



ESPAÑA

ES 456228 A I
FECHA DE PRESENTACION
24 FEB. 1977

PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDADES: 31 NUMEROS Ser. 661.389	32 FECHA 25 de Febrero de 1.976	33 PAIS Norteamerica.
---	------------------------------------	--------------------------

47 FECHA DE PUBLICIDAD	34 CLASIFICACION INTERNACIONAL G02B	35 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
------------------------	--	--------------------------------------

48 TITULO DE LA INVENCION:
Perfeccionamientos en la fabricacion de cables de comunicaciones
ópticas.

50 SOLICITANTE (S):
WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED, entidad norteamericana.

DOMICILIO DEL SOLICITANTE:
residente en 195 Broadway, New York, New York 10007, EE.UU. de A.

51 INVENTOR (ES):
RAYMOND ANDREW KEMPF, MANUEL ROBERTO SANTANA, y MORTON I. SCHWARTZ.

52 TITULAR (ES):

53 REPRESENTANTE:
D. Jaime Gomez-Acebo y Modet.

Este invento se refiere a fibras ópticas y de un modo más particular a un medio de transmisión que comprenden fibras ópticas.

La transmisión de gran anchura de banda y pequeño tamaño son ventajas bien reconocidas que tienen las fibras ópticas como medio de transmisión. Estas características hacen que las fibras ópticas puedan reemplazar convenientemente a los cables de alambres especialmente en zonas congestionadas donde se necesita una mayor transmisión pero donde no se dispone de espacio adicional en conductos de cables.

Un problema que supone la puesta en práctica de fibras ópticas especialmente cuando el medio de transmisión óptico se ha de tender a través de conductos y estar sujeto por lo tanto a cargas mecánicas longitudinales y transversales, es que las fibras ópticas están hechas de un material muy delicado, v.g., normalmente sílice fundido y otros vidrios. Las fibras de vidrio, aún cuando son convenientes por sus propiedades de transmisión óptica, tienen características mecánicas deseables como medio de transmisión. A pesar de que la resistencia a la tracción de las fibras de vidrio es teóricamente muy elevada su resistencia a la tracción real (normalmente $2,1 \times 10^6$ gramos/cm² en longitudes de km) es considerablemente menor y varía en las condiciones de instalación. Asimismo, las fibras de vidrio están sujetas a fatiga estática; o sea en presencia de humedad, el vidrio se fractura bajo esfuerzos continuados por debajo de la resistencia a la tracción instantánea debido al desarrollo de fisuras superficiales. Además las fibras de vidrio en longitudes muy largas tienen una baja resistencia a la tracción normalmente menor a la mitad del 1% del alargamiento antes del punto de fractura. Estas características presentan graves problemas que se deben resolver si se desean utilizar fibras ópticas en futuros sistemas de comunicaciones ópticas. Es probable que muchos canales de señales se

asignen a cada fibra en el futuro, lo cual significa que una rotura de una fibra significaría una pérdida total de comunicación de los canales transmitidos en dicha fibra.

5. Otro aspecto es que, aún cuando una fibra óptica no se rompa bajo el esfuerzo aplicado externamente, una amplitud suficiente en una gama de longitud de onda crítica puede representar inflexiones aleatorias del eje geométrico de la fibra que dan por resultado pérdida de transmisión óptica.

10. Véase el artículo de W.B. Gardner's titulado "Microbending, Loss in Optical Fibers", (Pérdida por Microinflexión en Fibras Ópticas) "The Bell System Technical Journal, volumen ,54 No 2, Febrero 1.975, páginas 457-465 para hallar una explicación a éste fenómeno. Este fenómeno puede degradar considerablemente el comportamiento de transmisión de las fibras, especialmente en largas distancias. Por lo tanto, es conveniente diseñar un cable de comunicaciones ópticas que haga de las fibras ópticas un medio práctico de transmisión. Es especialmente conveniente que el cable pueda resistir las fuerzas de tracción que se esperan durante la instalación así como ser lo suficientemente pequeño en sección transversal para reducir al mínimo el espacio ocupado en los conductos.

15. No obstante, además de conseguir lo anterior, es necesario también disponer las diversas fibras en cada alma en una geometría que facilite el empalme rápido, fácil, viable y con poca pérdida de un alma a otra, o de una parte de un alma a una parte coincidente de otra alma.

