



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

(11) PI 0520166-7 B1

(22) Data do Depósito: 29/03/2005

(45) Data de Concessão: 08/08/2017



(54) Título: MÉTODO PARA FABRICAR UM CABO ÓPTICO, E, APARELHO PARA FABRICAR UM CABO ÓPTICO

(51) Int.Cl.: G02B 6/44

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

(72) Inventor(es): LUIS SALES CASALS; FLAVIO SANGALLI; FRANCESCO DELLA CORTE;
ALESSANDRO GINOCCHIO

“MÉTODO PARA FABRICAR UM CABO ÓPTICO, E, APARELHO PARA FABRICAR UM CABO ÓPTICO”

DESCRIÇÃO

Fundamentos da Invenção

[0001] A presente invenção se refere a um método para fabricação de um cabo óptico, a um aparelho para a fabricação mencionada e a um cabo óptico compreendendo pelo menos um tubo de metal acondicionando pelo menos uma fibra óptica.

[0002] A proteção de fibras ópticas, acondicionando em um tubo de metal, acha aplicação em cabo aéreo, subterrâneo e subaquático.

[0003] Tipicamente, o tubo de metal envolve uma única fibra ou várias fibras ópticas, preferencialmente juntas em um feixe de várias fibras. Metais, tais como aço, alumínio, liga de alumínio ou cobre, podem ser usados para fabricar o tubo.

Técnica anterior

[0004] Um método para fornecer um tubo de metal em torno de uma ou mais fibras ópticas compreende a etapa de moldar um tubo de metal com uma fenda longitudinal, fenda mencionada sendo selada após o posicionamento das fibras ópticas no tubo. Ver, por exemplo, US 6.522.815 (no nome de Nexans Deutschland Industries AG & Co. FG).

[0005] US 6.047.586 (no nome da Alcatel) se refere ao processo onde um tubo de metal é fabricado extrusando um material inicial, através de um bocal formado. Durante o tempo que o metal é extrusado, fibras ópticas são conduzidas para o centro do bocal formado através de uma segunda abertura. A técnica é o processo ConformTM para fabricação de perfis e tubos de metais não ferrosos (como descrito, por exemplo, na US 3.765.216). Com esta técnica, metal na forma de fio é introduzido em um sulco disposto em uma circunferência de uma roda de fricção rotativa. A roda conduz o metal para um espaço de retenção de um bloco de retenção que se acopla no sulco e sela

o sulco. A rotação da roda de fricção produz temperaturas altas e pressões altas no espaço de retenção, que plasticamente deformam o metal. O metal pode então ser extrusado através de um bocal formado e solidificar para formar um perfil ou um tubo.

[0006] No acima citados tipos de cabos, a fibra óptica é usualmente fornecida para ter um comprimento mais alto do que o tubo de metal, em particular, de modo a levar em consideração os coeficientes termais diferentes do vidro das fibras e do metal do tubo.

[0007] Comprimento de fibra adicional mencionado (EFL) usualmente varia com uma função da construção do cabo, dos materiais empregados e do diâmetro do tubo de metal. Um EFL adequado protege as fibras ópticas de aumentos de atenuação e falhas mecânicas devido as pressões geradas no cabo durante sua vida, tal como durante a instalação ou causada através de condições de ambiente, por exemplo mudanças de temperatura, vento, gelo, durante operação.

[0008] US 6.047.586 revela que para produzir um comprimento adicional dentro do tubo de metal movendo as fibras suavemente com uma velocidade de alimentação mais alta, através de um canal terminando no bocal formado.

[0009] O Requerente observa que este método é difícil de ser realizado, e os resultados em termos de comprimento de fibra adicional não são confiáveis.

[00010] US 6.522.815 mostra que para produzir o comprimento adicional das fibras ópticas, comparado com o tubo de metal, um dispositivo de corrugação é arrumado a jusante de um eixo giratório que impressa um corrugação na parede do tubo em uma operação contínua. O comprimento adicional da fibra óptica é uma função da profundidade e do passo da corrugação.

[00011] De acordo com a US 2004/0008956, de modo a fibra óptica no

tubo de metal ser fornecida com um comprimento adicional, o tubo de metal é prendido de forma contínua, entre presilhas de aperto de extração cujos pares de presilhas de aperto prendem o tubo de metal com segurança e aplicam forças de deformação. O tubo de metal se submete a deformações elásticas, isto é, é esticado. Por conseguinte, comprimentos iguais de tubo de metal esticado e fibras ópticas são enrolados em um disco de extração. O estado da deformação elástica “relaxa” no disco de extração e o tubo de metal é encurtado para a condição normal.

Sumário da invenção

[00012] Dentro da presente invenção, o Requerente percebe que vantagens podem surgir do uso da porção de deformação plástica do diagrama de carga/alongamento do tubo de metal melhor do que porção de deformação elástica do diagrama de carga/alongamento do tubo de metal.

[00013] Contudo, o Requerente experimentou que fornecendo um comprimento de fibra adicional corrugando um tubo, o cabo resultante tem um EFL variando perto de limites aceitáveis ao longo da extensão longitudinal do cabo.

[00014] Em particular, dentro da presente invenção o Requerente observou que, enquanto o encurtamento de um tubo, em particular, o encurtamento de um tubo de metal através de deformação plástica, é uma operação difícil de ser realizada para produzir um resultado constante, o alongamento plástico do tubo é um processo reproduzível que pode ser controlado com precisão em produção industrial.

[00015] O Requerente achou que um cabo óptico com um EFL, substancialmente constante ao longo de sua extensão longitudinal pode ser produzido concedendo um EFL mais alto do que o um desejado durante pelo menos uma etapa do processo de fabricação e subsequente esticando plasticamente o tubo acondicionando as fibras em uma maneira controlada para o valor de EFL final.

[00016] Em um primeiro aspecto, a presente invenção se refere a um método para fabricação de um cabo óptico compreendendo pelo menos um tubo de metal acondicionando pelo menos uma fibra óptica, mencionado cabo tendo um comprimento de fibra adicional (EFL) predeterminado, método mencionado compreendendo as etapas de:

- avançar mencionada fibra óptica;
- medir um comprimento da fibra óptica avançada em um intervalo de tempo;
- formar um tubo de metal em torno da fibra mencionada;
- obter a congruência entre o tubo de metal e a fibra mencionada;
- plasticamente deformar o tubo de metal encurtando o tubo de metal de uma quantidade predeterminada (St) maior do que o Mencionado EFL predeterminado, durante avanço do tubo de metal;
- plasticamente deformar o tubo de metal após encurtamento para fornecer um alongamento dele, durante avanço do tubo de metal;
- medir um comprimento de tubo de metal avançado em um mencionado intervalo de tempo após alongamento mencionado;
- avaliar um comprimento de fibra adicional resultante como uma função do comprimento da mencionada fibra óptica e do comprimento do tubo de metal medido mencionado;
- ajustar o comprimento de fibra adicional resultante, controlando o alongamento do tubo de metal para alcançar o comprimento de fibra adicional predeterminado.

[00017] Para o propósito da presente descrição e das reivindicações que seguem, exceto onde indicado ao contrário, todos os números expressando quantias, quantidades, percentagens, e assim por diante, são para ser entendidos como sendo modificados em todos instantes pelo termo “cerca de”. Também, todos alcances incluem qualquer combinação dos pontos

máximos e mínimos revelado e incluem quaisquer alcances intermediários dessa maneira, que pode ou não pode ser especificamente aqui enumerados.

[00018] Na presente descrição e reivindicações, como comprimento de fibra adicional (EFL), quer dizer o valor dado pela seguinte fórmula

$$\text{EFL}(\%) = \frac{L_f - L_t}{L_t} \cdot 100 \quad (1)$$

onde

L_f é o comprimento da, pelo menos uma, fibra óptica e

L_t é o comprimento do tubo de metal acondicionando as fibras.

