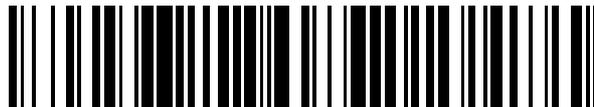


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 392 399**

51 Int. Cl.:

**G02B 6/44** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02792872 .0**

96 Fecha de presentación: **03.12.2002**

97 Número de publicación de la solicitud: **1567901**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **31.08.2005**

54 Título: **Cable óptico de telecomunicación con elevado número de fibras de longitud controlada**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:

**10.12.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:

**10.12.2012**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**BAU', FABIO y  
GINOCCHIO, ALESSANDRO**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 392 399 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

Cable óptico de telecomunicación con elevado número de fibras de longitud controlada

La presente invención se refiere al campo de los cables ópticos de telecomunicación y, en particular, se refiere a un cable de telecomunicación óptico que tiene una longitud de fibras controlada.

5 En la técnica son conocidos diversos cables ópticos de telecomunicación diferentes. Un tipo ampliamente utilizado de cable óptico es el llamado cable de Múltiples Tubos Holgados (MLT), un ejemplo del cual se describe en el documento US 5,999,677. Un típico cable de MLT comprende: un miembro de refuerzo central; una pluralidad de tubos que contienen fibras ópticas colocadas de forma holgada; una capa resistente mecánicamente, por ejemplo un hilo hecho de vidrio o de un material de aramida dispuesto alrededor de los tubos; y una vaina exterior protectora. Los tubos que contienen las fibras ópticas están típicamente trenzados alrededor del tubo central de acuerdo con una hélice unidireccional o una hélice bidireccional.

10 El documento US-B1-6 205 277 divulga unos cables de fibra óptica de núcleo seco para aplicaciones en locales y a unos procedimientos de fabricación. Una forma de realización preferente del cable de fibra óptica de núcleo seco del documento US-B1-6 205 277 incorpora una pluralidad de subunidades, estando dispuesta cada una de las unidades en posición adyacente a otra de las subunidades, de forma que la pluralidad de subunidades define una periferia exterior. De modo preferente, cada una de las subunidades incluye una pluralidad de fibras ópticas, una capa de hilo y una camisa de recubrimiento de las unidades, estando cada una de las fibras ópticas dispuesta en posición adyacente a otra de las fibras ópticas. La camisa de las subunidades rodea las fibras ópticas, estando la capa de hilo dispuesta entre las fibras ópticas y la camisa de las subunidades. Una camisa exterior rodea la pluralidad de subunidades, estando dispuesta una cinta del bloqueo del agua entre la camisa exterior y la periferia exterior de las subunidades. Se proporciona, asimismo, un procedimiento de fabricación del cable.

Las fibras existentes en cada subunidad pueden estar trenzadas en SZ así como las subunidades del cable, ya sea alrededor de un miembro central, ya sea unas con otras.

25 En la descripción que sigue, se utilizarán de manera indistinta los términos "hélice bidireccional", "hélice abierta" o "hélice en SZ" para referirse a una trayectoria a lo largo de una superficie cilíndrica producida por la combinación del movimiento de traslación en dirección paralela a un eje geométrico central con un movimiento rotatorio alterno alrededor del propio eje geométrico. Básicamente, este tipo de trayectoria es diferente de una trayectoria de hélice "unidireccional" o "cerrada", dado que el enrollamiento alrededor del eje geométrico central no siempre se lleva a cabo en la misma dirección, sino de forma alternada en dirección dextrorsa y en dirección sinistrorsa.

30 De acuerdo con lo expuesto en las líneas anteriores, en un cable de MLT conocido, una pluralidad de fibras ópticas está dispuesta dentro de un tubo de manera holgada, es decir, las fibras no están firmemente apretadas dentro de los tubos.

35 El vástago central actúa como elemento antipandeo. Se caracteriza por un coeficiente de expansión térmica bajo y está fabricado por un material que presenta un módulo de elasticidad bastante bajo. Los hilos de material de aramida o de vidrio constituyen un refuerzo contra las fuerzas de tracción pero no ofrecen ninguna resistencia sustancial a las fuerzas de compresión axiales aplicadas sobre el cable.

En general, tanto la vaina externa como los tubos están fabricados con un material plástico y proporcionan una escasa contribución a la resistencia a la tracción de la totalidad del cable óptico.

40 Una exigencia técnica importante de un cable óptico es que debe ser capaz de ofrecer resistencia a la tracción de tendido, es decir, la fuerza de tracción aplicada durante la etapa del tendido del cable, limitando con ello su elongación. Además de dicha característica, la longitud de un cable óptico no debe verse afectada por cambios térmicos, debido, por ejemplo, a cambios de la temperatura del entorno (noche, día, invierno, verano, ...), de forma que las fibras contenidas en el interior del cable no resulten sometidas a esfuerzos. En otras palabras, es altamente deseable que se reduzcan de modo especial las contracciones del cable óptico debidas a los cambios de temperatura.

Típicamente, un cable de MLT, tan pronto como queda sometido a una reducción de la temperatura, tiende a contraerse. Es sabido que las fibras ópticas no experimentan la misma contracción y tienden a doblarse. De hecho, como consecuencia de la contracción del cable, las fibras ópticas pueden situarse en contacto con la pared interior del tubo dentro del que están colocadas y formar unos pliegues fundamentalmente aleatorios.

50 Los pliegues generados en las fibras ópticas podrían dividirse en micro pliegues y macropliegues pero, en cualquier caso, originan aumentos de la atenuación óptica no deseados.

Además de los problemas expuestos de los cables ópticos conocidos de Múltiples Tubos Holgados, una desventaja adicional de dicha categoría de cables ópticos estriba en el tamaño. En otras palabras, debido sobre todo a la presencia del vástago central, y debido al hecho de que las fibras están sueltas dentro de los tubos, el diámetro de dichos cables ópticos de MLT es bastante elevado. Un cable óptico de amplio diámetro no resulta conveniente tanto

por razones de instalación como de fabricación (costes elevados, instalación desfavorable, bobina de devanado voluminosa).

5 Una desventaja adicional de los cables ópticos conocidos de Múltiples Tubos Holgados es que los tubos están fabricados con un material bastante duro, como por ejemplo polietileno de alta densidad o tereftalato de polibutileno. Esto se traduce en la necesidad de utilizar una herramienta especial para retirar o pelar los tubos. En otras palabras, el técnico que pretende separar los tubos debe utilizar una herramienta y no puede trabajar utilizando solo las manos.

10 A la vista de los inconvenientes expuestos, con el objetivo de resolver los problemas indicados de los cables ópticos conocidos de MLT, se ha diseñado un nuevo tipo de cable óptico de telecomunicación, conocido como "cable óptico de microhaces".

Un cable óptico de microhaces es conocido por ejemplo, a partir del documento WO00/58768 y comprende una pluralidad de microhaces, un tubo interior que rodea los microhaces y una vaina externa (hecha de, por ejemplo, polietileno o material similar) que cubre el tubo interior.

15 Dos o más vástagos de refuerzo, por ejemplo, hechos de plástico reforzado con vidrio, están típicamente dispuestos dentro de la vaina. La vaina externa puede, asimismo, comprender unos cordones de rasgado. De manera opcional, una cinta envolvente hecha, por ejemplo, de papel, puede ser situada entre la pared interior de la vaina externa y la pared exterior del tubo interno para formar una barrera térmica y con fines de desacoplamiento.

A su vez, cada microhaz del cable óptico de microhaces, comprende típicamente una microvaina y una pluralidad de fibras ópticas en paralelo unas respecto de otras dentro de la microvaina.

20 Con respecto a los tubos utilizados en los cables ópticos de MLT descritos con anterioridad, las microvainas de los cables ópticos de microhaces son típicamente más pequeños y más delgados. Por ejemplo, en un cable óptico típico de MLT, un tubo que contiene doce fibras ópticas tiene un diámetro interior comprendido entre aproximadamente 1,6 mm y 1,8 mm, un diámetro externo comprendido entre aproximadamente 2,2 mm y 2,8 mm y un grosor comprendido entre 0,3 mm y 0,5 mm, mientras que, en un cable óptico típico de microhaces, una  
25 microvaina que contiene el mismo número de fibras ópticas (doce) tiene un diámetro interior de aproximadamente 1,1 mm, un diámetro externo de aproximadamente 1,4 mm y un grosor de aproximadamente 0,15 mm.

30 La microvaina está típicamente fabricada con un material que presenta un módulo de elasticidad reducido y una elongación final baja, como por ejemplo PVC. De modo ventajoso, el uso del material referido para formar una microvaina delgada da como resultado, asimismo, una microvaina más fácil de retirar o pelar, utilizando solamente los dedos o las uñas de los dedos.

En el cable óptico de acuerdo con el documento WO/58768, las fibras ópticas están dispuestas dentro de la microvaina, mientras los microhaces pueden estar dispuestos de forma rectilínea o trenzados en SZ.

Un cable óptico de microhaces fundamentalmente es ventajoso con respecto a un cable óptico de MLT, tal y como se ha expuesto con anterioridad, porque su tamaño y peso se reducen de forma considerable.

35 A pesar de las ventajas referidas, se ha encontrado que un cable óptico de microhaces conocido sigue presentando problemas de atenuación óptica considerables e indeseables en grado sumo.

El documento DE 3 424 808 se refiere a un cable óptico estanco a la presión que comprende un compuesto de estanqueidad dispuesto en la zona del núcleo del cable y un revestimiento exterior resistente a la presión que rodea el compuesto de estanqueidad.

40 El documento DE 3 200 760 divulga un cable óptico que comprende una pluralidad de haces básicos que están trenzados unos con otros.

45 El documento EP 0 015 425 divulga un elemento trenzado para un cable óptico que consiste en una pluralidad de fibras de guía de ondas de luz y una carcasa protectora la cual rodea de forma holgada las fibras, en el que las fibras pueden ser trenzadas helicoidalmente o trenzadas en SZ. El documento menciona, asimismo, el uso de un aglutinante para evitar la apertura de las aletas trenzadas en SZ.

El documento GB 1 423 590 divulga un cable de comunicación que comprende una pluralidad de haces básicos de fibras ópticas, comprendiendo cada haz básico una pluralidad de fibras ópticas torsionadas de manera holgada entre sí.

50 El artículo "un nuevo tipo de cable óptico de dimensiones reducidas, con elevado número de fibras, con características de instalación simplificadas" ["a new type of high fiber count, low dimension optical cable with simplified installation characteristics"] de Stefan Pastuszka et al., publicado en el documento "Proceedings of the International Wire and Cable Symposium 1999" páginas 106 a 111, describe un cable compuesto por sus haces trenzados en SZ con unas vainas blandas y delgadas que contienen un haz de fibras ópticas de una forma denominada "semiapretada".

