

WO2015/142604**PCT/US2015/020082****CUBIERTA PARA UN CABLE DE FIBRA ÓPTICA****SOLICITUDES RELACIONADAS**

[0001] Esta solicitud reivindica el beneficio de prioridad bajo 35 USC § 119 de la Solicitud de Patente Provisional de los Estados Unidos con Número de Serie 61/954.774, presentada el 18 de marzo de 2014, cuyo contenido se invoca y se incorpora en el presente documento como referencia en su totalidad.

ANTECEDENTES

[0002] Los aspectos de la presente divulgación se refieren en general a cables de fibra óptica, y más específicamente a cubiertas o revestimiento de dichos cables.

[0003] Las cubiertas de cables de fibra óptica rodean y protegen los componentes del núcleo del cable y por lo general se forman a partir de polímeros, tales como cloruro de polivinilo para las cubiertas de interior y polietileno para las cubiertas al aire libre. Algunos cables de fibra óptica incluyen una cubierta que tiene una "capa de piel" de poliamida, que proporciona al cable resistencia a las termitas. Sin embargo, la unión entre la capa de piel de poliamida y el material subyacente de la cubierta puede ser difícil, especialmente si los materiales respectivos son incompatibles en cuanto a polar/no polar. Con una mala unión, la capa de piel de poliamida se puede separar del material subyacente, tal como cuando el cable se dobla o flexiona, dando como resultado la deslaminación y las arrugas en la cubierta. Existe una necesidad de un cable de fibra óptica con una cubierta robusta y cohesiva que tenga buena flexibilidad y estabilidad estructural/dimensional con resistencia al rayado y, en general una baja fricción de la superficie.

RESUMEN

[0004] La presente tecnología se relaciona una cubierta para los cables de tubo suelto al aire libre, pero también puede aplicarse a los cables cinta, cables interiores y otros cables. La cubierta puede realizar una variedad de funciones e incluir atributos deseados, tales como resistencia y robustez durante la instalación, tales como la resistencia a las fuerzas de compresión, el impacto, y los esfuerzos de flexión. La cubierta puede tener durabilidad e integridad a lo largo de una vida al aire libre (por ejemplo, 20 años), mientras que se expone al calor, la humedad, la radiación de la luz ultravioleta y las condiciones del suelo/conducto/aéreas. La cubierta puede exhibir una contracción mínima y tener un bajo coeficiente térmico de expansión durante las variaciones de temperatura para minimizar la transferencia de tensiones a las fibras ópticas. Además, la cubierta puede ser coextruida o en tándem, tal como en una sola pasada en una línea de fabricación, o de otra manera extruida con múltiples capas que tienen excelente resistencia de la unión entre sí por lo menos en parte debido a la presencia de un mismo constituyente en capas adyacentes. Cada capa puede proporcionar un rasgo, un atributo o una característica específicos del cable y las capas pueden complementarse mutuamente para mejorar o aumentar dichos rasgos, atributos o características de las otras capas.

[0005] Algunas formas de incorporación se relacionan con un cable de fibra óptica que incluye un núcleo y una cubierta que rodea el núcleo. La cubierta incluye una capa de base, una capa de superficie que define una superficie exterior del cable de fibra óptica, y una interfaz entre las capas de superficie y de base. La capa de base está formada por una primera composición que incluye polietileno. La capa de superficie tiene un espesor de por lo menos 300 micrómetros y está formada por una segunda composición que difiere de la

primera composición. La segunda composición también incluye polietileno, así como uno o más aditivos, incluyendo carbono paracristalino. La interfaz entre las capas de superficie y de base une de manera cohesiva las capas de superficie y de base entre sí por menos en parte debido a entrelazamiento de la cadena molecular del polietileno de las capas de superficie y de base. En algunas de dichas incorporaciones, la capa de base sirve como una columna vertebral a la capa de superficie, que proporciona estabilidad dimensional y resistencia a la tracción, tal como mediante la adición de material de relleno en la capa de base que puede no estar presente en la capa de superficie.

