(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 346 666**

(51) Int. Cl.:
G02B 6/44 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Número de solicitud europea: **05729934 .9**
(96) Fecha de presentación : **29.03.2005**
(97) Número de publicación de la solicitud: **1864168**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **12.12.2007**

(54) Título: **Procedimiento y aparato para la fabricación de un cable óptico y cable así fabricado.**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
19.10.2010

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
19.10.2010

(73) Titular/es: **PRYSMIAN S.p.A.**
Viale Sarca 222
20126 Milano, IT

(72) Inventor/es: **Sales Casals, Luis;**
Sangalli, Flavio;
Della Corte, Francesco y
Ginocchio, Alessandro

(74) Agente: **Ponti Sales, Adelaida**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. Pº de la Castellana, 75 – 28071 Madrid

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y aparato para la fabricación de un cable óptico y cable así fabricado.

Antecedentes de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de un cable óptico, a un aparato para dicha fabricación y a un cable óptico que comprende al menos un tubo de metal que aloja al menos una fibra óptica.

La protección de las fibras ópticas mediante el alojamiento en un tubo de metal encuentra aplicación en cables aéreos, subterráneos y subacuáticos.

Normalmente, el tubo de metal encierra una única fibra o varias fibras ópticas, preferentemente reunidas en un haz de múltiples fibras. Metales como el acero, aluminio, aleaciones de aluminio o cobre, se pueden utilizar para la fabricación del tubo.

Técnica anterior

Un procedimiento para proporcionar un tubo de metal alrededor de una o más fibras ópticas comprende la etapa de configurar un tubo de metal con una ranura longitudinal, sellándose dicha ranura después de la colocación de las fibras ópticas en el tubo. Véase, por, ejemplo, la patente US 6.522.815 (a nombre de Nexans Deutschland Industries AG & Co. KG).

La patente US 6.047.586 (a nombre de Alcatel) se refiere a un proceso en el que se fabrica un tubo de metal por extrusión de un material inicial a través de una boquilla de formación. Durante el tiempo en que el metal es extrudido, las fibras ópticas son trasladadas al centro de la boquilla de formación a través de una segunda abertura. La técnica es el proceso Conform™ para la fabricación de perfiles y tubos de metales no ferrosos (tal como se describe, por ejemplo, en la patente US 3.765.216). Con esta técnica, un metal en forma de un filamento se introduce en una ranura dispuesta sobre la circunferencia de una rueda de fricción giratoria. La rueda conduce el metal a un espacio de contención de un bloque de contención que se acopla en la ranura y sella la ranura. La rotación de la rueda de fricción produce altas temperaturas y altas presiones en el espacio de contención, que deforman plásticamente el metal. El metal puede ser extrudido a través de una boquilla de formación y se solidifica para formar un perfil o un tubo.

En el tipo de cables antes mencionado, la fibra óptica se prevé usualmente que tenga una longitud superior a la del tubo de metal, en particular, para tener en cuenta los diferentes coeficientes térmicos del vidrio de las fibras y del metal del tubo. Dicho exceso de longitud de fibra (EFL) usualmente varía en función de la construcción del cable, de los materiales empleados y del diámetro del tubo de metal. Un EFL adecuado protege las fibras ópticas de los aumentos de atenuación y los fallos mecánicos debidos a tensiones generadas en el cable durante su vida útil, tales como durante la instalación o causadas por las condiciones ambientales, por ejemplo, cambios de temperatura, viento, hielo, durante el funcionamiento.

La patente US 6.047.586 describe producir un exceso de longitud dentro del tubo de metal, moviendo las fibras con una velocidad de alimentación ligeramente superior a través del canal que termina en la boquilla de formación.

El solicitante observó que este procedimiento es difícil de llevar a cabo y los resultados en términos de exceso de longitud de la fibra no son fiables.

La patente US 6.522.815 muestra que para producir el exceso de longitud de las fibras ópticas en comparación con el tubo de metal, se dispone un dispositivo de corrugación a continuación de un cabestrante que presiona una corrugación en la pared del tubo en una operación continua. El exceso de longitud de la fibra óptica es una función de la profundidad y el paso de la corrugación.

De acuerdo con la patente US 2004/0008956, para que la fibra óptica en el tubo de metal que se proporciona con una longitud excesiva, el tubo de metal se sujeta de forma continua entre una extracción de la abrazadera de sujeción cuyos pares de abrazaderas de sujeción sujetan el tubo de metal de forma segura y aplican fuerzas de deformación. El tubo de metal sufre una deformación elástica, es decir, se estira. Por lo tanto, longitudes iguales de tubo de metal estirado y de fibra óptica se enrollan en un disco de extracción. El estado de deformación elástica “relaja” en el disco de extracción y el tubo de metal se reduce a la condición normal.

Descripción de la invención

En la presente invención el solicitante percibe que pueden surgir ventajas del uso de la porción de deformación plástica del diagrama carga/elongación del tubo de metal en lugar de la porción de deformación elástica del diagrama de carga/elongación del tubo de metal.

Sin embargo, el solicitante experimentó que proporcionar un exceso de longitud de la fibra mediante el corrugado de un tubo, el cable resultante tiene un EFL que varía más allá de los límites aceptables a lo largo de la extensión longitudinal del cable.

En particular, en la presente invención el solicitante ha observado que, mientras el acortamiento de un tubo, en particular el acortamiento de un tubo de metal mediante deformación plástica, es una operación difícil de llevar a cabo para producir un resultado constante, la elongación plástica del tubo es un proceso reproducible que puede ser controlado con precisión en la producción industrial.

El solicitante encontró que un cable óptico con una EFL prácticamente constante a lo largo de la extensión longitudinal de la misma puede ser producida impartiendo una EFL más alta que la deseada durante al menos una etapa del proceso de fabricación y, posteriormente, estirar plásticamente el tubo que aloja las fibras en una forma controlada al valor EFL final.

En un primer aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación de un cable óptico con al menos un tubo de metal que aloja al menos una fibra óptica, teniendo dicho cable una longitud de fibra en exceso (EFL) predeterminada, comprendiendo dicho procedimiento las etapas de:

- avanzar dicha fibra óptica;

- medir una longitud de dicha fibra óptica avanzada en un intervalo de tiempo;

- formar un tubo de metal alrededor de dicha fibra óptica;

- obtener la congruencia entre el tubo de metal y dicha fibra óptica;

- deformar plásticamente el tubo de metal acortando el tubo de metal en una cantidad predeterminada (S_t) superior a dicho EFL predeterminado, mientras se avanza el tubo de metal;

- deformar plásticamente el tubo de metal después de acortar para proporcionar una elongación del mismo, mientras se avanza el tubo de metal;

- medir una longitud del tubo de metal avanzado en dicho intervalo de tiempo después de dicha elongación;

- evaluar una longitud de fibra en exceso resultante en función de dicha longitud de fibra óptica medida y de dicha longitud de tubo de metal medida;

- ajustar la longitud de fibra en exceso resultante mediante el control de la elongación del tubo de metal para alcanzar dicha longitud de fibra en exceso predeterminada.

Para los efectos de la presente descripción y de las reivindicaciones adjuntas, salvo que se indique lo contrario, todos los números que expresan cantidades, cantidades, porcentajes, etc., deben entenderse como modificadas en todos los casos por el término “aproximadamente”. También, todos los rangos incluyen cualquier combinación de los puntos máximos y mínimos descritos e incluyen cualquier rango intermedio en el mismo, que pueden o pueden no ser específicamente enumerados en el mismo.

En la presente descripción y en las reivindicaciones, como la longitud de fibra en exceso (EFL) se indica el valor dado por la siguiente fórmula

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

donde

L_f es la longitud de la al menos una fibra óptica y

L_t es la longitud del alojamiento del tubo de metal de la fibra/s.

La EFL obtenida por el procedimiento de la invención preferentemente puede variar desde -1,5% a 1,5%, dependiendo del requisito del cable óptico específico a fabricar. Típicamente, una EFL positiva es ventajosa en todos los casos en que el cable puede ser sometido a la tracción de cargas o elongaciones, por ejemplo, en cables ópticos aéreos; sin embargo, en algunos casos una EFL negativa puede ser ventajosa, por ejemplo, en cable subterráneo, especialmente cuando son enterrados en terrenos sometidos a congelación.