- 5 Se han llevado a cabo diversas pruebas y experimentos por parte del Solicitante con el objetivo de descubrir la razón de dichos problema de atenuación óptica. El Solicitante ha observado que, siempre que uno de los microhaces o que el tubo interior pasa sobre una superficie cilíndrica, como por ejemplo en el curso de la etapa de enrollamiento o desenrollamiento, se estaba produciendo un movimiento no desdeñable de las fibras ópticas o de los microhaces. En particular, algunas de las fibras ópticas o los microhaces permanecen rectos, mientras que algunos otros tienden a rizarse.
- 10 Según el Solicitante, esto se debe sobre todo al hecho de que las fibras ópticas se depositan en posiciones diferentes dentro de un microhaz. Durante su fabricación, el microhaz que se acaba de conformar es enrollado sobre una polea de cabrestante que proporciona la fuerza de tracción requerida. Cuando el microhaz sale de la polea, las fibras ópticas que estaban situadas más próximas al centro de la polea resultan ser más cortas que las fibras ópticas que estaban situadas más en la periferia. La diferencia de longitud puede ser del orden de un % o más. De esta manera, las fibras no presentan una longitud igual. Este hecho determina que, a la salida del cabrestante, hay fibras rectas y fibras rizadas.
- 15 Un problema similar se produce cuando el tubo interior es fabricado partiendo de los microhaces, si los microhaces se disponen rectos (esto es paralelos unos con otros). También en este supuesto, el paso del tubo interior sobre la superficie circular de un cabrestante determina una longitud diferente de los microhaces dentro del tubo interior, diferente longitud que está relacionada con la distancia diferente de los microhaces respecto del centro de la polea del cabrestante. Los grupos de fibras contenidos en los diferentes microhaces mostrarán una correspondiente diferencia de longitud.
- 20 De esta manera, el Solicitante, ha llegado al convencimiento de que la atenuación óptica relativamente elevada de un cable óptico de microhaces típico viene provocada por una variación demasiado elevada de la longitud de las fibras ópticas.
- 25 El Solicitante ha verificado que, para un cable óptico de microhaces que comprende doce microhaces, conteniendo cada uno doce fibras ópticas, se obtienen unos microhaces con una diferencia de longitud de fibra con una media de aproximadamente un 0,3% y unos tubos interiores con una diferencia de longitud de los microhaces con un promedio de un 0,4%.
- Estas diferencias de longitud se traducen en problemas de micro pliegues o macro pliegues que afectarán de forma negativa a las prestaciones de atenuación del cable.
- 30 El Solicitante observa que los problemas que ha habido que afrontar con anterioridad, en particular el de una diferencia de longitud entre las fibras contenidas dentro del mismo microhaz, son característicos de los cables ópticos holgados los cuales, de acuerdo con lo manifestado con anterioridad, difieren de los cables apretados en el hecho de que las fibras están contenidas de manera holgada dentro de la vaina circundante.
- 35 Un cable de fibras apretadas se describe, por ejemplo, en el documento US 5,155,789. El cable de vulgado comprende una serie de fibras ópticas, estando las fibras divididas en módulos cada uno de los cuales está envuelto por una vaina de soporte delgada que se rasga con facilidad, estando las vainas en contacto con las fibras ópticas, y estando la cubierta protectora en contacto con la vaina de soporte. Las fibras situadas dentro de una vaina de soporte y los módulos situados dentro de la cubierta pueden ser ensamblados sin torsión, o con una torsión a un paso continuo o a un paso alternado.
- 40 Según el solicitante, cuando un cable de fibras apretadas, tal y como el descrito en el documento US 5,155,789, es enrollado sobre un cabrestante, las fibras ópticas exteriores, debido a la fricción entre las fibras ópticas y la vaina tienden a estirarse de forma resiliente. Cuando la vaina se endereza de nuevo después de abandonar el cabrestante, las fibras ópticas retornan a su estado original. Es sabido que las fibras ópticas típicas son capaces de ofrecer una resistencia de carácter elástico a las elongaciones experimentadas durante su enrollamiento sobre el cabrestante. En otras palabras, durante la fabricación del cable apretado, sus fibras ópticas no experimentan, según
- 45 el Solicitante, ninguna diferencia de longitud permanente.
- Un objetivo de la presente invención consiste en proporcionar un cable óptico de telecomunicación holgado de microhaces de acuerdo con la reivindicación 1 que presente una variación de la longitud de las fibras igualada / controlada y que presente, por tanto, una atenuación óptica controlada. Una gran estabilidad térmica y un tamaño reducido son, asimismo, características deseadas.
- 50 El Solicitante ha descubierto que, mediante la disposición de una hélice abierta, las fibras situadas en el interior de los microhaces de un cable óptico holgado de microhaces, mediante la disposición de los microhaces de acuerdo con una trayectoria helicoidal abierta, y mediante la inclusión de un ligante para ligar unos con otros los microhaces, el cable resultante presenta una variación de la longitud de las fibras igualada / controlada, una atenuación óptica controlada, una gran estabilidad térmica y un tamaño reducido. El cable holgado de acuerdo con la presente invención muestra la misma diferencia de longitud reducida al mínimo en cualquiera de sus envengaduras.
- 55 En particular, el Solicitante ha verificado que mediante la disposición de las fibras de acuerdo con una hélice abierta situada dentro del microhaz es posible obtener una diferencia de longitud inferior a un 0,035% de estas fibras.

De modo preferente, la microvaina está fabricada con un material que presenta una carga de ruptura inferior o igual a 4,5 MPa. Asimismo, de modo preferente, la microvaina es fabricada con un material que presenta una elongación a la ruptura inferior o igual al 100%.

5 De modo ventajoso, la trayectoria helicoidal abierta de las fibras ópticas presenta una longitud de tendido siendo, de modo preferente, la longitud de tendido de las fibras  $\leq$  de aproximadamente 4,0 m, de modo más preferente  $\leq$  de alrededor de 2,0 m.

10 De modo ventajoso, la microvaina está fabricada con un material seleccionado entre el grupo consistente en: PVC, etileno / copolímero de acetato de vinilo, polietileno; una mezcla de PVC, copolímero de acetato de etileno / vinilo o polietileno con una carga inorgánica; cualquier mezcla de PVC, etileno / copolímero de acetato de vinilo y polietileno; y cualquier mezcla de PVC, etileno / copolímero de acetato de vinilo y polietileno con la adición de una carga inorgánica.

De modo ventajoso, al menos uno de dichos microhaces comprende doce fibras ópticas y la correspondiente microvaina tiene un diámetro interior comprendido entre aproximadamente 1 mm y 1,2 mm y un diámetro exterior comprendido entre aproximadamente 1,3 mm y 1,5 mm.

15 De modo ventajoso, al menos uno de dichos microhaces tiene un grosor comprendido entre aproximadamente 0,05 mm y 0,3 mm.

De modo ventajoso, el miembro tubular está fabricado con un material seleccionado entre el grupo consistente en polietileno de densidad media, polietileno de densidad alta, polietileno y cualquier mezcla de estos.

20 De modo ventajoso, el cable comprende asimismo una vaina exterior que rodea un miembro tubular. De modo ventajoso, dicho cable comprende al menos un miembro de refuerzo periférico.

De modo ventajoso, la diferencia máxima de longitud entre las fibras ópticas situadas dentro de cada uno de dichos haces es inferior a aproximadamente un 0,1%.

La presente invención quedará perfectamente clarificada a partir de la descripción detallada de varias de sus formas de realización,

25 - la Fig. 1 es una vista en sección transversal de tamaño ampliado de un ejemplo comparativo que incorpora algunas pero no todas las características distintivas de la presente invención;

- la Fig. 2 es una vista en sección transversal de un microhaz del cable de la Fig. 1;

30 - la Fig. 3 muestra una vista en sección longitudinal parcial de un ejemplo comparativo adicional que incorpora algunas pero no todas las características distintivas de la presente invención dado que los microhaces son rectos;

- la Fig. 4 muestra una vista en sección longitudinal parcial de un cable de acuerdo con la presente invención, en la que los microhaces están trenzados en SZ;

- la Fig. 5 muestra una vista en sección longitudinal parcial de un microhaz de acuerdo con la presente invención;

35 - la Fig. 6 muestra de forma esquemática de una distribución de un aparato apropiado para la fabricación de microhaces secos (esto es, microesferas no rellenas con un material grasiento) destinado a ser empleado en un cable óptico de acuerdo con la presente invención;;

40 - la Fig. 7 muestra de forma esquemática una distribución de un aparato para la fabricación de microhaces secos (esto es, microhaces no rellenos con un material grasiento) destinado a ser empleado en un cable de acuerdo con la presente invención; para la fabricación de microhaces rellenos de aceite para ser utilizados en un cable óptico de acuerdo con la presente invención;

45 - la Fig. 8 muestra de forma esquemática una distribución de un aparato apropiado para la fabricación de microhaces secos (esto es, microhaces no rellenos con un material grasiento) destinado a ser empleado en un cable óptico de acuerdo con la presente invención; para disponer de manera apropiada una pluralidad de microhaces, fabricando así un cable óptico de acuerdo con la presente invención; y

- la Fig. 9 muestra la disposición de orificios de un miembro de guía de fibras / microhaces que forma parte de los aparatos de las Figs. 6 a 8 para proporcionar una disposición correspondiente de las fibras / microhaces durante su fabricación.

50 La Fig. 1 es una vista en sección transversal del cable óptico 1 de microhaces holgados como ejemplo comparativo que incorpora algunas pero no todas las características distintivas de la presente invención; dado que no se refiere a un ligante que liga entre sí los haces como se da a conocer con respecto a la forma de realización divulgada más

adelante, sino a una cinta que rodea de manera holgada los haces. Debe destacarse que la configuración mostrada, especialmente por lo que se refiere a la pluralidad de fibras y microhaces ópticos, es puramente ejemplificativa.

5 El cable óptico 1 comprende una pluralidad de fibras ópticas 2, una pluralidad de microvainas (o minivainas) 3, un tubo interior 4 y una vaina exterior (o tubo externo) 5. Como alternativa, el tubo interior 4 puede ser omitido y la vaina tubular exterior 5 puede llevar a cabo la doble función de vaina protectora exterior y de tubo interior. Asimismo, esta vaina exterior podría tener una sección transversal elíptica o puede incorporar diversas nervaduras de refuerzo, por ejemplo dos o cuatro nervaduras opuestas, en algunas de las cuales se inserten los miembros de refuerzo. Esta forma de realización se describe, por ejemplo, en el documento EP 0, 793, 127. En relación con requisitos específicos, pueden, asimismo, incorporarse capas protectoras adicionales, por ejemplo capas de metal y de polímero tanto por dentro como por fuera de la estructura descrita.