[00019] O EFL obtido pelo método da invenção pode preferencialmente alcançar de -1,5% para 2,5% dependendo dos requisitos do cabo óptico específico a ser fabricado. Tipicamente, um EFL positivo é vantajoso em todos os casos, onde o cabo pode ser submetido a tensões de carga e alongamentos, por exemplo, em cabos ópticos aéreos; contudo, em alguns casos um EFL negativo pode ser vantajoso, por exemplo, em cabo subterrâneo, especialmente quando enterrado em solo sujeito a congelar.

[00020] Em vista das definições acima, o comprimento de fibra adicional (EFL) pode facilmente ser medido no cabo terminado.

[00021] De modo a medir o EFL para finalidade de controle durante o processo de fabricação do cabo, o EFL é determinado como uma função do comprimento avançado medido das fibras ópticas em um dado período de tempo e do comprimento avançado medido do tubo de metal no mesmo período de tempo. Se tal valor é calculado nas bases do comprimento avançado medido do tubo de metal no final da linha de fabricação (isto é, quando não é esperado que o tubo passe por qualquer mudança de dimensão adicional), o valor obtido corresponde também ao EFL final do cabo, sendo a fibra substancialmente não extensiva ao longo de toda a linha de fabricação do cabo.

[00022] Na presente descrição e reivindicações, como “intervalo de tempo”, quer dizer, um período arbitrário de tempo. Preferencialmente, um

intervalo de tempo útil na fabricação do cabo de acordo com a presente invenção, está fora da ordem de magnitude do tempo levado por uma fibra óptica, para viajar ao longo da linha de fabricação na velocidade de fabricação usual, para ir ao longo de todo o comprimento completo da linha de fabricação (tipicamente percorrendo de 10 a 50 m).

[00023] Tempos quaisquer diferentes podem ser usados em vista das necessidades de fabricação específicas, por exemplo, intervalo de tempo mais curto pode ser útil para atingir uma, particularmente, constância alta do valor de EFL ao longo do cabo, onde a aplicação do cabo específica assim requer, ou em velocidades de fabricação alta, enquanto um intervalo de tempo mais longo pode permitir o uso de dispositivos de medida e aparelhos de controle mais simples, ou ser usada em velocidade de fabricação baixa.

[00024] A etapa de formar o tubo de metal em torno da fibra óptica pode ser feito através de uma técnica conhecida na técnica, por exemplo, fornecendo um tubo de metal com uma fenda longitudinal que é selada após inserção da, pelo menos uma, fibra, ou formando o tubo de metal in situ extrusando um metal plastificado, a ultima maneira sendo preferida.

[00025] Vantajosamente, a etapa de formar o tubo de metal em torno de pelo menos uma fibra óptica inclui monitorar a velocidade do tubo de metal formado.

[00026] Vantajosamente, o método da invenção também compreende uma etapa de fornecer um material de enchimento no mencionado tubo de metal.

[00027] Preferencialmente, o material de enchimento é avançado, separadamente da fibra óptica até após o tubo de metal ser formado em torno da fibra óptica.

[00028] Em uma modalidade preferida, o método da invenção também compreende as etapas de

- alimentar um metal plastificado através de um bocal para

formar um tubo de metal;

- conduzir, pelo menos uma fibra óptica dentro do tubo de metal através de um primeiro canal de alimentação tendo uma extremidade disposta a jusante do bocal; e

- conduzir um material de enchimento dentro do tubo de metal através de um segundo canal de alimentação tendo uma extremidade disposta a jusante do bocal.

[00029] Na presente descrição e reivindicações, como “ obtendo a congruência ”, quer dizer, causar a fibra óptica e o tubo de metal serem ligados longitudinalmente juntos.

[00030] Se a congruência é obtida enrolando o tubo de metal contendo a fibra óptica em uma polia ou similar, o comprimento da fibra óptica pode resultar ser menor do que aquele do tubo de metal, porque a fibra é enrolada em um diâmetro que é menor do que o diâmetro de giro do eixo do tubo. Em tal caso, de modo a alcançar o EFL final, o encurtamento do tubo de metal precisa levar em conta também esta redução de comprimento da fibra.

[00031] Preferencialmente, por que em tal caso a fibra é submetida a pressões de tensão após seu giro dentro do tubo na polia de congruência, o subsequente encurtamento do tubo deve ser feito imediatamente após a fibra e tubo saírem da polia de congruência, de modo a reduzir o tempo no qual a fibra é exposta a tais pressões de tensão.

[00032] Na presente descrição e reivindicações, como “ plasticamente deformando ”, quer dizer, causar uma mudança no comprimento do tubo de metal aplicando uma força, a mudança mencionada que dura após a força aplicada, é removida. Por exemplo, a mudança mencionada pode resultar da aplicação de pressão sustentada além do limite elástico do material do tubo.

[00033] Preferencialmente, a etapa de encurtamento é realizada corrugando, enrugando, indentando o, pelo menos um, mencionado tubo de metal. Na presente descrição e reivindicações, como “ indentando ”, deve

englobar também o termo “ enrugando ” e “ corrugando ” ao menos que específico ao contrário.

[00034] Por exemplo, o encurtamento é obtido indentando o tubo de metal com uma deformação helicoidal tendo valores predeterminados de passo e profundidade. Preferencialmente, um passo de 5 a 15 mm é estabelecido.

[00035] Preferencialmente, a quantidade de encurtamento de S_t é de 0,2% a 0,4% maior do que uma correspondendo ao EFL predeterminado.

[00036] A etapa de avaliação do EFL resultante é realizada comparando o comprimento do tubo de metal após alongamento com o comprimento da fibra óptica como medido a montante da congruência.

[00037] Preferencialmente, a etapa de ajustar o EFL resultante controlando o alongamento do tubo de metal é efetuado através de um ajuste de velocidade no aparelho estirando o tubo. Mais particularmente, o alongamento do tubo é efetuado através do aumento da velocidade de extração do tubo quando o EFL resultante é mais alto do que aquele predeterminado, ou reduzindo a velocidade de extração do tubo quando o EFL resultante é mais baixo do que aquele predeterminado.

[00038] Em um outro aspecto, a presente invenção se refere a um cabo óptico compreendendo, pelo menos um tubo de metal e pelo menos uma fibra óptica acondicionada nele, o mencionado cabo tendo um comprimento de fibra adicional (EFL) local variando de, ou menos do que 0,2% ao longo da extensão longitudinal do cabo com respeito a um EFL médio do cabo.

[00039] Na presente descrição e reivindicações, como “ EFL médio ”, quer dizer, um valor de EFL resultante das medidas de comprimentos de fibra óptica e tubo de metal tiradas de um cabo óptico de pelo menos 1 km de comprimento.

[00040] Na presente descrição e reivindicações, como “ EFL local ”, quer dizer, um valor de EFL resultante das medidas de comprimentos de fibra

óptica e tubo de metal tiradas de uma porção do cabo tendo um comprimento de 10 m a 50 m.

[00041] Preferencialmente, um cabo de acordo com a presente invenção, o EFL local medido em porções de cabo distante de pelo menos 100 m uma das outra em um cabo de pelo menos 1 km, varia de, ou menos do que 0,2% ao longo da extensão longitudinal do cabo com respeito ao EFL médio do comprimento do mencionado cabo.

[00042] Exemplos de cabos ópticos de acordo com a invenção são cabos para uso aéreo tais como fio terra óptico (OPGW) e condutores de fase ópticos (OPPC). e cabos terrestres para uso em ambientes severos, ou, em geral, quando uma proteção de metal desejada.

[00043] Em uma modalidade, preferida de acordo com a invenção, o cabo da invenção tem um EFL médio de 0,2% a 1,5%, mais preferencialmente de 0,2% a 0,9%. Em uma outra modalidade, o EFL médio pode ter valores negativos, por exemplo de -0,5%.

[00044] Preferencialmente, o EFL local difere do EFL médio de, ou menos do que 0,1%.

[00045] Preferencialmente, o cabo óptico da invenção compreende, pelo menos um tubo de metal acondicionando de 12 a 96, mais preferencialmente de 24 a 48 fibras ópticas.

