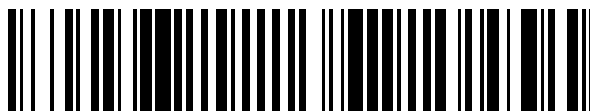


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 402 788**

51 Int. Cl.:

G01N 3/08 (2006.01)

G01M 11/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.12.2007** **E 07857636 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.02.2013** **EP 2235498**

54 Título: **Procedimiento de evaluación de fibras ópticas durante su fabricación**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.05.2013

73 Titular/es:

PRYSMIAN S.P.A. (100.0%)
VIALE SARCA 222
20126 MILANO, IT

72 Inventor/es:

SCAFURO, NICOLA;
VITOLO, MATTEO;
TESTA, GERARDO;
MAZZOTTI, ANDREA y
RUSSO, PAOLO

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 402 788 T3

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).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de evaluación de fibras ópticas durante su fabricación

Antecedentes de la invención

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere, en general, al campo de las fibras ópticas y a su fabricación. En particular, la presente invención se refiere a un procedimiento para la evaluación de fibras ópticas durante su producción, en particular, durante el estirado de las fibras a partir de una preforma.

Descripción de la técnica relacionada

- 10 Las fibras ópticas, en particular las destinadas a aplicaciones de telecomunicaciones, necesitan mostrar unas propiedades ópticas satisfactorias. Estas propiedades incluyen, por ejemplo, una propagación de baja atenuación y de bajo impulso.

- 15 Otra importante propiedad que las fibras ópticas deben mostrar es una resistencia a la tracción suficientemente alta. La resistencia a la tracción es una propiedad mecánica que necesita una fibra óptica para poseer (al menos hasta un punto determinado) con el fin de asegurar que no se produzcan durante su instalación daños y rupturas de la fibra óptica.

Con el fin de proteger la superficie de las fibras ópticas respecto de daños mecánicos y químicos, las fibras ópticas son por lo general revestidas durante el proceso de estirado a partir de una preforma de las fibras, mediante la aplicación a ellas de un revestimiento sintético.

- 20 Sin embargo, incluso las fibras revestidas con frecuencia muestran una resistencia a la tracción baja, por ejemplo debido a que partículas existentes en el horno utilizado para calentar la preforma, u otras partículas extrañas, dañan la superficie de la fibra mientras que la fibra está todavía en la cámara del horno (por ejemplo, las impurezas existentes en la cámara del horno pueden provocar defectos en la superficie de la fibra los cuales reducen la resistencia de la fibra), o debido a variaciones importantes en las condiciones de trabajo del proceso de estirado (por ejemplo, modificaciones de las condiciones de enfriamiento o problemas que se producen en la etapa de aplicación del revestimiento de la fibra). Así mismo, otras impurezas que ya están presentes en la preforma a partir de la cual la fibra fue estirada, pueden ser la causa de defectos de la fibra que empeoren las características de resistencia a la tracción de la fibra. La resistencia a la tracción de la fibra depende, de hecho, de la frecuencia y del tamaño de estos defectos, los cuales en general están estadísticamente distribuidos sobre la entera longitud de la fibra.

- 30 Por tanto, la resistencia a la tracción de una fibra óptica necesita ser evaluada para asegurar que un valor de resistencia a la tracción suficientemente alto se garantiza durante la instalación del cable óptico que comprende la fibra óptica.

- 35 En el pasado, la comprobación de la resistencia a la tracción de la fibra se llevó a cabo directamente en línea, típicamente corriente abajo de la etapa de estirado de la fibra óptica (en particular justo antes del devanado de la fibra óptica estirada sobre la bobina de recogida). La totalidad de la longitud de la fibra estirada fue sometida a una prueba en línea mediante la aplicación (utilizando un aparato apropiado) a la fibra que estaba siendo estirada una fuerza de tracción adaptada para inducir una deformación que remede las condiciones de esfuerzo a las que la fibra estuviera sometida cuando se situará dentro de un cable óptico, en particular durante su instalación. El valor de deformación en general se especifica en hojas de características de las fibras ópticas y, por ejemplo, es igual a un 1%, aunque la deformación específica de la fibra a la que una fibra óptica es sometida sobre el terreno puede depender de la aplicación específica; por ejemplo, para la instalación de cables ópticos submarinos, la deformación puede alcanzar hasta un 2%. Este cribado en línea fue llevado a cabo sobre la totalidad de la longitud de la fibra estirada debido a que se desarrolló, así mismo, la verificación de la calidad la cual siempre se lleva a cabo sobre el producto acabado (esto es, no se previó ninguna valoración adicional sobre el producto final, fuera de línea respecto del proceso de fabricación). El cribado en línea se divulga, por ejemplo, en la Patente estadounidense No. 4,148,218, en la Patente estadounidense No. 6,892,589 y en la Patente estadounidense No. 4,601,208.

- 45 La presencia de defectos provoca rupturas de la fibra que está siendo estirada, los cuales son detectados con facilidad. Sin embargo, muchas rupturas afectan de manera negativa a la tasa de estirado de la fibra, y provocan que el proceso de estirado sea bastante discontinuo. Otro problema estriba en que se ha encontrado que la fibra, inmediatamente después del estirado, es hasta cierto punto más resistente que después de que ha transcurrido un cierto tiempo. Por tanto, el cribado en línea de la fibra inmediatamente después del estirado (induciendo una deformación de un 1%) no elimina en realidad todos los defectos.

- 50 Más recientemente, en plantas de fabricación de fibras ópticas, las fibras son sometidas a una denominada "prueba del cribado fuera de línea" o de "cribado fuera de línea". La fibra estirada es desenrollada del carrete de recogida de después del estirado, conducida sobre unos rodillos, y cargada con una fuerza de tracción predeterminada sobre su entera longitud (apropiada para inducir la deformación de la fibra específica en la hoja de datos de la fibra, por

ejemplo 700 MPa para una deformación de un 1%); la fuerza aplicada provoca que la fibra se rompa en consonancia con los defectos, y la mayoría de ellas pueden, por tanto, ser eliminadas. Los valores típicos de la fuerza aplicada son tales como para provocar una deformación de un 1% sobre la fibra. Gracias al elevado grado de pureza garantizado por las modernas plantas de fabricación de fibras, las distancias medias típicas entre dos defectos consecutivos de la fibra son superiores a varias decenas de kilómetros. La prueba de cribado fuera de línea se divulga, por ejemplo, en la Patente estadounidense No. 5,076,104.

Sin embargo, la etapa de cribado de la fibra fuera de línea presenta el inconveniente principal de que la pobre calidad posible de la preforma de partida (por ejemplo, debido a la presencia de partículas extrañas dentro de la preforma o sobre la superficie externa de la preforma o debido a variaciones producidas en las condiciones de trabajo durante la formación de la preforma provocadas por la etapa de estirado compleja y delicada de la fibra óptica debido, por ejemplo, a los diámetros muy reducidos, a tasas de velocidad muy altas, a torres verticales muy elevadas), a partir de la cual la fibra óptica ha sido estirada, puede ser detectada solo cuando se ha llevado a cabo la etapa de prueba de resistencia a la tracción sobre la fibra óptica fabricada que se ha obtenido a partir de esa preforma. La pobre calidad de la preforma de partida se traduce en un elevado número de rupturas consecutivas las cuales se producen en la fibra óptica estirada durante su etapa de comprobación de la resistencia a la tracción. Dado que no es aceptable un descenso significativo de las longitudes medias entre dos rupturas consecutivas (algunas veces incluso inferiores a la envergadura comercial mínima de una fibra óptica, en general del orden de aproximadamente 5 km), la fibra óptica fabricada tiene que ser descartada. Esto claramente representa un coste muy elevado para el fabricante el cual ha malgastado materias primas costosas (especialmente con respecto al revestimiento de la fibra óptica) así como tiempo sin obtener resultado alguno.

Así mismo, en el caso de que la pobre calidad de la preforma se deba a un problema del proceso de fabricación, dado que la etapa de prueba se lleva a cabo fuera de línea (esto es, cuando la fibra óptica ya ha sido fabricada) y, por tanto, algún tiempo después de que la fibra óptica ha sido obtenida, los resultados negativos de la prueba de tracción pueden ser posiblemente confirmados cuando más de una preforma ha sido ya producida y estirada, de forma que una gran cantidad de fibra óptica tiene que ser descartada.