En vista de la definición anterior, la longitud de la fibra en exceso (EFL) se puede medir fácilmente en el cable terminado.

Para medir la EFL con fines de control durante el proceso de fabricación de cables, la EFL se determina como una función de la longitud avanzada medida de las fibras ópticas en un período de tiempo dado y de la longitud

avanzada medida del tubo de metal en el mismo período de tiempo. Si este valor se calcula sobre la base de la longitud avanzada medida del tubo de metal al final de la línea de fabricación (es decir, cuando no se espera que el tubo experimente un nuevo cambio dimensional, el valor obtenido corresponde también a la EFL del cable final, siendo la fibra sustancialmente inextensible a lo largo de toda la línea de fabricación del cable.

En la presente descripción y en las reivindicaciones, como "intervalo de tiempo" se indica un período de tiempo arbitrario. Preferentemente, un intervalo de tiempo útil en la fabricación de cables según la presente invención es del orden de magnitud del tiempo empleado por una fibra óptica, para viajar a lo largo de la línea de fabricación en la fabricación de velocidad habitual para ir a lo largo de toda la longitud de la fabricación línea (normalmente oscilando entre 10 y 50 m).

Se pueden utilizar diferentes intervalos de tiempo teniendo en cuenta las necesidades específicas de fabricación, por ejemplo, un período de tiempo más corto puede ser útil para lograr una constancia particularmente elevada del valor de EFL lo largo del cable, donde la aplicación específica del cable así lo requiera; o a una velocidad de fabricación alta, mientras que un período de tiempo más largo puede permitir el uso de instrumentos de medición y aparatos de control más simples, o utilizarse en la velocidad de fabricación baja.

La etapa de formación del tubo de metal alrededor de la fibra óptica puede ser realizada por una técnica conocida en la técnica, por ejemplo, proporcionando un tubo de metal con una ranura longitudinal que se sella después de la inserción de al menos una fibra óptica, o mediante la creación del tubo de metal *in situ* mediante extrusión de un metal plastificado, siendo esta última la forma preferida.

Ventajosamente, la etapa de formación del tubo de metal alrededor de la al menos una fibra óptica incluye la monitorización de la velocidad del tubo de metal formado.

Ventajosamente, el procedimiento de la invención comprende además una etapa de suministrar un material de relleno en dicho tubo de metal.

Preferiblemente, el material de relleno se avanza por separado de la fibra óptica hasta después que el tubo de metal se forma alrededor de la fibra óptica.

En una realización preferida, el procedimiento de la invención comprende además las etapas de

- alimentar un metal plastificado través de una boquilla para formar un tubo de metal;

- conducir al menos una fibra óptica en el tubo de metal a través de un primer canal de alimentación con extremo dispuesto a continuación de la boquilla, y

- conducir un material de relleno en el tubo de metal a través de un segundo canal de alimentación que tiene un extremo dispuesto a continuación de la boquilla.

En la presente descripción y en las reivindicaciones, como "obtención de la congruencia" se indica hacer que la fibra óptica y el tubo de metal estén longitudinalmente unidos entre sí.

Si la congruencia se obtiene por enrollamiento del tubo de metal que contiene la fibra óptica en una polea o similares, la longitud de la fibra óptica puede resultar menor que la del tubo de metal, debido a que la fibra es enrollada en un diámetro que es más pequeño que el diámetro de enrollado del eje del tubo. En tal caso, con el fin de alcanzar la EFL final, el acortamiento del tubo de metal debe tener en cuenta también esta reducción de la longitud de la fibra.

Preferentemente, dado que en tal caso, la fibra está sujeta a tensión de tracción después de su enrollado en el interior del tubo en la polea de la congruencia, el acortamiento del tubo subsiguiente debe hacerse inmediatamente después que la fibra y el tubo salen de la polea de congruencia, a fin de reducir el tiempo en que la fibra está expuesta a tales tensiones de tracción.

En la presente descripción y en las reivindicaciones, como "deformación plástica" se entiende causar un cambio en la longitud del tubo de metal mediante la aplicación de una fuerza, durando dicho cambio después de que se retira la fuerza aplicada. Por ejemplo, dicho cambio puede resultar de la aplicación de tensión prolongada más allá del límite elástico del material del tubo.

Preferentemente, la etapa de acortamiento es llevada a cabo corrugando, arrugando o mellando dicho al menos un tubo de metal. En la presente descripción y las reivindicaciones, el término "corrugado" comprende también el término "arrugado" y "ondulado" a menos que se especifique otra cosa.

Por ejemplo, el acortamiento se obtiene por corrugado del tubo de metal con una deformación helicoidal con valores predeterminados de paso y profundidad. Preferiblemente, se establece un paso de 5 a 15 mm.

Preferiblemente, la cantidad de acortamiento S_t es del 0,2% al 0,4% mayor que la EFL predeterminada.

La etapa de evaluar la EFL resultante se lleva a cabo mediante la comparación de la longitud del tubo de metal después de la elongación con la longitud de la fibra óptica, medida anteriormente a la congruencia.

Preferentemente, la etapa de ajustar la EFL resultante mediante el control de la elongación del tubo de metal se efectúa mediante un ajuste de la velocidad sobre el aparato que estira el tubo. Más en particular, el alargamiento del tubo se realiza mediante el aumento de la velocidad de estirado del tubo cuando la EFL resultante es más alta que la predeterminada, o reduciendo la velocidad de estirado del tubo cuando la EFL resultante es inferior a la predeterminada.

En otro aspecto, la presente invención se refiere a un cable óptico obtenido por el procedimiento definido en la reivindicación 1 que comprende al menos un tubo de metal y al menos una fibra óptica ubicada en el mismo, teniendo dicho cable una longitud de fibra de exceso (EFL) local que varía en o menos del 0,2% a lo largo de la extensión longitudinal del cable con respecto a una EFL promedio del cable.

En la presente descripción y en las reivindicaciones, como “EFL promedio” se entiende un valor EFL resultante de mediciones de longitudes de fibra óptica y de tubo realizadas sobre un cable óptico de al menos 1 km de largo.

En la presente descripción y en las reivindicaciones, como “EFL local” se entiende un valor EFL resultante de las mediciones las longitudes de fibra y del tubo realizadas sobre una porción de cable con una longitud de 10 m a 50 m.

Preferentemente, en un cable según la presente invención, la EFL local medida en porciones de cable distantes por lo menos 100 m entre sí en una longitud de cable de al menos 1 km, varía en o menos del 0,2% a lo largo de la extensión longitudinal del cable con respecto a la EFL promedio de dicha longitud de cable.

Ejemplos de cables ópticos según la invención son cables para uso aéreo como cable terrestre óptico (OPGW) y conductores ópticos de fase (OPPC), y los cables terrestres para su uso en condiciones severas, o, en general, cuando es deseable una protección metálica.

En una realización, preferida según la invención, el cable de la invención tiene un EFL promedio del 0,2% al 1,5%, más preferentemente de entre 0,2% al 0,9%. En otra realización, la EFL media puede tener valores negativos, por ejemplo, de -0,5%.

Preferentemente, la EFL local difiere de la EFL promedio en menos de 0,1%.

Preferentemente, el cable óptico de la invención comprende al menos un alojamiento de tubo de metal de 12 a 96, más preferiblemente desde 24 a 48 fibras ópticas.

El tubo de metal está hecho de un material metálico plásticamente deformable. Ejemplos de dichos materiales metálicos, tales son acero, aluminio, aleaciones de aluminio y cobre.

En una realización preferida de la invención, el tubo de metal se acorta longitudinalmente con respecto a la al menos una fibra óptica alojada en el mismo. Más concretamente, el tubo metálico de forma longitudinal acortado por arrugado, ondulado o corrugado. Más preferentemente el tubo de metal es corrugado.

En una realización preferida, el arrugado, ondulado o corrugado del tubo de metal tiene una profundidad de entre 0,05 mm y 2 mm, más preferiblemente de 0,1 mm a 1 mm de la superficie envolvente exterior del tubo.

