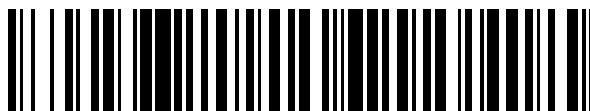


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 617 596**

51 Int. Cl.:

H01B 5/10 (2006.01)

B29C 70/52 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.04.2012** **PCT/US2012/033077**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.10.2012** **WO2012142129**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.04.2012** **E 12717953 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.11.2016** **EP 2697800**

54 Título: **Cables de transmisión eléctrica con núcleos de material compuesto**

30 Prioridad:

12.04.2011 US 201161474423 P

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

19.06.2017

73 Titular/es:

SOUTHWIRE COMPANY, LLC (100.0%)
One Southwire Drive
Carrollton, Georgia 30119-4400, US

72 Inventor/es:

DANIEL, ALLAN;
SPRINGER, PAUL;
HAWIG, YUHSIN;
LANCASTER, MARK;
EASTEP, DAVID;
NELSON, SHERRI M.;
TIBOR, TIM;
REGAN, TIM y
WESLEY, MICHAEL L.

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 617 596 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

Cables de transmisión eléctrica con núcleos de material compuesto

5 Referencia Solicitudes Relacionadas

Esta solicitud está siendo presentada el 11 de abril del 2012, como una solicitud de Patente Internacional PCT a nombre de Allan Daniel, un ciudadano de los Estados Unidos., Paul Springer, un ciudadano de los Estados Unidos., Yuhsin Hawig, un ciudadano de Taiwán, Mark Lancaster, un ciudadano de los Estados Unidos., David W. Eastep, un ciudadano de los Estados Unidos., Sherri M. Nelson, un ciudadano de los Estados Unidos., Tim Tibor, un ciudadano de los Estados Unidos., Tim Regan, un ciudadano de los Estados Unidos., y Michael L. Wesley, un ciudadano de los Estados Unidos., solicitantes para la designación en todos los países, y reivindica prioridad de la Solicitud de Patente U.S. Serie No. 61/474,423 presentada el 12 de abril del 2011, y que se relaciona con la Solicitud Provisional U.S. No. 61/474,458, presentada en Abril 12 del 2011.

15 Antecedentes de la Invención

Las estructuras de alambre de material compuesto son comúnmente utilizadas como líneas o cables de transmisión para transmitir electricidad a los usuarios. Ejemplos de construcciones de alambre de material compuesto para transmisión incluyen por ejemplo, cable conductor de aluminio reforzado con acero, (ACSR) cable conductor de aluminio soportado con acero (ACSS), cable conductor de aluminio reforzado con material compuesto (ACCR), y cable conductor de aluminio con núcleo de material compuesto (ACCC). Los cables ACSR y ACSS incluyen una capa conductora exterior de aluminio que rodea un núcleo interior de acero. Las líneas o cables de transmisión se diseñan no solo para transmitir eficientemente la electricidad, sino también para ser fuertes y resistentes a la temperatura, especialmente cuando las líneas de transmisión son encordadas sobre las torres y tensionadas a largas distancias.

El documento WO 2009/13052 divulga un cable eléctrico que comprende un núcleo de cable que comprende al menos un núcleo de material compuesto. El núcleo de material compuesto comprende al menos una varilla que comprende una pluralidad de filamentos impregnados termoplásticos consolidados, los filamentos comprenden fibras continuas orientadas en la dirección longitudinal y una matriz termoplástica que incluye las fibras. Las fibras tienen una proporción de resistencia a la tensión final a masa por longitud unitaria mayor de aproximadamente 1.000 MPa/g/m, la varilla comprende desde aproximadamente 25% en peso a 80% en peso de fibras y de aproximadamente 20% en peso a aproximadamente 75% en peso de matriz termoplástica. El núcleo de material compuesto también tiene una capa de cubierta que rodea al menos una varilla. El núcleo de material compuesto tiene un módulo de flexión de al menos aproximadamente 10 GPa. Una pluralidad de elementos conductores rodea este núcleo del cable.