[00046] O tubo de metal é feito de um material de metal plasticamente deformável. Exemplos de tais materiais de metal é aço, alumínio, liga de alumínio e cobre.

[00047] Em uma modalidade preferida da invenção, o tubo de metal é longitudinalmente encurtado com relação a, pelo menos uma fibra óptica acondicionada nele. Mais particularmente, o tubo de metal é longitudinalmente encurtado por enrugamento, indentação ou corrugação. Mais preferencialmente o tubo de metal é retraído.

[00048] Em uma modalidade preferida, o enrugamento, indentação ou

corrugação do tubo de metal tem uma profundidade de 0,05 mm até 2 mm, mais preferencialmente de 0,1 mm à 1 mm da superfície de envelopamento externa do tubo.

[00049] Em uma modalidade preferida, enrugamento, indentação ou corrugação é uma hélice com um passo de 5 mm até 15 mm.

[00050] Preferencialmente, o tubo de metal tem um diâmetro interno de 2 até 11 mm, mais preferencialmente de 2 mm até 4 mm.

[00051] Preferencialmente, o tubo de metal tem um diâmetro externo de 3 até 15 mm, mais preferencialmente de 3 mm até 6 mm.

[00052] Para o propósito da presente descrição e reivindicações, os diâmetros interno e externo do tubo são referenciados como as superfícies cilíndricas interna e externa do tubo e não se leva em conta o enrugamento, indentação ou corrugação das mesmas.

[00053] Em uma modalidade preferida, a fibra óptica acondicionada no tubo de metal está embutida em um material de enchimento. Exemplo de um material de enchimento é um gel, uma gelatina ou uma graxa. Preferencialmente, o material de enchimento mencionado, tem pelo menos uma característica selecionada de hidrofobicidade, absorção de hidrogênio, tixotropia. Mais preferencialmente, o material de enchimento mencionado é hidrofóbico e tixotrópico. Mais preferencialmente, o material de enchimento mencionado é hidrofóbico e tixotrópico. Mais preferencialmente, é um material de enchimento mencionado é hidrofóbico, tixotrópico e capaz de absorver hidrogênio.

[00054] Preferencialmente, um material de enchimento adequado para a invenção tem uma absorção de hidrogênio igual a, ou maior do que 0,1 cm³ STP/g, mais um material de enchimento preferencialmente igual a, ou maior do que 0,5 cm³ STP/g.

[00055] Preferencialmente, um material de enchimento adequado para a invenção tem uma viscosidade de temperatura local de 40 até 300 Pa.s (taxa

de corte de 1,56/s), mais preferencialmente de 50 até 120 Pa.s. Os valores de viscosidade são provenientes de uma medida reológica por meio de um reômetro Bohlin CVO 120 de controle de pressão com um sistema de medição de 2°/40 mm de cone e placa em temperatura constante.

[00056] Em um outro aspecto, a presente invenção se refere a um aparelho para fabricação de um cabo óptico compreendendo pelo menos um tubo de metal acondicionando pelo menos uma fibra óptica, o mencionado cabo tendo um comprimento de fibra adicional (EFL) predeterminado, o aparelho compreendendo

- um dispositivo para, continuamente, formar um tubo de metal;
- um primeiro canal de alimentação para conduzir pelo menos uma fibra óptica dentro do mencionado tubo de metal;
- um primeiro dispositivo de puxar para fazer o tubo de metal e a, pelo menos uma fibra óptica congruente
- um dispositivo de corrugação para encurtar mencionado tubo de metal;
- um segundo dispositivo de puxar para alongar o mencionado tubo de metal

[00057] Em exemplo de dispositivo para formar o tubo de metal de acordo com a invenção é uma máquina de conformar metal continuamente.

[00058] Vantajosamente, dito aparelho compreende um segundo canal de alimentação para transportar uma material de enchimento para dentro do mencionado tubo de metal.

[00059] Vantajosamente, o segundo canal de alimentação é coaxial e na posição externa radialmente com respeito ao primeiro canal de alimentação.

[00060] O aparelho da invenção vantajosamente compreende um primeiro dispositivo de resfriamento envolvendo o primeiro canal de alimentação.

[00061] Preferencialmente, o mencionado primeiro dispositivo de resfriamento compreende um tubo de resfriamento, coaxial e na posição externa radialmente com respeito ao primeiro canal de alimentação, mencionado tubo de resfriamento acondicionando um escoamento de um fluido de resfriamento.

[00062] Mais preferencialmente, o mencionado tubo de resfriamento é coaxial e na posição externa radialmente ao segundo canal de alimentação.

[00063] Um segundo dispositivo de resfriamento, por exemplo uma vala de resfriamento operando através de borrifar água, é preferencialmente fornecido a jusante do dispositivo para formar o tubo de metal.

[00064] Opcionalmente, a montante do primeiro dispositivo de puxar, uma matriz pode ser fornecida para fazer a equalização da dimensão ou da superfície do tubo de metal. A mencionada matriz pode também fornecer uma redução do diâmetro do tubo de metal.

[00065] O primeiro dispositivo de puxar é, por exemplo, um eixo giratório, ou uma lagarta, o primeiro sendo preferido.

[00066] Dentro da presente invenção e reivindicações, por eixo giratório quer-se dizer uma polia movida a motor em torno da qual, o cabo ou tubo é enrolado de pelo menos uma volta. Se necessário, tal eixo giratório inclui uma lagarta atuando no cabo ou tubo imediatamente a jusante do cilindro ou polia para puxar o cabo ou tubo com uma força alta o bastante para gerar uma fricção prevenindo escorregamento do cabo ou tubo na superfície do cilindro ou da polia.

[00067] Dentro da presente invenção e reivindicações, por lagarta significa duas correias de metal sem fim movidas a motor transportadas por polias relevantes, entre as quais o cabo ou tubo é apertado. Quando uma lagarta é usado com o dispositivo de puxar, a força de aperto das correias é alta o bastante para permitir transmitir através de uma força de extração o cabo sem escorregamento.

[00068] Na presente descrição e reivindicações, como “dispositivo de corrugação”, quer dizer, um dispositivo capaz de encurtar o tubo de metal através de deformação plástica, por exemplo através de, indentação ou corrugação ou enrugamento das paredes do tubo de metal.

[00069] O segundo dispositivo de puxar pode ser selecionado entre uma lagarta ou um eixo giratório, o último sendo preferido.

[00070] Vantajosamente, o aparelho da invenção também compreende pelo menos um dispositivo de medida de comprimento para verificar o andamento do processo de fabricação. Preferencialmente, dispositivos de medida de comprimento são fornecidos, por exemplo, a montante do primeiro canal de alimentação, a montante e a jusante do primeiro dispositivo de puxar, a jusante do segundo dispositivo de puxar. Vantajosamente, os dispositivos, de medida de comprimento, mencionados medem o comprimento das fibras ópticas, do tubo de metal ou ambos enquanto avançando ao longo do aparelho. Cada um dos dispositivos de medida de comprimento mencionados é vantajosamente conectado a um contador.

[00071] Exemplos de dispositivos de medida de comprimento usados no presente aparelho de fabricação são codificadores e instrumento de medida sem contato baseado em laser, usando efeito Doppler.

[00072] Preferencialmente, pelo menos um dispositivo de medida de comprimento mencionado é um codificador.

Descrição breve dos desenhos

[00073] A invenção será, mais tarde, ilustrada com referência aos exemplos a seguir figuras, onde:

- Figura 1 mostra um vista de seção transversal de um cabo óptico de acordo com a invenção;

- Figura 2 é um vista lateral esquemática de um aparelho de acordo com a invenção;

- Figura 3 mostra um vista de seção transversal de um

dispositivo para formar um tubo para a presente invenção;

- Figura 4 mostra um tubo de metal em uma seção longitudinal parcial acondicionando uma fibra óptica;

- Figura 5 se refere a variação de EFL em um cabo fabricado de acordo com a técnica anterior;

- Figura 6 e 7 se referem a variação de EFL em um cabo fabricado de acordo com a presente invenção.