Con el fin de poner a prueba las preformas a partir de las cuales deben ser estiradas las fibras ópticas, las preformas podrían ser ópticamente examinadas. Ejemplos de estos procedimientos se divulgan en el artículo de H.M. Presby et al., "Diagnóstico de las Preformas de Fibras Ópticas" ["Optical Fiber Preform Diagnostics"] publicado en "Applied Optics", Vol. 18, No. 1, 1 de enero de 1999, pp. 23 - 30. Un procedimiento de ensayo no destructivo de especímenes ópticos se ha ya divulgado en la Patente estadounidense No. 4,501,492.

Sin embargo, estos procedimientos ópticos aplicados a las preformas antes del proceso de estirado, no tienen en cuenta los defectos de las fibras que se originan durante el proceso de estirado de las preformas. De acuerdo con la Patente estadounidense citada No. 4,501,492, debe incluso ser posible analizar la fibra durante el proceso, pero es ciertamente difícil conseguir una resolución espacial satisfactoria a un régimen de velocidad elevado.

De acuerdo con ello, una inspección óptica de la preforma no puede revelar los defectos que se puedan originar durante la etapa de estirado sucesivo para la obtención de la fibra óptica. Así mismo, en el caso de que la inspección óptica se lleve a cabo también sobre la fibra óptica mientras está siendo estirada a partir de la preforma, este procedimiento dista de ser eficaz para detectar posibles defectos en la fibra óptica estirada, dado que no se puede asegurar una resolución espacial satisfactoria a regímenes de gran velocidad los cuales se utilizan en los procesos de fabricación de fibras ópticas modernos.

En el documento EP-A-0393878 una fibra óptica es sometida a carga de prueba doblándola con respecto al eje geométrico de la fibra en una medida preseleccionada en todas direcciones y en todos los emplazamientos a lo largo de la extensión de la fibra. En una propuesta, la fibra óptica es envuelta alrededor de un mandril cilíndrico en una pauta helicoidal y estirada sobre el mandril a lo largo de su entera extensión. Con el ángulo helicoidal preferente de aproximadamente 45 grados, dos arrollamientos de la fibra óptica alrededor del mandril aseguran que toda la fibra estará doblada en todas las direcciones. Si existe un defecto en la fibra óptica que provocara una falla en cualquier extensión de plegado por debajo de la medida preseleccionada, esta prueba sometida a carga provocará que la fibra caiga de manera que el punto débil pueda ser eliminado.

El documento US 2002/069675 divulga un procedimiento y un aparato para el enroscado y devanado automáticos de la fibra óptica sobre diversos componentes de un sistema de estirado de la fibra, así como a unos procedimientos y a unos aparatos para dirigir el cribado de tracción en línea de la fibra óptica a grandes velocidades. En una forma de realización preferente, la fibra es sometida a una prueba de tracción durante el estirado de la fibra y enrollada directamente sobre el carrete de envío para ser enviada a un cliente. El esfuerzo de tracción puede ser transmitido a la fibra durante el proceso de estirado mediante la introducción de la fibra a través de un cabrestante cribador, el cual funciona en combinación con otro cabrestante para transmitir el esfuerzo de tracción deseado a la fibra durante el proceso de estirado.

El documento US 4601208 divulga un equipo de sometimiento a prueba de carga de fibras ópticas que incorpora una transmisión rotatoria y dos poleas directamente acopladas a la transmisión. Una fibra es tomada del equipo de estirado de fibras alrededor de parte de la circunferencia de la primera polea, a lo largo de una pista de guía y

alrededor de parte de la circunferencia de la segunda polea. Unas correas continuas respectivas aplican una presión resiliente para sujetar la fibra a las poleas, pudiendo la presión resiliente ser ajustada. La segunda polea presenta un diámetro ligeramente superior al de la primera polea para establecer un esfuerzo de tracción predeterminado en la fibra que se desplaza entre las dos poleas. El equipo de prueba se utiliza después de que la fibra ha sido estirada en una torre de estirado y, a continuación, revestida, y antes de que la fibra sea almacenada en carretes. La fuerza de tracción aplicada sobre la fibra puede ser modificada variando el diámetro de las primera y segunda poleas. Así mismo, se puede obtener un cierto cambio incremental en la fuerza de tracción mediante el ajuste de la presión resiliente suministrada por la correa continua.

El documento US 4,418,218 divulga un aparato para la aplicación de esfuerzo de tracción sobre una fibra óptica.

Sumario de la invención

El Solicitante ha abordado el problema de diseñar un procedimiento de evaluación de fibras ópticas que no resulte, o resulte en menor medida, afectado por los problemas de los procedimientos de cribado de fibras conocidos mencionados con anterioridad por lo que respecta a la resistencia a la tracción de las fibras. En particular, el Solicitante ha afrontado el problema de la verificación de la calidad de una fibra óptica durante su estirado, evitando de esta manera que sean fabricadas fibras ópticas defectuosas (las cuales resultarían inservibles a la hora de su comercialización y las cuales, por tanto, tendrían que ser desechadas) y que las materias primas, el consumo de energía, la mano de obra y el tiempo útil de las máquinas sean malgastados.

El derroche de tiempo y material es incluso mayor dado que, en general, se detectan los defectos de la fibra óptica durante la prueba de cribado fuera de línea cuando la fibra óptica obtenida es sometida al esfuerzo de tracción prescrito para verificar su calidad.

El Solicitante ha percibido que se puede garantizar el uso de preformas de calidad satisfactoria (esto es, sustancialmente exentas de defectos), así como el hecho de que los valores prescritos para los parámetros del proceso son correctamente utilizados durante el proceso de fabricación de la fibra óptica, mediante pruebas preliminares de la resistencia a la tracción de una primerísima extensión de una fibra óptica obtenida en una primerísima etapa de su estirado, llevándose las pruebas a cabo en línea durante el proceso de fabricación de la fibra óptica.

En particular, el Solicitante ha percibido que mediante la aplicación de un esfuerzo a la tracción apropiado (el cual es inferior al esfuerzo a la tracción utilizado en el cribado de fibras fuera de línea para verificar la calidad de la fibra óptica producida) solo respecto de una longitud inicial de una fibra óptica estirada durante su estirado, la calidad y la productividad del proceso de fabricación de la fibra óptica se incrementa de forma ventajosa. Típicamente, dicha longitud inicial depende de la distancia estadística entre rupturas de fibras; de modo preferente, dicha longitud inicial es de aproximadamente 10 km. Por tanto, si la fibra óptica pasa la prueba, se puede suponer que también la fibra óptica restante que va a ser obtenida a partir de la preforma (típicamente algunos centenares de kilómetros de fibra estirada se obtienen a partir de una preforma) pasará la prueba y prácticamente no se producirán rechazos por fibras defectuosas (esto es, fibras ópticas que presenten un número elevado e inaceptable de rupturas consecutivas) a partir de dicha preforma. Así mismo, el Solicitante ha también percibido que, si la fibra óptica pasa la prueba preliminar de resistencia a la tracción (esto es, llevando a cabo una prueba en línea de dicha longitud inicial de fibra óptica estirada), la calidad del proceso de estirado se puede considerar como satisfactoria y que no introduce defectos adicionales en la fibra óptica estirada durante el estirado de la preforma.

El Solicitante ha encontrado que el problema técnico mencionado con anterioridad puede ser resuelto mediante la incorporación en el proceso de fabricación de la fibra óptica una etapa de comprobación de la resistencia a la tracción de acuerdo con la cual se aplica una tensión predeterminada a la primerísima longitud de la fibra óptica estirada, siendo a continuación suprimida la tracción durante el estirado de la longitud restante de la fibra óptica que se obtiene a partir de la preforma.