Sería benéfico producir cables con un núcleo de material compuesto que sean capaces de lograr la resistencia, durabilidad y desempeño a la temperatura deseados demandado por las aplicaciones tales como cables suspendidos de transmisión de energía. De acuerdo con esto, es para estos fines a los que está dirigida la presente divulgación.

45 Resumen de la Invención

Este resumen se suministra para introducir una selección de conceptos de forma simplificada que se describen adelante en la descripción detallada. Este resumen no pretende identificar las características requeridas o esenciales de la materia objeto reivindicada. Ni este resumen pretende ser reutilizado para limitar el alcance de la materia objeto reivindicada.

Las realizaciones de la presente invención suministran cables, por ejemplo, cables de transmisión eléctrica para la transmisión suspendida de electricidad, que contiene un núcleo de cable, y elementos conductores que rodean el núcleo del cable. El núcleo del cable contiene al menos un núcleo de material compuesto (el núcleo de material compuesto también se puede denominar como un hilo de material compuesto o un hilo de material compuesto de polímero). Estos elementos de núcleo pueden servir como miembros que llevan la carga para el cable de transmisión eléctrica y, en algunas realizaciones, estos elementos de núcleo pueden ser no conductores.

En general, los cables y núcleos divulgados aquí pueden extenderse en una dirección longitudinal.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se suministra un cable eléctrico que tiene las características tal como se definen en la reivindicación 1 independiente tal como se anexa con este documento.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se divulga un método para elaborar un cable eléctrico que tiene las características tal como se definen en la reivindicación 17 independiente tal como se anexa con este documento.

Tanto el resumen anterior como la siguiente descripción detallada suministran ejemplos y explicaciones solamente. De acuerdo con esto, el resumen anterior y la siguiente descripción detallada no se deben considerar como restrictivas. Además, se pueden suministrar características o variaciones además de aquellas establecidas aquí. Por ejemplo, ciertos aspectos y realizaciones pueden estar dirigidos a diversas combinaciones y subcombinaciones de las características descritas en la descripción detallada.

Breve Descripción de los Dibujos

Los dibujos que acompañan, que se incorporan y que constituyen parte de esta divulgación, ilustran varios aspectos y realizaciones de la presente invención. En los dibujos:

La Fig. 1 es una vista en perspectiva de una realización de una cinta consolidada para uso en la presente invención;

La fig. 2 es una vista en sección transversal de otra realización de una cinta consolidada para uso en la presente invención;

La Fig. 3 es una ilustración esquemática de una realización de un sistema de impregnación para uso en la presente invención;

La Fig. 4 es una vista en sección transversal de la boquilla de impregnación mostrada en la Fig. 3;

La Fig. 5 es una vista en explosión de una realización de un montaje de múltiple y un pasaje de compuerta para una boquilla de impregnación que se puede emplear en la presente invención;

La Fig. 6 es una vista en perspectiva de una realización de una placa que define al menos parcialmente una zona de impregnación que se puede emplear en la presente invención;

La Fig. 7 es una ilustración esquemática de una realización de un sistema de poltrusión que se puede emplear en la presente invención;

La Fig. 8 es una vista en perspectiva de una realización de un núcleo de material compuesto de la presente invención; y

La fig. 9 es una vista en perspectiva de una realización de un cable de transmisión eléctrico de la presente invención;

La Fig. 10 es una vista en perspectiva de otra realización de un cable de transmisión eléctrica de la presente invención;

La Fig. 11 es una vista en sección transversal desde la parte superior de una realización de diversas boquillas de calibración que se pueden emplear de acuerdo con la presente invención;

La Fig. 12 es una vista en sección transversal lateral de una realización de una boquilla de calibración que se puede emplear de acuerdo con la presente invención;

La Fig. 13 es una vista frontal de una porción de una realización de una boquilla de calibración que se puede emplear de acuerdo con la presente invención;

La Fig. 14 es una vista frontal de una realización de rodillos formadores que se pueden emplear de acuerdo con la presente invención;

La Fig. 15 es una vista en perspectiva del cable eléctrico de los Ejemplos 6-7;

La Fig. 16 es un diagrama de tensión de formación para el cable eléctrico del Ejemplo 7;

La Fig. 17 es una vista en perspectiva del cable eléctrico del Ejemplo Constructivo 8.