Descrição detalhada das modalidades preferidas

[00074] Na figura 1 um exemplo de um cabo OPGW 100 de acordo com a invenção é mostrado.

[00075] O cabo 100 compreende um feixe de fibras ópticas 101 embutidas em um material de enchimento 102, o conjunto sendo acondicionado em um tubo de alumínio 103. Elementos de blindagem 104, 105 são fornecidos em uma posição radialmente externa com relação ao tubo de alumínio 103.

[00076] Preferencialmente, os elementos de blindagem são, de forma helicoidal, enrolados em torno do tubo 103 em uma única camada, coaxial ao tubo 103.

[00077] Em uma modalidade preferida, em particular para uso como OPGW (Fio Terra óptico), os elementos de blindagem incluem fios de aço recoberto de alumínio 104, e fios de alumínio 105. O número e diâmetro dos fios de aço recoberto de alumínio 104 e dos fios de alumínio 105 são determinados caso a caso em vista da força de tensão necessária do cabo e da resistência elétrica necessária do cabo (em particular para uso como fio terra em linhas áreas elétricas de alta voltagem).

[00078] Para cabos para usos diferentes, os elementos de blindagem não podem estar presentes ou serem feitos com materiais diferentes, ou metálico ou dielétrico.

[00079] Dependendo do uso, um ou mais material de revestimento ou de

polímero pode estar presentes fora do tubo de alumínio 103 (não mostrado).

[00080] Na Figura 2, um aparelho para fabricação de um cabo de acordo com a invenção é ilustrado.

[00081] No aparelho 200 da figura 2, um compartimento de depósito 201a e um sistema de alimentação 201b são fornecidos para suprir, respectivamente, as fibras ópticas e o material de enchimento.

[00082] Tipicamente, o compartimento de depósito de fibras 201a, compreende uma ou mais fibras, transporta cilindros dos quais as fibras são desenroladas, com fricção controlada, e conduzida para formar um feixe de fibra a ser alimentada para os elementos subsequentes do aparelho.

[00083] Na saída do compartimento de depósito de fibras 201a um primeiro codificador 202 é fornecido, adequado para medir o comprimento das fibras ópticas avançadas em um dado período de tempo.

[00084] O codificador é um aparelho comercial e geralmente inclui um rolo, fricção dirigida na rotação através das fibras em movimento, sem escorregamento. A rotação do rolo é monitorada e o um circuito eletrônico é fornecido para calcular o comprimento avançado como função das voltas do rolo detectadas.

[00085] Após o primeiro codificador 202 as fibras ópticas são conduzidas para dentro de um sistema de injeção 203.

[00086] O sistema de injeção 203 é operativamente conectado a um máquina de extrusar metal 204, onde o tubo de metal é extrusado. Um exemplo de máquina de extrusar metal 204 é uma máquina de ConformTM.

[00087] Na saída da máquina de extrusar metal 204 uma vala de resfriamento 205 é fornecida, que resfria o tubo de metal extrusado por meio de um fluído de resfriamento, preferencialmente por jato de água.

[00088] Um segundo codificador 206 é fornecido para monitorar o avanço do tubo de metal acondicionando as fibras ópticas na saída da vala de resfriamento 205.

[00089] Após o segundo codificador 206, um eixo giratório 207 é fornecido, em torno do qual cilindro, o tubo acondicionando a fibra ou fibras é enrolado com uma volta.

[00090] O enrolamento do tubo em torno do tambor do eixo giratório 207 alcança a congruência entre fibras ópticas e tubo de metal.

[00091] O enrolamento do tubo e das fibras em torno do cilindro do eixo giratório 207 faz com que o comprimento das fibras ópticas no tubo, seja mais baixo do que aquele do tubo de metal, com já explicado acima.

[00092] A quantidade de encurtamento de tubo de metal subsequente é selecionada de modo a levar em consideração também este fato.

[00093] Do eixo giratório 207, o tubo de metal é puxado através de uma primeira lagarta 209 e levado para a entrada de um dispositivo de corrugação 210.

[00094] Entre o eixo giratório 207 e a primeira lagarta 209, um terceiro codificador 208 é fornecido para medir o comprimento do tubo. Alternativamente, codificador 208 mencionado pode ser posicionado no próprio eixo giratório 207.

[00095] A primeira lagarta 209, é preferencialmente posicionada perto do dispositivo de corrugação 210.

[00096] O dispositivo de corrugação 210 é uma máquina capaz de causar uma deformação plástica do tubo, na forma de um corrugação, indentação ou enrugamento. Preferencialmente, tal corrugação ou indentação é obtido através de uma cabeça de indentação, incluindo um anel de desvio através do qual o tubo é extraído, forçado a rodar em torno do tubo e interferindo com seu diâmetro mais externo para uma parte de sua rotação.

[00097] A ação do anel no tubo faz com que ao próprio tubo seja plasticamente deformado de acordo com uma hélice de indentação, cujo passo, largura e profundidade são determinadas pelos parâmetros geométricos do dispositivo de corrugação, que, em combinação, determina a quantidade de

encurtamento do tubo correspondente.

[00098] Tais parâmetros de encurtamento são estabelecidos no dispositivo de corrugação 210 e podem ser variados durante a operação. Em particular, a cabeça de indentação varia sua velocidade de rotação seguindo variações da velocidade do tubo medido através de um terceiro 208 de modo a manter um passo constante ao longo do comprimento do tubo.

[00099] Após o dispositivo de corrugação 210, uma segunda lagarta 211 puxa o tubo corrugado e o fornece a um cilindro coletor 213.

[000100] O tubo de metal é puxado pela segunda lagarta 211 de acordo com uma velocidade predeterminada assim como para alongar o tubo de metal e alcançar o EFL desejado.

[000101] O encurtamento do tubo de metal obtido é medido comparando o comprimento do tubo medido pelo terceiro codificador 208, fornecido entre a primeira lagarta 209 e o dispositivo de corrugação 210, e a medida de comprimento do tubo através de um quarto codificador 212, posicionado a jusante do dispositivo de corrugação 210 e da segunda lagarta 211.

[000102] O quarto codificador 212 mede o valor do comprimento após encurtamento e alongamento, isto é o comprimento final do tubo no cabo.

[000103] Em operação, o quarto codificador 212 mede o comprimento passado no período de tempo quando o terceiro codificador 208 mediu a passagem através de um comprimento predeterminado. Preferencialmente, tal comprimento predeterminado medido através do terceiro codificador 208 está fora de ordem de magnitude da linha de fabricação (por exemplo 10 a 50 m).

[000104] O comprimento de fibra adicional resultante é medido comparando as medidas do primeiro codificador 202 – que mede o comprimento das fibras ópticas vindo do fornecedor de fibras ópticas 201 – e o quarto codificador 212 que mede o comprimento do tubo após a segunda lagarta 211.

[000105] Finalmente, o tubo, com as fibras ópticas acondicionadas nele, é

enrolado em um cilindro 213; o tubo é subsequentemente fornecido para outros estágios, onde blindagem e revestimento são a ele aplicados de acordo com as necessidades. Em tais estágios o valor de EFL não é geralmente trocado, tal que o EFL medido na linha é substancialmente o mesmo que no cabo terminado. Contudo, no caso de um tratamento especial feito nesses estágios ser esperado modificar tal valor, os parâmetros da linha acima descrita podem ser selecionados para levar em consideração tais modificações.

[000106] Na operação, o encurtamento causado pelo dispositivo de corrugação 210 é selecionado para um valor excedendo aquele correspondendo ao EFL final no cabo.

[000107] A lagarta 211 estica o tubo corrugado ou retraído de uma quantidade determinada, para alcançar, no codificador 212, o EFL final desejado.

[000108] Em tal maneira, qualquer variação e tolerância não controláveis no encurtamento obtido pelo através do dispositivo de corrugação é levado em consideração, por meio disso alcançando a precisão desejada no valor de EFL final.