[0006] Las características y ventajas adicionales se exponen en la Descripción Detallada que se encuentra a continuación, y en parte serán fácilmente evidentes para las personas versadas en la materia a partir de la descripción o reconocidas por la práctica de las incorporaciones como se describen en la descripción escrita y reivindicaciones de la misma, como así como los dibujos adjuntos. Debe entenderse que tanto la descripción general anterior como la siguiente Descripción Detallada son meramente ejemplares, y están destinadas a proporcionar una visión general o marco para entender la naturaleza y el carácter de las reivindicaciones.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

[0007] La Figura adjunta se incluye para proporcionar una comprensión adicional, y se incorpora en y constituye una parte de esta memoria descriptiva. El dibujo ilustra una o más incorporaciones, y junto con la Descripción Detallada sirve para explicar los principios y operaciones de las diversas incorporaciones. Como tal, la descripción se comprenderá mejor a partir de la siguiente Descripción Detallada, tomada en conjunto con el Figura adjunta, en la cual:

[0008] La Figura 1 es una vista en sección transversal de un cable de fibra óptica de acuerdo con una incorporación ejemplar.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0009] Haciendo referencia a la Figura 1, un cable de fibra óptica, en la forma de un cable de tubo suelto 110, incluye un núcleo 112 y una cubierta 114 que rodea el núcleo 112. La cubierta 114 incluye una capa de base 116, una capa de superficie 118 que define una superficie exterior del cable de fibra óptica 110, y una interfaz 120 entre las capas de superficie y de base 118, 116. De acuerdo con una incorporación ejemplar, el núcleo 112 incluye un elemento de resistencia, tal como un miembro de resistencia central 122, hilo de tracción (por ejemplo, de aramida, fibra de vidrio) o cables de acero trenzados. El miembro de resistencia central 122 puede estar en la forma de una varilla y puede incluir plástico reforzado con vidrio, que es dieléctrico. El núcleo 112 incluye una o más fibras ópticas 124 (por ejemplo, por lo menos 2, por lo menos 4, por lo menos 12, por lo menos 72 fibras ópticas 124), que puede estar colocado con holgura en uno o más elementos tubulares, tales como tubos de protección 126 o revestimiento de micromódulos, que pueden estar trenzados alrededor del miembro de resistencia central 122, o de otra manera estar colocados en el núcleo 112.

[0010] En algunas incorporaciones, el núcleo 112 puede incluir un elemento de unión (véase, en general el elemento 128), tales como hilos de unión (por ejemplo, hilos de poliéster envueltos contra-helicoidalmente) o una película de aglutinante, tal como se discute en la patente de los Estados Unidos No. 8.620.124. En algunas incorporaciones, el núcleo 112 puede incluir un elemento de bloqueo del agua (véase, en general el elemento 128), tal como una cinta de bloqueo del agua, hilos de bloqueo de agua, compuesto de relleno, y/o polímero súper absorbente. En algunas incorporaciones, el núcleo 112 puede incluir un elemento de clasificación

(véase, en general el tubo de protección 128), tales como manojos redondos envueltos de hilo con color de fibras ópticas. En algunas incorporaciones, el núcleo 112 puede incluir un elemento retardante de la llama (véase, en general el elemento 128), tal como cinta resistente al calor (por ejemplo, cinta de mica) o cinta disipadora de calor (por ejemplo, papel de aluminio).

[0011] De acuerdo con una incorporación ejemplar, los tubos de protección 126 se pueden formar principalmente de un polímero o polímeros, tales como polipropileno, policarbonato, y/o tereftalato de polibutileno. En algunas incorporaciones, el polímero puede ser un polímero relleno, tal como que incluya un relleno inorgánico. En algunas incorporaciones, los tubos de protección 126 son generalmente cilindros alargados o tubos cilíndricos que tienen un diámetro exterior de aproximadamente 2.5 milímetros o menos, tal como aproximadamente 2 milímetros o menos. En incorporaciones contempladas, los tubos de protección 126 pueden ser incluso más estrechos, tales como tener un diámetro exterior de aproximadamente 1.6 milímetros $\pm$ 0,2 milímetros. Además, los tubos de protección 126 pueden tener un espesor de pared de 0.5 milímetros o menos, tal como 0.4 milímetros o menos. En otras incorporaciones, los tubos de protección 126 pueden tener otra forma y/o tener otro tamaño.