20. Por lo tanto, el presente invento tiene por objeto conseguir un cable de comunicaciones ópticas que haga de las fibras ópticas un medio de transmisión fiable y económicamente factible. Un segundo objeto del invento es reducir al mínimo las probabili

dades de fatiga de las fibras en las condiciones de carga esperadas. Un tercer objeto del invento es reducir al mínimo las pérdidas por inflexión aleatoria en las fibras. Un cuarto objeto del invento es configurar un cable de comunicaciones ópticas de tal manera que se facilita el empalme en conjunto.

5.

Según éste invento, los objetos anteriores y otros objetos se consiguen aislando estructuralmente fibras ópticas fototransmisores del ambiente de carga circundante. Por consiguiente, una modalidad del presente invento de un cable de comunicaciones ópticas, una pluralidad de fibras ópticas fototransmisoras, que forman el alma del cable, están contenidas en una estructura envolvente de ajuste holgado por lo que las fibras del alma se desacoplan en esencia longitudinalmente del resto de la estructura del cable, v. g., son muy insensibles a la tensión longitudinal debido a las fuerzas de tracción longitudinal aplicadas a la estructura del cable adyacente. Este aislamiento estructural reduce al mínimo también convenientemente el choque radial de cargas sobre las fibras del alma. Se podrán idear otras estructuras envolventes para contener el alma.

10.

15.

20.

Rodeando a la estructura envolvente o cubierta interior hay una cubierta exterior que se refuerza con elementos de refuerzo primarios que se caracterizan por tener un módulo de tracción y una resistencia a la tracción mayor que los de las fibras ópticas de vidrio. Los elementos de refuerzo primarios se acoplan apretados a la cubierta exterior por lo que soportan las cargas esperadas. Por lo tanto, en condiciones de cargas esperadas, las tensiones de tracción aplicadas externamente son absorbidas virtualmente por los elementos de refuerzo primarios y no pasan a las fibras del alma.

25.

30.

Como sabe esperar que la mayor carga experimentada por un

cable de comunicaciones ópticas sea durante la tracción efectuada al hacer pasar el cable por un conducto, el cable se diseña convenientemente para resistir cargas de tracción superiores a $9,07 \times 10^4$ gramos, sin que se rompan ninguna de las fibras ópticas fototransmisoras. El cable es particularmente idóneo para utilizarse con aparatos de tracción normales que agarran el cable desde la superficie exterior del mismo. La construcción del cable comprende cubiertas de material de elevado módulo, que ofrecen resistencia a las fuerzas de trituración radiales de un agarre de tracción en el extremo del cable y fuerzas de trituración radiales o cargas de choque que pueden tener lugar en toda la longitud del cable. Convenientemente, no solamente están las fibras ópticas prácticamente desacopladas del resto de la estructura del cable, sino que además las fibras están separadas lo más posible físicamente de los agarres generadores de cargas.

En una modalidad, los elementos de refuerzo primarios se acoplan apretados a la cubierta exterior cerca de la periferia exterior del cable para soportar las cargas externas.

Las fibras ópticas están también convenientemente curvadas en un estado flojo en condiciones sin carga según éste invento. Por consiguiente, durante el alargamiento del cable por tracción, la flojedad o huelgo de las fibras del alma habrá de desaparecer antes de que puedan experimentar tensiones de cargas.

No obstante, antes de desaparecer la flojedad, los elementos de refuerzo primarios habrán absorbido la carga ayudando a las fibras del alma como elementos de refuerzo del cable.

Una característica de éste invento es que la estructura del cable de tubo suelto es perfectamente idónea para los empalmes en conjunto. Por lo tanto, es una modalidad muy conveniente.

las formaciones lineales de fibras ópticas, en forma de cinta de fibras ópticas, se conjuntan y se retuercen helicoidalmente en el alma. En el dispositivo de agrupamiento del alma crea una matriz de regular x-y fibras ópticas que es perfectamente idónea a la utilización de conectores de cables, pudiendo dar por resultado empalmes que no son más largos que la sección transversal del cable. La estructura envolvente circundante además de aislar mecánicamente las fibras del alma de las cargas externas, mantiene la disposición de agrupamiento del alma en toda la longitud del cable facilitando operaciones de empalme en cualquier punto del cable. Así, mismo, como no se tiene que producir acumulación del diámetro del cable en el punto de empalme, el cable del invento se puede unir a conectores en la fábrica antes de la instalación del cable. Esto puede facilitar enormemente las operaciones de empalme en las instalaciones, en el sentido de que con una operación simple de empalme del cable en la instalación se puede empalmar eficazmente toda la matriz x-y de fibras ópticas sin tener que manejar fibras individuales.