En una realización preferida, dicho arrugado, ondulado o corrugado es una hélice con un paso de entre 5 mm a 15 mm.

Preferentemente, el tubo de metal tiene un diámetro interno de 2 a 11 mm, más preferiblemente de 2 mm y 4 mm.

Preferentemente, el tubo metálico tiene un diámetro exterior de 3 a 15 mm, más preferentemente de 3 mm a 6 mm.

Para los efectos de la presente descripción y las reivindicaciones, los diámetros interno y externo del tubo se refieren a las superficies cilíndricas interior y exterior del tubo y no tiene en cuenta el arrugado, ondulado o corrugado del mismo.

En una realización preferida, la fibra óptica alojada en el tubo de metal está incrustada en un material de relleno. Ejemplos de un material de relleno es un gel, una jalea o una grasa. Preferentemente, dicho material de relleno tiene al menos una característica seleccionada entre hidrofobicidad, absorción de hidrógeno, tixotropía. Más preferentemente dicho material de relleno es hidrofóbico y tixotrópico. Más preferentemente es un material de relleno es hidrófobo, tixotrópico y capaz de absorber hidrógeno.

Preferiblemente, un material de relleno adecuado para la invención tiene una absorción de hidrógeno igual o superior a 0,1 cm^3 STP/g, más preferiblemente igual o superior a 0,5 cm^3 STP/g.

Preferentemente, un material de relleno adecuado para la invención tiene una viscosidad a temperatura ambiente de 40 a 300 Pa·s (tasa de corte de 1,56/s), más preferiblemente desde 50 hasta 120 Pa·s. Los valores de viscosidad son de una medición reológica por medio de un reómetro de control tensión Bohlin CVO 120 con un sistema de medición de cono y placa de 2º/40 mm a temperatura constante.

En otro aspecto adicional, la presente invención se refiere a un aparato para la fabricación de un cable óptico con al menos un tubo de metal que aloja al menos una fibra óptica, teniendo dicho cable una longitud de fibra de exceso (EFL) predeterminada, comprendiendo el aparato

- un dispositivo para de formar continuamente un tubo de metal;

- un primer canal de alimentación para conducir al menos una fibra óptica dentro de dicho tubo de metal;

- un primer dispositivo de tracción para hacer congruentes el tubo de metal y la al menos una fibra óptica;

- un corrugador para acortar dicho tubo de metal;

- un segundo dispositivo de tracción para alargar dicho tubo de metal.

Un ejemplo de dispositivo para la formación del tubo de metal según la invención es una máquina extrusora de metal continua.

Ventajosamente, dicho aparato comprende un segundo canal de alimentación para transportar un material de relleno dentro de dicho tubo de metal.

Ventajosamente, el segundo canal de alimentación es coaxial y en una posición radialmente externa con respecto al primer canal de alimentación. El aparato de la invención ventajosamente comprende un primer dispositivo de enfriamiento que rodea dicho primer canal de alimentación.

Preferentemente, dicho primer dispositivo de enfriamiento consta de un tubo de enfriamiento, coaxial y en una posición radialmente externa con respecto al primer canal de alimentación, alojando dicho tubo de enfriamiento un fluido de enfriamiento que fluye.

Más preferentemente, dicho tubo de enfriamiento es coaxial y radialmente externo al segundo canal de alimentación.

Un segundo dispositivo de enfriamiento; por ejemplo a través de un canal de enfriamiento mediante pulverización de agua, se proporciona preferentemente a continuación del dispositivo para la formación del tubo de metal.

Opcionalmente, anterior al primer dispositivo de tracción, se puede proporcionar una matriz para igualar la dimensión o la superficie del tubo de metal. Dicha matriz puede proporcionar también una reducción del diámetro de tubo de metal.

El primer dispositivo de tracción es, por ejemplo, un cabestrante o una oruga, siendo preferido el primero.

En la presente descripción y en las reivindicaciones, por cabestrante nos referimos a una polea conducida por motor en torno a la cual se enrolla el cable o tubo al menos una vuelta. Si es necesario, dicho cabestrante incluye una oruga que actúa sobre el cable o tubo inmediatamente a continuación del tambor o polea para traccionar el cable o tubo con una fuerza lo suficientemente alta para generar una fricción que evite el deslizamiento del cable o tubo sobre la superficie del tambor o polea.

En la presente descripción y en las reivindicaciones, por oruga se entiende dos correas metálicas sin fin conducidas por un motor llevadas por poleas correspondientes, entre las que se sujeta el cable o tubo. Cuando se utiliza una oruga como dispositivo de tracción, la fuerza de sujeción de las correas es lo suficientemente alta para permitir la transmisión mediante una fuerza de tracción al cable sin deslizamiento del cable.

En la presente descripción y en las reivindicaciones como “corrugador” se entiende un dispositivo capaz de acortar el tubo de metal por deformación plástica, por ejemplo, por corrugado, ondulado o arrugado de la pared del tubo de metal.

El segundo dispositivo de tracción se puede seleccionar entre una oruga o un cabestrante, siendo preferido este último.

Ventajosamente, el aparato de la invención comprende además al menos un dispositivo de medición de longitud para comprobar el curso del proceso de fabricación. Preferentemente, se proporcionan dispositivos de medición de longitud, por ejemplo, anteriores al primer canal de alimentación, anterior y posterior al primer dispositivo de tracción, posterior al segundo dispositivo de tracción. Ventajosamente, dichos aparatos de medición longitud medirán la longitud

de las fibras ópticas, del tubo de metal o de ambos, mientras avanzan por el aparato. Cada uno de dichos dispositivos de medición de longitud está ventajosamente conectado a un contador.

Ejemplos dispositivos de medición de longitud utilizados en el presente aparato de fabricación son codificadores e instrumentos de medición sin contacto basados en láser que utilizan el efecto Doppler.

Preferentemente, al menos uno de dichos dispositivos de medición de longitud es un codificador.

Breve descripción de los dibujos

La invención se ilustrará además con referencia a los siguientes ejemplos y figuras, en donde:

- La figura 1 muestra una vista en sección transversal de un cable óptico según la invención;

- La figura 2 es una vista lateral esquemática de un aparato según la invención;

- La Figura 3 muestra una vista en sección transversal de un dispositivo para la formación de un tubo de metal en la presente invención;

- La Figura 4 muestra un tubo de metal en sección longitudinal parcial que aloja una fibra óptica;

- La Figura 5 se refiere a la variación de EFL en un cable fabricado según la técnica anterior;

- Las Figura 6 y 7 se refieren a la variación de EFL en un cable fabricado según la invención.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

En la Figura 1 se muestra un ejemplo de un cable OPGW 100 según la invención.

El cable 100 comprende con un haz de fibras ópticas 101 incrustado en un material de relleno 102, estando la totalidad alojada en un tubo de aluminio 103. Unos elementos de blindaje 104, 105 se prevén en una posición radialmente externa respecto al tubo de aluminio 103.

Preferentemente, los elementos de blindaje están helicoidalmente enrollados alrededor del tubo 103 en una sola capa, coaxial al tubo 103.

En una realización preferida, en particular para su uso como OPGW (Optical Ground Wire), los elementos de blindaje incluyen cables de acero revestido de aluminio 104, y cables de aluminio 105. El número y el diámetro de los cables de acero revestido de aluminio 104 y de los cables de aluminio 105 se determina sobre una base caso por caso en vista de la fuerza de tracción necesaria del cable y de la resistencia eléctrica necesaria del cable (en particular, para su uso como cable de tierra en líneas aéreas eléctricas de alta tensión).

Para cables para diferentes usos, los elementos de blindaje pueden no estar presentes o estar elaborados con diferentes materiales, tanto metálicos como dieléctricos.

Dependiendo del uso, una o varias fundas o material polimérico pueden estar presentes fuera del tubo de aluminio 103 (no mostrado).

En la figura 2 se ilustra un aparato para la fabricación de un cable según la invención.

En el aparato 200 de la Figura 2, un soporte de desenrollado 201a y un sistema de alimentación 201b se proporcionan para suministrar, respectivamente, las fibras ópticas y el material de relleno.