Descripción Detallada de la Invención

La siguiente descripción detallada se refiere a los dibujos que la acompañan. Donde quiera que sea posible, los mismos o similares números de referencia se utilizan en los dibujos en la siguiente descripción para referirse a los mismos elementos o características. Aunque los aspectos y las realizaciones de la invención se pueden describir, son posibles modificaciones, adaptaciones y otras ejecuciones. Por ejemplo, se pueden hacer sustituciones, adiciones o modificaciones a los elementos ilustrados en los dibujos y los métodos descritos aquí se pueden modificar al sustituirlos, reordenarlos, o agregar etapas a los métodos divulgados. De acuerdo con esto, la siguiente descripción detallada y sus realizaciones de ejemplo no limitan el alcance de la invención.

La presente invención está dirigida de manera general a cables eléctricos, tales como líneas de transmisión suspendidas de alto voltaje, y con los núcleos de material compuesto contenidos dentro de estos cables eléctricos. En ciertas realizaciones de la invención, un cable eléctrico comprende un núcleo de cable que comprende al menos un núcleo de material compuesto (o un hilo de material compuesto), y una pluralidad de elementos conductores que rodean el núcleo del cable.

Núcleo de material compuesto

El núcleo de material compuesto contiene una varilla (o núcleo de fibra) que comprende un componente de fibra continuo, rodeado por una capa de cubierta. La varilla comprende una pluralidad de filamentos de fibra unidireccionalmente alineados incrustados dentro de la matriz de polímero termoplástica. Aunque no se quiere estar ligado por la teoría, los solicitantes creen que el grado al cual los filamentos son impregnados con la matriz de polímero termoplástica puede ser mejorada de manera significativa a través del control selectivo sobre el proceso de impregnación, y también a través del control sobre el grado de compresión impartido a los filamentos durante la formación y conformación de la varilla, así como también la calibración de la geometría final de la varilla. Tal varilla bien impregnada tiene una fracción de vacío muy pequeña, que puede conducir a unas propiedades de resistencia excelentes. De manera notoria, las propiedades de resistencia deseada se pueden lograr sin la necesidad de diferentes tipos de fibra en la varilla.