[000109] Como um exemplo, se um cabo óptico com um 0,5% de EFL é desejado, um encurtamento do tubo de metal (S_t) mais alto do que tal valor, for exemplo de 0,7% é estabelecido. Nesta maneira, um tubo de metal tendo um comprimento original de 10 m, medidas de 9,993 após encurtamento.

[000110] Se a velocidade da segunda lagarta 211 é 0,7% mais baixo do que a velocidade do eixo giratório 207, o tubo de metal mantém a percentagem estabelecida de encurtamento S_t . De modo a atingir o EFL desejado de 0,5%, a velocidade relativa da segunda lagarta 211 é estabelecida para ser 5% mais baixo do que aquela do eixo giratório 207, isto é, um alongamento de 0,2% ($S_t - \text{EFL}$) é realizado no tubo, assim como o produto final tem um encurtamento de 0,5%, isto é, um comprimento de 9,995 m.

[000111] Como a velocidade da segunda lagarta 211 pode ser ajustado nas bases do EFL medido final com um relativamente precisão alta (por exemplo dentro de $\pm 0,00025$ m/s ou $\pm 0,15$ m/min), qualquer erro no valor de encurtamento St pode ser compensado.

[000112] O método da invenção permite produzir um EFL predeterminado com uma variabilidade ao longo da direção longitudinal do cabo óptico muito mais baixa do que daquele do processo da técnica anterior.

[000113] Uma medida em tempo real e, no caso, ajuste do EFL resultante é realizado controlando a velocidade relativa da segunda lagarta 211 com relação a velocidade do eixo giratório 207.

[000114] O EFL resultante é calculado de acordo com a formula (1), na qual L_f é o comprimento da fibra óptica medida através do primeiro codificador 2-2, e L_t é o comprimento do tubo medido através do quarto codificador 21, ambos os comprimentos sendo medidos no mesmo intervalo de tempo.

[000115] No caso do EFL resultante ser mais alta do que um desejado, isto é as fibras ópticas no tubo são “ mais longas ” do que esperadas, a velocidade relativa da segunda lagarta 211 com relação ao eixo giratório 207 é diminuída através de uma quantidade correspondente para fornecer um mais alto alongamento do tubo e conseqüentemente aumentar o EFL resultante.

[000116] No caso do EFL resultante ser mais baixo do que um desejado, isto é as fibras ópticas são “ mais curtas ” do que esperadas, a velocidade relativa da segunda lagarta 211 com relação ao eixo giratório 207 é diminuída através de uma quantidade correspondente para fornecer um mais baixo alongamento do tubo e conseqüentemente aumentar o EFL resultante.

[000117] Figura 3 ilustra uma parte 300 de um aparelho da invenção, em particular, uma máquina de ConformTM 301 e, parcialmente, um sistema de injeção 302 para o material de enchimento. Uma haste de metal 303, adequada para produzir um tubo para o cabo óptico da invenção é conduzida

de uma roda de fricção de rotação 304 através de uma abertura 305 em um compartimento 306. O aumento da temperatura na superfície da roda de fricção 305 e a pressão produzida através do material continuamente conduzido, causa a haste de metal 305, a se tornar plástica. O metal plastificado 309' é então forçado através de uma abertura de saída de um bocal 307 para formar o tubo de metal 308.

[000118] Uma fibra óptica 309 (ou um feixe de fibras ópticas) é conduzido através do primeiro canal de alimentação 310 terminando a jusante no bocal 307. Um material de enchimento (seta F) é conduzido através de um segundo canal de alimentação 311 fornecido em uma posição radialmente externa com relação ao primeiro canal de alimentação 310, e terminando a jusante no bocal 307. Um circuito de refrigeração 312 para um fluido de resfriamento é fornecido, de forma coaxial e na posição radialmente externa em relação ao primeiro e ao segundo canal de alimentação 310, 311. Entrada e saída do fluido de refrigeração são mostradas através das setas CF_1 e CF_2 .

[000119] Na Figura 4, um tubo de metal 401 acondicionando uma fibra óptica 402 é mostrado parcialmente uma seção transversal em um plano axial, para mostrar um perfil de indentação de exemplo.

[000120] O tubo de metal 401 é de forma helicoidal retraída com um passo A e uma profundidade B (da superfície não retraída exterior do tubo).

[000121] A largura C da indentação (determinada através da ferramenta de indentação) é preferencialmente relativamente pequena com relação ao passo A. Por exemplo, a largura C pode variar entre 10 e 50% do passo A, e, preferencialmente entre 20 e 30% do passo A.

[000122] Preferencialmente, a profundidade B de indentação está entre 2% e 15% da largura C.

[000123] Preferencialmente, a profundidade B de indentação é tal de, não reduzir o diâmetro interno do tubo a mais do que 10% do diâmetro de tubo não retraído, original.

[000124] Enquanto uma modalidade preferida é uma indentação helicoidal, em particular, por razões de fabricação, outros tipos de indentação podem ser usados para os propósitos da presente invenção, por exemplo indentação anular em distância regulares ou não regulares ao longo do tubo.

EXEMPLO 1

(Comparativo)

[000125] Um tubo de alumínio tendo diâmetro mais externo de 4,6 mm e espessura de parede de 1,7 mm foi produzido, acondicionando 6 fibras ópticas.

[000126] O tubo foi produzido com uma máquina de ConformTM, e foi encurtado por corrugação.

[000127] Uma força de puxar constante de 40 kgf foi aplicada a jusante do dispositivo de corrugação através de uma lagarta.

[000128] Um comprimento de 10 km de tubo acondicionando fibra óptica foi produzido.

[000129] O EFL desejado foi de 0,7%.

[000130] O tubo de metal resultante forneceu um EFL médio de 0%, o que significa que encurtamento devido a corrugação foi completamente cancelado através de extração subsequente.

[000131] Paradas freqüentes também foram observadas durante a produção.

EXEMPLO 2

(Comparativo)

[000132] Um tubo de alumínio tendo diâmetro mais externo de 4,95 mm e espessura de parede de 1,25 mm foi produzido, acondicionando 6 fibras ópticas.

[000133] O tubo foi produzido com uma máquina de ConformTM.

[000134] As 6 fibras ópticas foram fornecidas dentro do tubo enquanto era formado, junto com um gel Seppigel® H-Lav (Seppigel® é marca registrada

da Seppic).

[000135] O tubo foi resfriado através de jatos de água.

[000136] Após resfriamento, o tubo foi encurtado de 0,9% através de corrugação.

[000137] A corrugação foi aplicada com os seguintes parâmetros:

- passo: 10 mm;
- largura: 3 mm; e
- profundidade: 0,25 mm

[000138] O tubo encurtado foi então alongado de 0,2% aplicando uma força de puxar de 20 kgf a jusante do dispositivo de corrugação.

[000139] A força de puxar mencionada foi aplicada através de uma lagarta movido a motor, cuja operação foi controlada para manter a força de puxar substancialmente constante ($\pm 10\%$).

[000140] Um comprimento de 6 km de tubo acondicionando fibra óptica foi produzido.

[000141] O EFL desejado foi de 0,7%.

[000142] O EFL resultante foi achado variando de -0,22% a +0,9%, como mostrado na Figura 5

EXEMPLO 3

(Invenção)

[000143] Um tubo de alumínio tendo diâmetro mais externo de 5,6 mm e espessura de parede de 1,8 mm foi produzido, acondicionando 24 fibras ópticas.

[000144] As fibras foram fornecidas dentro juntas com um gel Seppigel® H-Lav.

[000145] O tubo foi resfriado através de borrifadas de água.

[000146] Após resfriamento, o tubo foi encurtado de 0,9% através de corrugação.

[000147] A corrugação foi aplicada com os seguintes parâmetros:

- passo: 11 mm;
- largura: 3,55 mm; e
- profundidade: 0,3 mm

[000148] O tubo encurtado foi então alongado de 0,2% aplicando uma força de puxar de 20 kgf a jusante do dispositivo de corrugação.