Normalmente, las fibras del soporte de desenrollado 201a comprenden uno o más tambores de transporte de fibra desde los que las fibras se desenrollan, con la fricción controlada, y se conducen para a formar un haz de fibras para ser alimentadas a los elementos de los aparatos subsiguientes.

En la salida de las fibras del soporte de desenrollado 201a se proporciona un primer codificador 202, adecuado para medir la longitud de las fibras ópticas avanzadas en un período de tiempo dado.

El codificador es un aparato comercial y generalmente incluye un rodillo, conducido por fricción en rotación mediante las fibras en movimiento, sin deslizamiento. La rotación del rodillo se monitoriza y se proporciona un circuito electrónico para calcular la longitud avanzada como una función de las vueltas de rodillo detectadas.

Después del primer codificador 202 las fibras ópticas se transportan dentro de un sistema de inyección 203.

El sistema de inyección 203 está operativamente conectado a una máquina extrusora de metal 204, donde se extrude el tubo de metal. Un ejemplo de la máquina extrusora de metal 204 es una máquina Conform™.

En la salida de la máquina extrusora de metal 204 se proporciona un canal de enfriamiento 205, que enfría el tubo de metal extrudido a través de un fluido de enfriamiento, preferentemente mediante pulverización de agua.

Un segundo codificador 206 se proporciona para monitorear el avance del tubo de metal que aloja las fibras ópticas en la salida del canal de enfriamiento 205.

Después del segundo codificador 206 se proporciona un cabestrante 207, alrededor de cuyo tambor el tubo que aloja la fibra o fibras se enrolla con una vuelta.

El enrollado del tubo alrededor del tambor del cabestrante 207 logra la congruencia entre las fibras ópticas y el tubo de metal.

El enrollado del tubo y las fibras alrededor del tambor del cabestrante 207 hace que la longitud de las fibras ópticas en el tubo sea inferior a la del tubo de metal, como ya se ha explicado anteriormente.

La cantidad de acortamiento subsiguiente del tubo de metal se selecciona para tener en cuenta también este hecho.

Desde el cabestrante 207, el tubo de metal se tracciona mediante una primera oruga 209 y se conduce a la entrada de un corrugador 210.

Entre el cabestrante 207 y la primera oruga 209, se prevé un tercer codificador 208 para medir la longitud del tubo. Por otra parte, dicho codificador 208 se puede colocar en el mismo cabestrante 207.

La primera oruga 209 preferiblemente se ubica cerca del corrugador 210.

El corrugador 210 es una máquina capaz de causar una deformación plástica del tubo, en forma de un corrugado, ondulado o arrugado. Preferiblemente, dicho ondulado o corrugado se obtiene mediante una cabeza de corrugado que incluye un anillo desplazado a través del cual se extrae el tubo, que se hace girar alrededor del tubo e interfiere con su diámetro exterior para una parte de su rotación.

La acción del anillo en el tubo hace que el tubo de sí mismo sea plásticamente deformado según una hélice de corrugado, cuyo paso, anchura y profundidad son determinados por los parámetros geométricos del corrugador y por la velocidad de avance del tubo. Dicho paso, anchura y profundidad son parámetros que, combinados, determinan la cantidad correspondiente de acortamiento del tubo.

Dichos parámetros de acortamiento se establecen en el corrugador 210 y pueden variarse durante la operación. En particular, la cabeza de corrugado varía su velocidad de rotación siguiendo variaciones de la velocidad del tubo medida por el tercer 208 para mantener un paso constante a lo largo de la longitud del tubo.

Después del corrugador 210, una segunda oruga 211 tira del tubo corrugado y lo transfiere a un tambor de recogida 213.

El tubo de metal es tirado por la segunda oruga 211 de acuerdo a una velocidad predeterminada con el fin de alargar el tubo de metal y alcanzar la EFL deseada.

El acortamiento del tubo del metal obtenido se mide comparando la longitud del tubo medida por el tercer codificador 208, provisto entre la primera oruga 209 y el corrugador 210, y la longitud del tubo medida por un cuarto codificador 212, situado a continuación del corrugador 210 y la segunda oruga 211.

El cuarto codificador 212 mide el valor de longitud después del acortamiento y la elongación, es decir, la longitud final del tubo en el cable.

En funcionamiento, el cuarto codificador 212 mide la longitud que pasó en el período de tiempo cuando el tercer codificador 208 mide el paso de una longitud predeterminada. Preferentemente, dicha longitud predeterminada medida por el tercer codificador 208 es del orden de magnitud de la línea de fabricación (por ejemplo, 10 a 50 m).

La longitud de fibra en exceso resultante se mide comparando las medidas del primer codificador 202 -que mide la longitud de las fibras ópticas procedentes del suministrador de fibra óptica 201- y el cuarto codificador 212 que mide la longitud del tubo después de la segunda oruga 211.

Finalmente, el tubo con las fibras ópticas alojadas en él se enrolla en un tambor 213, el tubo es suministrado posteriormente a las etapas siguientes, donde se aplican blindaje y fundas al mismo según las necesidades. En dichas etapas, el valor EFL por lo general no cambia, de manera que la EFL medida en la línea es sustancialmente la misma que en el cable terminado. Sin embargo, en caso que un tratamiento especial hecho en estas etapas se espera que modifique este valor, los parámetros de la línea antes descrita pueden ser seleccionados para tener en cuenta dicha modificación.

En la operación, la reducción causada por el corrugador 210 se selecciona a un valor que exceda el que corresponde a la EFL final en el cable.

La oruga 211 estira del tubo ondulado o corrugado en una cantidad determinada a alcanzar, en el codificador 212, la EFL final deseada.

De esta manera, cualquier variación incontrolable y tolerancia en la reducción obtenida por el corrugador es tenida en cuenta, consiguiendo así la precisión deseada en el valor EFL final.

Como ejemplo, si se desea un cable óptico con un 0,5% de EFL, se ajusta un acortamiento del tubo de metal (S_t) superior a dicho valor, por ejemplo del 0,7%. De esta manera, un tubo de metal que tiene una longitud inicial de 10 m mide 9,993 m después de la reducción.

Si la velocidad de la segunda oruga 211 es de 0,7% inferior a la velocidad del cabestrante 207, el tubo de metal mantiene el porcentaje de acortamiento S_t establecido. Para llegar a la EFL deseada del 0,5%, la velocidad relativa de la segunda oruga 211 se establece en un 5% inferior a la de cabestrante 207, es decir, se lleva a cabo un alargamiento de 0,2% (S_t- EFL) en el tubo, de manera que el producto final tenga una reducción del 0,5%, es decir, una longitud de 9.995m.

Como la velocidad de la segunda oruga 211 se puede ajustar sobre la base de la EFL final medida con una precisión relativamente alta (por ejemplo, entre ± 0,00025 m/s o ± 0,15m/min), cualquier error en el valor acortamiento S_t pueden ser compensado.

El procedimiento de la invención permite producir una EFL predeterminada con una variabilidad a lo largo de la dirección longitudinal del cable óptico muy inferior a la del proceso de la técnica anterior.

Una medición en tiempo real y, en el caso, un ajuste de la EFL resultante se lleva a cabo mediante el control de la velocidad relativa de la segunda oruga 211 con respecto a la velocidad de cabestrante 207.

La EFL resultante se calcula según la fórmula (1), en la que L_f es la longitud de la fibra óptica medida por el primer codificador 202 y L_t es la longitud del tubo medida por el cuarto codificador 212, siendo ambas longitudes medidas en el mismo intervalo de tiempo.

En caso de que la EFL resultante sea mayor que la deseada, es decir, las fibras ópticas en el tubo son “más largas” de lo esperado, la velocidad relativa de la segunda oruga 211 en relación con la velocidad cabestrante 207 se incrementa en una cantidad correspondiente, a fin de proporcionar un mayor alargamiento del tubo y en consecuencia para reducir la EFL resultante.