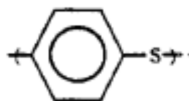
Como se utiliza aquí, el término "filamento" se refiere de manera general a un manojo o estopas de fibras individuales. Las fibras contenidas dentro del filamento pueden ser entorchadas o pueden ser rectas. Aunque se pueden utilizar diferentes fibras en los filamentos individuales o diferentes filamentos, puede ser benéfico para cada uno de los filamentos contener un tipo de fibra único para minimizar cualquier impacto adverso de utilizar materiales que tienen diferentes coeficientes de expansión térmica. Las fibras continuas empleadas en los filamentos pueden poseer un alto grado de resistencia a la tensión con relación a su masa. Por ejemplo, la resistencia a la tensión final de las fibras típicamente puede estar en un rango desde aproximadamente 1.000 a aproximadamente 15.000 Megapascuales (MPa), en algunas realizaciones desde aproximadamente 2.000 MPa a aproximadamente 10.000 MPa, y en algunas realizaciones, desde aproximadamente 3.000 MPa a aproximadamente 6.000 MPa. Tales resistencias a la tensión se pueden lograr aunque las fibras sean de peso relativamente ligero, tal como una masa por unidad de longitud de desde 0.1 a aproximadamente 2 gramos por metro (g/m), en algunas realizaciones de aproximadamente 0.4 a aproximadamente 1.5 g/m. La proporción de la resistencia a la tensión a la masa por longitud unitaria puede ser aproximadamente de 1.000 Megapascuales por gramo por metro (MPa/g/m) o mayor, en algunas realizaciones aproximadamente 4.000 MPa/g/m o mayor, y en algunas realizaciones, desde aproximadamente 5.500 a aproximadamente 20.000 MPa/g/m. Tales fibras de alta resistencia pueden, por ejemplo, ser fibras metálicas, fibras de vidrio (por ejemplo E-glas, A-glas, C-glas, D-glas, AR-glas, R-glas, S1-glas, S2-glas, etc.) fibras de carbono (por ejemplo carbono amorfo, carbono grafitico, o carbono recubierto con metal, etc.), fibras de boro, fibras de cerámica (o por ejemplo alúmina o sílica), fibras de aramida (por ejemplo Kevlar® comercializada por E. I. duPont de Nemours, Wilmington, Del.), fibras orgánicas sintéticas (por ejemplo poliamida, polietileno, parafenileno, tereftalamida, tereftalato de polietileno y sulfuro de polifenileno), y varios otros materiales fibrosos inorgánicos u orgánicos naturales o sintéticos conocidos por reforzar las composiciones termoplásticas y/o termoendurecibles. Las fibras de carbono pueden ser particularmente adecuadas para uso como fibras continuas, que típicamente tengan una proporción de resistencia a la tensión a masa por longitud unitaria en el rango de desde aproximadamente 5.000 a aproximadamente 7.000 MPa/g/m. A menudo las fibras continuas pueden tener un diámetro nominal de aproximadamente 4 a aproximadamente 35 micrómetros (μm), y en algunas realizaciones, desde aproximadamente 5 a aproximadamente 35 μm . El número de fibras contenidas en cada filamento puede ser constante o puede variar de filamento a filamento. Típicamente, un filamento puede contener desde aproximadamente 1.000 fibras a aproximadamente 100.000 fibras individuales, y en algunas realizaciones, desde aproximadamente 5.000 a aproximadamente 50.000 fibras.

Cualquiera de una variedad de polímeros termoplásticos se puede emplear para formar la matriz termoplástica en la cual se incrustan las fibras continuas. Los polímeros termoplásticos adecuados para uso en la presente invención son sulfuros de poliarileno (por ejemplo sulfuro de polifenileno (PPS), poli(sulfuro cetona de bifenileno), poli(sulfuro dicetona de fenileno), poli(sulfuro de bifenileno), etc.

De manera general, las propiedades de la matriz termoplástica se pueden seleccionar para lograr la combinación deseada de procesabilidad y desempeño de uso final del núcleo de material compuesto. Por ejemplo, la viscosidad de fundido de la matriz termoplástica generalmente puede ser lo suficientemente baja de tal manera que el polímero pueda impregnar adecuadamente las fibras y quede conformada dentro de la configuración de la varilla. A este respecto, la viscosidad de función típicamente puede variar en el rango desde aproximadamente 25 a 2.000 pascuales-segundos (Pa-s), en algunas realizaciones de 50 a aproximadamente 500 Pa-s y en algunas realizaciones, desde aproximadamente 60 a aproximadamente 200 Pa-s, determinada en las condiciones operativas utilizadas para el polímero termoplástico (por ejemplo, aproximadamente 360°C). De manera similar, ya que se puede utilizar el núcleo a altas temperaturas (por ejemplo, en cables de transmisión de alto voltaje), se puede emplear un polímero termoplástico que tenga una temperatura de fusión relativamente alta. Por ejemplo la temperatura de fusión de tales polímeros a alta temperatura puede estar en el rango de desde aproximadamente 200°C a aproximadamente 500°C,

en algunas realizaciones de aproximadamente 225°C a aproximadamente 400°C, y en algunas realizaciones, de aproximadamente 250°C a aproximadamente 350°C.