[0012] De acuerdo con una incorporación ejemplar, la capa de base 116 de la cubierta 114 está formada por primera composición, la cual puede incluir polietileno. La capa de superficie 118 está formada por una segunda composición que difiere de la primera composición. En algunas de dichas incorporaciones, la segunda composición también incluye polietileno, así como uno o más aditivos. La interfaz entre las capas de superficie y de base 118, 116 une de manera cohesiva las capas de superficie y de base 118, 116 la una a la otra por lo menos en parte debido a entrelazamiento de la cadena molecular del polietileno de la

primera y segunda composiciones. De acuerdo con una incorporación ejemplar, la unión cohesiva entre las capas de base y de superficie 116, 118 en la interfaz 120 es por lo menos tan grande como la mitad de la resistencia de rotura interna de la primera o la segunda composición, tal como por lo menos 75% tan grande, o incluso tan grande, en algunas incorporaciones, de manera que los intentos para tirar de la capa de superficie 118 lejos de la capa de base 116 puede rasgar las capas respectivas. Los solicitantes creen que los entrelazamientos moleculares de las ramas de polietileno pueden ocurrir durante la coextrusión de las capas respectivas. Por consiguiente, la coextrusión puede proporcionar una mejor unión que otras técnicas de extrusión, tales como pasadas secuenciales a través de un único extrusor o el uso de extrusoras en tándem, sin embargo dichas otras técnicas de extrusión se contemplan para incorporaciones alternativas del proceso, tales como las incorporaciones que incluyen pasos adicionales, tales como el tratamiento con plasma o con llamas al exterior de la capa de base 16 antes de la extrusión de la capa de superficie 118 para mejorar la adherencia entre las mismas.

[0013] En algunas incorporaciones, el polietileno de la segunda composición de la capa de superficie 118 tiene una densidad más alta que la del polietileno de la primera composición de la capa base 116. En algunas de dichas incorporaciones, la densidad del polietileno de la segunda composición está en el rango de aproximadamente 0.93 a 0.97 g/cm³ y la densidad del polietileno de la primera composición está en el rango de aproximadamente 0.91 a 0.94 g/cm³. En otras incorporaciones contempladas, el mismo tipo de polietileno se utiliza para la primera y la segunda composiciones, y las composiciones difieren entre sí debido a las diferencias en otros constituyentes, tales como la presencia de negro de carbón en la segunda composición, pero no la primera composición, u otras diferencias tales como las divulgadas en el presente documento.

[0014] De acuerdo con una incorporación ejemplar, el carbono paracristalino puede añadirse a la segunda composición de la capa de superficie 118, el cual puede servir para bloquear que la luz ultravioleta penetre en la capa de superficie 118. En algunas de dichas incorporaciones, el carbono paracristalino incluye (por ejemplo, principalmente consiste en, es) negro de carbón. El negro de carbón puede tener un tamaño de partícula de por lo menos 20 y/o no mayor de 350 nanómetros y una resistencia a la tracción de por lo menos 9 MPa y/o no mayor que 26 MPa. La concentración de negro de carbón en la segunda composición, en algunas de dichas incorporaciones, puede ser por lo menos 2% en volumen, tal como por lo menos 2.2%, $2.5\% \pm 0.2\%$ o por lo menos 2.4%, mientras que la capa de base tiene una concentración menor de negro de carbón, tal como menos de 2%, menos de 1%, menos de 0.2%, o posiblemente incluso esencialmente cero de negro de carbón. De acuerdo con una incorporación ejemplar, la capa de superficie 118 tiene un espesor de por lo menos 300 micrómetros y el negro de carbón está bien disperso.

[0015] En algunas incorporaciones, la capa de base 116 sirve como una columna vertebral a la capa de superficie 118, proporcionando estabilidad dimensional y resistencia a la tracción a la cubierta 114, por ejemplo mediante la adición de material de relleno en la capa de base 116 que puede no estar presente en la capa de superficie 118. Por ejemplo, la capa de superficie 118 puede estar formada de un material, tal como incluyendo principalmente polietileno de alta densidad, que puede tener generalmente alta capacidad de contracción. Sin embargo, la capa de base 116 puede estar formada principalmente por un polietileno relleno de media o baja densidad, que puede mantener a la capa de superficie 118 en su lugar, oponiéndose a la contracción y manteniendo la forma deseada de la cubierta respectiva 114. La base capa 116 puede incluir (por ejemplo, consisten principalmente en, consistir en por lo menos 50% en peso) de

polietileno reciclado, polietileno natural, polietileno virgen, y/o puede tener una menor concentración de negro de carbón que la capa de superficie 118, tal como esencialmente nada de negro de carbón.