En caso de que la EFL resultante sea inferior a la deseada, es decir, las fibras ópticas son “más cortas” de lo esperado, la velocidad relativa de la segunda oruga 211 en relación con la velocidad del cabestrante 207 se reduce en una cantidad correspondiente para proporcionar un alargamiento inferior del tubo y, en consecuencia aumentar la EFL resultante.

La Figura 3 muestra una porción 300 de un aparato de la invención, en particular, una máquina Conform™ 301 y, parcialmente, un sistema de inyección 302 para el material de relleno. Un rodillo de metal 303, adecuado para la producción de un tubo para el cable óptico de la invención se conduce desde una rueda de fricción rotativa 304 mediante una abertura 305 en una cámara 306. El aumento en la temperatura en la superficie de la rueda de fricción 305 y la presión producida por el material conducido continuamente hace que el rodillo de metal 303 se vuelva plástico. El metal plastificado 309 es forzado entonces a través de una abertura de salida de una boquilla 307 para formar el tubo de metal 308.

Una fibra óptica 309 (o un haz de fibras ópticas) se conduce a través de un primer canal de alimentación 310 que termina a continuación de la boquilla 307. Un material de relleno (flecha F) se conduce a través de un segundo canal de alimentación 311 provisto en una posición radialmente externa con respecto al primer canal de alimentación 310, y termina a continuación de la boquilla 307. Se proporciona un circuito de enfriamiento 312 para un fluido de enfriamiento coaxialmente y en posición radialmente externa con respecto al primer y al segundo canales de alimentación 310, 311. La entrada y salida del líquido de enfriamiento se indican mediante las flechas CF_1, CF_2.

En la Figura 4, un tubo de metal 401 que aloja una fibra óptica 402 se muestra parcialmente en sección transversal en un plano axial, para mostrar un perfil de corrugado ejemplar.

El tubo de metal 401 es corrugado helicoidalmente con un paso de A y una profundidad B (desde el exterior, superficie del tubo no mellada).

La anchura C del corrugado (determinado por la herramienta de corrugado) es preferentemente relativamente pequeña con respecto al paso A. Por ejemplo, el ancho C puede variar entre el 10 y el 50% del paso A, y, preferentemente entre el 20 y el 30% del paso A.

Preferiblemente, la profundidad de corrugado B está entre 2% y el 15% del ancho C.

Preferiblemente, la profundidad de corrugado B es tal para no reducir el diámetro interno del tubo a más del 10% del original, diámetro interno del tubo no corrugado.

Mientras que un corrugado preferido es un corrugado helicoidal, en particular por razones de fabricación, otros tipos de corrugado se puede utilizar para los fines de la presente invención, por ejemplo corrugados anulares a distancia regular o no regular a lo largo del tubo.

Ejemplo 1

(Comparativo)

Se produjo un tubo de aluminio con diámetro exterior de 4,6 mm y espesor de pared de 1,7 mm, alojando 6 fibras ópticas.

El tubo fue producido con una máquina Conform™, y se acortó mediante corrugado.

Una fuerza de tracción constante de 40 kgf se aplicó a continuación del corrugador mediante una oruga.

Se produjo una longitud de 10 kilómetros de tubo que alojaba fibra óptica.

La EFL deseada fue del 0,7%.

El tubo de metal resultante proporciona una EFL promedio de 0%, eso significa que la reducción debido al corrugado quedó anulada por la tracción posterior.

También se observaron roturas frecuentes durante la producción.

Ejemplo 2

(Comparativo)

Se produjo un tubo de aluminio con diámetro exterior de 4,95 mm y un espesor de pared de 1,25 mm, que alojando 6 fibras ópticas.

El tubo fue producido con una máquina Conform™.

Las 6 fibras ópticas fueron suministradas dentro del tubo mientras se formó junto con un gel Seppigel® H- LAV (Seppigel® es una marca registrada de Seppic).

El tubo se enfrió mediante pulverización de agua.

Después del enfriamiento, el tubo se redujo del 0,9% mediante corrugado.

La ondulación se aplicó con los siguientes parámetros:

- paso: 10 mm;
- anchura: 3 mm, y
- profundidad: 0,25 mm.

El tubo acortado se alargó entonces el 0,2% mediante la aplicación de una fuerza de tracción de 20 kgf a continuación del corrugador.

Dicha fuerza de tracción fue aplicada por una oruga conducida mediante motor, cuya operación fue controlada para mantener la fuerza de tracción prácticamente constante (± 10%).

Se produjo una longitud de 6 kilómetros de tubo alojando fibra óptica.

La EFL deseada fue del 0,7%.

La EFL resultante se encontró que variaba desde -0,22% a +0,9%, tal como se muestra en la Figura 5.

Ejemplo 3

(Invención)

Se produjo un tubo de aluminio con un diámetro exterior de 5,6 mm y un espesor de pared de 1,8 mm, alojando 24 fibras ópticas.

Las fibras se proporcionaron junto con un gel Seppigel® H-LAV.

El tubo se enfrió mediante pulverización de agua.

Después del enfriamiento, el tubo se redujo el 0,9% mediante corrugado.

El corrugado se aplicó con los siguientes parámetros:

- paso: 11 mm;
- anchura: 3,5 mm, y
- profundidad: 0,3 mm.

El tubo acortado se alargó entonces 0,2% mediante la aplicación de una fuerza de tracción a continuación del corrugador.

Dicha fuerza de tracción fue aplicada por una oruga conducida por motor. El funcionamiento de dicha oruga estaba controlado para variar la velocidad de tracción como una función de la EFL resultante de las mediciones de la longitud del tubo medida por el cuarto codificador a continuación de la elongación y de la longitud de la fibra medida por el primer codificador, pasando dichas longitudes en el mismo período de tiempo (por ejemplo, 40 m/min).

Se produjo una longitud de 2,6 kilómetros de tubo alojando fibra óptica.

La EFL deseada fue del 0,7%.

La EFL resultante se encontró que varían desde 0,8% a 0,6%, como se muestra en las Figuras 6 y 7 que muestran la EFL% en la abscisa y la longitud del tubo producido (m) en la ordenada. En particular, la Figura 6 muestra la variación de EFL mediante mediciones efectuadas cada 15 m, y en la Figura 7 se muestra la variación de EFL mediante mediciones efectuadas cada 45 m.

Como se desprende del Ejemplo 1 anterior, la falta de control de la fuerza de tracción después del corrugado del tubo de metal ha sido la causa de que el acortamiento del tubo resultante del corrugado del tubo sea prácticamente eliminado en las operaciones posteriores, lo que evitó que se obtuviera una EFL significativa.

En el Ejemplo 2 se aplicó una fuerza de tracción sustancialmente constante después del corrugado del tubo de metal.

El control de la fuerza de tracción demostró ser eficaz para mantener una cierta cantidad de la reducción tubo aplicada, de modo que el tubo obtenido tenía un valor medio de EFL cercano al valor deseado. Sin embargo, se ha observado que no era posible mantener un valor constante de EFL local a lo largo de toda la producción, en vista de las oscilaciones de las condiciones de corrugado difíciles de evitar, y del comportamiento irregular del tubo en la máquina de corrugado, de forma que la EFL local varió más allá de los límites aceptables con respecto a la EFL media a lo largo de la extensión longitudinal del cable.

En el Ejemplo 3, el alargamiento fue controlado mediante el control de la velocidad de la oruga a continuación del corrugador. El control de velocidad ha probado ser efectivo para mantener las condiciones geométricas deseadas (es decir, la EFL) dentro de los estrechos límites de tolerancia, a pesar de las posibles irregularidades del comportamiento del tubo en la máquina de corrugado y en la oruga de elongación.

Referencias citadas en la descripción

Esta lista de referencias citadas por el solicitante está prevista únicamente para ayudar al lector y no forma parte del documento de patente europea. Aunque se ha puesto el máximo cuidado en su realización, no se pueden excluir errores u omisiones y la OEP declina cualquier responsabilidad en este respecto.