- 5 En realizaciones particulares contempladas aquí, los sulfuros de poliarileno se utilizan en la presente invención como una matriz a alta temperatura con la viscosidad de fusión deseada. El sulfuro de polifenilo, por ejemplo, es una resina semicristalina que generalmente incluye unidades monoméricas repetidas representadas por la siguiente formula general:



- 10 Estas unidades monoméricas pueden constituir al menos 80% en moles, y en algunas realizaciones, al menos 90% en moles, de las unidades recurrentes, en el polímero. Se debe entender, sin embargo, que el sulfuro de polifenileno puede contener unidades recurrentes adicionales, tales como se describe en la Patente U.S. No. 5,075,381 de Gotoh et al. Cuando se emplean, tales unidades recurrentes adicionales típicamente pueden constituir menos de
15 aproximadamente 20% de moles del polímero. Los sulfuros de polifenileno de alta viscosidad a la fusión comercialmente disponibles pueden incluir aquellos disponibles de Ticona, LLC (Florence, Kentucky) bajo la designación comercial FORTRON®. Tales polímeros pueden tener una temperatura de fusión de aproximadamente 285°C (determinada de acuerdo al ISO 11357-1, 2, 3) y una viscosidad de fusión desde aproximadamente 260 a aproximadamente 320 Pa-s a 310°C.

- 20 De acuerdo con la presente invención, se puede emplear un dispositivo de extrusión para impregnar los filamentos con la matriz termoplástica. Entre otras cosas, el dispositivo de extrusión puede facilitar la aplicación del polímero termoplástico a la superficie completa de las fibras. Los filamentos impregnados también pueden tener una fracción de vacío muy baja, que puede incrementar la resistencia resultante de la varilla. Por ejemplo, la fracción vacía puede
25 ser de aproximadamente 6% o menos, en algunas realizaciones aproximadamente 4% o menos, en algunas realizaciones aproximadamente 3% o menos, en algunas realizaciones aproximadamente 2% o menos, en algunas realizaciones aproximadamente 1% o menos, y en algunas realizaciones, aproximadamente 0.5% o menos. La fracción de vacío se puede medir utilizando técnicas bien conocidas por aquellos expertos en la técnica. Por
30 ejemplo, la fracción de vacío se puede medir utilizando un ensayo de "ensayo de quemado de resina en el cual se colocan muestras en un horno (por ejemplo a 600°C durante 3 horas) para quemar la resina". La masa de las fibras restantes se puede entonces medir para calcular el peso y las fracciones de volumen. Tal ensayo de "quemado" se puede efectuar de acuerdo con el ASTM D2584-08 para determinar los pesos de las fibras y la matriz termoplástica, que puede entonces ser utilizada para calcular la fracción de "vacío" con base en las siguientes ecuaciones:

35
$$V_f = 100 * (\rho_t - \rho_d) / \rho_t$$

donde:

V_f es la fracción de vacío como un porcentaje;

- 40 ρ_c es la densidad del material compuesto medida utilizando técnicas conocidas, tal como con un picnómetro de gas (por ejemplo picnómetro de helio);

ρ_t es la densidad teórica del material compuesto como se determinó por medio de la siguiente ecuación:

45
$$\rho_t = 1 / [W_f / \rho_f + W_m / \rho_m]$$

ρ_m es la densidad de la matriz termoplástica (por ejemplo a la cristalinidad apropiada);

ρ_f es la densidad de las fibras;

- 50 W_f es la fracción en peso de las fibras; y

W_m es la fracción en peso de la matriz termoplástica.

- 55 De manera alternativa, la fracción de vacío se puede determinar al disolver químicamente la resina de acuerdo con el ASTM D 3171-09. Los métodos de "quemados" y "disolución" pueden ser particularmente adecuados para fibras de vidrio, que son generalmente resistentes al fundido y a la disolución química. En otros casos, sin embargo, la fracción de vacío puede ser indirectamente calculada con base en las densidades del polímero termoplástico, las fibras, y la cinta (o banda) de acuerdo con el ASTM D2734-09 (Método A), donde se pueden determinar las
60 densidades mediante el ASTM D792-08 Método A. Por supuesto, la fracción de vacío también se puede estimar utilizando un equipo de microscopía convencional, o a través del uso de un equipo de exploración de tomografía computarizada (CT), tal como un detector de alta resolución Metrotom 1500 (2k x 2k).