[0016] En algunas de dichas incorporaciones, la primera composición de la capa de base está llenada muy densamente, teniendo por lo menos 20% en volumen de la misma de relleno, tal como por lo menos 30%, o incluso por lo menos 35%. El relleno de la primera composición puede ser un relleno mineral inorgánico, tal como talco o arcilla. En algunas incorporaciones, el relleno es un polvo de sílice o de silicio, que puede ser por lo menos 1% absorbente de agua en volumen, tal como entre aproximadamente 2 a 3% absorbente de agua en volumen. En algunas incorporaciones, el relleno es un relleno retardante de llama, tales como trihidrato de aluminio, hidróxido de magnesio, u otro relleno. La segunda composición puede tener sustancialmente menos del relleno, tal como menos de 10% en volumen del mismo, o incluso esencialmente cero. El relleno de la primera composición puede mejorar la resistencia de la capa de base 116. En algunas de dichas incorporaciones, el relleno mineral inorgánico proporciona resistencia a la tracción a la capa de base 116 de tal manera que la primera composición es por lo menos 10% mayor en resistencia a la tracción final que la primera composición menos el relleno mineral inorgánico. En incorporaciones contempladas, se pueden utilizar otros rellenos.

[0017] La capa de superficie 118 puede ser coextruida o extruida de otro modo sobre una capa de base 116, que puede tener una concentración sustancialmente más baja de negro de carbón (por ejemplo, un quinto, un décimo, un centésimo del porcentaje) y/o un menor coeficiente de expansión térmica (por ejemplo, por lo menos 10%, 20%, 25% menor) que la capa de superficie 118. La magnitud del coeficiente de reducción de expansión térmica (CTE) debido a la adición del

relleno puede ser significativa. Por ejemplo, en por lo menos una incorporación, la adición de 30% de relleno de fibra de vidrio puede reducir el CTE del polietileno de alta densidad de aproximadamente $200 \text{ a } 20 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, o por un factor de 10. La combinación de relleno de talco/fibra de vidrio, en por lo menos otra incorporación, puede reducir el CTE a aproximadamente 30% del valor original.

[0018] Las capas de superficie y de base 118, 116 pueden presentar una excelente adhesión en su interfaz y actuar como una cubierta 114 mientras que cada capa 118, 116 proporciona propiedades complementarias a la otra. La capa de superficie 118 puede contener aditivos comercialmente disponibles para lograr una menor fricción, una mayor humectabilidad, un desempeño mejorado a la intemperie, y/o resistencia a las termitas o los roedores, mientras que algunos o todos de estos aditivos no están presentes en la capa de base 116. Además, la capa de base 116 puede utilizar un polietileno de menor costo, tales como polietileno reciclado o polietileno natural, y/o puede ofrecer un desempeño adicional al cable 110 tal como a través de un bajo coeficiente de expansión térmica obtenido con un grado diferente de polietileno, tal como uno con una distribución de peso molecular bimodal o un polietileno relleno con rellenos minerales tales como talco, arcilla, mica, u otros agentes de refuerzo.

[0019] Las cubiertas 114 de la presente divulgación reciben de forma sinérgica características favorables de diferentes tipos de polietileno. Por ejemplo, el polietileno lineal de baja densidad, como se puede usar en la primera composición de la capa de base 116, tiene una excelente flexibilidad, mejor que algunos tipos de polietileno de densidad media, menos contracción que algunos tipos de polietileno de densidad media o polietilenos de densidad alta ya que tiene menos cristalinidad y puede tener una propensión menor al agrietamiento por tensión. Sin embargo, el polietileno lineal de baja densidad puede tener un