Gracias a la presente invención, las preformas que presentan una resistencia mecánica insuficiente, así como anomalías en las condiciones de trabajo del proceso, serán detectadas durante la etapa preliminar de la prueba de resistencia a la tracción, dado que la tensión aplicada a la fibra que está siendo estirada provoca una ruptura de la fibra óptica prácticamente en cada defecto de la fibra óptica y debido a las preformas defectuosas y / o a las anomalías del proceso de estirado. Por tanto, mediante la verificación de la resistencia a la tracción de la fibra óptica en una primerísima etapa del proceso de fabricación de la fibra óptica, es posible evaluar la calidad de la preforma y las condiciones de trabajo del proceso, de forma que la fibra óptica resultante se espera que tenga el valor de resistencia a la tracción deseado, reduciendo de esta manera los rechazos por defectos en el proceso.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un procedimiento de evaluación de una fibra óptica durante su fabricación, de acuerdo con lo definido en la reivindicación 1.

El procedimiento puede, así mismo, comprender la exposición de la fibra óptica estirada a una prueba de resistencia a la tracción fuera de línea sometiendo la totalidad de la fibra óptica estirada a un segundo esfuerzo de tracción predeterminado.

Después de dicha detención del proceso de estirado de la fibra, pueden llevarse a cabo las siguientes etapas:

- la limpieza de la torre de estirado de la fibra;
- el reinicio del proceso de estirado de la fibra;
- 5 - el sometimiento de una longitud adicional predeterminada de la fibra óptica, mientras está siendo estirada, al primer esfuerzo de tracción predeterminado;
- si el número detectado de rupturas de la fibra excede un segundo umbral predeterminado, la detención de nuevo del proceso de estirado de la fibra.

El procedimiento puede, así mismo, comprender, después de dicha detención adicional del proceso de estirado de la fibra, el rechazo de la preforma de la fibra.

- 10 Dicho primer esfuerzo de tracción es en particular inferior a dicho segundo esfuerzo de tracción.

En particular, dicho primer esfuerzo de tracción es inferior o igual a un 60% de dicho segundo esfuerzo de tracción.

Dicho primer esfuerzo de tracción puede oscilar entre un 20% y un 50% de dicho segundo esfuerzo de tracción.

Dicho primer esfuerzo de tracción puede ser seleccionado dentro del intervalo de aproximadamente 200 g y aproximadamente 1000 g, de modo más preferente entre aproximadamente 300 g y aproximadamente 600 g.

- 15 Dicha longitud inicial predeterminada puede ser al menos de 10 km.

Dicho primer umbral predeterminado puede ser igual a 2 o 3.

Dicho segundo umbral predeterminado puede ser igual a 0.

Breve descripción de los dibujos

- 20 Estas y otras características distintivas y ventajas de la presente invención resultarán clarificadas mediante la descripción detallada subsecuente de una forma de realización de la misma, ofrecida simplemente a modo de ejemplo no limitativo para ser apreciada en combinación con los dibujos adjuntos, en los que:

La **Figura 1** muestra de forma esquemática un aparato de estirado de una fibra óptica;

- 25 la **Figura 2** muestra de forma esquemática un dispositivo de acuerdo con una forma de realización de la presente invención, adaptado para su utilización en el aparato de estirado de la fibra óptica de la **Figura 1**, para la aplicación de una resistencia a la tracción a una fibra óptica que está siendo estirada;

las **Figuras 3A y 3B** muestran de forma esquemática el dispositivo de la **Figura 2** en dos estados operativas diferentes;;

la **Figura 4** es un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento de acuerdo con una forma de realización de la presente invención para un cribado de una fibra en línea; y

- 30 las **Figuras 5A, 5B y 5C** son diagramas que transmiten las probabilidades de ruptura de la fibra observadas en tres longitudes de muestra diferentes de la fibra óptica estirada, obtenidas mediante dos procesos de estirado.

Descripción detallada de una forma de realización de la invención

- 35 Con referencia a los dibujos, en la **Figura 1** se muestra de forma esquemática un aparato, globalmente designado con la referencia numeral **100**, para el estirado de una fibra óptica. El aparato **100** es típicamente insertado en una torre de estirado de fibras (no mostrada en el dibujo).

- Una preforma **101** de vidrio es estirada dentro de un horno (estufa) **102** para obtener una fibra óptica **103** de vidrio. La fibra **103** es traccionada hacia abajo por un aparato **150** de tracción. El diámetro de la fibra **103** es medido por un primer dispositivo **140** de medición del diámetro. En el caso de una desviación con respecto de un valor seleccionado (por ejemplo, 125 μm), el primer dispositivo **140** de medición del diámetro está adaptado para enviar una señal al aparato **150** de tracción el cual variará su velocidad rotacional en la medida apropiada.
- 40

- La fibra **103** es enfriada al pasar a través de un tubo **112** de enfriamiento hasta descender a una temperatura típicamente inferior a 50° C, y la fibra **103** pasa, a continuación, a través de un primer dispositivo **121** aplicador adaptado para aplicar sobre la fibra **103** una primera capa de material de revestimiento, típicamente bajo la forma de una resina viscosa.
- 45

A continuación, la fibra **103** pasa a través de un dispositivo **131** de curado, que comprende una o más lámparas UV (ultravioleta), lo cual provoca el curado completo o al menos parcial (reticulación) de la resina que constituye la primera capa de revestimiento (dependiendo del grado de curado de la potencia UV y / o de la velocidad de estirado de la fibra).

El diámetro de la fibra **103** cubierta con la primera capa de revestimiento es medido mediante un segundo dispositivo **141** de medición del diámetro. El valor medido puede ser utilizado como retroalimentación para controlar las condiciones operativas adecuadas del tubo **112** de enfriamiento, con el fin de ajustar la temperatura a la cual la fibra **103** entra en los colorantes del primer dispositivo **121** aplicador (la cantidad de resina que la fibra puede arrastrar, esto es, el grosor de la primera capa de revestimiento, depende de la configuración geométrica de los tintes y de la temperatura de la fibra entrante con respecto a la de la resina).

La fibra **103**, a continuación, pasa a través de un segundo dispositivo **122** aplicador, el cual aplica una segunda capa de material de revestimiento, por ejemplo, de nuevo bajo la forma de una resina viscosa. A continuación, la fibra **103** pasa a través de un segundo dispositivo **132** de curado, que comprende una o más lámparas UV, lo cual provoca el curado completo o al menos parcial de la resina que constituye la segunda capa de revestimiento (de nuevo aquí, el grado de curado depende de la potencia UV y / o de la velocidad de estirado de la fibra).

El diámetro de la fibra **103** cubierta con las dos capas de revestimiento es, a continuación, medido por un tercer dispositivo **142** de medición del diámetro.

En el aparato **150** de tracción, la fibra **103** es presionada por una correa **155** y envuelta de manera parcial sobre un rodillo **151**. La correa **155** pasa sobre los tres rodillos **152**, **153** y **154**, para que alcance una tensión prescrita y asegura la fricción necesaria para traccionar la fibra **103** hacia abajo.

De acuerdo con una forma de realización de la presente invención, después del dispositivo **150** de tracción, un dispositivo **160** de tensionado de la fibra es insertado en línea dentro del aparato **100** de estirado de la fibra situada en la torre de estirado, y está adaptado para exponer la fibra **103** a una tensión suplementaria durante el estirado de la fibra. El dispositivo **160** de tensionado de la fibra se describirá con detalle más adelante.

Después del dispositivo **160** de tensionado de la fibra, un dispositivo de devanado de la fibra, en sí mismo conocido, provoca que la fibra **103** sea enrollada sobre una bobina **170**.

El bloque **180** indica de forma esquemática un aparato convencional de prueba de cribado de fibras fuera de línea, adaptado para exponer la totalidad de la fibra estirada a un esfuerzo de la tracción predeterminado.

Una forma de realización de acuerdo con la presente invención del dispositivo **160** de tensionado de la fibra es mostrado con detalle en la **Figura 2**. Se subraya que la forma de realización mostrada en la **Figura 2** no es limitativa respecto de la presente invención y la tensión suplementaria puede ser aplicada a la fibra de otras maneras, utilizando dispositivos de tensionado de la fibra diferentes.