15 En la forma de realización de las figuras 1, 2 y 5, doce fibras ópticas 2 están dispuestas dentro de una única microvaina 3 para que se constituya una formación adecuada. La formación se muestra en la Fig. 9. La formación de fibras es tal que las tres primeras fibras ópticas están dispuestas con sus centros situados en posiciones equidistantes a lo largo de una primera circunferencia exterior y la nueva fibras ópticas adicionales están dispuestas con sus centros situados en posiciones equidistantes a lo largo de una segunda circunferencia exterior. Las primera y segunda circunferencias son concéntricas. Debe destacarse que la disposición aquí descrita se crea cuando el grupo de fibras se ensambla para quedar situado dentro de la microvaina, pero este orden puede perderse durante etapas sucesivas de fabricación o durante la manipulación del cable.

20 Una distribución uniforme de fibras ópticas (mediante el trenzado en SZ) sin cruzamientos localizados reduce la presión lateral que actúa sobre las fibras y, por tanto, los efectos de variación de la temperatura se reducen al mínimo sin incrementos de la atenuación. En el caso de cruzamientos localizados entre fibras adyacentes, pueden producirse la micropliegues y la macropliegues con una mayor presión lateral, dando lugar a un incremento de la atenuación.

25 Cada microvaina 3 y las fibras ópticas 2 contenidas en su interior forman un microhaz (o minihaz) 6 el cual se muestra en las Figuras 1, 2 y 5. En el actual ejemplo comparativo, doce microhaces 6 están adecuadamente dispuestos dentro del tubo interior 4 para que se constituya la formación. La formación de microhaces es similar a la formación de fibras mostrada en la Fig. 9 y comprende tres microhaces centrales y nueve microhaces adicionales que rodean los microhaces centrales en posiciones equidistantes. De esta manera, el número total de fibras ópticas 2 del cable óptico considerado es de 144.

30 Las fibras ópticas 2 están dispuestas de forma holgada dentro del respectivo microhaz 6. Por tanto, debe entenderse que la Fig. 1 muestra una sección transversal de un cable "en uso" en el que las fibras y los microhaces, al estar sueltos, se han desplazado con respecto a la disposición descrita con anterioridad.

35 El espacio existente dentro de cada microhaz 6 no ocupado por las fibras 2 puede ser llenado con un aceite o con un material de textura grasa (microhaces llenos de aceite), o puede contener un material seco, como por ejemplo talco o material similar (microhaces secos).

Las fibras ópticas 2 situadas dentro de una única microvaina 3 están coloreadas de modo diferente con la finalidad de que sean más fácilmente identificadas por un operario.

40 Cada una de las microvainas 3 está, de modo preferente, fabricada con un material seleccionado entre el grupo consistente en PVC, etileno / copolímero de acetato de vinilo; polietileno, una mezcla de PVC, etileno / copolímero de acetato de vinilo o polietileno con una carga inorgánica; cualquier mezcla de PVC, etileno / copolímero de acetato de vinilo y polietileno; y cualquier mezcla de PVC, etileno / copolímero de acetato de vinilo y polietileno con la adición de una carga inorgánica. La microvaina 3 tiene un grosor comprendido, de modo preferente, entre 0,05 mm y 0,3 mm, de modo más preferente comprendido entre 0,05 mm y 0,2 mm, y un diámetro interior que depende del número de fibras contenidas en su interior. De modo preferente, en un microhaz 6 de doce fibras, la microvaina tiene un diámetro interior comprendido entre aproximadamente 1 mm y 1,2 mm y un diámetro exterior comprendido entre aproximadamente 1,3 mm y 1,5 mm. En una posible realización de un microhaz 6 de doce fibras, el diámetro interno puede ser de aproximadamente 1,1 mm y el diámetro exterior de aproximadamente 1,4 mm.

Cada microvaina 3 tiene un color diferente con el fin de facilitar su identificación por un operario.

50 El tubo interior 4 está, de modo preferente, fabricado con MDPE (polietileno de densidad media), HDPE (polietileno de densidad alta) o PP (polipropileno) o cualquier mezcla de estos materiales. Posibles valores del diámetro interior y exterior del tubo interior 4 de un cable de 144 fibras son 6,4 mm y 8,4 mm, respectivamente.

De modo preferente, la vaina exterior 5 está fabricada con MDPE (polietileno de densidad media), HDPE (polietileno de alta densidad) o PP (polipropileno) o cualquier mezcla de estos materiales. Posibles valores del diámetro interior y exterior del tubo interior 4 de un cable de 144 fibras son 8,6 mm y 13,3 mm, respectivamente.

55 De modo provechoso, el cable óptico comprende unos vástagos 7 de refuerzo, fabricados, por ejemplo, con plástico reforzado con vidrio o acero, embebidos dentro de la vaina exterior 5. En la 15 de la Fig. 1, se muestran dos

vástagos 7 pero debe entenderse que el número de vástagos 7 podría cambiar. Los vástagos 7 no se muestran en la vista en sección de las Figs. 3 y 4. Los vástagos 7 de refuerzo pueden tener un diámetro de, por ejemplo, aproximadamente 1,6 mm.

5 De forma análoga, el cable óptico 1, comprende asimismo, de manera opcional, unos cordones de rasgado 8 (no mostrados en las Figs. 3 y 4). De modo opcional, una cinta envolvente 9, hecha, por ejemplo de papel o material similar, está situada entre el tubo interior 4 y la vaina exterior 5. La cinta envolvente opcional 9 puede tener un grosor de aproximadamente de 0,09 mm y una anchura de aproximadamente 32 mm.

10 Además de o como alternativa a los vástagos 7, es posible utilizar una capa de refuerzo dispuesta alrededor del tubo interior, por ejemplo un hilo hecho de vidrio o de un material de aramida. Dicho hilo puede sustituir la cinta envolvente 9.

Teniendo en cuenta el hecho de que las microvainas son más bien delgadas y están hechas de un material con unas características mecánicas bastante bajas (carga de ruptura baja ( $\leq 4,5$  Mpa) y una elongación a la ruptura baja ( $\leq 100\%$ )), pueden ser provechosamente separadas con facilidad por parte de un operario / instalador.

15 En el cable óptico de acuerdo con la técnica anterior, las fibras ópticas están, en general, dispuestas de forma rectilínea dentro de la microvaina, mientras que los microhaces pueden estar dispuestos de forma rectilínea o trenzados en SZ.

20 De acuerdo con la presente invención, las fibras ópticas 2 están trenzadas en SZ (esto es, están trenzadas entre sí de forma que cada fibra defina una hélice abierta) dentro de un microhaz holgado. Tal y como se muestra en los ejemplos descritos más adelante, dicho trenzado hace posible la obtención de una diferencia de longitud de fibras dentro de cada microhaz inferior a un 0,1% y, mediante una elección apropiada de los parámetros de trenzado incluso inferior a un 0,03%.

Mejores prestaciones, tal y como se desprenderá con claridad más adelante, se obtienen cuando tanto las fibras ópticas 2 como los microhaces 6 están trenzados en SZ.

25 A lo largo de la trayectoria SZ de las fibras 2 o de los microhaces 6, la dirección de devanado se invierte, en una u otra dirección, al alcanzar un ángulo de devanado determinado de antemano, que oscila, de modo preferente, entre 280° y 330°. De modo más preferente entre 300° y 330°. La trayectoria SZ presenta, asociada con ello, un paso de inversión, también designado como "longitud de tendido" en las líneas que siguen, definido como la distancia existente entre dos puntos sucesivos en los que hay una inversión en la dirección de rotación. El paso de inversión (longitud de tendido) del filamento de fibras en SZ oscila, de modo preferente, entre 0,5 m y 5 m y el paso de inversión del filamento de microhaces en SZ oscila, de modo preferente, entre 1 m y 5 m, de modo más preferente entre 1 m y 3 m.

35 Prestaciones satisfactorias adicionales, especialmente en términos de resistencia al pandeo mejorada, se obtienen cuando los microhaces se unen entre sí de acuerdo con la presente invención. Se ha descubierto que una manera conveniente de unir los microhaces entre sí consiste en la aplicación de una cinta más bien estrecha (o faja) 10 (claramente mostrada en las Figs. 3 y 4), la cual se enrolla alrededor de los microhaces para que se forme un haz de microhaces. De modo preferente, la banda 10 ligante se enrolla adoptando la forma de una hélice cerrada. La cinta 10 puede tener, por ejemplo, una anchura de aproximadamente 2,5 mm.

40 Como alternativa o además de esta manera preferente de ligar de forma discontinua los microhaces 6, pueden ser utilizados otros medios para ligar entre sí los microhaces 6, como por ejemplo hilos, pegamentos o aglutinantes térmicos.

En la Fig. 6 se muestra un trazado de las partes esenciales de un aparato indicado para la aplicación de microhaces secos destinados a ser empleados en un cable óptico de acuerdo con la presente invención. El funcionamiento o la dirección operativa es de izquierda a derecha. El aparato 100 de la Fig. 6 comprende:

- 45 - una sección 101 de desenrollamiento en la que una pluralidad (en la presente forma de realización, doce) de fibras ópticas 2 son desenrolladas de sus respectivos carretes e introducidas en la siguiente sección en una primera disposición espacial. De modo ventajoso, los carretes pueden estar alineados, por ejemplo en sentido vertical, para introducir las fibras en un mismo plano. La etapa de desenrollamiento se lleva, de modo preferente, a cabo a una tensión trasera controlada. La tensión trasera se obtiene mediante cualquier sistema neumático, mecánico o eléctrico conocido. Dicho sistema no se ha mostrado en la Fig. 6.
- 50 - Una sección 102 de mesa giratoria de creta para aplicar talco, un polvo de hidroexpansible o una mezcla de estos.
- Una placa 103 de tendido para redistribuir de forma apropiada las fibras ópticas 2 desde la primera disposición espacial hasta una segunda disposición espacial. Para un microhaz de doce fibras, una segunda disposición espacial apropiada comprende tres fibras ópticas centrales y nueve fibras adicionales alrededor
- 55 de aquellas, pero podría disponerse cualquier otra configuración diferente. De acuerdo con ello, la placa 103

de tendido agujereada puede presentar tres agujeros centrales y nueve agujeros externos, con sus centros distribuidos de manera uniforme en dos círculos concéntricos. De modo ventajoso, pueden disponerse placas de tendido adicionales (no mostradas) similares a la placa 103 de tendido alineadas con la placa 103 de tendido. Por ejemplo, una primera placa de tendido puede ser situada a la entrada de la sección 102 de la mesa giratoria de creta y una segunda placa de tendido a la salida de aquella.