[000149] A força de puxar mencionada foi aplicada através de uma lagarta movido a motor. A operação da lagarta mencionada foi controlada para variar a velocidade de puxar, como uma função do EFL resultante das medidas do comprimento do tubo medida através do quarto codificador a jusante do alongamento e do comprimento de fibra medida através do primeiro codificador, comprimentos mencionados, sendo passados no mesmo período de tempo (por exemplo 40 m/min).

[000150] Um comprimento de 2,6 km de tubo acondicionando fibra óptica foi produzido.

[000151] O EFL desejado foi de 0,7%.

[000152] O EFL resultante foi achado variando de 0,8 5 a 0,6%, como mostrado na Figura 6 e 7 reportando o EFL% no eixo da ordenada e o comprimento de tubo produzido (m) no eixo horizontal. Em particular, Figura 6 mostra a variação de EFL através de medidas efetuadas a cada 15 m, e Figura 7 mostra a variação de EFL através de medidas efetuadas a cada 45 m.

[000153] Como evidenciado através do Exemplo 1 acima, a falta de controle da força de puxar após a corrugação do tubo de metal foi considerada para fazer o encurtamento do tubo resultante da corrugação do tubo, ser praticamente removido nas operações subseqüentes, por meio disso prevenindo um EFL significativo de ser obtido.

[000154] No Exemplo 2 uma, substancialmente, força de puxar constante após a corrugação do tubo de metal foi aplicada.

[000155] O controle da força de puxar provou ser efetivo para manter uma certa quantidade de encurtamento de tubo aplicada, tal que o tubo obtido tem

um valor médio de EFL próximo ao valor desejado. Contudo, foi observado que não foi possível para manter um valor constante de EFL local através da produção, em vista das oscilações das dificuldades de condições de corrugação a serem evitadas, e do comportamento desigual do tubo na máquina de corrugação, tal que o EFL local varia além de limites aceitáveis com relação ao EFL médio ao longo da extensão longitudinal do cabo.

[000156] No Exemplo 3, o alongamento foi controlado controlando a velocidade da lagarta a jusante do dispositivo de corrugação. O controle de velocidade foi considerado efetivo para manter as condições geométricas desejadas (isto é o EFL) dentro de limites de tolerância estreitos, a despeito de qualquer desigualdade possível do comportamento do tubo na máquina de corrugação e no lagarta de alongamento.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para fabricar um cabo óptico compreendendo pelo menos um tubo de metal acondicionando pelo menos uma fibra óptica, o mencionado cabo tendo um comprimento de fibra adicional predeterminado (EFL), dito método compreendendo as etapas de:

- avançar mencionada fibra óptica;
- medir um comprimento da mencionada fibra óptica avançada em um intervalo de tempo;
- formar um tubo de metal em torno da mencionada fibra óptica;
- plasticamente deformar o tubo de metal encurtando o tubo de metal de uma quantidade predeterminada (St), durante avanço do tubo de metal;

caracterizado pelo fato de que dita quantidade predeterminada (St) é maior do que dito EFL predeterminado e que o método compreende adicionalmente:

- obter a congruência entre o tubo de metal e a mencionada fibra óptica;

em que a etapa de obtenção de congruência é realizada antes da etapa de encurtamento do tubo de metal de uma quantidade predeterminada (St);

- plasticamente deformar o tubo de metal após encurtamento para fornecer um alongamento do mesmo, durante avanço do tubo de metal;
- medir um comprimento de tubo de metal avançado em um mencionado intervalo de tempo após mencionado alongamento;
- avaliar um comprimento de fibra adicional resultante como uma função do comprimento da fibra óptica medida e do mencionado comprimento do tubo de metal medido;
- ajustar o comprimento de fibra adicional resultante,

controlando o alongamento do tubo de metal para alcançar o comprimento de fibra adicional predeterminado.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a etapa de formar o tubo de metal em torno de pelo menos uma fibra óptica é realizada extrusando um metal plastificado.

3. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a etapa de formar o tubo de metal em torno de pelo menos uma fibra óptica compreende monitorar a velocidade do tubo do metal formado.

4. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender uma etapa de fornecimento de material de enchimento dentro do mencionado tubo de metal.

5. Método de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o material de enchimento é avançado, separadamente da fibra óptica até após o tubo de metal ser formado em torno da fibra óptica.

6. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de

- alimentar um metal plastificado através de um bocal para formar um tubo de metal;

- conduzir, pelo menos uma fibra óptica dentro do tubo de metal através de um primeiro canal de alimentação tendo uma extremidade disposta a jusante do bocal; e

- conduzir um material de enchimento dentro do tubo de metal através de um segundo canal de alimentação tendo uma extremidade disposta a jusante do bocal.

7. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a etapa de encurtamento é realizado corrugando, enrugando, indentando o mencionado pelo menos um tubo de metal.

8. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o encurtamento é efetuado com um passo de 5 a 15 mm.

9. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a quantidade de encurtamento de S_t é de 0,2% a 0,4% maior do que uma correspondendo ao EFL predeterminado.

10. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a etapa de avaliação do EFL resultante é realizado comparando o comprimento do tubo de metal após alongamento com o comprimento da fibra óptica como medido a montante da congruência.

11. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a etapa de ajustar o EFL resultante controlando o alongamento do tubo de metal é efetuado através de um ajuste de velocidade no aparelho estirando o tubo.

12. Aparelho (200) para fabricar um cabo óptico (100) compreendendo pelo menos um tubo de metal (103; 308) acondicionando pelo menos uma fibra óptica (101; 309), o mencionado cabo (100) tendo um comprimento de fibra adicional (EFL) predeterminado, o aparelho (200) compreendendo:

- um dispositivo (204; 301) para, continuamente, formar um tubo de metal (103; 308);

- um primeiro canal de alimentação (201a; 310) para conduzir pelo menos uma fibra óptica (101; 309) dentro do mencionado tubo de metal (103; 308);

sendo o aparelho caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente:

- um primeiro dispositivo de puxar (207) para fazer o tubo de metal (103; 308) e a, pelo menos uma fibra óptica (101; 309) congruente

- um dispositivo de corrugação (210) para encurtar mencionado tubo de metal (103; 308);

- um segundo dispositivo de puxar (211) para alongar mencionado tubo de metal (103; 308).

13. Aparelho (200) de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o dispositivo (204; 301) para formar o tubo de metal (103; 308) é uma máquina de conformar metal continuamente.

14. Aparelho (200) de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de compreender um segundo canal de alimentação (201b; 311) para conduzir um material de enchimento (102) para dentro do mencionado tubo de metal (103; 308).

15. Aparelho (200) de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o segundo canal de alimentação (311) é coaxial e em uma posição externa radialmente com respeito ao primeiro canal de alimentação (310).

16. Aparelho (200) de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de compreender um primeiro dispositivo de resfriamento (312) envolvendo o mencionado primeiro canal de alimentação (310).

17. Aparelho (200) de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que o mencionado primeiro dispositivo de resfriamento (312) compreende um tubo de resfriamento, coaxial e em uma posição externa radialmente com relação ao primeiro canal de alimentação (310).

18. Aparelho (200) de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o mencionado tubo de resfriamento é coaxial e na posição externa radialmente ao segundo canal de alimentação (311).

19. Aparelho (200) de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que um segundo dispositivo de resfriamento (205) é fornecido a jusante do dispositivo (204; 301) para formar o tubo de metal (103; 308).

20. Aparelho (200) de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que, a montante do primeiro dispositivo de puxar

(207), uma matriz é fornecida.

21. Aparelho (200) de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o primeiro dispositivo de puxar (207) é selecionado entre um eixo giratório, ou uma lagarta.

22. Aparelho (200) de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de que o primeiro dispositivo de puxar (207) é um eixo giratório.

23. Aparelho (200) de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de corrugação (210) fornece encurtamento com um ângulo de $0,1^{\circ}$ até 15° .

24. Aparelho (200) de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de corrugação (210) fornece encurtamento com um ângulo de $0,5^{\circ}$ até 8° .

25. Aparelho (200) de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o segundo dispositivo de puxar (211) é selecionado entre uma lagarta ou um eixo giratório.