El dispositivo **160** de tensionado de la fibra comprende tres poleas o rodillos **211**, **212** y **213**. El rodillo **213** está situado en la parte media entre los rodillos **211** y **212**, y está montado sobre una barra **220** conectada a dos carros, **231** y **232**, los cuales pueden desplazarse con libertad a lo largo de dos guías **221** y **222** verticales. La barra **220** puede estar cargada con un peso **241** variable adicional. El peso total del rodillo **213**, la barra **220**, los carros **231** y **232**, y el peso **241** adicional serán designados en lo sucesivo como el "peso global", y se indica con la letra **P** en el dibujo.

En funcionamiento, la fibra **103** óptica, mientras está siendo estirada y después de haber sido revestida, pasa a través de los tres rodillos **211**, **212** y **213**. Debido al peso **P** total, la fibra **103** es sometida a una tensión igual a $P / 2$. El valor del peso **P** total aplicado a la fibra se corresponde de forma unívoca con una determinada deformación de la fibra, lo cual, a su vez, depende del módulo de Young **E** de la fibra óptica y de su diámetro; las fibras ópticas están fabricados por lo general en sílice, con un módulo de Young **E** de aproximadamente 72 GPa y presentan un diámetro típico $D = 125 \pm 1 \mu m$, con lo cual un peso **P** total, correspondiente a una tensión **T** aplicada $= P / 2$, provoca una deformación igual a **T** dividida por la sección transversal de la fibra, dividida por el módulo de Young **E**: $T / ((3,14 * D / 2)^2 * E)$.

El peso **241** puede ser suprimido y / o modificado durante el proceso de estirado de la fibra.

En las **Figuras 3A** y **3B**, un dispositivo **300** se muestra de forma esquemática el cual está adaptado para aplicar o suprimir el peso **241** adicional sobre la barra **220** sobre la cual está montado el rodillo **213** central (el rodillo **213** no se representa en las **Figuras 3A** y **3B**, en aras de la claridad).

En particular, en la **Figura 3A** el dispositivo **300** se muestra en un primer estado de funcionamiento (desactivado), en el cual el peso **241** adicional no está cargado sobre la barra **220**, siendo sostenido por dos, por ejemplo neumáticos, émbolos **340** y **341** por medio de una barra **305** delgada. En este estado, el peso **P** total se corresponde con el peso total del rodillo **213**, de la barra **220** y de los carros **231** y **232**, y es relativamente escaso, de forma que se induce una deformación prácticamente desdéniable sobre la fibra debida a este peso.

En la **Figura 3B** el dispositivo **300** se muestra en un segundo estado de funcionamiento (activado), en el cual el peso **241** es cargado sobre la barra **220**, dado que los dos émbolos **340** y **341** neumáticos están abatidos y no sostienen la barra **305** delgada que soporta el peso **241** adicional. El valor del peso **241** adicional es tal que la deformación prescrita es inducida sobre la fibra.

- 5 Un procedimiento de evaluación de fibras de acuerdo con una forma de realización de la presente invención, para la evaluación de las propiedades de resistencia a la tracción de las fibras durante el estirado de las fibras, puede ser el siguiente (se hace referencia al diagrama de flujo esquemático de la **Figura 4**).

Al principio del proceso de estirado de la fibra (bloque **405**), el cribado de la fibra en línea es activado (bloque **410**). El dispositivo **300** para la aplicación del peso **241** adicional es activado (estado que se muestra en la **Figura 3B**), de manera que el peso **241** adicional sea aplicado a la fibra **103** que está siendo estirada. La aplicación del peso **241** adicional provoca una tensión suplementaria que va a ser aplicada sobre la fibra, y esta tensión suplementaria induce una deformación prescrita en la fibra **103**.

Si el número de rupturas de la fibra que se produce en una longitud inicial predeterminada de la longitud total de la fibra obtenible a partir de la preforma es inferior a un número predeterminado $N1$, considerado crítico (bloque **415** de decisión, ramal **Y** de salida), el cribado de la fibra en línea es desactivado (bloque **420**): el dispositivo **300** es desactivado y dispuesto en el estado que se muestra en la **Figura 3A**, y el resto de la preforma es estirada de la forma convencional, sin la aplicación sobre la fibra de la tensión suplementaria (bloque **425**).

Si, en la longitud inicial predeterminada de la fibra estirada, el número de rupturas de la fibra que se producen durante el cribado en línea es igual o superior al número predeterminado $N1$ (por ejemplo se producen una, dos o más rupturas) (bloque **415** de decisión, ramal **N** de salida), el proceso de estirado se detiene, y la preforma **101** es retirada de la zona caliente del horno **102**. La torre de estirado es limpiada de forma cuidadosa y controlada (bloque **430**). El proceso de estirado es, a continuación, reiniciado actuando sobre la misma preforma **101** (bloque **435**).

De modo preferente, el cribado de la fibra en línea es mantenido activado (esto es, el dispositivo **300** es mantenido en el estado activado, que se muestra en la **Figura 3B**) después de que el proceso de estirado se ha reiniciado (bloque **440**), con el fin de someter a prueba una longitud adicional de la fibra estirada. Posiblemente, dicha longitud adicional es igual a la longitud inicial de la fibra estirada sometida a prueba en la etapa anterior.

Si no se producen rupturas adicionales de la fibra después de dicha longitud inicial predeterminada adicional de la fibra estirada, o, de forma más general, el número de rupturas observado de la fibra es inferior a un segundo número predeterminado $N2$ (bloque de decisión **445**, ramal **Y** de salida), el cribado de la fibra en línea es detenido (el dispositivo **300** es desactivado, tal y como se muestra en la **Figura 3A**), y el resto de la preforma es estirada de la forma convencional (bloques **420** y **425**).

La fibra estirada es, a continuación, sometida a un cribado fuera de línea convencional (bloque **450**), por ejemplo mediante la aplicación sobre la total longitud de la fibra estirada de una fuerza de tracción adaptada para inducir una deformación de un 1%. Con este fin, la fibra estirada es desenrollada a partir de la bobina **170** de recogida y es conducida por encima de los rodillos y cargada con una fuerza de tracción predeterminada a lo largo de su entera extensión (apropiada para inducir la deformación de la fibra especificada en la hoja de datos de la fibra, por ejemplo 700 MPa para una deformación de un 1%). El cribado fuera de línea es utilizado como la verificación de la calidad de la fibra estirada. Mediante el cribado fuera de línea, son eliminados los posibles defectos de la fibra.

Si en lugar de una o más rupturas de la fibra, se produce una pluralidad más generalizada de rupturas de la fibra igual o superior a la del segundo número $N2$ en la longitud adicional de la fibra estirada después de que el proceso de estirado se ha reiniciado (bloque **445** de decisión, ramal **N** de salida), el proceso de estirado se detiene de manera definitiva, y puede ser llevado a cabo un procedimiento de localización y resolución de fallos cuya finalidad consiste en intentar discriminar si las rupturas de la fibra son originadas por el horno o por la naturaleza defectuosa de la preforma o por otras causas (bloque **455**); el procedimiento de localización y resolución de fallos se puede corresponder con el llevado a cabo de forma adicional en el caso de que durante los procedimientos de cribado fuera de línea conocidos se produzcan rupturas de la fibra.

La tensión suplementaria aplicada a la fibra que está siendo estirada durante la prueba en línea de cribado de la fibra, esto es, el peso P total cuando el peso **241** adicional es aplicado (esto es, el peso total del rodillo **213**, la barra **220**, los carros **231** y **232**, y el peso **241** adicional con la barra **305** delgada), debe ser lo suficientemente bajo como para evitar que se produzcan demasiadas rupturas de la fibra óptica y, al mismo tiempo, sea lo suficientemente elevado para identificar la calidad de la fibra óptica obtenida desde el punto de vista mecánico (resistencia a la tracción). El valor P del peso total puede ser modificado mediante la modificación del peso **241** adicional.

De modo preferente, la tensión suplementaria aplicada a la fibra óptica estirada durante el cribado preliminar en línea es al menos un 50% de la tensión generalmente aplicada a la fibra en la prueba de cribado fuera de línea. Por ejemplo, una tensión de 1000 g aplicada a la fibra se corresponde de manera aproximada con una deformación del 1% en la fibra, la cual remeda en las condiciones de esfuerzo a las que será sometida la fibra cuando se sitúe dentro de un cable óptico, en particular, durante su instalación. De modo preferente, la tensión aplicada a la fibra óptica estirada en la prueba de cribado en línea es de aproximadamente 350 MPa.