- Un dispositivo 104 oscilador de las fibras para hacer oscilar las fibras ópticas 2 dispuestas de manera adecuada. El dispositivo 104 oscilador de las fibras comprende, de modo preferente, una placa rotatoria agujereada con la misma disposición de agujeros de la placa 103 de tendido. La distancia entre la placa 103 de tendido agujereada y el dispositivo 104 oscilador de las fibras es tal que las fibras no contactan unas con otras entre la placa 103 y el dispositivo 104 cuando la placa rotatoria está en el ángulo máximo de rotación.
- Una sección de extrusión que comprende una cabeza 105 de extrusión, en la que una microvaina es continuamente extruida alrededor del haz de fibras ópticas osciladas, formando de esta manera un microhaz 6.
- Un paso 106 de refrigeración para suministrar una refrigeración controlada del microhaz extruido. Posiblemente, dicho paso de refrigeración comprenda una pluralidad (por ejemplo tres) de pasos de refrigeración.
- Una sección 107 de tracción para traccionar el microhaz refrigerado, que comprende, de modo preferente, un cabrestante 107a y un dispositivo 107b de control de la tensión, como por ejemplo un dispositivo "flotante".
- Una sección doble (o, posiblemente, única) 108 de plataforma de arrollamiento para enrollar el microhaz fabricado sobre un carrete apropiado (no mostrado).

El aparato de la Fig. 7 es similar al aparato de la Fig. 6, pero está diseñado para la fabricación de microhaces llenos de aceite diseñados para ser empleados en un cable óptico de acuerdo con la presente invención. Con respecto al aparato 100 el aparato 100' no comprende la sección 102 de la mesa giratoria de creta para la aplicación de talco o un polvo de hidroexpansión, sino que comprende un aplicador 102' de aceite que está situado justo antes de la cabeza 105 de extrusión. Mediante el aplicador 102' podría ser aplicada una cantidad controlada de aceite de silicio.

El oscilador 104 de las fibras está diseñado para transmitir a las fibras ópticas una rotación controlada del tipo en SZ. Una forma de realización preferente del oscilador 104 de las fibras comprende una estructura de soporte fija y un miembro rotatorio accionado por motor (placa oscilatoria) que está montado sobre la estructura de soporte. El miembro rotatorio presenta un eje geométrico de rotación sustancialmente alineado con la dirección de trabajo. El miembro operativo rota, de forma continua, en sentido dextrorso en un ángulo determinado y en sentido sinistrorso en el mismo ángulo. Cuando las fibras ópticas continúan desplazándose en la dirección de trabajo, se obtiene una trayectoria en SZ de las fibras ópticas. El ángulo de rotación preferente es un ángulo que oscila entre 280° y 330°, de modo más preferente entre 300° y 330°. En cualquier caso, el ángulo de rotación debe ser superior a 180° pero inferior a 360°.

De acuerdo con lo manifestado con anterioridad, la introducción de las fibras ópticas 2 en la cabeza 105 de extrusión en una configuración geométrica espacial estable ayuda a reducir la cantidad de cruzamientos localizados de las fibras. Esta es la razón por la que se utiliza una placa 103 de tendido con una disposición de agujeros apropiada (por ejemplo, 3 agujeros centrales y 9 agujeros externos para recubrir 12 fibras). Por supuesto, es muy importante que las fibras lleguen, en esta configuración, al punto de aplicación de la vaina. Para garantizar esto, la placa 103 de tendido debe estar lo más cerca posible a la cabeza 105 de extrusión (con el fin de reducir todo tipo de vibración de las fibras que pudiera perturbar la adecuada distribución de su configuración geométrica). Asimismo, las fibras ópticas no deben interferir con las paredes de la cabeza 105 de extrusión con el fin de evitar cualquier modificación aleatoria de la disposición geométrica de las fibras; esto requiere un correcto centrado y un ángulo de inclinación reducido de las fibras (y, por tanto, una placa de tendido de dimensiones comparables a las de la cabeza de extrusión).

Las líneas de fabricación de microhaces de acuerdo con las Figs. 6 o 7 hacen posible la obtención de unos microhaces 6 en los que las fibras ópticas tienen sustancialmente la misma longitud.

Antes de llegar a la sección 108 de enrollamiento, el microhaz 6 pasa sobre la polea del cabrestante. El cabrestante genera el punto de congruencia entre las fibras ópticas y la microvaina. En el caso de que se utilice un tractor oruga en lugar de un cabrestante, el punto de congruencia debe desplazarse sobre la bobina de enrollamiento. En general, el punto de congruencia se sitúa sobre la superficie cilíndrica sobre la que se enrolla en primer término el microhaz. Si las fibras ópticas no fueran sometidas a oscilación, algunas fibras ópticas llegarían al punto de congruencia (al cabrestante o la bobina) más cerca de la superficie cilíndrica que otras fibras ópticas.

El Solicitante ha llegado al convencimiento de que una oscilación satisfactoria de las fibras iguala la longitud de las fibras ópticas debido a que una fibra de una capa alterna llega, al punto de congruencia, de forma periódica en fondo y sobre la parte superior de la fibra. La eficiencia de la oscilación aumenta con el ángulo de rotación mantenido por las fibras dentro de la microvaina, justo en el punto de congruencia.

5 El Solicitante ha, asimismo, observado que, con el fin de conseguir y mantener una longitud de las fibras igualada, es importante mantener un control adecuado de la fibra óptica y de la tensión del microhaz. Si un microhaz se produce de la forma mencionada con anterioridad, pero las fibras ópticas llegan al punto de congruencia con diferentes tensiones, la diferente longitud de las fibras será detectada al liberar la tensión de las fibras. Si la tensión del microhaz no es uniforme mientras el microhaz está siendo fabricado, se generará una longitud diferente de todas las fibras con relación a su microvaina. En otras palabras, todas las fibras ópticas podrían resultar comprimidas en una posición y tensionadas en otra diferente.

10 Además de un control satisfactorio de las tensiones de desenrollamiento y enrollamiento, se debe reducir al mínimo cualquier tensión adicional. Se debe evitar que las fibras ópticas interfieran de forma ocasional unas con otras: unas clavijas u otros dispositivos (no mostrados) para que discurran por las fibras ópticas de forma separada podrían ser instaladas sobre la plataforma de desenrollamiento para garantizar el estado referido. En el caso de que se induzca una tensión adicional sobre las fibras ópticas (por ejemplo mediante fricción sobre los soportes), es importante que se induzca la misma cantidad de tensión adicional sobre todas las fibras. También sirven para dispensar esta exigencia placas de tendido en la mesa giratoria de creta en lugar de las clavijas de configuración planar. En efecto, si las fibras llegan en configuración planar y cambian de forma brusca a la disposición espacial cilíndrica, las fibras con un cambio de dirección más pronunciado quedan sometidas a una mayor tensión. Por esta razón, es aconsejable disponer las fibras en una disposición circular.

20 Con referencia a la Fig. 8, se divulgarán las partes principales del aparato para la fabricación de un tubo interior 4, que contiene una pluralidad de microhaces 6, tal y como puede obtenerse mediante la línea de fabricación de las Figs. 6 y 7.

En la Fig. 8, la dirección de trabajo va de derecha a izquierda. El aparato 200 de fabricación de la Fig. 8 para la obtención de un tubo interior 4 que contiene una pluralidad de microhaces 6 adecuadamente trenzados, comprende:

- una sección 201 de una plataforma de desenrollamiento en la que una pluralidad (por ejemplo 12) de microhaces 6 es desenrollada de los respectivos carretes.
- 25 - Una primera unidad 202 de talco para la aplicación de talco o material similar (por ejemplo, un material de polvo hidroexpansible) a los microhaces desenrollados.
- Al menos una placa 203 de tendido agujereada para disponer de forma apropiada los microhaces en una configuración deseada.
- 30 - Un dispositivo oscilador 204 para torsionar los microhaces 6 para que adopten una trayectoria en SZ (hélice abierta).
- Una sección 205 de ligante, para ligar los microhaces con el fin de formar un haz de microhaces. Tal y como se expuso con anterioridad, la etapa de ligadura podría provechosamente llevarse a cabo devanando, de acuerdo con una trayectoria helicoidal cerrada, una faja (o correa) de ligadura estrecha alrededor de los microhaces. Podría diseñarse cualquier otro medio para generar un haz de microhaces, como por ejemplo pegamento, unión térmica, etc.
- 35 - Un segundo aplicador 206 de talco para aplicar talco o material similar (por ejemplo un material de polvo hidroexpansible o cualquier mezcla de materiales de este tipo) al haz ligado de microhaces, justo antes de que tenga lugar la etapa de extrusión.
- Una cabeza 207 de extrusión para extruir un tubo interior 4 alrededor del haz de microhaces 6.
- 40 - Un paso 208 de refrigeración para proporcionar una refrigeración apropiada después de que tenga lugar la etapa de extrusión. De modo preferente, el paso 208 de refrigeración comprende un primer paso 208' de refrigeración y un segundo paso 208'' de refrigeración.
- Una sección 209 de calibrado del diámetro, dispuesta a continuación del primer paso 208' de refrigeración, para controlar el diámetro externo y el grosor del tubo extruido 4 después de una primera etapa de refrigeración; un software hace posible la derivación del diámetro interior correspondiente.
- 45 - De manera opcional, se dispone un dispositivo intermedio 210 de tracción, como por ejemplo un tractor oruga intermedio, para regular de forma apropiada la longitud de los microhaces con respecto al tubo interior. El dispositivo intermedio 210 de tracción va seguido por el segundo paso 208'' de refrigeración.
- 50 - Un dispositivo 211 de cabrestante que funciona, de modo preferente, a una velocidad constante y que es el regulador de la línea de fabricación.
- Un tractor oruga adicional 212 con fines de montaje; operando dicho tractor oruga adicional como un dispositivo de tracción con el fin de asegurar en todo momento una adherencia satisfactoria entre el tubo interior y el cabrestante.

- De manera opcional, una sección 213 de calibrado del OD y de los defectos para el control final del diámetro interior del tubo.
- Un dispositivo final 214 de enrollamiento (o devanado), por ejemplo una plataforma de enrollamiento doble para el devanado del producto final.

5

Por razones de claridad, la Fig. 8 no muestra otros elementos conocidos de un aparato para la fabricación de un cable óptico de microhaces, como por ejemplo las secciones en las que se aplica la vaina exterior, en las que se insertan cordones de rasgado, en las que se disponen vástagos de refuerzo y en las que se añade una cinta envolvente. En cualquier caso, debe entenderse que todos estos elementos se incorporan en el aparato o se llevan a cabo las diferentes etapas por separado.