Documentos de patente citados en la descripción

- US 6522815 B [0004] [0009]
- US 6047586 A [0005] [0007]
- US 3765216 A [0005]
- US 20040008956 A [0010]

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la fabricación de un cable óptico con al menos un tubo de metal que aloja al menos una fibra óptica, teniendo dicho cable una longitud de fibra en exceso (EFL) predeterminada, comprendiendo dicho procedimiento las etapas de:

- avanzar dicha fibra óptica;

- medir una longitud de dicha fibra óptica avanzada en un intervalo de tiempo;

- formar un tubo de metal alrededor de dicha fibra óptica;

- obtener la congruencia entre el tubo de metal y dicha fibra óptica;

- deformar plásticamente el tubo de metal acortando el tubo de metal en una cantidad predeterminada (S_t) mayor que dicha EFL predeterminada, mientras se avanza el tubo de metal;

- deformar plásticamente el tubo de metal después del acortamiento para proporcionar un alargamiento del mismo, mientras se avanza el tubo de metal;

- medir la longitud del tubo de metal avanzado en dicho intervalo de tiempo después de dicha elongación;

- evaluar una longitud de fibra en exceso resultante en función de dicha longitud de fibra óptica medida y de dicha longitud de tubo de metal medida;

- ajustar la longitud de fibra en exceso resultante mediante el control de la elongación del tubo de metal para alcanzar dicha longitud de fibras en exceso predeterminada.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa de formación del tubo de metal alrededor de la al menos una fibra óptica se lleva a cabo por extrusión de un metal plastificado.

3. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa de formación del tubo de metal alrededor de la al menos una fibra óptica comprende monitorizar la velocidad del tubo de metal formado.

4. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende una etapa de suministrar un material de relleno dentro de dicho tubo de metal.

5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que el material de relleno se avanza por separado de la fibra óptica hasta después que el tubo de metal se forma alrededor de la fibra óptica.

6. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende las etapas de

- alimentar un metal plastificado través de una boquilla para formar un tubo de metal;

- transmitir al menos una fibra óptica en el tubo de metal a través de un primer canal de alimentación con un extremo dispuesto a continuación de la boquilla, y

- conducir un material de relleno dentro del tubo de metal a través de un segundo canal de alimentación con un extremo dispuesto a continuación de la boquilla.

7. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa de acortamiento se realiza mediante corrugado, arrugado u ondulado de dicho al menos un tubo de metal.

8. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el acortamiento se realiza con un paso de 5 a 15 mm.

9. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la cantidad de acortamiento S_t es del 0,2% al 0,4% mayor que la correspondiente a la EFL predeterminada.

10. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa de evaluación de la EFL resultante se lleva a cabo mediante la comparación de la longitud del tubo de metal después de la elongación con la longitud de la fibra óptica, medida anteriormente a la congruencia.

11. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa de ajustar la EFL resultante mediante el control de la elongación del tubo de metal se efectúa mediante un ajuste de la velocidad en un aparato de tracción del tubo.

12. Cable óptico obtenido mediante el procedimiento de la reivindicación 1, que comprende al menos un tubo de metal que aloja al menos una fibra óptica, teniendo dicho cable una longitud de fibra de exceso (EFL) local de un valor o inferior al 0,2% a lo largo de la extensión longitudinal del cable respecto a una EFL promedio del cable.

13. Cable óptico según la reivindicación 12, que se selecciona a partir de un cable de tierra óptico, unos conductores de fase óptica y un cable terrestre para su uso en condiciones severas.

14. Cable óptico según la reivindicación 12, en el que el cable tiene una EFL promedio del 0,2% al 1,5%.

15. Cable óptico según la reivindicación 14, en el que el cable tiene una EFL promedio del 0,2% al 0,9%.

16. Cable óptico según la reivindicación 12, en el que la EFL promedio tiene un valor negativo.

17. Cable óptico según la reivindicación 12, en el que la EFL local varía en o menos del 0,1% a lo largo de la extensión longitudinal del cable óptico.

18. Cable óptico según la reivindicación 12, en el que el cable óptico de la invención comprende al menos un tubo de metal que aloja de 12 a 96 fibras ópticas.

19. Cable óptico según la reivindicación 18, en el que el cable óptico de la invención comprende al menos un tubo de metal que aloja de 24 a 48 fibras ópticas.

20. Cable óptico según la reivindicación 12, en el que el al menos un tubo de metal está hecho de un material metálico plásticamente deformable.

21. Cable óptico según la reivindicación 20, en el que el material metálico se selecciona entre acero, aluminio, aleaciones de aluminio y cobre.

22. Cable óptico según la reivindicación 12, en el que el al menos un tubo de metal es acortado longitudinalmente respecto a la al menos una fibra óptica alojada en el mismo mediante arrugado, ondulado o corrugado.

23. Cable óptico según la reivindicación 22, en el que el tubo de metal se acorta mediante corrugado.

24. Cable óptico según la reivindicación 22, en el que el arrugado, ondulado o corrugado tiene una profundidad de 0,05 mm a 2 mm de la superficie envolvente exterior del tubo.

25. Cable óptico según la reivindicación 24, en el que la profundidad es de entre 0,1 mm a 1 mm de la superficie envolvente exterior del tubo.

26. Cable óptico según la reivindicación 22, en el que el arrugado, ondulado o corrugado es una hélice con un paso de entre 5 mm a 15 mm.

27. Cable óptico según la reivindicación 12, en el que el tubo de metal tiene un diámetro interno de 2 a 11 mm.

28. Cable óptico según la reivindicación 27, en el que el tubo de metal tiene un diámetro interno de entre 2 mm y 4 mm.

29. Cable óptico según la reivindicación 12, en el que el tubo de metal tiene un diámetro externo de 3 a 15 mm.

30. Cable óptico según la reivindicación 29, en el que el tubo de metal tiene un diámetro externo de 3 mm a 6 mm.

31. Cable óptico según la reivindicación 12, en el que la al menos una fibra óptica alojada en el tubo de metal está incrustada en un material de relleno.

32. Cable óptico según la reivindicación 31, en el que el material de relleno se selecciona entre un gel, una jalea o una grasa.

33. Cable óptico según la reivindicación 31, en el que dicho material de relleno muestra al menos una característica seleccionada entre hidrofobicidad, absorción de hidrógeno, tixotropía.

34. Cable óptico según la reivindicación 33, en el que el material de relleno muestra una absorción de hidrógeno igual o superior a 0,1 cm^3 STP/g, más preferiblemente igual o superior a 0,5 cm^3 STP/g.

35. Cable óptico según la reivindicación 31, en donde el material de relleno muestra una viscosidad de 40 a 300 Pa·s.

36. Cable óptico según la reivindicación 35, en el que el material de relleno muestra una viscosidad preferentemente mayor de 50 a 120 Pa·s.

37. Aparato para la fabricación de un cable óptico, que comprende al menos un tubo de metal que aloja al menos una fibra óptica, teniendo dicho cable una longitud de fibra de exceso (EFL) predeterminada, comprendiendo el aparato

- un dispositivo para formar de manera continua un tubo de metal;

- un primer canal para conducir la al menos una fibra óptica dentro de dicho tubo de metal;

- un primer dispositivo de tracción para hacer congruentes el tubo de metal y la al menos una fibra óptica;

- un corrugador para acortar dicho tubo de metal;

- un segundo dispositivo de tracción para alargar dicho tubo de metal.

38. Aparato según la reivindicación 37, en el que el dispositivo para la formación del tubo de metal es una máquina de conformación de metal continua.

39. Aparato según la reivindicación 37, que comprende un segundo canal de alimentación para conducir un material de relleno dentro de dicho tubo de metal.

40. Aparato según la reivindicación 39, en el que el segundo canal de alimentación es coaxial y en una posición radialmente externa respecto al primer canal de alimentación.

41. Aparato según la reivindicación 37, que comprende un primer dispositivo de enfriamiento que rodea dicho primer canal de alimentación.

42. Aparato según la reivindicación 41, en el que dicho primer dispositivo de enfriamiento comprende un tubo de enfriamiento, coaxial y en una posición radialmente externa con respecto al primer canal de alimentación.

43. Aparato según la reivindicación 42, en el que dicho enfriamiento del tubo es coaxial y radialmente externo al segundo canal de alimentación.

44. Aparato según la reivindicación 37, en el que un segundo dispositivo de enfriamiento se proporciona a continuación del dispositivo para la formación del tubo de metal.