Como resultado de las pruebas experimentales llevadas a cabo por el Solicitante, un peso **P** total apropiado puede ser de 800 g, lo que significa que una tensión de aproximadamente $800 \text{ g} / 2 = 400 \text{ g}$ es aplicada a la fibra; de modo preferente, el peso **P** total oscila entre aproximadamente 200 g y aproximadamente 2000 g.

- 5 El peso **P** total cuando el peso **241** adicional no es aplicado (esto es, el peso total del rodillo **213**, la barra **220**, los carros **231** y **232**) puede, por ejemplo, ser inferior a 200 g, de manera que la tensión aplicada a la fibra durante el proceso de estirado cuando es desactivada la prueba de cribado en línea, es inferior a $200 \text{ g} / 2 = 100 \text{ g}$.

Los números $N1$ y $N2$, y su suma $N = N1 + N2$, fijan los umbrales respecto del número de rupturas que la longitud inicial de la fibra óptica estirada puede soportar durante la prueba de cribado en línea preliminar para ser considerada aceptable.

- 10 La longitud inicial predeterminada de la fibra estirada puede, por ejemplo, ser de aproximadamente 10 km. De modo preferente, la longitud inicial predeterminada de la fibra óptica estirada oscila entre aproximadamente 8 km y aproximadamente 40 km. De modo más preferente, la longitud inicial predeterminada de la fibra óptica estirada oscila entre aproximadamente 10 km y 30 km. En términos más generales, la longitud inicial predeterminada de la fibra estirada puede ser elegida como un compromiso entre el deseo de evitar que una porción de fibra
- 15 innecesariamente larga sea sometida a un sobreesfuerzo, y el deseo de comprobar una sección de fibras suficientemente larga para detectar posibles defectos. El valor de la longitud inicial de la fibra podría venir determinada en base a un análisis de la distribución estadística de las distancias entre rupturas sucesivas de la fibra. Por ejemplo, un proceso de estirado de la fibra se puede caracterizar mediante una distribución estadística de Poisson de rupturas de la fibra provocadas por impurezas de la estufa o de la preforma de tal manera que, cuando la
- 20 fibra es sometida a una prueba de cribado fuera de línea que induzca una deformación de la fibra de un 1% (mientras que la distancia media entre las rupturas disminuye si la deformación inducida en la fibra aumenta), la distancia media existente entre dos rupturas consecutivas es relativamente alta, por ejemplo, más alta de 40 km, posiblemente hasta aproximadamente 100 km (estos valores han sido dados a conocer en la literatura, por ejemplo en G.S. Glaesmann, "Predicciones de Probabilidad de Fallos de las Fibras Ópticas a partir de Distribuciones de la Resistencia de Larga Extensión" ["Optical Fiber Failures Probability Predictions From Long - Length Strength Distributions"], en las Actas del Simposium Internacional de Hilo & Cable 1991, páginas 819 a 825. De esta manera, es posible predecir la probabilidad de que se produzcan episodios dos o tres rupturas independientes de fibras de una longitud determinada de la fibra: por ejemplo, la probabilidad de que se produzca una ruptura en 10 km de la fibra estirada es de aproximadamente un 20%, la probabilidad de que se produzcan dos rupturas es de
- 25 aproximadamente un 2%, y la probabilidad de que se produzcan tres rupturas es de aproximadamente un 0,2%; de esta manera, eligiendo la longitud inicial de la fibra estirada que va a ser sometida a la prueba de cribado en línea igual a 10 km, y fijando el umbral N para que sea igual a 3, es razonable, debido a la probabilidad de que se produzcan tres rupturas de la fibra en 10 km, de la fibra estirada, es bastante baja. Mediante el incremento de la longitud inicial de la fibra estirada la cual es sometida a la prueba de cribado en línea, las probabilidades de ruptura se incrementan; por ejemplo, partiendo de la base de 30 km de fibra estirada, la probabilidad de que se produzcan tres rupturas es de aproximadamente un 30%, de esta manera el umbral N del número de rupturas de la fibra se debe incrementar, por ejemplo hasta 4 o 5. Las rupturas de la fibra que se originan por otras causas, como la regulación errónea del aparato de estirado, la limpieza insuficiente de la torre de estirado, otros problemas en la preforma, pueden ofrecer una distancia media inferior, por ejemplo de 5 km.

- 40 Los diagramas de las **Figuras 5A, 5B y 5C** muestran las probabilidades **Z** (en la ordenada) de que se produzca un determinado número de rupturas **R** de la fibra (en la abscisa) para dos procesos posibles de estirado de la fibra caracterizados por: 1) una distancia media entre las rupturas de aproximadamente 40 km cuando la fibra esté sometida a un esfuerzo de un 1% (un proceso satisfactorio, curvas designadas como **A**) y 2) una distancia media entre rupturas de aproximadamente 4 km cuando la fibra esté sometida a una deformación de un 0,5% (un proceso satisfactorio, curvas designadas como **B**), teniendo en cuenta unas envergaduras de la fibra estirada de 5 km
- 45 (**Figura 5A**), 10 Km (**Figura 5B**) y 30 km (**Figura 5C**). Se debe advertir que para longitudes de fibra de 10 km (**Figura 5B**), la probabilidad de que se produzcan tres rupturas en el proceso no satisfactorio es relativamente elevado (aproximadamente de un 50%), de tal manera que un número de tres rupturas está adaptado para distinguir el proceso de estirado satisfactorio de la fibra (curva **A**) del proceso no satisfactorio (curva **B**) debido a que las probabilidades de ruptura difieren en al menos dos órdenes de magnitud. Si la longitud de la fibra en cuestión es mayor, por ejemplo 30 km (**Figura 5C**), un número de cuatro rupturas está adaptado para distinguir el proceso de estirado satisfactorio de la fibra (curva **A**) del proceso no satisfactorio (curva **B**) debido a que las probabilidades de ruptura difieren en al menos dos órdenes de magnitud. Por el contrario, considerando una longitud de fibra más corta, por ejemplo de 5 km. (**Figura 5A**), un número de tres rupturas de fibra haría todavía posible la distinción del
- 50 proceso satisfactorio respecto del proceso no satisfactorio, pero la probabilidad de observar las rupturas de la fibra en una muestra de 5 km de longitud se reduciría en el proceso no satisfactorio a valores inferiores al 15%, lo que resultaría inservible para detectar los procesos no satisfactorios.

- 55 El Solicitante llevó a cabo el procedimiento descrito con anterioridad como una alternativa a los procedimientos de cribado fuera de línea conocidos. En particular, una preforma fue estirada con el cribado de fibras en línea activado en los primeros 10 km de la fibra estirada, de acuerdo con lo descrito con anterioridad, y, a continuación, otra preforma fue estirada manteniendo el cribado de las fibras en línea siempre desactivado. El resultado fue que sobre una muestra de más de 200,000 km de fibra estirada, la longitud de fibra perdida debido a las rupturas se produjo

durante el cribado de fibras en línea conocido, esto es, aquellas porciones de fibra debidas a una ruptura o entre dos rupturas consecutivas y más cortas que las longitudes comerciales mínimas, se redujeron en aproximadamente un 30% en el caso de que fuera activado el cribado de fibras en línea en comparación con el caso de que estuviera desactivado el cribado de fibras en línea (proceso estándar). La longitud media entre dos rupturas en el cribado fuera de línea se incrementó en un 25%.

Estos resultados muestran una reducción significativa de los costes de producción de la fibra.

Se pueden prever diversos cambios en el procedimiento descrito. Por ejemplo, la tensión suplementaria aplicada a la fibra que está siendo estirada podría oscilar entre 200 g y 1000 g, de modo más preferente entre 300 g y 600 g. La longitud de la fibra cribada en línea con el aparato **300** activado varía entre 1 km y la longitud total de la fibra estirada a partir de la preforma, de modo preferente, entre 5 km y 15 km.