26. Aparelho (200) de acordo com a reivindicação 25, caracterizado pelo fato de que o segundo dispositivo de puxar (211) é um eixo giratório.

27. Aparelho (200) de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de compreender pelo menos um dispositivo de medida de comprimento (202, 206, 208, 212).

28. Aparelho (200) de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de compreender pelo menos quatro dispositivos de medida de comprimento (202, 206, 208, 212).

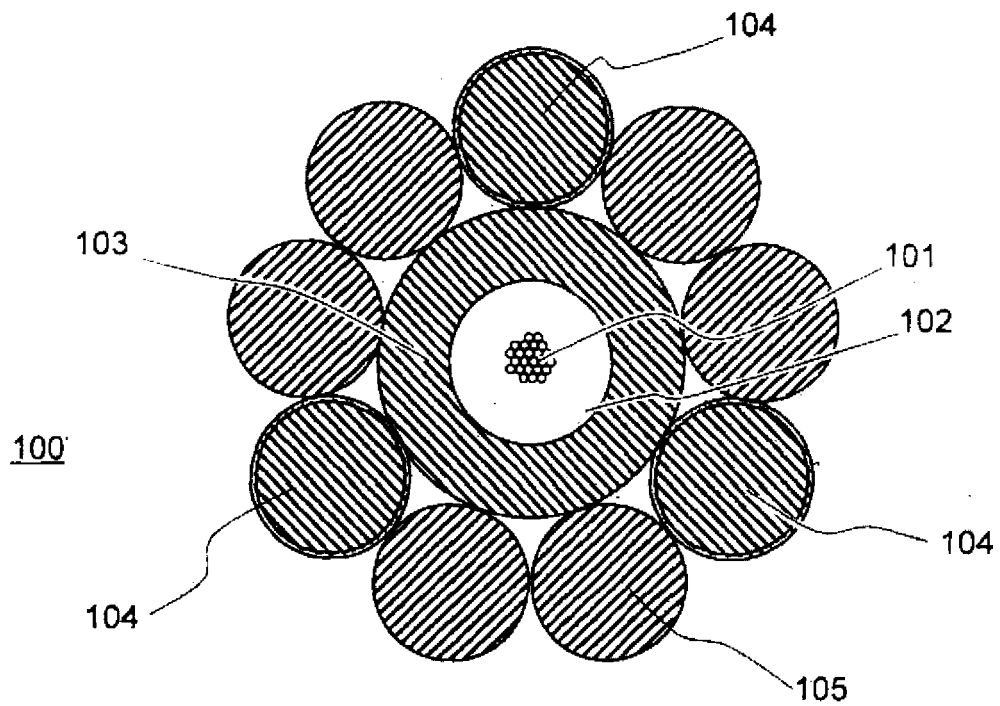


Fig. 1

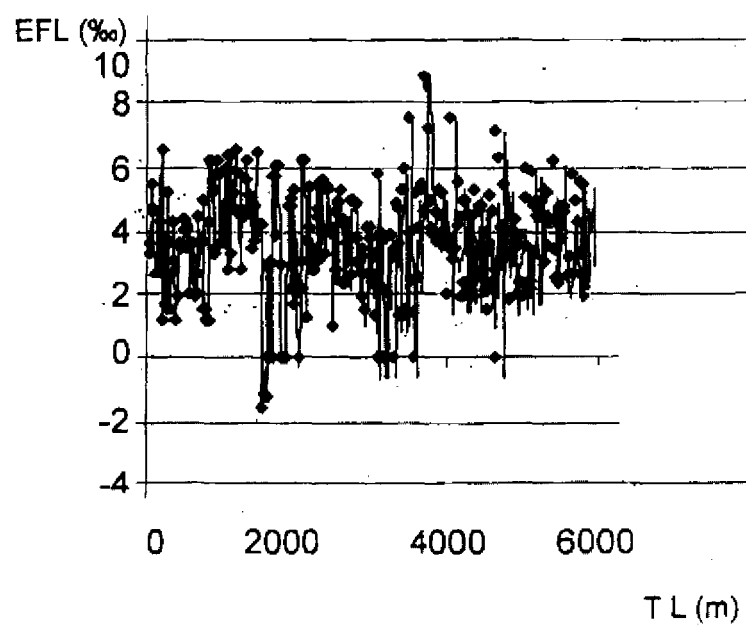


Fig. 5

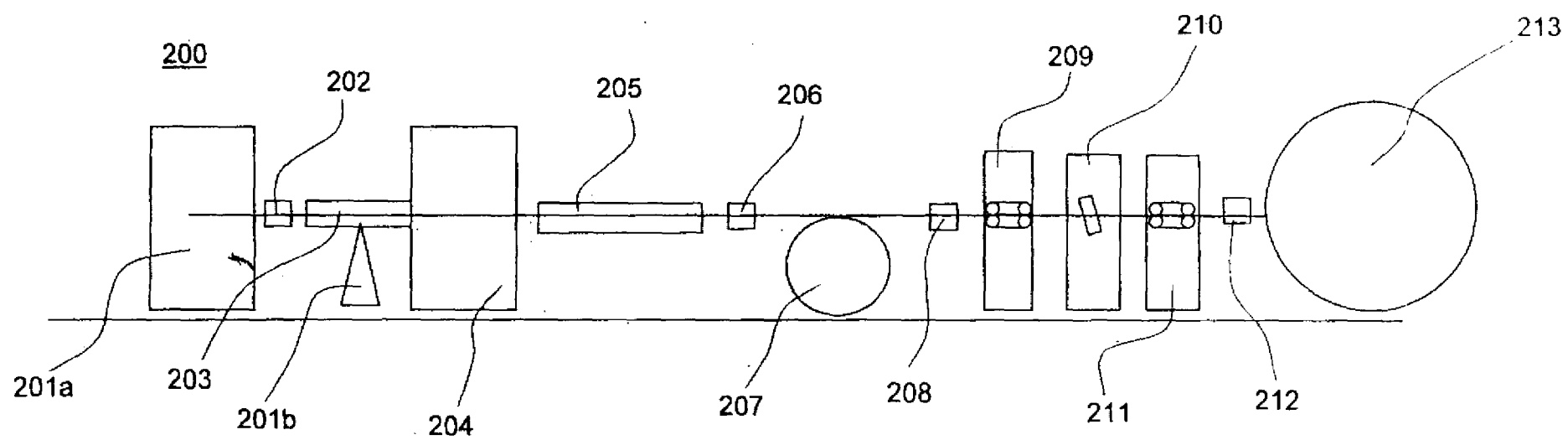
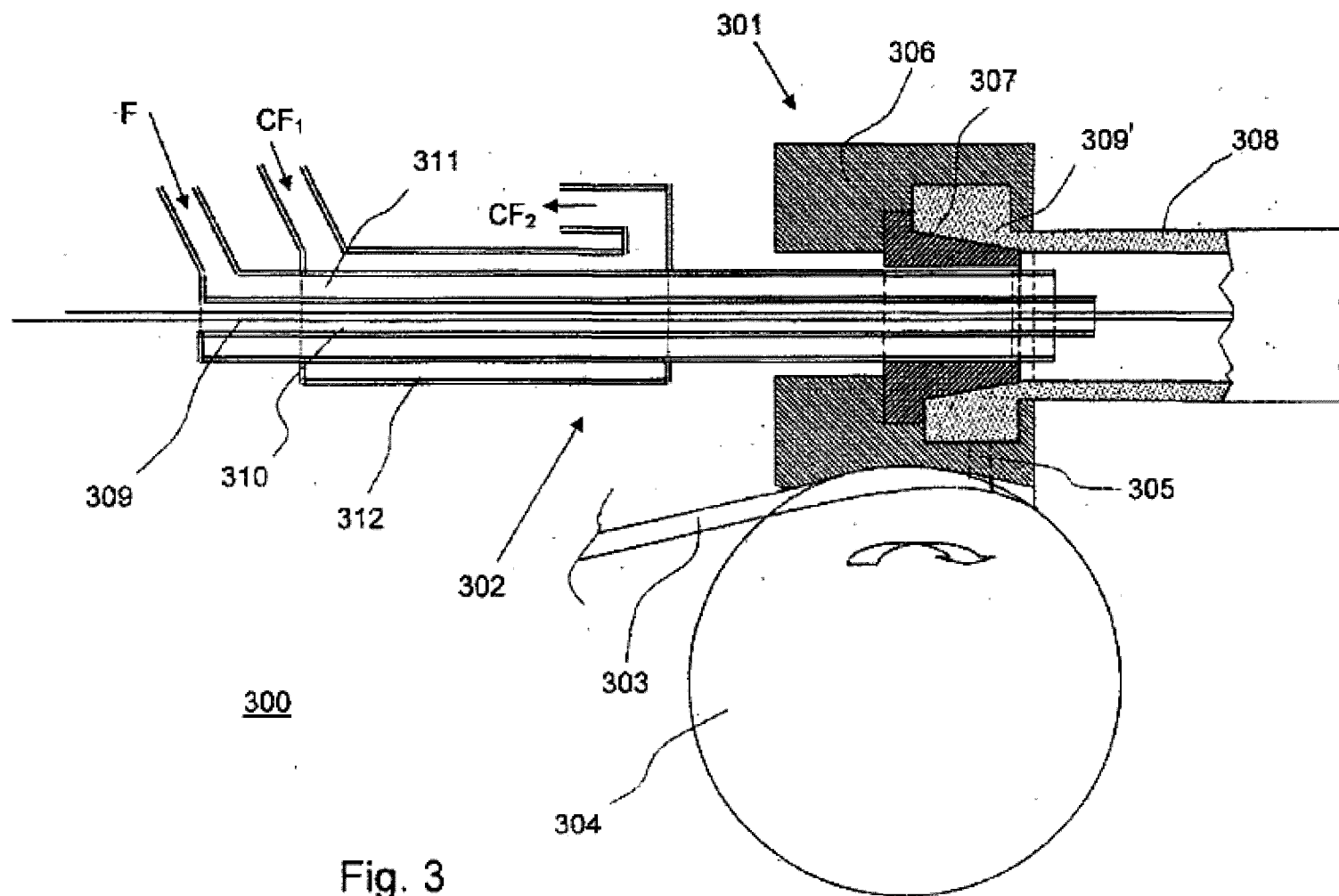