mayor coeficiente de fricción y un módulo más bajo en comparación con el polietileno de alta densidad. El polietileno de densidad media es generalmente más costoso que el polietileno de baja densidad y el polietileno de alta densidad, especialmente en una versión compuesta totalmente por negro de carbón. La mayor densidad del polietileno de alta densidad, como se puede usar con la capa de superficie 118, puede dar lugar a propiedades mecánicas que pueden ser superiores a algunos otros tipos de polietileno. Por ejemplo, el polietileno de alta densidad puede ser más fuerte y tener una menor fricción, lo cual puede ser útil para mover el respectivo cable 110 a través de un conducto u otro espacio estrecho, pero la mayor cristalinidad del polietileno de alta densidad puede conducir a una mayor contracción. Por ejemplo, la capa de base 116 puede definir una superficie interior (por ejemplo, una cavidad) del cable de fibra óptica cable 110, y la superficie exterior de la cubierta 114 definida por la capa de superficie 118 tiene por lo menos 0.1 menos coeficiente estático de fricción que la superficie interior, tal como por lo menos 0.2 menos. Además, la superficie interior puede tener una mayor rugosidad de superficie que la superficie exterior. La capa de base 116 puede ser rígida para añadir resistencia al aplastamiento al cable 110, tal como estando rellena densamente, como se discutió anteriormente, a fin de actuar como una capa de yuxtaposición o columna vertebral contra las fuerzas de aplastamiento y de impacto, mientras que una capa de superficie 118 más flexible pueden proporcionar resistencia al agrietamiento. Los efectos sinérgicos se incrementan debido a que la capa de superficie 118 está completamente unida a la capa de base 116 en algunas incorporaciones.

[0020] En algunas incorporaciones, la capa de base 116 compensa la contracción y/o la retracción de la capa de superficie 118 y limita la contracción y/o la retracción de todo el cable 110, lo cual puede evidenciarse a través de pruebas de ciclos de temperatura. Por ejemplo, según el análisis profético, el cable 110 se

puede enfriar desde la temperatura ambiente de aproximadamente 23°C a -40°C a una velocidad de hasta 1.5 grados C por minuto, ser mantenido a -40 ° C durante 24 horas, y después ser sometido a un ciclo a +70°C a la misma velocidad, ser mantenido a 70°C durante 24 horas, y después ser sometido de nuevo a un ciclo a -40°C a la misma velocidad (véase, en general la Sección 7.24.1 de ICEA 640, que se incorpora como referencia en el presente documento). Cuando el cable 110 se encuentra a -40°C, la segunda vez en comparación con la primera vez, el cambio promedio en la atenuación de las fibras ópticas 124 del cable es de menos de 0.1 dB por km de cable a 1310 nanómetros de longitud de onda y/o a 1550 nanómetros de longitud de onda, tal como menos de 0.08 dB/km a 1310 y/o 1550 nanómetros de longitudes de onda, o incluso menos de 0.07 0,08 dB/km a 1310 y/o 1550 nanómetros de longitudes de onda.

[0021] De acuerdo con incorporaciones alternativas contempladas, una o ambas de las capas de superficie y de base 118, 116 de la cubierta 114 pueden ser de o incluir un grado de polietileno natural, mezclado con una mezcla madre de negro de carbón. En algunas incorporaciones contempladas, una o ambas de las capas de superficie y de base 118, 116 pueden ser de o incluir un polietileno reticulado. Los rellenos orgánicos, los rellenos retardantes de llama, o aditivos tales como agentes de carbonización se pueden incorporar como componentes en la capa de superficie 118 y/o la capa de base 116, tal como para aumentar las propiedades retardantes de llama de la cubierta 114 y/o para proporcionar una cubierta de carbonización que pueda proteger un núcleo más inflamable 112. Los rellenos orgánicos que pueden ser incluidos en la primera o la segunda composición incluyen fibras de polímeros retardantes de llama. Los rellenos retardantes de llama inorgánicos, tales como hidróxido de aluminio o hidróxido de magnesio, pueden estar unidos a la matriz de polietileno u otros constituyentes con organosiloxanos.