Típicamente, la tensión aplicada a la fibra óptica producida (estirada) en la prueba de cribado fuera de línea es de aproximadamente 1000 g. De modo preferente, la tensión aplicada a la longitud inicial de la fibra óptica durante su estirado, de acuerdo con la presente invención es inferior o igual a un 60% de la tensión aplicada a la fibra óptica estirada en la prueba de cribado fuera de línea. De modo más preferente, la tensión aplicada a la tensión inicial de la fibra óptica (durante su estirado) de acuerdo con la presente invención oscila entre un 20% y un 50% de la tensión aplicada a la fibra óptica estirada en la prueba de cribado fuera de línea.

El número N de rupturas de fibra aceptables en la longitud inicial de la fibra estirada, esto es, el número de umbral de las rupturas, puede oscilar entre 0 y 5, de modo preferente, entre 1 y 5. En términos más generales, este umbral está relacionado con la longitud de la fibra óptica estirada sometida a la tensión suplementaria. De modo preferente, el número de umbral de ruptura - al someter a prueba una primerísima longitud de la fibra óptica estirada de aproximadamente 10 km - para decidir si la prueba de cribado en línea ha obtenido un resultado positivo o negativo es 3. Por tanto, en el caso de que el número de rupturas en dicha primerísima longitud de la fibra óptica estirada sea de ≥ 3 , la preforma es desechada. Esto puede significar que el proceso de estirado de la fibra se detiene cuando se producen dos rupturas durante el estirado de la longitud inicial de la fibra, a continuación, después de que la preforma es retirada de la torre, para que la torre pueda ser limpiada y para que los parámetros del proceso puedan ser verificados, el proceso de estirado se reinicia con la activación del cribado de la fibra en línea para la comprobación de otra longitud de fibra estirada, el proceso de estirado se detiene de manera definitiva, y la preforma es rechazada, en el caso de que se produzca una ruptura adicional, de manera que un número total de 3 rupturas (2 rupturas durante el primer estirado y 1 ruptura en el reinicio del proceso durante el segundo estirado) se haya producido en la longitud inicial de la fibra óptica estirada.

El procedimiento descrito con anterioridad provoca que la fibra que está siendo estirada sea sometida a dos regímenes de esfuerzo diferentes, dependiendo de la posición a lo largo de la fibra estirada. De hecho, la primera longitud predeterminada de fibra estirada (por ejemplo un 5% inicial de la longitud total de la fibra estirada) es sometida a un esfuerzo suplementario correspondiente, por ejemplo, a aproximadamente un 0,4% de la deformación que la fibra experimenta sobre el terreno. Si se supera la prueba de cribado en línea, la preforma completa es estirada estando desactivado el cribado de la fibra en línea. Si el dispositivo **160** de tensionado de la fibra está dispuesto en línea dentro de la torre de estirado justo antes de un dispositivo de devanado convencional, la primera longitud predeterminada de la fibra estirada será enrollada sobre la bobina **170** con una tensión igual a la mitad del peso P total, por ejemplo, 400 g. Esta tensión será liberada después del redevanado de la fibra sobre los carretes de envío. Sin embargo, las prestaciones de la fibra tensada durante algún tiempo (por ejemplo unas pocas horas) podrían resultar preocupantes. El envejecimiento por esfuerzo de la fibra de vidrio es una preocupación menor, dado que después del estirado de la totalidad de la fibra sea expuesta a un cribado fuera de línea con una deformación, por ejemplo, de un 1%, y su calidad está, en todo caso, asegurada. Así mismo, de acuerdo con los modelos aceptados de duración de la vida útil de las fibras (COST 218), Optical Materials Reliability and Testing 1791 (1992), 190), un cribado de fibra llevado a cabo exponiendo dicha fibra a una deformación de, por ejemplo, un 1% es equivalente a un rendimiento de la fibra de cerca de 10.000 h sometida a un nivel de esfuerzo de 0,4%.

Algunas circunstancias críticas podrían surgir del comportamiento viscoelástico del revestimiento de la fibra. De hecho, las capas de revestimiento de la fibra, cuando la fibra es sometida a una tensión de 400 g sobre una bobina, son considerablemente presionadas, y podría llevar tiempo restaurar completamente la configuración original. En el peor de los casos, el esfuerzo podría incluso producir la dilaminación del revestimiento de la fibra. Por esta razón, el Solicitante comparó las prestaciones de las longitudes de fibra procedentes de la primera longitud predeterminada de la fibra estirada con las de la Prueba de "inmersión en agua" 60793-1-53 del IEC. Las longitudes de la fibra fueron sumergidas en agua a 70° C durante 30 días y, al final, su atenuación a 1550 nm fue medida. No se detectaron cambios significativos en la atenuación a 1550 nm utilizando materiales de revestimiento convencionales, como por ejemplo los divulgados en la Patente estadounidense No. 7,085,466.

El procedimiento de acuerdo con la presente invención es capaz de impedir de manera eficiente los procesos de estirado no satisfactorios. Un proceso de estirado no satisfactorio es aquél proceso en el que una cantidad considerable (por ejemplo, más de un 30%) de longitudes de fibra estirada las cuales se rompen de continuo sometidas al cribado de fibras fuera de línea con, por ejemplo, una deformación de un 1%. Las preformas que originan varias rupturas en el cribado de la fibra fuera de línea con, por ejemplo, una deformación de un 1%,

originan, así mismo, rupturas durante el cribado de la fibra en línea de acuerdo con la presente invención (incluso cuando la fibra es sometida a una deformación inferior a un 1%) al principio mismo del proceso de estirado. Este hecho convierte en eficaz el procedimiento propuesto al reducir las piezas rechazadas.

5 La presente invención ha sido descrita en la presente memoria haciendo referencia a una de sus formas de realización. Varias modificaciones a la forma de realización descrita, así como otras formas de realización, son posibles, incluyéndose todas dentro del alcance de la protección definida por las reivindicaciones adjuntas.

10 Por ejemplo, el dispositivo de tensionado de la fibra en línea utilizado para aplicar una tensión suplementaria sobre la longitud de la fibra estirada inicial podría ser diferente del de la forma de realización descrita, por ejemplo, podría comprender un número diferente de rodillos, y podrían ser utilizados mecanismos diferentes para la aplicación de manera selectiva del peso **P** suplementario.

15

REIVINDICACIONES

1.- Un procedimiento de evaluación de una fibra óptica (**103**) durante su fabricación, comprendiendo dicho procedimiento:

- 5 - el sometimiento (**410**) de una longitud inicial predeterminada de la fibra óptica a un primer esfuerzo predeterminado a la tracción mientras la fibra óptica está siendo estirada a partir de una preforma (**101**) de la fibra; y
- la detección (**415**) de una pluralidad de rupturas de la fibra que se producen en dicha longitud inicial de la fibra óptica:

caracterizado porque:

- 10 - dicha longitud inicial predeterminada de la fibra óptica es sustancialmente inferior a una longitud total de la fibra óptica; y
- dicho primer esfuerzo de tracción es inferior al esfuerzo de tracción utilizado en una prueba de resistencia a la tracción fuera de línea para verificar la calidad de la fibra óptica producida,

y **porque** el procedimiento comprende:

- 15 - si el número detectado de rupturas de la fibra excede de un primer umbral predeterminado, la detención del proceso (**430**) de estirado de la fibra;
- en otro caso, la retirada de la fibra óptica del primer esfuerzo de tracción y la continuación del proceso de estirado hasta su culminación (**420, 425**).

2.- El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende así mismo:

- 20 - la exposición de la fibra óptica estirada a una prueba (**450**) de resistencia a la tracción fuera de línea mediante el sometimiento de la fibra óptica estirada completa a un segundo esfuerzo de tracción predeterminado, en el que dicho primer esfuerzo de tracción es inferior a dicho segundo esfuerzo de tracción.

3.- El procedimiento de las reivindicaciones 1 o 2, que comprende así mismo, después de dicha detención del proceso de estirado:

- 25 - la limpieza de la torre (**430**) de estirado de la fibra;
- el reinicio del proceso (**435**) de estirado de la fibra;
- la sujeción de otra longitud predeterminada de la fibra óptica mientras está siendo estirada con el primer esfuerzo (**440**) de tracción predeterminado;
- 30 - si el número detectado de rupturas de la fibra excede de un segundo umbral (**445**) predeterminado, la detención otra vez del proceso (**455**) de estirado de la fibra.