5.

10.

15.

El invento, y sus objetos, características y ventajas adicionales se discernirán fácilmente de la lectura de la descripción que sigue de modalidades ilustrativas.

20.

La figura 1, es una vista fragmentada en perspectiva de un cable de comunicaciones ópticas construídos según éste invento.

25.

La figura 2 ilustra esquemáticamente el agrupamiento de las fibras del alma en condiciones sin carga en una vista en sección.

La figura 3 es una vista en perspectiva que ilustra dos almas de cable de la figura 1, empalmadas por conectores.

30.

La figura 4, es una vista fragmentada en perspectiva de

otra modalidad del cable de comunicaciones ópticas del invento.

Las fibras 5 ilustra otra modalidad del cable de comunicaciones ópticas del invento en una vista fragmentada en perspectiva; y

La figura 6, es una vista en sección transversal de otra modalidad del cable de comunicaciones óptica del invento.

En la figura 1, del dibujo se representa una vista fragmentada en perspectiva de una modalidad de cables de comunicaciones ópticas 10 contruidos según éste invento. El alma 16 del cable 10 está formada por una pluralidad de fibras ópticas fototransmisoras 14 empaquetadas convenientemente en conjuntos conocidos comúnmente como cintas de fibras ópticas 30, cada una de las cuales comprende una formación lineal de fibras ópticas mantenidas en una relación paralela uniformemente separadas por una estructura protectora flexible apropiada. La geometría plana y la separación uniforme entre centros de las fibras 14 en estas cintas facilita convenientemente el empalme por grupos sin tener que manejar fibras individuales.

Las cintas 30 se disponen de una forma floja en un conjunto de apilamiento 11. La geometría de apilamiento crea convenientemente una sección transversal del alma en la cual las fibras ópticas del alma 14 se dispersan en una matriz regular x-y con una separación entre centros prácticamente uniforme en ambas direcciones x e y, que es conveniente para el empalme por grupos.

El conjunto de apilamiento 11 se retuerce helicoidalmente para desahogar tensiones cuando se somete a inflexión. En una modalidad ilustrativa, se ha utilizado un paso de torsión de 15,24 cm para un conjunto de apilamiento 11 de 12 cintas. Cada cinta, que tiene una sección transversal de 0,36 cm por 0,003 cm comprende 12 fibras ópticas de 0,023 cm de diámetro. El paso de torsión del conjunto de apilamiento 11 se elige para que pro-

porcione suficiente deshogo de tensiones sin tener en exceso las fibras 14 por exceso de torsión.

5. Rodeando al alma 16 hay una cubierta interior 20 que forma la estructura envolvente para contener de una forma suelta las cintas de fibras 30. Al poder moverse convenientemente alrededor de la cubierta interior 20, las cintas 30, así como las fibras 14, quedan prácticamente desacopladas del resto de la estructura del cable según enseña éste invento. El ajuste es de total holgura. En una formación de apilamiento cuadrada 11 de
10. cinta 30, es preferible que la relación del área de sección transversal interior de la cubierta interior 20 al área en sección transversal del conjunto apilado de cinta 11 sea del orden de 2,0- 2,5. La relación se elige, por un lado, para aumentar el
15. máximo el desacoplamiento mecánico y, por otro lado, para reducir al mínimo la dimensión general del cable. Otra consideración es que el diámetro interior de la cubierta interior 20 se elija para mantener la configuración conveniente del alma en toda la longitud del cable para el empalme. La cubierta interior 20
20. se fabrica convenientemente de un material relativamente rígido capaz de proteger mecánicamente cintas del alma 30 contra cargas externas de compresión y de choque pero, al mismo tiempo, siendo suficientemente resiliente para poderse curvar durante el enrollamiento o la instalación. Un material de módulo elevado que tiene un módulo elástico de por lo menos $7,03 \times 10^6$ gramos por cm^2
25. es preferible para reducir al mínimo el espesor de la cubierta interior necesario para ofrecer protección contra choques; un material apropiado es el polietileno de elevada densidad (HDFE) con un módulo del orden de $7,03 \times 10^6 - 1,05 \times 10^7$ gramos/ cm^2
30. A medida que aumenta la dimensión en sección transversal del alma, es conveniente una cubierta interior de módulo más elevado para

reducir al mínimo el espesor de la cubierta interior y, por lo tanto, la dimensión resultante en sección transversal del cable de comunicaciones ópticas.