En referencia a la Fig. 3, se muestra una realización del dispositivo de extrusión. Más particularmente, el aparato puede incluir una extrusora 120 que contiene un eje 124 de tornillo montado dentro de un barril 122. Una calentadora 130 (por ejemplo una calentadora de resistencia eléctrica) se puede montar por fuera del barril 122. Durante el uso, la materia prima 127 de polímero termoplástico se puede suministrar al extrusor 120 a través de una tolva 126. La materia prima 127 termoplástica se puede transportar dentro del barril 122 mediante un eje 124 de tornillo y calentar mediante fuerzas de fricción dentro del barril 122 y mediante el calentador 130. Luego de ser calentada, la materia prima 127 puede salir del barril 122 a través de un reborde 128 de barril e ingresar al reborde 132 de la boquilla de una boquilla 150 de impregnación.

Un filamento 142 de fibra continua o una pluralidad de filamento 142 de fibra continua se puede suministrar de un carrete o carretes 144 a la boquilla 150. De manera general, los filamentos 142 pueden ser mantenidos separados a una cierta distancia antes de la impregnación, tal como al menos aproximadamente 4 mm, y en algunas realizaciones, al menos aproximadamente 5 mm. La materia prima 127 puede además ser calentada dentro de la boquilla mediante los calentadores 133 montados en o alrededor de la boquilla 150. La boquilla generalmente se puede operar a temperaturas que sean suficientes para generar la fundición e impregnación del polímero termoplástico. Típicamente, las temperaturas de operación de la boquilla pueden ser mayores que la temperatura de fusión del polímero termoplástico, tal como a temperaturas de aproximadamente 200°C a aproximadamente 450°C. Cuando se procesan de esta manera, los filamentos 142 de fibra continua quedan incrustados en la matriz de polímero, que puede ser una resina 214 (Fig. 4) procesada de la materia prima 127. La mezcla entonces se puede extruir de la boquilla 150 de impregnación para crear un extruido 152.

Un sensor 137 de presión (Fig. 3) puede monitorizar la presión cerca a la boquilla 150 de impregnación, de tal manera que la extrusora 120 pueda ser operada para suministrar una cantidad correcta de resina 214 para la interacción con los filamentos 142 de fibra. La velocidad de extrusión puede variar al controlar la velocidad rotacional del eje 124 de tornillo y/o la velocidad de alimentación de la materia prima 127. La extrusora 120 se puede operar para producir el extruido 152 (filamentos de fibra impregnados), que después de dejar la boquilla 150 de impregnación, pueden ingresar a una sección de preconformación o guía opcional (no mostrada) antes de ingresar a la línea de unión formada entre dos rodillos 190 adyacentes. Los rodillos 190 pueden ayudar a consolidar el extruido 152 en la forma de una cinta (o banda), así como también mejorar la impregnación de la fibra para eliminar cualquier vacío en exceso. Además de los rodillos 190, otros dispositivos de conformación también se pueden emplear, tal como un sistema de boquilla. La cinta 156 consolidada resultante se puede halar por las pistas 162 y 164 montada sobre los rodillos. Las pistas 162 y 164 también pueden halar el extruido 152 desde la boquilla 150 de impregnación y a través de los rodillos 190. Si se desea, las cintas 156 consolidada pueden ser enrolladas en una sección 171. Hablando en términos generales, las cintas pueden ser relativamente delgadas y pueden tener un grosor desde aproximadamente 0.05 a aproximadamente 1 milímetro (mm), en algunas realizaciones desde aproximadamente 0.1 a aproximadamente 0.8 mm, y en algunas realizaciones, desde aproximadamente 0.2 a aproximadamente 0.4 mm.

