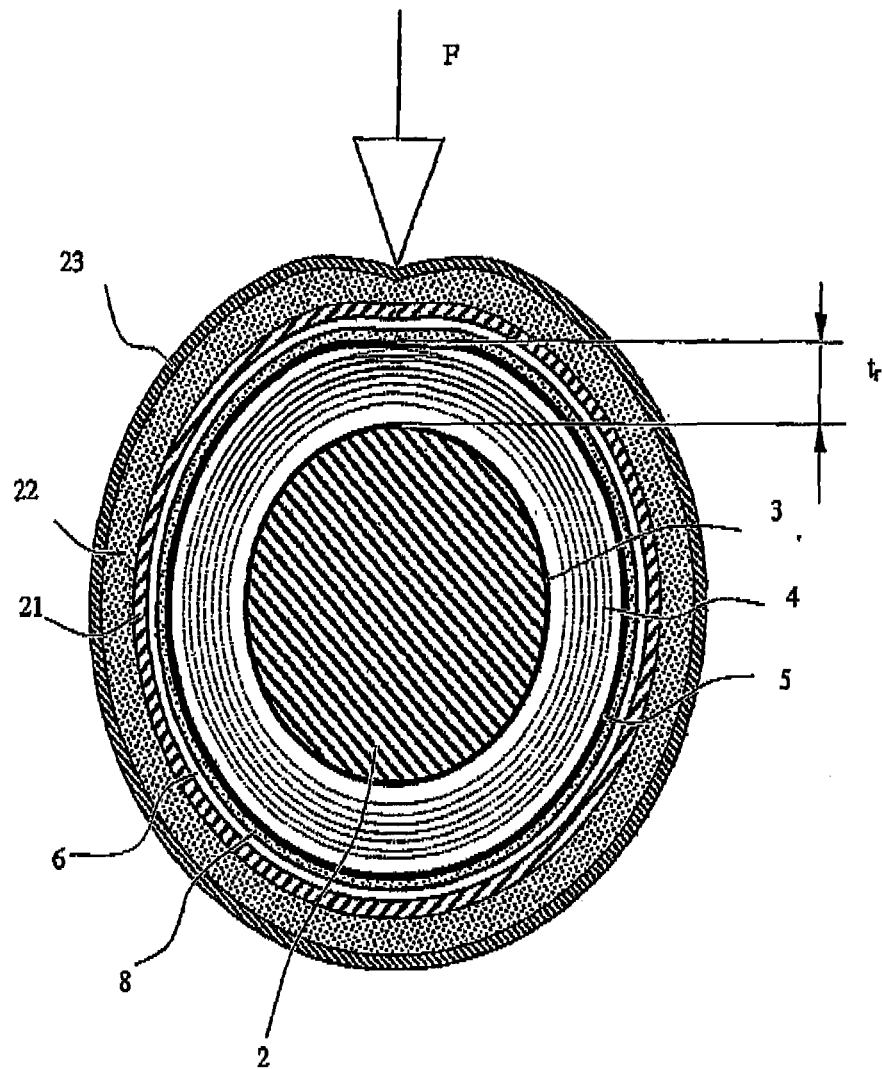


Fig. 6