5. En la modalidad ilustrativa, la cubierta interior 20 se reviste convenientemente a lo largo de su superficie interior con una primera capa 18 de material térmicamente aislante que protege el alma 16 del calor generado durante la fabricación de la cubierta interior 20. Un calentamiento excesivo del alma 16 puede afectar a las fibras 14 y/o las cintas 30. Dependiendo del grado de calentamiento, se puede producir pérdida óptica o rotura de fibras. Es preferible una temperatura máxima de seguridad del alma de 66°C. En la modalidad ilustrativa, se ha podido demostrar que una capa de papel colocada longitudinalmente es idónea como aislamiento.

15. Rodeando a la cubierta interior 20 hay una cubierta exterior 26 reforzada con elementos de refuerzo primarios 24. Los elementos de refuerzo primario 24 se separan físicamente, de preferencia, de las fibras fototransmisoras 14 lo más posible y habrán de estar lo más próximos posible a la carga de tracción realmente aplicada. La cubierta exterior 26, que también se fabrica preferiblemente de un material de elevado módulo, como la cubierta interior 20 es convenientemente una capa de polietileno de gran densidad.

25. Según éste invento, los elementos de refuerzo primarios 24 se seccionan apretados a la cubierta exterior 26 para actuar juntos como estructura compuesta. Para conseguir el seccionamiento apretado, la cubierta exterior 26 se forma convenientemente por extrusión a presión en un proceso que empuja simultáneamente los elementos de refuerzo 24 prácticamente dentro de la cubierta exterior 26. Por lo tanto, si el cable 10 se carga con

30.

tensión, los elementos de refuerzo 24 comienzan a soportar la carga antes de que se haya producido cualquier alargamiento importante de la cubierta exterior 26.

5. Los elementos de refuerzo primario 24 se caracterizan por un elevado módulo de tracción y una resistencia a la tracción mayor que la de las fibras ópticas de vidrio. El elevado módulo a la tracción es conveniente para reducir al mínimo la cantidad de material necesario para darle resistencia requerida, con lo que se reduce el tamaño del cable de comunicaciones ópticas resultantes 10. La mayor relación de resistencia a la tracción asegura que el material de refuerzo no se rompa antes que las fibras de vidrio. Un material apropiado con las características convenientes es el acero.

10. No obstante, en la modalidad ilustrativa, los elementos de refuerzo primarios 24 se fabrican convenientemente de hilo de grafito. Estos hilo de grafito tienen un módulo de tracción normal en la modalidad descrita de $1,27 \times 10^9$ gramos/cm² (si se compara con el coeficiente normal de $7,03 \times 10^8$ gramos/cm² de las fibras de vidrio) y una mayor resistencia a la tracción que las fibras de vidrio. Los hilos de grafito han de ser también convenientemente flexibles (siendo la estructura filamental), muy ligeros para su resistencia, y no metálicos al contrario que el acero. Las características no metálicas de los hilos es especialmente conveniente. La modalidad ilustrativa, todos los materiales estructurales no son metálicos por lo que se elimina la necesidad de continuidad de toma a tierra o protección en el cable de comunicaciones ópticas resultantes. A veces es conveniente impregnar los hilos de grafito con un polímero por ejemplo un copolímero de etileno y ácido acrílico, para aumentar su capacidad de manejo y su resistencia al esfuerzo cor

15.

20.

25.

30.

tante. En la modalidad ilustrativa, una pluralidad de hilos de grafito se empotran a intervalos regulares en la cubierta exterior 26. El número de hilos de grafito elegidos es suficiente para soportar la carga de tracción máxima que quepa esperar. A pesar de que los hilos de grafito 24 se cablean helicoidalmente en el cable 10, la longitud del paso es suficientemente grande para que los elementos de refuerzo 24 se acoplen en esencia longitudinalmente con la cubierta exterior 26. Es conveniente un cierto paso helicoidal para facilitar la inflexión del cable durante la fabricación y la instalación. No obstante, cuando el cable 10 se alarga bajo carga de tracción, la contracción radial del cable 10 debida a los hilos de grafito 24 se reduce al mínimo. Es preferible un ángulo de paso de cableado máximo de 7° para los elementos de refuerzo.