Dentro de la boquilla de impregnación, puede ser benéfico que los filamentos 142 sean atravesados a través de una zona 250 de impregnación para impregnar los filamentos con la resina 214 de polímero. En la zona 250 de impregnación, la resina de polímero se puede forzar generalmente de manera transversal a través de los filamentos mediante el corte y presión creados por la zona 250 de impregnación, que puede mejorar, significativamente, el grado de impregnación. Esto puede ser particularmente útil cuando se forma un material compuesto de cintas de un contenido alto de fibra, tal como aproximadamente 35% de fracción en peso (Wf) o más, y en algunas realizaciones, de aproximadamente 40% Wf o más. Típicamente, la boquilla 150 puede incluir una pluralidad de superficies 252 de contacto, tal como, por ejemplo, al menos 2, al menos 3, al menos 4 a 7, de 2 a 20, de 2 a 30, de 2 a 40, de 2 a 50, o más superficies 252 de contacto, para crear un grado suficiente de penetración y presión sobre los filamentos 142. Aunque su forma particular puede variar, las superficies 252 de contacto típicamente pueden poseer una superficie curvilínea, tal como un lóbulo curvado, varilla, etc. Las superficies 252 de contacto típicamente pueden ser hechas de un material metálico.

La Fig. 4 muestra una vista en sección transversal de una boquilla 150 de impregnación. Como se muestra, la boquilla 150 de impregnación puede incluir un montaje 220 de múltiple, un pasaje 270 de compuerta, y una zona 250 de impregnación. El montaje 220 de múltiple se puede suministrar para hacer fluir la resina 214 de polímero a través de este. Por ejemplo, el montaje 220 de múltiple puede incluir un canal 222 o una pluralidad de canales 222. La resina 214 suministrada a la boquilla 150 de impregnación puede fluir a través de los canales 222.

Como se muestra en la Fig. 5, algunas porciones de los canales 222 pueden ser curvilíneos, y en realizaciones de ejemplo, los canales 222 pueden tener una orientación simétrica a lo largo del eje 224 central. Además, en algunas realizaciones, los canales pueden ser una pluralidad de patines 222, ramificados, que pueden incluir un primer grupo 232 de patines, un segundo grupo 234, un tercer grupo 236, y, si se desea, más grupos de patines ramificados. Cada grupo puede incluir 2, 3, 4, o más patines 222 que se ramifican de los patines 222 en el grupo precedente, o de un canal 222 inicial.

Los patines 222 ramificados y la orientación simétrica de los mismos puede distribuir homogéneamente la resina 214, de tal manera que el flujo de la resina 214 que sale del montaje 220 del múltiple y que recubre los filamentos

142 puede ser de manera sustancial uniformemente distribuidos sobre los filamentos 142. De manera benéfica, esto puede dar como resultado una impregnación generalmente uniforme de los filamentos 142.

Además, el montaje 220 de múltiple puede en algunas realizaciones definir la región 242 de salida, que generalmente comprende al menos una porción corriente abajo de los canales o patines 222 desde los cuales la resina 214 sale. En algunas realizaciones, al menos una porción de los canales o patines 222 dispuesta en la región 242 de salida puede tener un área creciente en una dirección 244 de flujo de la resina 214. El área creciente puede permitir la difusión y la distribución adicional de la resina 214 en la medida en que la resina 214 fluye a través del montaje 220 de múltiple, que puede además dar como resultado una distribución sustancialmente uniforme de la resina 214 en los filamentos 142.

Como se ilustra adicionalmente, las Figs. 4 y 5, después de fluir a través del montaje 220 de múltiple, la resina 214 puede fluir a través del pasaje 270 de compuerta. El pasaje 270 de compuerta se puede ubicar entre el montaje 220 de múltiple y la zona 250 de impregnación, y se puede configurar para hacer fluir la resina 214 desde el montaje 220 de múltiple de tal manera que la resina 214 recubra los filamentos 142. Así, la resina 214 que sale del montaje 220 de múltiple, tal como a través de la región 242 de salida, puede ingresar al pasaje 270 de compuerta y fluir a través de esta como se muestra.