10

Los mismos principios analizados con anterioridad con respecto a la disposición de las fibras en la cabeza de extrusión son válidos también en conexión con la fabricación de los tubos interiores (que contienen los microhaces de fibras ópticas) de acuerdo con el aparato de la Fig. 8. En particular, es conveniente en su momento situar los microhaces dentro de la cabeza de extrusión en una configuración geométrica espacial estable con el fin de reducir la capacidad de cruzamiento de los microhaces.

15

De acuerdo con ello, debe ser utilizada al menos una placa 203 de tendido con una disposición potenciada al máximo de los orificios. Por ejemplo, para fabricar un tubo interior de 12 haces, se utiliza una placa con 3 agujeros centrales y 9 agujeros externos con una circunferencia de 18 mm. Este dispositivo reduce drásticamente el número de cruzamientos de los haces dentro del tubo interior 4 en cuanto está situado próximo a la cabeza de extrusión. De modo ventajoso, los cruzamientos pueden ser eliminados uniendo los haces justo después de la placa de tendido. En este caso, tanto la placa de tendido como la cabeza de ligadura pueden ser situadas bastante alejadas de la cabeza de extrusión.

20

Las mejores prestaciones se obtienen cuando la tensión de los microhaces 6 y del tubo interior 4 son controladas con precisión y cuando se ha reducido al mínimo cualquier tensión adicional. Asimismo, debe ser aplicada la misma tensión adicional sobre todos los haces.

25

En cuanto a la fabricación de los microhaces, los mejores resultados se obtienen con una rotación de aproximadamente 360°. Sin embargo, una rotación de 360° de una sola placa de tendido puede inducir una fricción periódica de los haces sobre ellos mismos y, por tanto, una tensión adicional generando en consecuencia rizos en los haces. Un sistema de placa rotatoria doble, que comprende una primera y segunda placas rotatorias (situándose la segunda más próxima a la cabeza de extrusión), en el que la primera placa rota a una velocidad que es la mitad de la segunda o puede, de modo ventajoso, ser utilizado para inducir sobre los haces una rotación de 360° sin tocar los haces.

30

Dado que las tensiones adicionales están relacionadas con el ángulo de rotación de la longitud unitaria, se ha descubierto que el ángulo máximo sin que se produzcan rizos es de 210° / m. Sin embargo, si los haces son batidos no se producen rizos debido a la rigidez axial incrementada de la pluralidad de haces.

35

Un control satisfactorio de los microhaces y de la tensión del tubo interior debe oscilar entre ± un 5% alrededor de su valor nominal.

Los microhaces debe evitar cualquier interferencia ocasional entre ellos: una clavija u otros dispositivos para situar los haces de forma separada podrían ser instalados sobre la plataforma de desenrollamiento.

40

Unas placas de tendido en la mesa giratoria de creta en lugar de las clavijas en configuración planar contribuyen a mantener la misma tensión adicional de todos los microhaces.

Para crear un punto de congruencia predeterminado entre los microhaces 6 y el tubo interior 4 se utiliza un cabrestante de aproximadamente 1000 mm con algunos arrollamientos del tubo interior. El número mínimo de arrollamientos puede evaluarse mediante una prueba de adherencia: los arrollamientos deben evitar cualquier tipo de deslizamiento entre el tubo y los haces a la tensión trasera de los haces.

45

El cable de doce microhaces se fabrica con 100 g de tensión trasera para cada microhaz, de forma que la tensión trasera total es de 1200 g (100 g x 12 haces). La fuerza para extraer los microhaces del tubo interior, con un arrollamiento sobre un tambor de 1000 mm, es de 1800 g (línea de separación); se requieren más de 15 Kg para extraerlo si hay 2 arrollamientos. De manera que, en la fabricación de un cable de 12 haces, al menos se requieren 2 arrollamientos. Esta condición podría no ser satisfecha si los parámetros del proceso se modifican (tamaño, número de haces, tamaño, material del tubo, tamaño de la polea de guía). El punto de congruencia afecta a la longitud de los microhaces dispuestos dentro del tubo.

50

La invención hace posible la fabricación de unos microhaces con una diferencia de longitud de fibra de un 0,03%. Estos resultados pueden obtenerse haciendo oscilar las fibras con una longitud de tendido inferior, de manera

aproximada, a 2 m y utilizando una pequeña placa de tendido rotatoria situada a una distancia inferior, de modo preferente, a aproximadamente 1,0 m a partir de la cabeza de extrusión y un miembro de guía de las fibras situado delante del dispositivo de oscilación de las fibras. Asimismo, cualquier posibilidad de tensión adicional sobre las fibras debe ser retirada y la disposición en los orificios tanto en las placas de tendido fijas como oscilatorias debe potenciarse al máximo con respecto al número de las fibras.

La invención hace posible la fabricación de unos cables ópticos con una diferencia de longitud de microhaz de aproximadamente un 0,15%. Estos resultados pueden conseguirse haciendo oscilar los microhaces con una longitud de tendido, de modo preferente, inferior a, de manera aproximada, 6 m, utilizando una placa de tendido situada a una distancia inferior a aproximadamente 200 mm desde la cabeza de unión, y forzando la congruencia entre los microhaces y el tubo interior siempre en la misma posición, antes de la bobina de enrollamiento. Por esta razón, el tubo interior debe ser enrollado un número pertinente de giros (esto depende de la dimensión del tubo y del haz, del compuesto utilizado, de la cantidad de talco relleno dentro del tubo, del número de haces y su tensión trasera, del tamaño de la rueda). A modo de ejemplo, son suficientes 2 giros sobre una rueda de cabrestante de 1000 mm.

#### Ejemplos

Antes de ensayar la técnica de la presente invención, el Solicitante ha estimado la diferencia de la longitud de fibra que resultaría enrollando sobre un cabrestante un microhaz con unas fibras rectas (esto es, no torcidas en SZ). Mediante cálculos sencillos, es posible de mostrar que un microhaz con un diámetro interno de 1,1 mm y fibras rectas, enrolladas sobre la pulea de un cabrestante de 320 mm de diámetro, muestra una diferencia de longitud de aproximadamente un 0,3% entre la fibra que está más próxima a la superficie de la pulea y la fibra que está más alejada de ella.

El Solicitante ha llevado entonces a cabo algunos experimentos en las condiciones siguientes del proceso, utilizando la línea de fabricación 100 (con tres pasos 106 de refrigeración) para la fabricación de un microhaz 6:

- velocidad de línea: 140 m/min;
- tensión trasera de las fibras: 50 ± 10 g;
- placa de tendido: 3 agujeros centrales y 9 agujeros externos sobre una circunferencia de 7,5 mm de diámetro;
- utillaje de la cabeza de extrusión: 1,9 mm (punta) - 2,25 mm (troquel);
- temperatura del agua en el paso de refrigeración: 40° C en el 1<sup>er</sup> paso de refrigeración, 15° en el 2° y 3° paso de refrigeración;
- número de enrollamientos de la fibra alrededor del cabrestante: 3;
- tensión de enrollamiento: 220 ± 50g;
- diámetro del cabrestante: 320 mm;

El Solicitante ha llegado al convencimiento de que los parámetros que siguen son particularmente importantes para obtener un cable con una longitud de fibra igualada / controlada: la longitud de tendido de la fibra, la distancia entre la placa 103 de tendido y la cabeza 105 de extrusión y la disposición de fibras apropiada antes de someterlas a oscilación. Se llevaron a cabo varios ensayos reiterados, utilizando los procedimientos de medición expuestos abajo, para evaluar la influencia de cada parámetro específico.

En una primera etapa, el Solicitante ha evaluado la influencia de la longitud de paso de la fibra, manteniendo la distancia entre la placa rotatoria y la cabeza de extrusión en un valor fijo, establecido en 280 mm.

La Tabla 1 de abajo muestra la diferencia máxima de la longitud de fibra en un microhaz mediante la modificación de la longitud de tendido nominal del filamento de fibra (una longitud de tendido de fibra de "∞" significa fibras ópticas que no han sido sometidas a oscilación durante las pruebas) y mediante la consideración de una envergadura de la microfibras de 1000 m y una envergadura de microhaz de 7 m. Las técnicas de medición utilizadas para las envergaduras de 1000 m y 7 m son diferentes y se describirán al final de esta sección experimental.

**Tabla 1**

Longitud de tendido de fibra	1,0 m	2,0 m	4,0 m	6,5 m	∞
Medición sobre 1000 m	0,065%	0,070%	0,148%	0,200%	0,310%
Medición sobre 7 m	0,060%	0,063%	0,237%	0,281%	0,350%

Se obtuvo, de esta manera, la certeza de que los resultados satisfactorios se obtuvieron cuando la longitud de tendido de fibra era de  $\leq 4,0$  m, de modo preferente de  $\leq 2,0$  m y, de modo más preferente, de aproximadamente 1.0 m.

5 En una segunda etapa, el Solicitante ha evaluado la influencia del cambio de la distancia entre la placa rotatoria y la cabeza de extrusión, manteniendo la longitud de tendido de la fibra en un valor fijo de 2,0 m.

La Tabla 2 de abajo muestra la diferencia máxima de la longitud de fibra de un microhaz mediante la modificación de la distancia de la placa rotatoria desde la cabeza de extrusión.

**Tabla 2**

Distancia de la placa rotatoria desde la cabeza de extrusión	280 mm	550 mm	1470 mm
Medición sobre 1000 m	0,070%	0,032%	0,095%
Medición sobre 7 m	0,063%	0,010%	0,178%

10 La distancia de 280 mm fue, en la planta de fabricación que fue utilizada con fines de prueba, la distancia mínima posible a la vista del espacio ocupado por los diversos aparatos. En cualquier caso, de forma sorprendente, el Solicitante ha llegado al convencimiento de que la placa rotatoria debe situarse ni demasiado próxima a la cabeza de extrusión ni demasiado alejada de ella. Una distancia intermedia (550 mm) proporcionó los mejores resultados. Una distancia reducida se tradujo en unos ángulos agudos, que no son deseables; una distancia larga se tradujo en unas fibras dispuestas de un modo no apropiado.

15 En una tercera etapa, el Solicitante ha evaluado la influencia de la placa 103 de tendido, convenientemente situada en la mesa giratoria 102 de creta en este experimento. A la vista de los resultados expuestos, la prueba se llevó a cabo con una longitud de tendido de 2 m y con una distancia entre la placa rotatoria y la cabeza de extrusión igual a 550 mm.