La cubierta interior 20 y la cubierta exterior 26 quedan separadas por una segunda capa 22 que aisla térmicamente las capas interiores del cable contra el calor generado durante la extrusión a presión de la cubierta exterior 26.

Según se expondrá más adelante, es conveniente que la cubierta exterior 26 no experimente una contracción superior al 0,2% durante su fabricación. La cubierta interior 20 se opone convenientemente a la contracción de la cubierta exterior regulando y reduciendo la magnitud de contracción de la cubierta exterior 26. En ocasiones, puede ser conveniente una segunda capa 22 como barrera térmica para evitar la contracción inducida térmicamente de la cubierta interior 20 durante la fabricación de la cubierta. De éste modo se puede ayudar convenientemente a que la cubierta interior 20 se oponga a la contracción de la cubierta exterior 26. En la modalidad ilustrativa, el cordel de polipropileno ha demostrado ser totalmente idóneo y suficiente para

ra mantener la cubierta interior 20 a una temperatura por debajo de 60°C, que se considera una temperatura de máxima seguridad contra la contracción para una cubierta interior 20 de HDPE.

5. La segunda capa 22 puede ser en ocasiones de un material que amortigue las cargas de choque que podrían pasar de otro modo a las capas interiores del cable durante una carga de tracción. En la modalidad de preferencia, el cordón de polipropileno se fibrila convenientemente para que de flexibilidad radial sustancial, v.g., mayor capacidad de amortiguación.

10. Un aspecto inventivo del presente invento es la formación de bucle u ondulación de las cintas del alma 30 ó fibras 14 en el estado aflojado en condiciones sin carga. Según se ilustra en la figura 2, con detalle exagerado, el alma aflojada 16 describe un trayecto con respecto a la cubierta interior relativamente recta 20. De preferencia, esta ondulación dá un desahogo de tensiones de aproximadamente 0,2 %. Esta ondulación permite convenientemente que las cintas del alma 30 se alargen sin experimentar cargas de tracción hasta que se absorbe el huelgo. No obstante, antes de que se absorba el huelgo o floje-
15. dad del alma completamente, los hilos de grafito 24 comienzan a soportar las cargas puesto que no están ondulados tanto como las cintas del alma 30, según se explicará más adelante, desahogando por lo tanto a las fibras ópticas 14 para que no tengan
20. que hacer el papel de elemento de refuerzo del cable.

25. Este aspecto de invención se consigue durante el proceso de obstrucción a presión de la cubierta anterior 26 sobre la estructura restante del cable. Aunque el alma del cable 16 se esté prácticamente desacoplada del resto del cable 10, en una
30. longitud del mismo, el acoplamiento entre el alma 16 y las otras

capas no tienen lugar como resultado de factores tales como las fuerzas de fricción debidas a los pesos de los diversos componentes del cable.

5. Después de la extrusión a presión de la cubierta exterior 26, el enfriamiento de la cubierta exterior 26 da por resultado una contracción preferiblemente de un máximo del 0,2% una contracción excesiva puede dar lugar a rotura de las fibras. Las fuerzas de compresión debidas a contracción de la cubierta exterior 26 hacen que la cubierta interior 20 se contraiga longitudinalmente en el mismo grado; a su vez, la cubierta interior 20 hace que las cintas del alma 30 se ondulen quedando en estado aflojado. La superficie interior de la cubierta interior 20 regula convenientemente y produce una regularidad de ondulación de las cintas del alma 30, por lo que no se rompen por 10. otra ondulación. La contracción de la cubierta exterior 26 produce también una cierta compresión y ondulación de los elementos de refuerzo primario empotrados 24.

15. Los hilos de grafito 24 no se ondulan convenientemente tanto como las cintas del alma 30, según se ha mencionado anteriormente. Las cintas del alma 30 responden a las fuerzas de compresión debido a contracción de la cubierta exterior por ondulación. No obstante, los hilos de grafito 24, empotrados en la cubierta exterior 26, quedan esencialmente restringidos en su movimiento lateral al contrario que las cintas 30 que están 20. contenidas de una forma floja en el alma 16. Por lo tanto, los hilos 24 se pueden ondular tan solo parcialmente en respuesta a las fuerzas de compresión de la cubierta exterior 26 y deben absorber al resto de la carga de compresión. Como resultado de la menor ondulación, y por lo tanto, menor holgura en 25. condiciones sin carga, los hilos de grafito 24 comienzan a ab-

30.

sorber las cargas de tracción aplicadas antes que desaparezca la flojedad u holgura de las cintas del alma 30 por alargamiento por tracción.