45. Aparato según la reivindicación 37, en el que, antes del primer dispositivo de tracción, se proporciona una matriz.

46. Aparato según la reivindicación 37, en el que el primer dispositivo de tracción se selecciona entre un cabestrante o una oruga.

47. Aparato según la reivindicación 46, en el que el primer dispositivo de tracción es un cabestrante.

48. Aparato según la reivindicación 37, en el que el corrugador proporciona un acortamiento con un ángulo de 0,1º a 15º.

49. Aparato según la reivindicación 48, en el que el corrugador proporciona un acortamiento con un ángulo de 0,5º a 8º.

50. Aparato según la reivindicación 37, en el que el segundo dispositivo de tracción se selecciona entre una oruga o un cabestrante.

51. Aparato según la reivindicación 50, en el que el segundo dispositivo de tracción es un cabestrante.

52. Aparato según la reivindicación 37, que comprende al menos un dispositivo de medición de la longitud.

53. Aparato según la reivindicación 37, que comprende al menos cuatro dispositivos de medición de longitud.

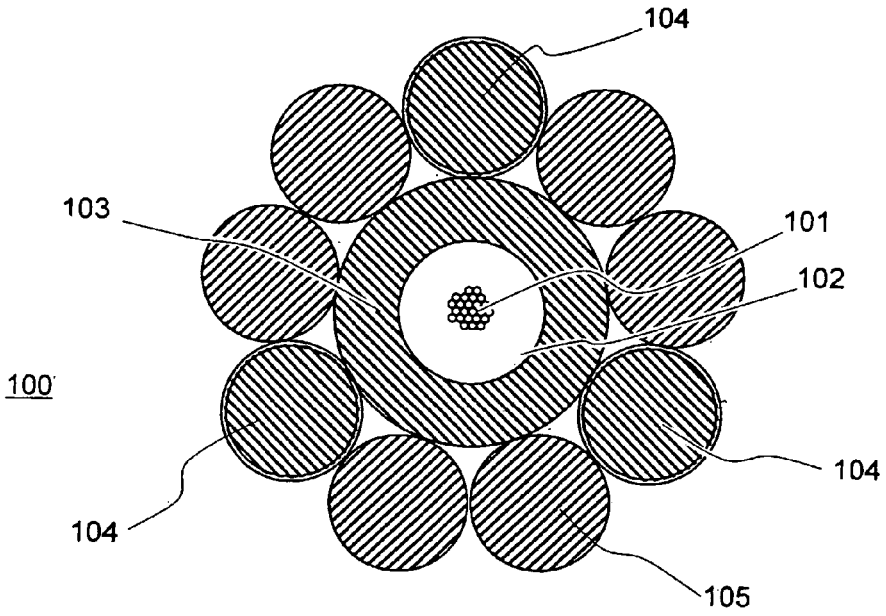

104
103
101
102
100
104
104
105

Fig. 1

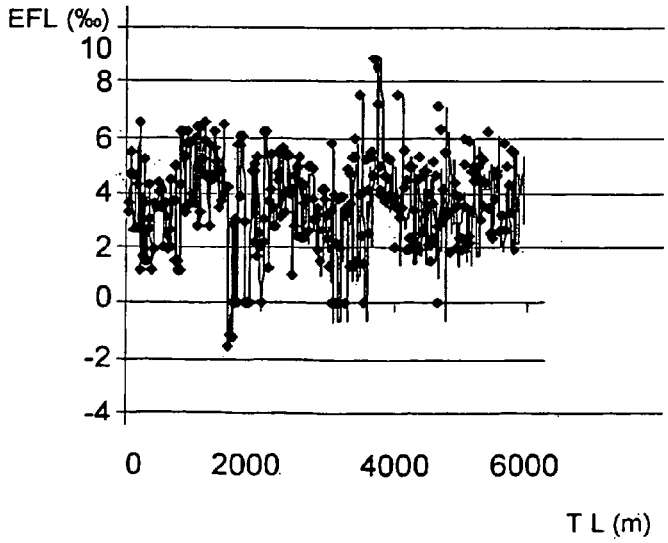

EFL (‰)
10
8
6
4
2
0
-2
-4
0
2000
4000
6000
T L (m)