20 La Tabla 3 muestra la diferencia máxima de la longitud de fibra de las microfibras cuando existe la placa de tendido (y está, de modo ventajoso, situada a la entrada de la mesa giratoria de creta) y cuando no existe (entrada libre a la mesa giratoria de creta).

**Tabla 3**

Condición	Placa de tendido en la mesa giratoria de creta	Entrada libre a la mesa giratoria de creta
Medida sobre 1000 m	0,032%	0,09%
Medida sobre 7 m	0,010%	0,052%

25 Puede apreciarse que la presencia de la placa de tendido permite reducir de manera sensible la diferencia de longitud de fibra. Debe destacarse que la placa de tendido puede, asimismo, estar separada con respecto a la mesa giratoria de creta, con las mismas ventajas comparables. Asimismo, debe destacarse que puede ser utilizado, de manera ventajosa, un número diferente de placas de tendido alineadas, como por ejemplo dos o más.

30 El Solicitante ha entonces llevado a cabo algunos experimentos más en las condiciones del proceso expuestas a continuación, utilizando la línea de fabricación 200, para la fabricación de un tubo interior 4:

- Velocidad de línea: 45 m / min;
- Tensión trasera de las fibras:  $100 \pm 10$  g;
- Placa de tendido: 3 agujeros centrales y 9 agujeros externos sobre una circunferencia de 18 mm;
- Cadencia del talco: 30 g / min;
- 35 - Utilaje de extrusión: 9,4 mm (punta) y 12,8 mm (troquel);
- Herramienta de calibrado: 8,9 mm;
- Vacío: 355 mb

- Perfil de la temperatura del extrusor : tornillo 170 - 200 - 200 - 200° C; cabeza 200 - 200 - 200 - 200° C;
  - Temperatura del agua: 15° C tanto en el primer paso como en el segundo paso de refrigeración;
  - Tractor intermedio: no operativo;
  - Número de arrollamientos alrededor del cabrestante: 4;
- 5 - Tensión de enrollamiento: 3,5 ± 0,5 Kg.

El Solicitante ha, en particular, evaluado la influencia de la oscilación de los microhaces. La medición se llevó a cabo sobre una envergadura del cable de 7 m.

La Tabla 4 dada a continuación muestra como la longitud de tendido de los microhaces afecta a la diferencia de longitud máxima de los microhaces. Una longitud de tendido de los microhaces de “∞” significa ninguna oscilación durante estas pruebas. Los microhaces no estaban ligados.

**Tabla 4**

Longitud de tendido de los haces	1 m	3 m	5 m	∞
no ligados	0,18%	0,20%	0,30%	0,40%
ligados	0,13%	0,15%	0,28%	-

Puede apreciarse que la longitud de tendido de los microhaces será, de modo preferente, inferior a 5 m, de modo más preferente inferior a 3 m.

15 A continuación, se describen las diferentes técnicas utilizadas para la medición de la diferencia de la longitud de fibra en la envergadura de 7 m y en la envergadura de 1000 de las Tablas 1, 2 y 3.

La primera medición utilizada para la envergadura de 7 m es una técnica destructiva llevada a cabo por una barra medidora manual. Una longitud de cable de 70 a 100 m fue desenrollada a partir de una bobina y fue depositada en una configuración rectilínea. Una abrazadera fue bloqueada a una distancia de al menos 50 m desde un extremo libre. La abrazadera fue utilizada con el fin de utilizar cualquier movimiento deslizante de las fibras ópticas con respecto a las demás partes del cable. Fue colocada a una distancia tal desde el extremo libre que evitara los efectos de posibles fenómenos de cabeceo, es decir los movimientos de las fibras debidos a la falta de congruencia. En otras palabras, el cable podría tener fibras ópticas comprimidas o tensadas pero, en los extremos no sujetos, las fibras ópticas estarían libres para disponerse de acuerdo con una configuración de mínima energía.

25 Una abrazadera adicional fue bloqueada a una distancia adecuada (7 a 10 m) respecto de la primera abrazadera. Dicha segunda abrazadera fue bloqueada bastante lejos del devanado de la bobina (al menos aproximadamente 10 m) con el fin de evitar variaciones ostensibles de la longitud de fibra debidas a la configuración geométrica no lineal (la fibra interior es comprimida mientras que la fibra exterior es estirada). Fue cortada una envergadura de cable de 7 m entre las dos abrazaderas. Dicha envergadura de cable fue depositada y medida en cuanto a la longitud. A continuación, se tomaron las fibras individualizadas de la envergadura de cable sometida a examen, fueron estiradas y se midieron las longitudes correspondientes.

La segunda medición utilizada para la envergadura de 1000 m es una medición no destructiva que utiliza el instrumento de medición electrónico EG & G OPTICAL FIBER MEASUREMENT SYSTEM 300 SERIES. La medición fue llevada a cabo sobre la totalidad del cable enrollado en una bobina. Los dos extremos del cable fueron cortados con bordes vivos. Unas longitudes terminales respectivas de aproximadamente 50 mm fueron separadas con el fin de que fueran accesibles las fibras. Los dos extremos de cada fibra fueron introducidos en los receptáculos apropiados del instrumento. El software (CD 300) del instrumento procesó los retardos de propagación de impulsos para determinar la longitud de la trayectoria óptica, tras lo cual fue introducido el parámetro del índice de retracción (relacionado con las fibras utilizadas). La longitud (L) de la trayectoria óptica fue calculada mediante la siguiente fórmula conocida:

$$L = t \cdot c / n(\lambda)$$

donde :

$\lambda$  : longitud de onda a la cual se llevó a cabo la medición (típicamente, 1310 nm o 1550 nm);

t: retardo del impulso de medición;

$n(\lambda)$ : índice de refracción a la fibra a la longitud de onda que se utiliza para la medición;

$c$ : velocidad de la luz en condiciones de vacío

Por último, se calculó una diferencia en porcentaje de diversas longitudes de las fibras, es decir  $100 \cdot (L_{\max} - L_{\min}) / L_{\text{media}}$ .

- 5 La ventaja principal de un cable óptico de acuerdo con la presente invención es que muestra una longitud de fibra controlada con gran precisión lo que se traduce en un cable óptico extremadamente estable (por ejemplo, frente a cambios de la temperatura) con una atenuación óptica baja con respecto a los cables ópticos conocidos. Una ventaja adicional es que su diámetro total se reduce de manera considerable en comparación con cables ópticos similares. Una ventaja adicional más es que las fibras ópticas pueden ser fácilmente separadas por el instalador sin utilizar tampoco ninguna herramienta.
- 10

De esta forma, se ha mostrado y descrito un cable óptico de comunicación novedoso el cual cumplimenta todos los objetivos y ventajas perseguidos.

**REIVINDICACIONES**

1.- Cable óptico (1) de telecomunicación, que comprende:

- una pluralidad de microhaces (6), comprendiendo cada microhaz (6) una pluralidad de fibras ópticas (2) y una microvaina (3) que contiene dicha pluralidad de fibras ópticas (2); y

5 - un miembro tubular (4) que contiene dicha pluralidad de microhaces (6),

10 teniendo dicha microvaina (3) un grosor comprendido entre aproximadamente 0,05 mm y 0,3 mm, estando los microhaces (6) trenzados de acuerdo con una trayectoria helicoidal abierta, estando un microhaz de dicha pluralidad de microhaces (6) trenzado con al menos un microhaz adicional de dicha pluralidad de microhaces (6), estando el cable **caracterizado porque** la pluralidad de fibras ópticas (2) están trenzadas dentro de su microvaina conteniendo de manera holgada dicha pluralidad de fibras ópticas de acuerdo con una trayectoria helicoidal abierta, y **porque** el cable comprende también un ligante para ligar entre sí los microhaces (6).

2.- Cable óptico (1) de telecomunicación de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicha microvaina (3) está fabricada de un material que tiene una carga de ruptura inferior o igual a 4,5 MPa.

15 3.- Cable óptico (1) de telecomunicación de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicha microvaina (3) está hecha de un material que tiene una elongación a ruptura inferior o igual al 100%.

4.- Cable óptico (1) de telecomunicación de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el ligante comprende al menos una cinta (10) enrollada alrededor de los microhaces (6).

20 5.- Cable óptico (1) de telecomunicación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la trayectoria helicoidal de la fibra óptica tiene una longitud de tendido, siendo la longitud de tendido de la fibra, de modo preferente, de  $\leq$  aproximadamente 4,0 m, de modo más preferente de  $\leq$  aproximadamente 2,0 m.

6.- Cable óptico (1) de telecomunicación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** cada microvaina (3) está fabricada de un material seleccionado entre el grupo consistente en:

25 - PVC, etileno / copolímero de acetato de vinilo, polietileno;

- una mezcla de PVC, etileno / copolímero de acetato de vinilo o polietileno con una carga inorgánica;

- cualquier mezcla de PVC, etileno / copolímero de acetato de vinilo o polietileno; y