5. Según se ha mencionado anteriormente, el cable de comunicaciones ópticas del invento, expuesto en esta memoria descriptiva, se configura convenientemente para el empalme en grupo. Por ejemplo, la modalidad de cable representada en la figura 1 es idónea para empalmar un cable entero de fibras ópticas con un solo empalme resultante no mayor que la sección transversal del
10. cable. En la figura 3, se ilustra un alma de cable 16 empalmada por conectores de un primer cable 10 de la figura 1, que se empalma a un segundo cable 10', las almas de los cables 16 se ilustran a mayor escala por conveniente de ilustración, pero en la práctica, están siempre desacopladas de las estructuras envolventes de cable, de las cuales solamente se ilustran las capas 18.
15. Los cables se empalman cuando los conectores de unión a tope 71, que sostienen las formaciones de fibras ópticas 14, se unen a tope y se empalman, y los dispositivos de nervaduras inversas 72 y 73-guían los conectores 71 y 70 en alineación axial entre sí.
20. Cada conector de unión a tope 70 ó 71 consigue una configuración de extremo del alma en sección transversal en la cual las fibras ópticas 14 se dispersan en una matriz x-y con una separación uniforme entre centros en ambas direcciones x e y. La aplicación de dichos conectores es factible debido a la geometría elegida de las cintas del alma del cable. Los conectores ilustrados y la técnica de empalme se describen en la patente EE.UU. número 3.864,018; se pueden emplear otras técnicas de empalme y otros aparatos conocidos por la tecnología.
- 25.

30. También se pueden diseñar otras configuraciones para el cable 10. En una modalidad, según se ilustra en la figura 4, las

5. cintas 30 se disponen en una formación apilada 50 y se cablean helicoidalmente alrededor de un elemento de centro flexible 52 en el alma 16 para proporcionar desahogo adicional a las tensiones flexible 5 en el alma 16 para proporcionar desahogo adicional a las tensiones; la formación apilada de cintas 50 actúa como resorte. La cantidad de cableado de la formación apilada 50 alrededor del elemento flexible 52 depende del tamaño de la formación 50, el tamaño de las fibras 14 y el tamaño del elemento flexible 52.

10. En otra modalidad, una pluralidad de formaciones apiladas menores de cintas 56 se retuercen helicoidalmente alrededor del elemento central flexible 52 en el alma 16, según se ilustra en la figura 5. Una disposición más flexible de desahogo de tensiones se consigue cuando se permite mayor movimiento axial de las formaciones apiladas 56. Así, mismo, esta modalidad que comprende una pluralidad de formaciones apiladas 56 permite convenientemente mayor flexibilidad en el empalme en conjunto. Por ejemplo, en la figura 3, cada fibra 14 en el primer cable de la figura 1 se empalma a una fibra predeterminada 14 del segundo cable de la figura 1, por lo que si se rompiera cualquiera de las fibras no se puede efectuar reorganización para hacer coincidir fibras rotas. Como variante, en la modalidad de la figura 5, utilizando un conector diferente por cada formación apilada, se pueden hacer conexiones de empalme parcialmente reorganizables, v.g., las formaciones apiladas que contienen fibras rotas se pueden empalmar entre sí y las formaciones apiladas que no tienen fibras rotas se pueden empalmar a otras formaciones sin fibras rotas.

25. Otra modalidad del cable de comunicaciones, ópticas del invento es el cable multicolor ilustrado en la figura 6. De un modo similar a la configuración del alma 16 en la modalidad de la

30.

figura 1, cada alma 90 comprende una pluralidad de fibras ópticas 14 dispuestas en una formación apilada de cintas 91. Rodeando a cada alma 90 hay una estructura envolvente de ajuste holgado o cubierta interior 92 que se fabrica convenientemente de HDPE y se reviste a lo largo de su superficie interior con una primera capa aislante 93 de papel. En la modalidad ilustrada, seis de las estructuras tubulares de ajuste holgado se cablean helicoidalmente alrededor de una séptima estructura tubular de ajuste holgado. Rodeando a la pluralidad de estructuras tubulares de ajuste holgado 92 hay una segunda capa de aislamiento 94 y después una cubierta exterior 96 de HDPE reforzado con elementos de refuerzos primarios 95. Esta modalidad permite convenientemente hacer conexiones de empalmes parcialmente reorganizables; asimismo, cada formación apilada 91 se mantiene en una matriz regular por la cubierta interior correspondiente 92 en toda la longitud del cable lo cual es conveniente para el empalme en conjunto

Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental.