Fig. 2



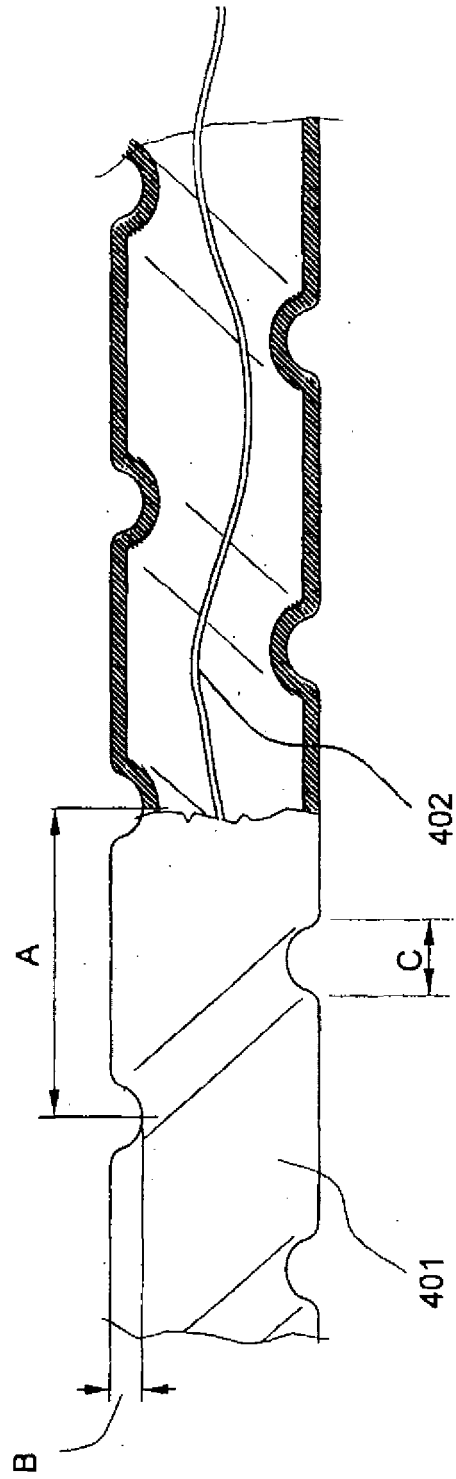


Fig. 4

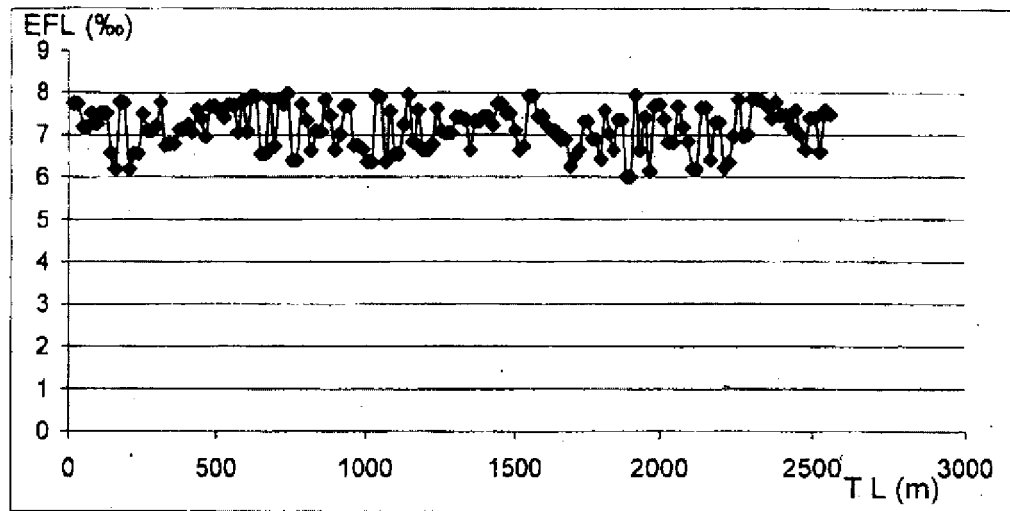


Fig. 6

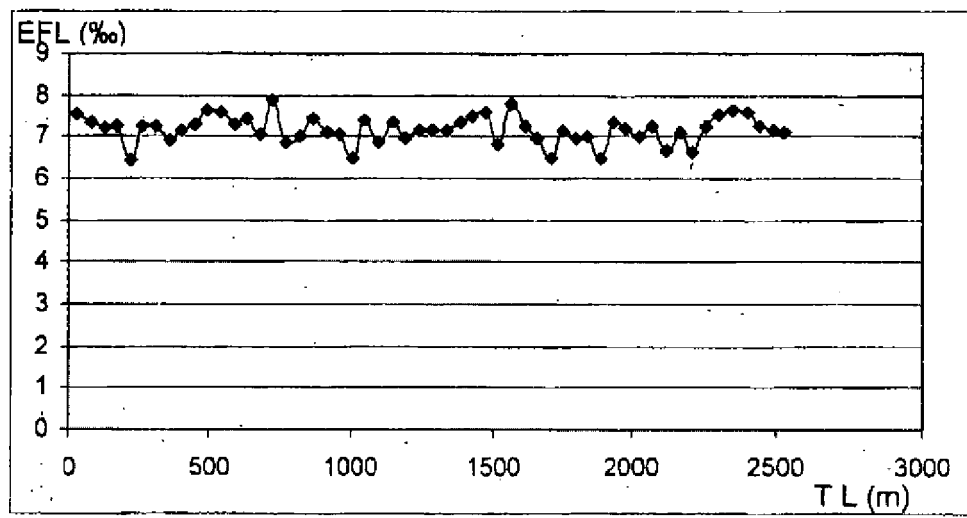


Fig. 7