Fig. 5

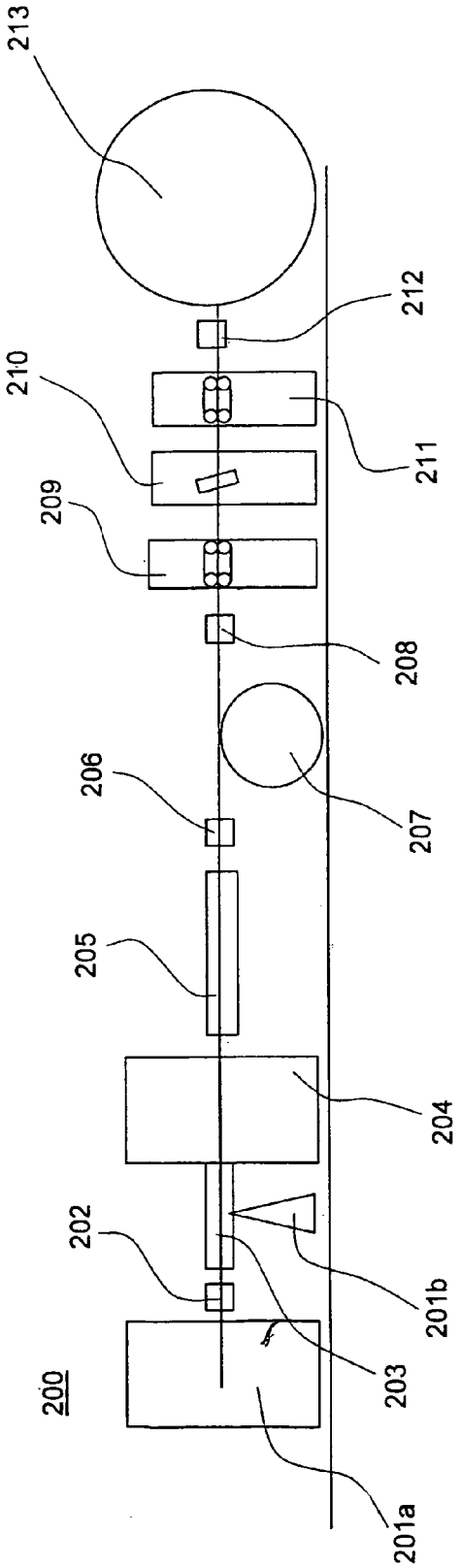


Fig. 2

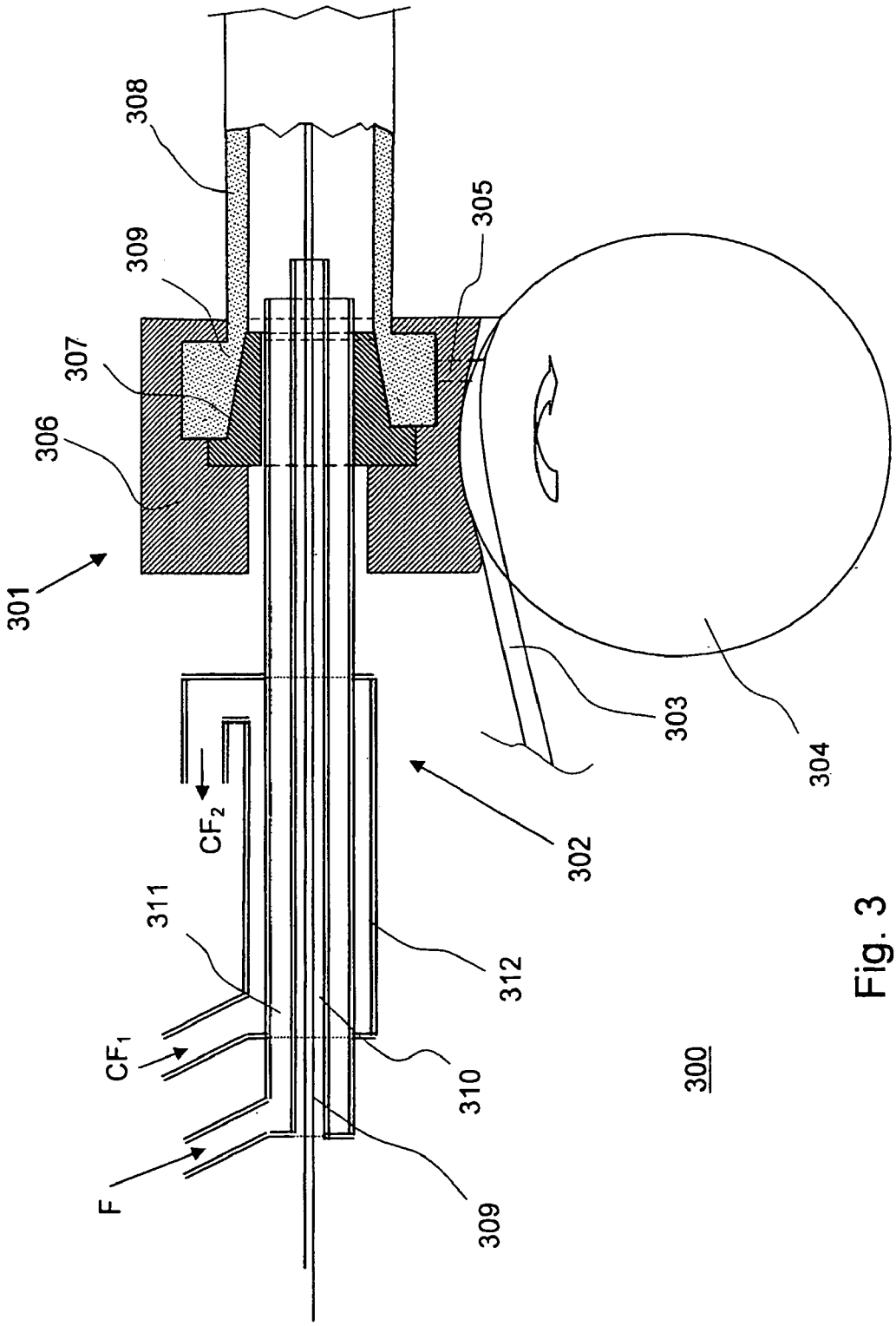


Fig. 3

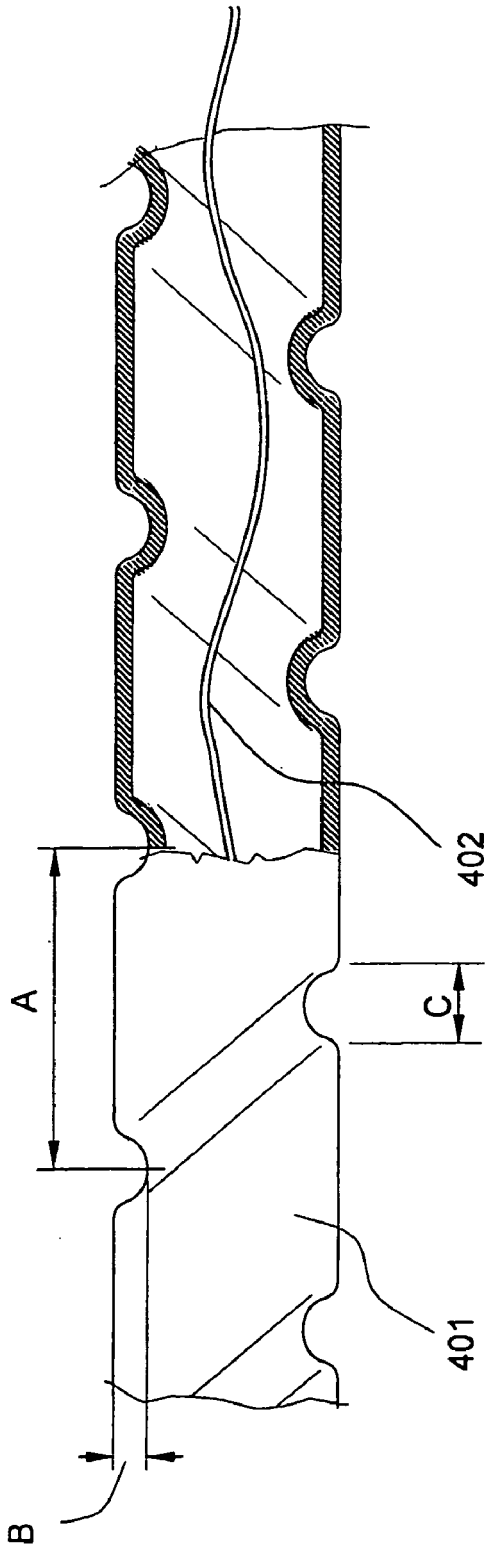


Fig. 4

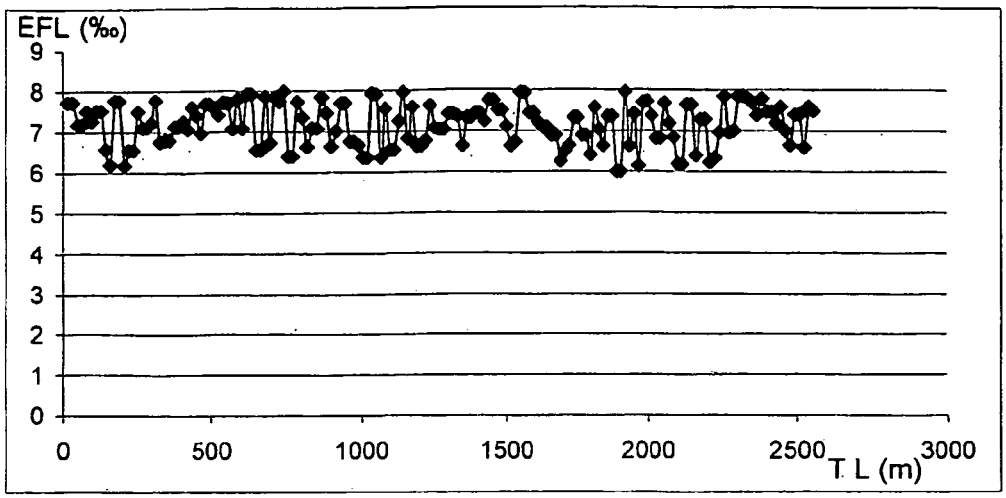

EFL (‰)
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
T. L (m)

Fig. 6

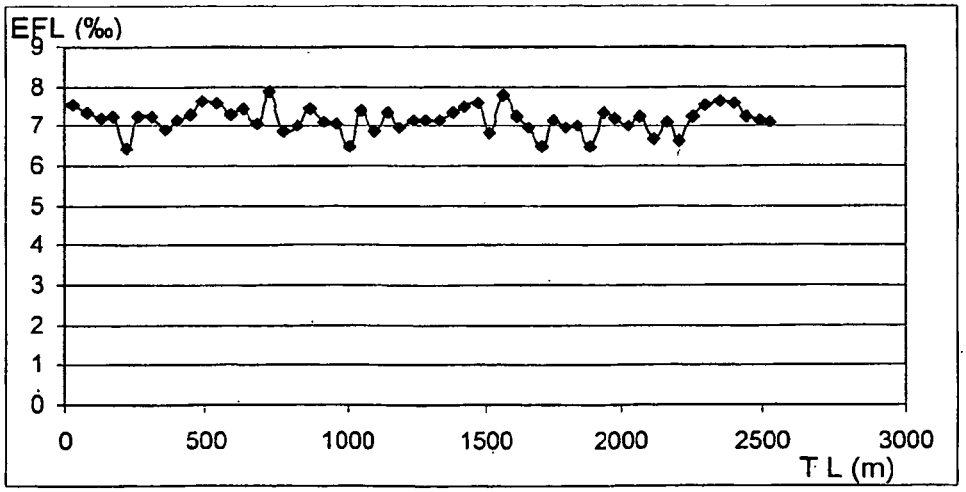

EFL (‰)
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
T. L (m)

Fig. 7