REIVINDICACIONES

5. 1.- Perfeccionamientos en la fabricación de cables de comunicaciones ópticas, que comprenden un alma de fibras ópticas fototransmisoras, una cubierta interior y una cubierta exterior, caracterizados porque la cubierta interior forma una estructura envolvente de ajuste holgado alrededor del alma de fibras ópticas, de modo que el alma queda prácticamente desacoplada de la cubierta interior; y porque una pluralidad de elementos de refuerzos primarios se acoplan apretados a la cubierta exterior para soportar cargas de tracción aplicadas.
10. 2.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque el grado de holgura del alma debido al acoplamiento ajustable es por lo menos de 0,2%.
15. 3.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 1 y 2, caracterizados porque los elementos de refuerzo primario tienen un módulo de tracción superior a $7,03 \times 10^8$ gramos/cm² y tienen un alargamiento al punto de rotura mayor que el de las fibras ópticas.
20. 4.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, caracterizados porque los elementos de refuerzo primario son metálicos.
25. 5.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, caracterizados porque los elementos de refuerzo primario no son metálicos.
30. 6.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque la cubierta interior se fabrica de un material que tiene un módulo elástico de por lo menos $7,03 \times 10^6$ gramos/cm².
- 7.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, caracterizados porque el cable comprende además una

primera capa de material entre el alma y una cubierta interior que tiene propiedades de aislamiento térmico sustancial.

5. 8.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 1-7, caracterizados porque la cubierta exterior se forma de un material que tiene un módulo elástico de por lo menos $7,03 \times 10^6$ gramos/cm².

10. 9.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, caracterizados porque una segunda capa de material aislante se sitúa entre la cubierta interior y la cubierta exterior, teniendo propiedades de aislamiento térmico sustancial para evitar la contracción de la cubierta interior durante la fabricación de la cubierta exterior.

15. 10.- Perfeccionamientos según la reivindicación 9, caracterizados porque la segunda capa está provista de una sustancial flexibilidad radial para reducir las cargas de choque sobre la cubierta interior.

20. 11.- Perfeccionamientos según la reivindicación 10, caracterizados porque la capa de material aislante se fabrica de cordón de polipropileno.

25. 12.- Perfeccionamientos según cualquiera de las reivindicaciones 1- 11, caracterizados porque el alma comprende una pluralidad de fibras ópticas que se empaquetan en unidades de cintas de fibras ópticas, dispuestas por lo menos en un apilamiento y retorcidas helicoidalmente en el alma.

30. 13.- Perfeccionamientos según la reivindicación 12, caracterizados porque las fibras ópticas se disponen con una separación uniforme entre centros en cada una de las cintas para facilitar el empalme en conjunto.

30. 14.- Perfeccionamientos según la reivindicación 13, caracterizados porque las fibras ópticas en cualquier sección trans

versal del alma se dispersan en una matriz x-y con una separación de centro a centro prácticamente uniforme en ambas direcciones x e y, permitiendo por lo tanto el empalme en conjunto del cable.

5. 15.- Perfeccionamientos en la fabricación de cables de comunicaciones ópticas, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria y en los dibujos adjuntos.

Esta Memoria consta de diecinueve hojas, escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 24 FEB. 1977

WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED.