4.- El procedimiento de la reivindicación 3, que comprende así mismo, después de dicha detención de nuevo del proceso de estirado de la fibra, el rechazo de la preforma de la fibra.

- 35 5.- El procedimiento de las reivindicaciones 2 ó 3 ó 4 en cuanto dependan de la reivindicación 2, en el que dicho primer esfuerzo de tracción es inferior o igual a un 60% de dicho segundo esfuerzo de tracción, de modo más preferente dicho primer esfuerzo de tracción oscila entre un 20% y un 50% de dicho segundo esfuerzo de tracción.

6.- El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicho primer esfuerzo de tracción se selecciona entre el intervalo de aproximadamente 200 g y aproximadamente 1000 g, de modo más preferente de aproximadamente 300 g y aproximadamente 600 g.

- 40 7.- El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicha longitud inicial predeterminada es de al menos aproximadamente 10 km.

8.- El procedimiento de la reivindicación 7, en el que dicho primer umbral predeterminado es igual a 2 o 3.

9.- El procedimiento de la reivindicación 8, en cuanto dependa de la reivindicación 3, en el que dicho segundo umbral predeterminado es igual a 0.

45

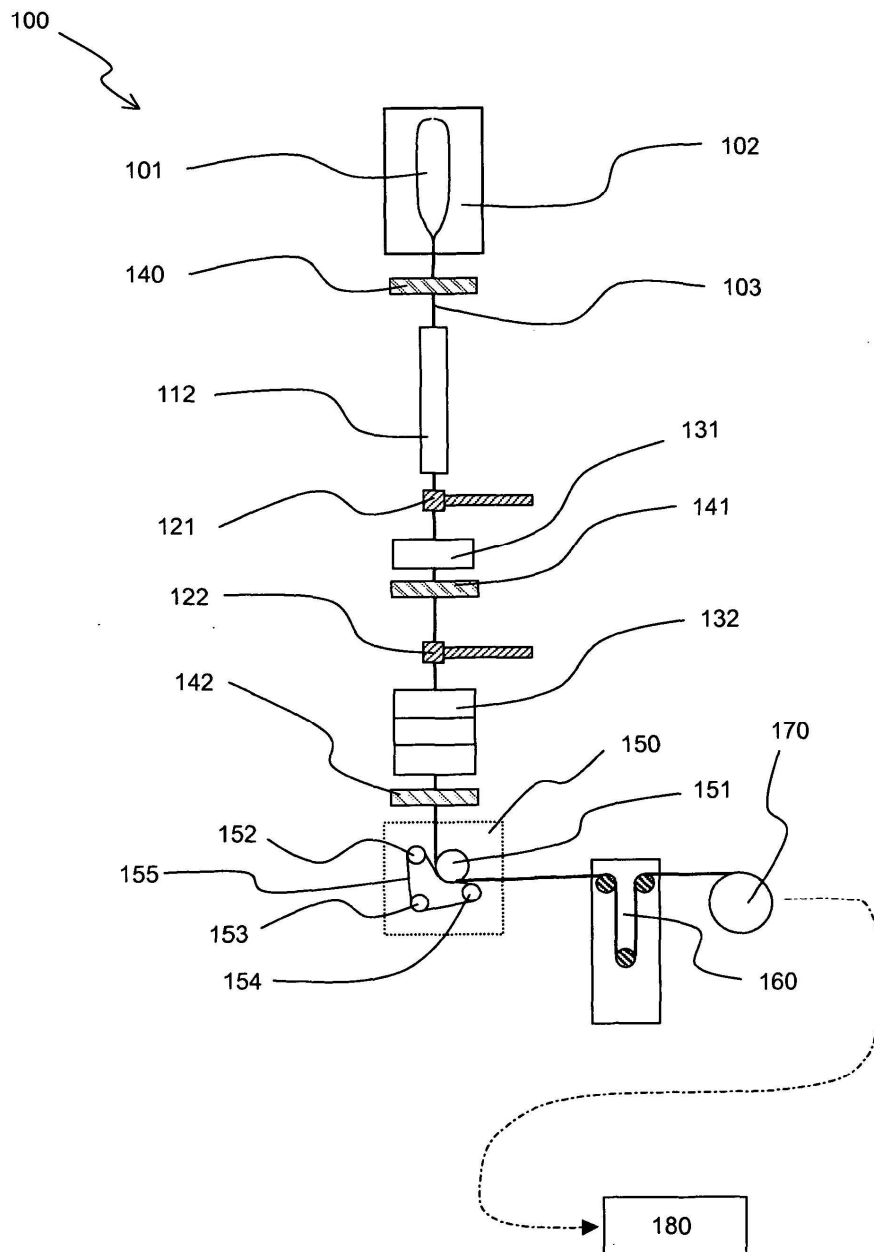


FIG. 1

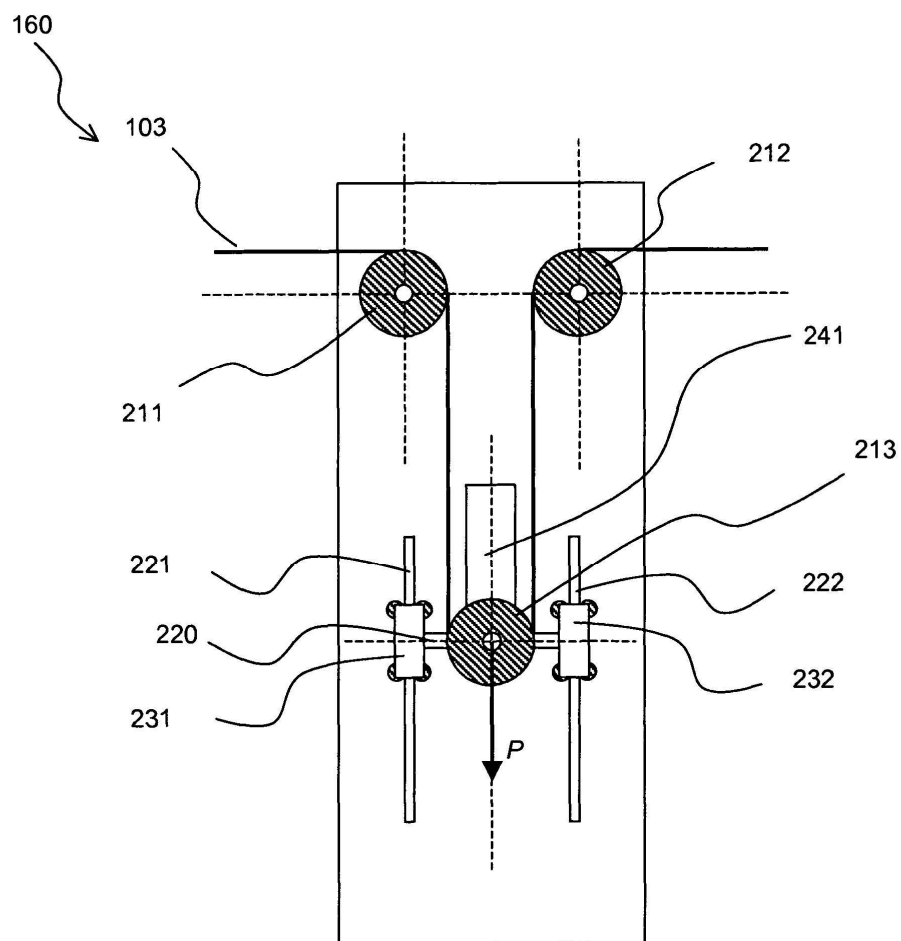


FIG. 2

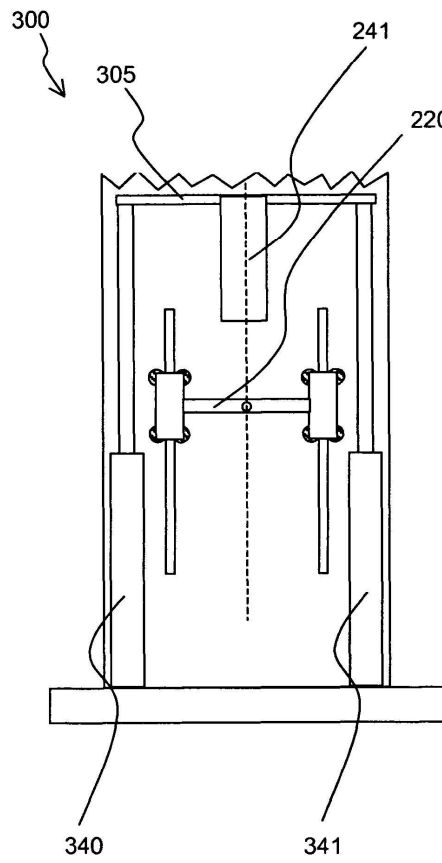


FIG. 3A

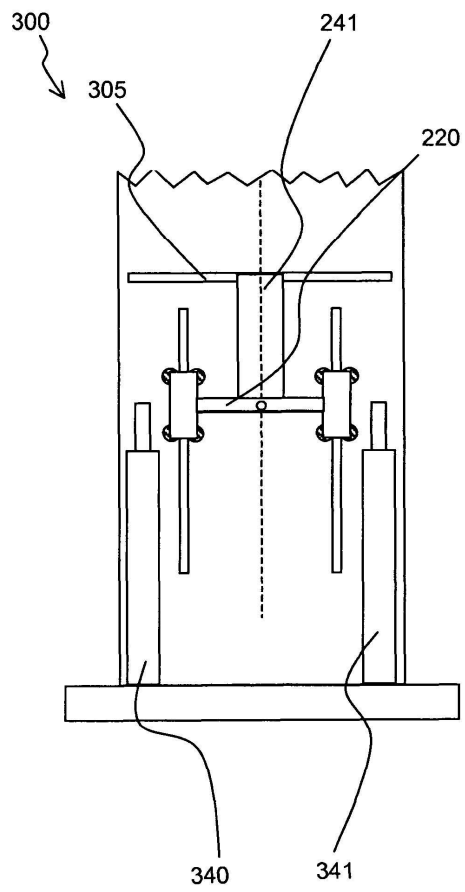
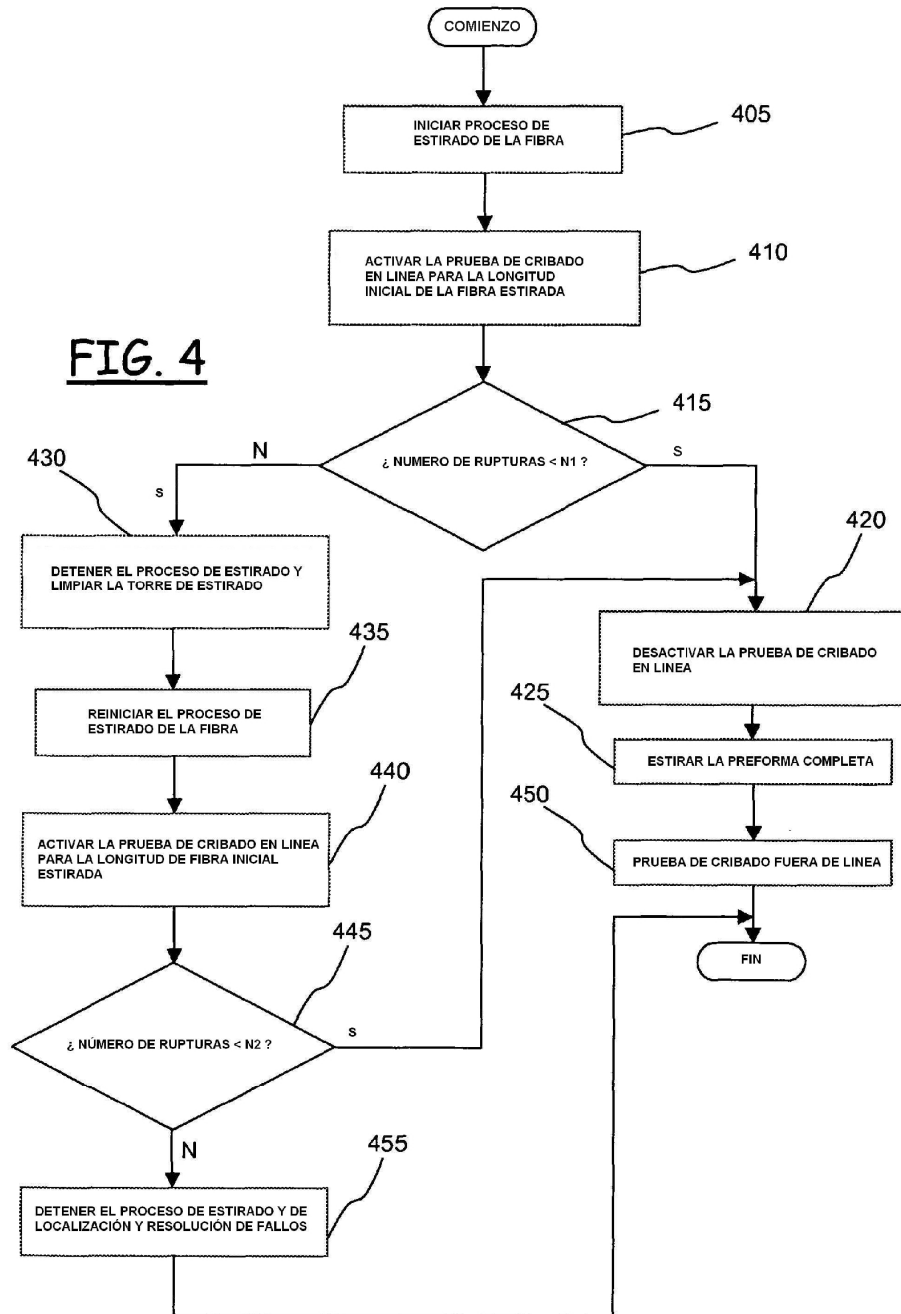


FIG. 3B

FIG. 4



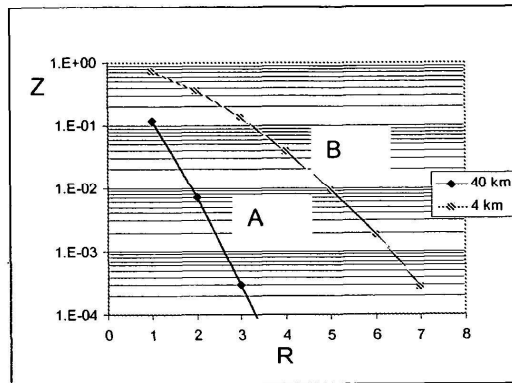


FIG. 5A

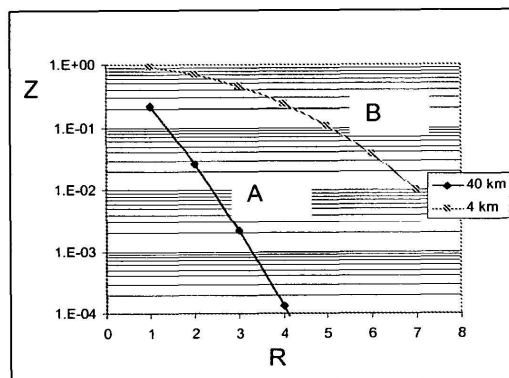


FIG. 5B

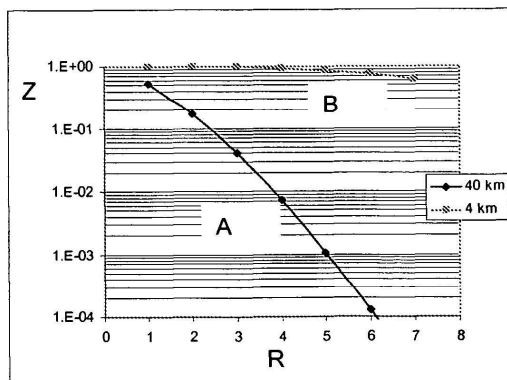


FIG. 5C