[0022] La protección contra la luz ultravioleta para el cable de fibra óptica 110 ofrecida por el negro de carbón en la capa de superficie 118 puede estar directamente relacionada con la dispersión del negro de carbón. Los solicitantes creen que un alto grado de dispersión con poca aglomeración ayuda a que el negro de carbón pueda trabajar con eficacia. Dos formas comunes para caracterizar la dispersión del negro de carbón en la capa de superficie son la prueba visual de la Norma Británica 2782: Métodos 828A y B y la técnica de absorción de la luz ultravioleta de la norma ASTM D 3349, ambas normas de prueba incorporadas como referencia en el presente documento. Con la prueba visual, en algunas incorporaciones, negro de carbón de la capa de superficie 118 tiene por lo menos una calificación promedio de 3 sin observación de vetas. La técnica de absorción de la luz ultravioleta define cuantitativamente la eficacia de absorción del negro de carbón en una muestra. Al igual que la prueba visual, una película delgada del material de la cubierta 114 es sometida a presión o una muestra es sometida a un micrótopo. A continuación, se calcula el coeficiente de absorción a 375 nanómetros de longitud de onda. ASTM D3349 proporciona la ecuación respectiva. Algunas incorporaciones de la capa de superficie 118 tienen un coeficiente de absorción de por lo menos 150, tal como por lo menos 300 o mayor.

[0023] La tecnología descrita en el presente documento proporciona una cubierta 114 para un cable de fibra óptica 110 con una estructura compuesta que se puede hacer en una sola pasada. La estructura compuesta permite la combinación sinérgica de las características de cada capa, mientras que el uso del mismo polímero de base proporciona capas altamente unidas. Las cubiertas 114 descritas en el presente documento pueden presentar un rendimiento mecánico y durabilidad a largo plazo en ambientes al aire libre generalmente logrados con

contenido de negro de carbón en la capa de superficie 118 y buena resistencia a la compresión del cable y una baja contracción lograda con la capa de base 116.

[0024] Aunque se muestra como un cable de tubo suelto 110, otros tipos de cables pueden beneficiarse de la tecnología descrita en el presente documento. Por ejemplo, el cable cinta, cable de derivación, cable de interior, y otros tipos de cables pueden incluir cubiertas que tienen configuraciones estructurales sinérgicas tal como se describen en el presente documento. Además, las fibras ópticas 124 descritas en el presente documento pueden ser de modo único, múltiples modo, múltiples núcleos, cintas, plástico, u otros tipos o configuraciones de fibras ópticas. Las fibras ópticas 124 pueden incluir un núcleo y recubrimiento de vidrio rodeado de revestimiento polimérico, lo que resulta en un diámetro exterior de aproximadamente $250 \text{ micrómetros} \pm 25 \text{ micrómetros}$, aproximadamente $200 \text{ micrómetros} \pm 25 \text{ micrómetros}$, o con un tamaño diferente. En algunas incorporaciones, el núcleo 112 del cable 110 incluye componentes adicionales, tales como uno o más cordones de apertura, componentes de bloqueo de agua, elementos adicionales de resistencia, etc. El cable 110 puede incluir una coraza (véase, en general el elemento 128), tal como una coraza de metal corrugado (por ejemplo, acero o aluminio o cobre para protección electromagnética). Los cables que utilizan la tecnología descrita en el presente documento pueden incluir componentes conductores.

[0025] La construcción y las configuraciones del cable y las cubiertas, tal como se muestra en las diferentes incorporaciones ejemplares, son sólo ilustrativas. Aunque sólo unas pocas incorporaciones se han descrito en detalle en esta descripción, son posibles muchas modificaciones (por ejemplo, variaciones en los tamaños, dimensiones, estructuras, formas y proporciones de los diversos miembros, valores de parámetros, configuraciones de montaje, uso de materiales,

colores, orientaciones, etc.) sin apartarse materialmente de las enseñanzas y ventajas novedosas de la materia descrita en el presente documento. Algunos elementos mostrados como formados integralmente pueden estar contruidos de múltiples partes o elementos, la posición de los elementos puede ser invertida o de otra forma variada y la naturaleza o el número de elementos discretos o posiciones pueden ser alterados o modificados. El orden o la secuencia de cualquier proceso, el algoritmo lógico, o las etapas del método pueden variar o volver a ser secuenciadas de acuerdo con incorporaciones alternativas. Otras sustituciones, modificaciones, cambios y omisiones pueden hacerse también en el diseño, las condiciones de funcionamiento y la disposición de las diversas incorporaciones ejemplares sin apartarse del alcance de la presente tecnología inventiva e innovadora.