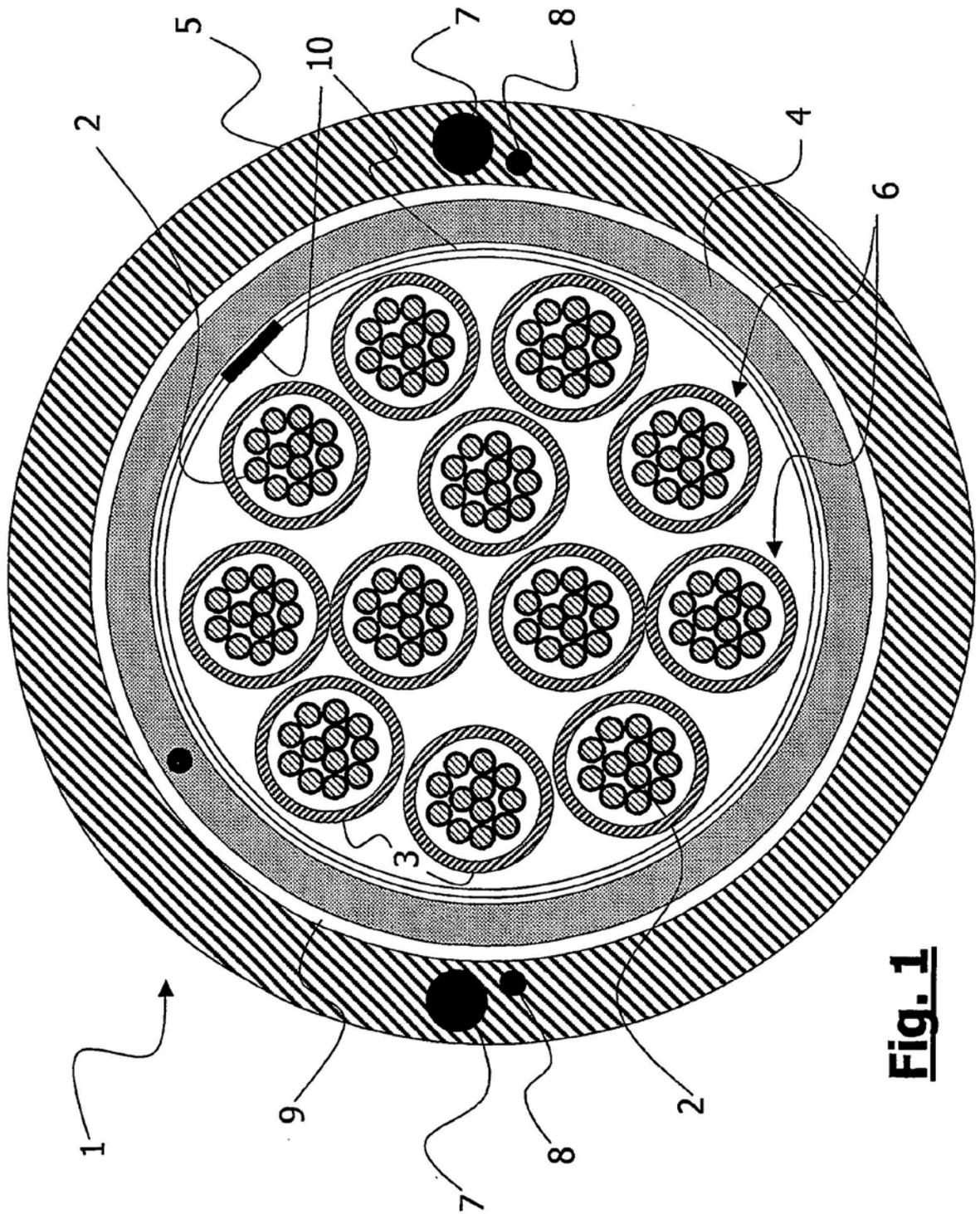
- cualquier mezcla de PVC, etileno / copolímero de acetato de vinilo y polietileno, con la adición de una carga inorgánica.

30 7.- Cable óptico (1) de telecomunicación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** al menos uno de dichos microhaces (6) comprende doce fibras ópticas y la correspondiente microvaina (3) tiene un diámetro interior comprendido entre aproximadamente 1 mm y 1,2 mm y un diámetro exterior comprendido entre aproximadamente 1,3 mm y 1,5 mm.

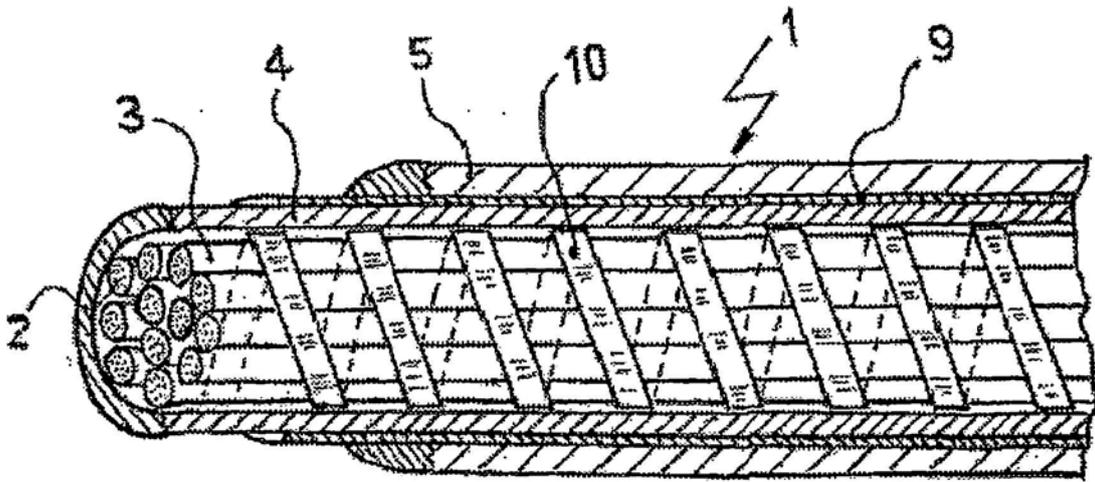
35 8.- Cable óptico (1) de telecomunicación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el miembro tubular (4) está fabricado de un material seleccionado entre el grupo consistente en polietileno de densidad media, polietileno de densidad alta, polipropileno y mezclas de éstos.

9.- Cable óptico (1) de telecomunicación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** comprende además una vaina exterior (5) que rodea dicho miembro tubular (4).

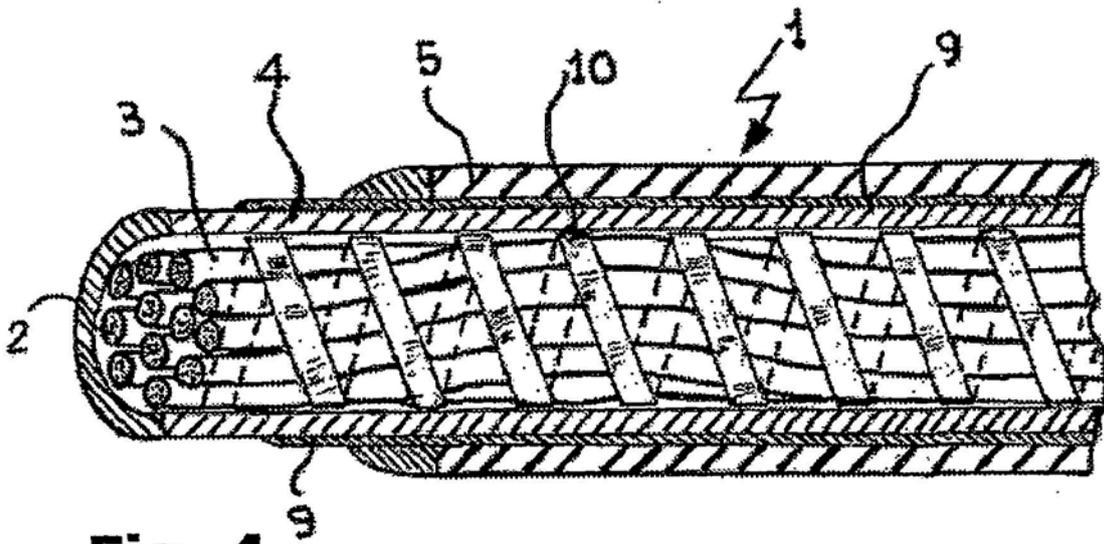
40 10.- Cable óptico (1) de telecomunicación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** comprende además al menos un miembro de refuerzo periférico.