A. GONZÁLEZ ACEBO Y ROVER

D. P. Eduardo L. Costa Fernández

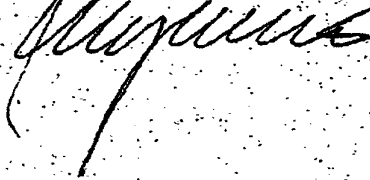


FIG. 1

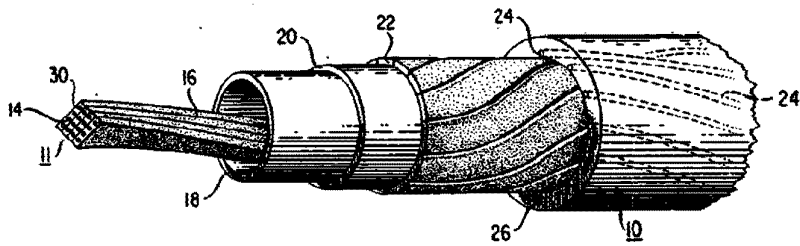


FIG. 2

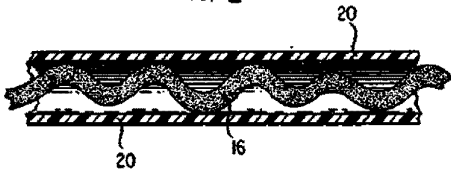
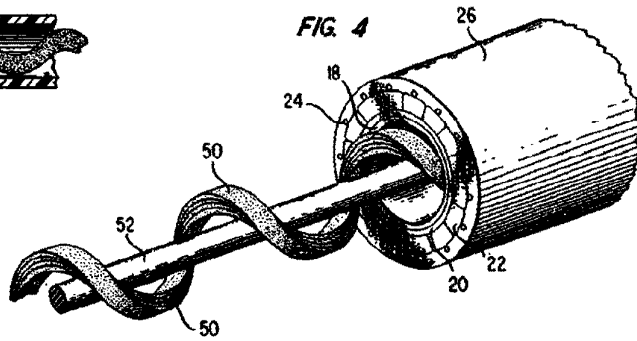
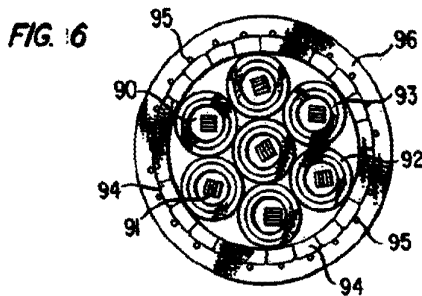
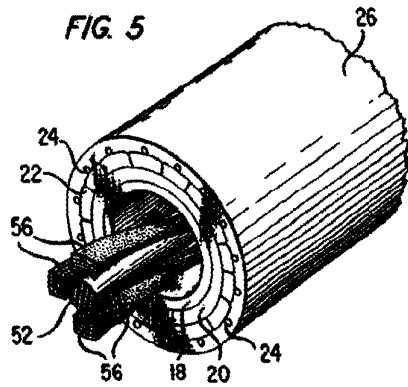
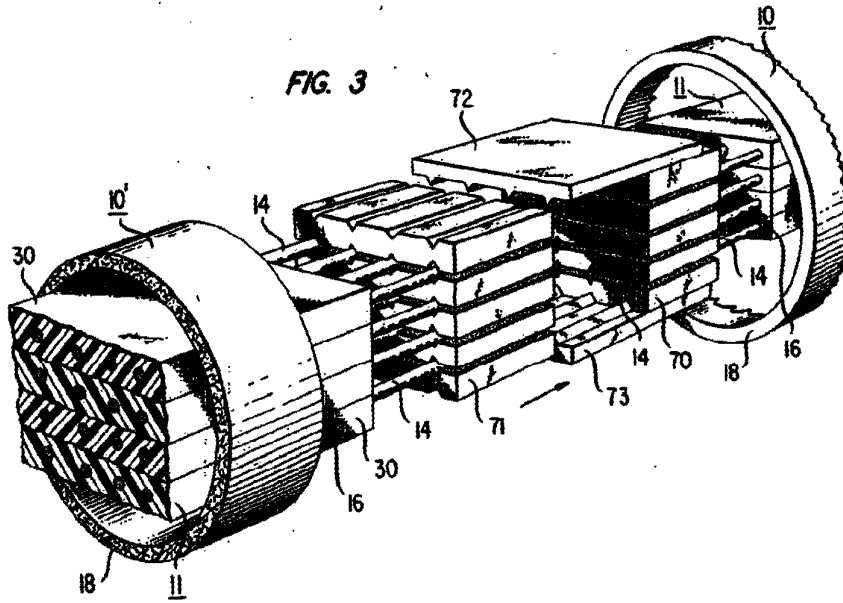


FIG. 4



Handwritten signature or name, possibly 'W. E. C. Co.'



Patented July 14, 1908.

WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED

NEW YORK, N. Y.

W. A. ...