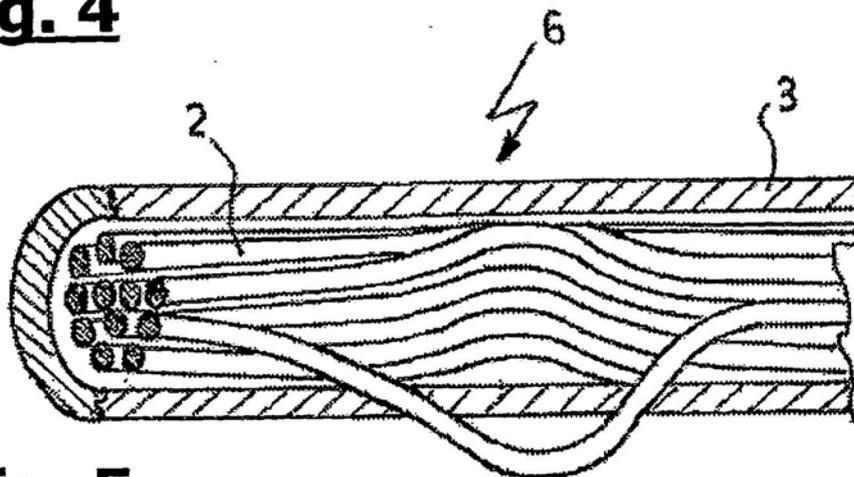
**Fig. 1**



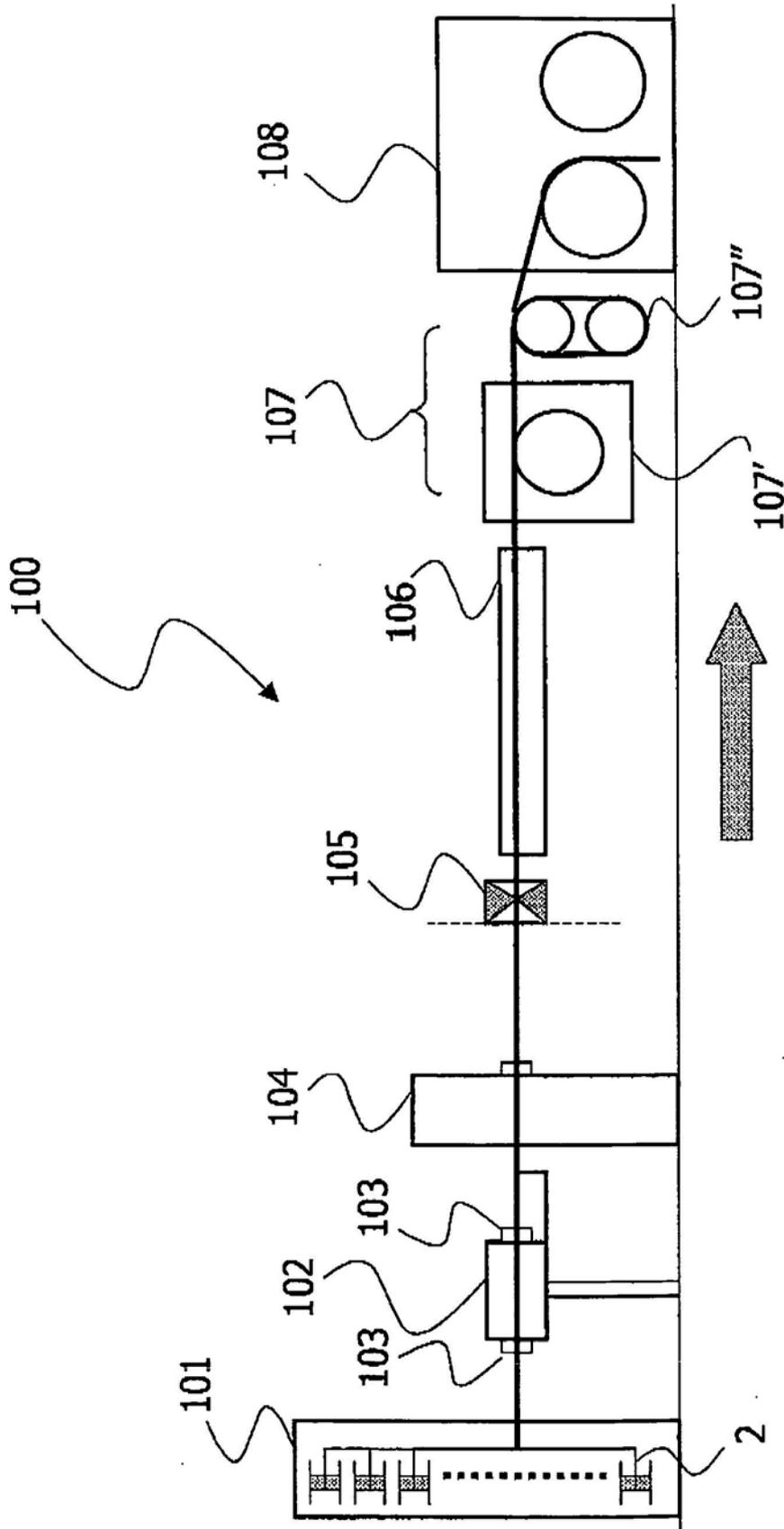
**Fig. 3**



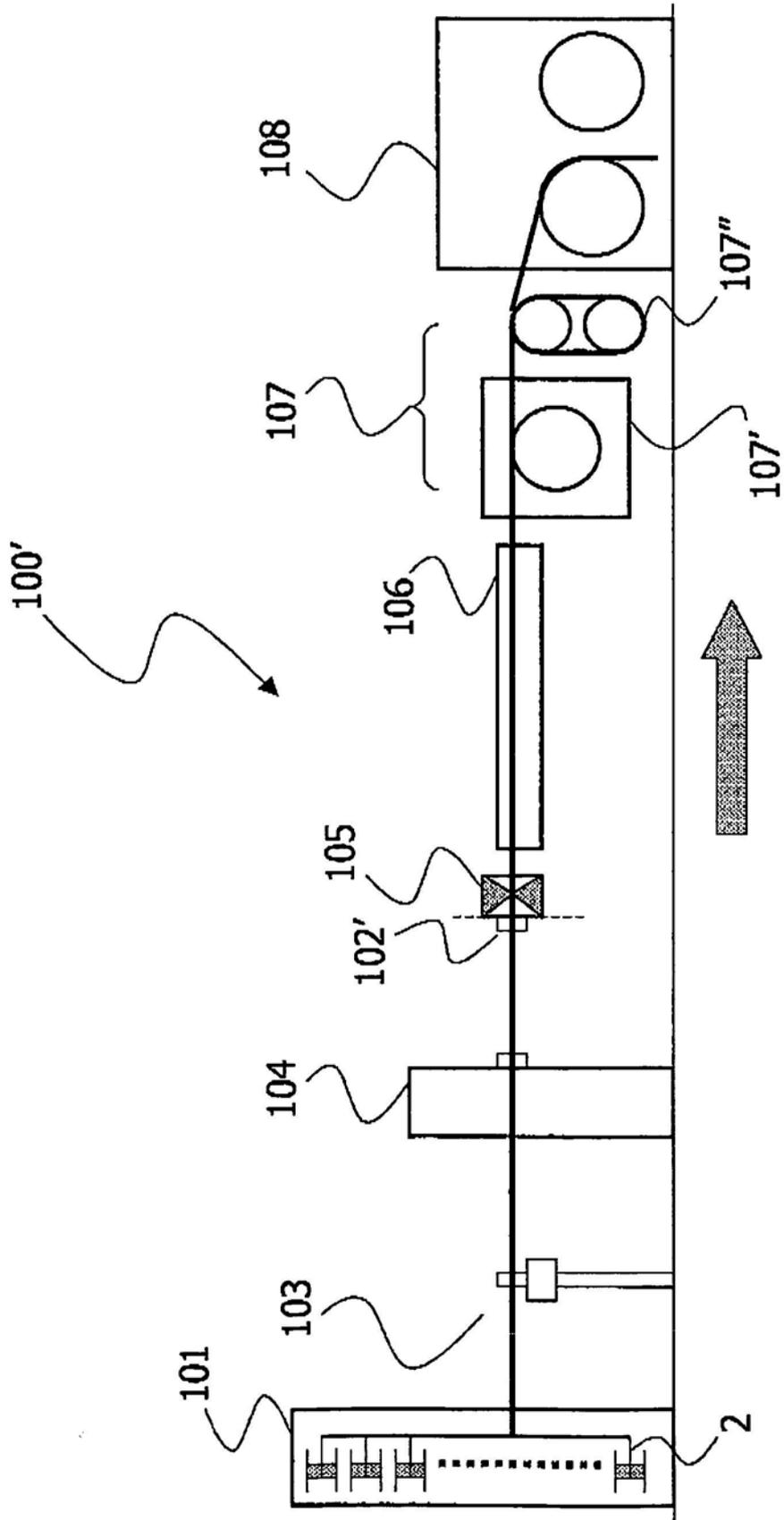
**Fig. 4**



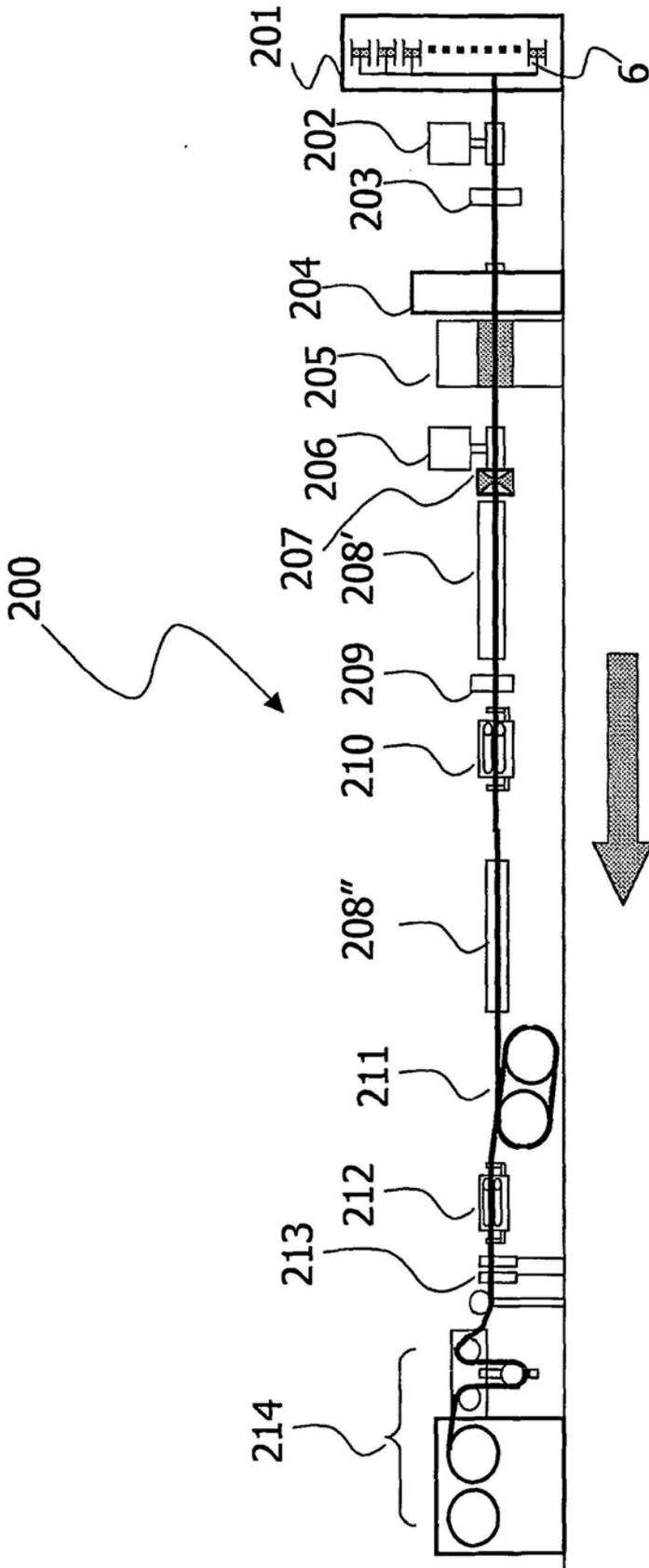
**Fig. 5**



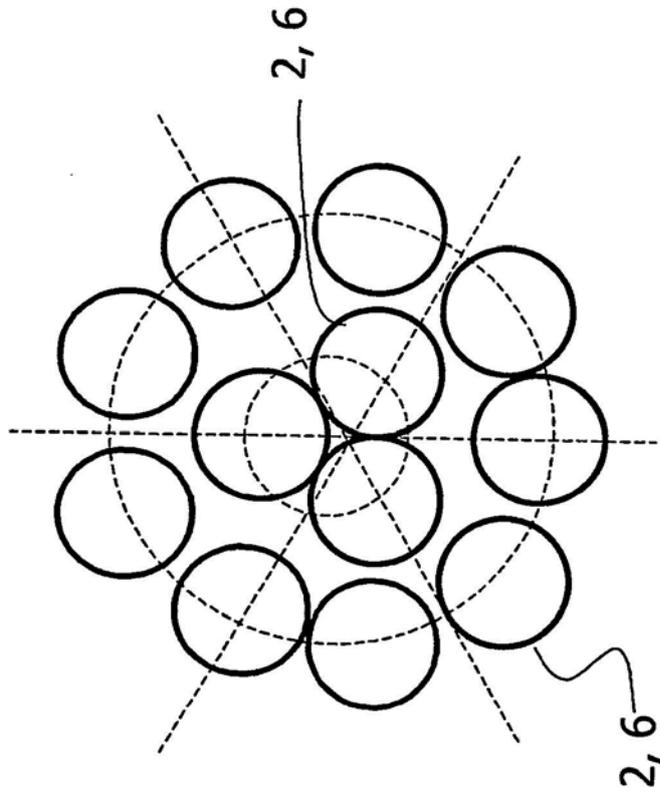
**Fig. 6**



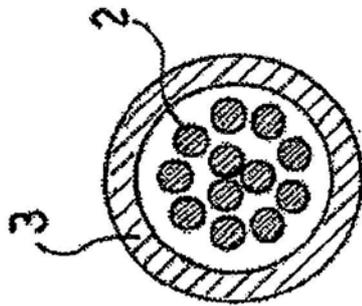
**Fig. 7**



**Fig. 8**



**Fig. 9**



**Fig. 2**