Luego de salir del montaje 220 de múltiple, y el pasaje 270 de compuerta, de la boquilla 150 como se muestra en la Fig. 4, la resina 214 puede hacer contacto con los filamentos 142 que son atravesados a través de la boquilla 150. Como se discutió anteriormente, la resina 214 puede recubrir de manera sustancialmente uniforme los filamentos 142, debido a la distribución de la resina 214 en el múltiple en el montaje 220 de múltiple y en el pasaje 270 de compuerta. Además, en algunas realizaciones, la resina 214 puede incidir sobre una superficie superior de cada uno de los filamentos 142, o sobre una superficie inferior de cada uno de los filamentos 142, o sobre tanto la superficie superior como inferior de cada uno de los filamentos 142. La incidencia inicial de los filamentos 142 puede suministrar la impregnación adicional de los filamentos 142 con la resina 214.

Como se muestra en la Fig. 4, los filamentos 142 recubiertos pueden atravesarse en la dirección 282 de corrida a través de la zona 250 de impregnación, que se configura para impregnar los filamentos 142 con la resina 214. Por ejemplo, como se muestra en las Figs. 4 y 6, los filamentos 142 pueden ser atravesados sobre las superficies 252 de contacto en la zona de impregnación. La incidencia de los filamentos 142 sobre la superficie 252 de contacto puede crear suficiente corte y presión para impregnar los filamentos 142 con la resina 214, recubriendo de esta manera los filamentos 142.

En algunas realizaciones, como se muestra en la Fig. 4, la zona 250 de impregnación se puede definir entre dos placas 256 y 258 opuestas separadas. La primera placa 256 puede definir una primera superficie 257 interior, aunque la segunda placa 258 puede definir una segunda superficie 259 interior. Las superficies 252 de contacto se pueden definir o extender desde tanto la primera como la segunda superficies 257 y 259 interiores, o solamente una de las primeras y segundas superficies 257 y 259 interiores. La Fig. 6 ilustra la segunda placa 258 y las distintas superficies de contacto sobre esta que pueden formar al menos una porción de la zona 250 de impregnación de acuerdo a estas realizaciones. En las realizaciones de ejemplo, como se muestra en la Fig. 4, las superficies 252 de contacto se pueden definir alternadamente sobre la primera y segunda superficies 257 y 259 de tal manera que los filamentos incidan alternativamente sobre las superficies 252 de contacto sobre la primera y segundas superficies 257 y 259. Así, los filamentos 142 pueden pasar la superficie 252 de contacto en forma de onda, tortuosa, o senda tipo sinusoidal, que mejora el corte.

El ángulo 254 al cual los filamentos 142 atraviesan la superficie 252 de contacto pueden ser suficientemente altos para mejorar el corte, pero no suficientemente altos para originar fuerzas excesivas que romperán las fibras. Así, por ejemplo, el ángulo 254 puede estar en el rango entre aproximadamente 1° y aproximadamente 30°, y en algunas realizaciones, entre aproximadamente 5° y aproximadamente 25°.

En realizaciones alternativas, la zona 250 de impregnación puede incluir una pluralidad de pasadores (no mostrados), cada pasador tiene una superficie 252 de contacto. Los pasadores pueden ser estáticos, libremente rotacionales, o rotacionalmente impulsados. En realizaciones alternativas adicionales, las superficies 252 de contacto y la zona 250 de impregnación pueden comprender cualquier forma y/o estructura adecuada para impregnar los filamentos 142 con la resina 214 según se desee o requiera.

Para facilitar adicionalmente la impregnación de los filamentos 142, ellos también pueden permanecer bajo tensión mientras estén presentes dentro de la boquilla de impregnación. La tensión puede, por ejemplo, variar desde aproximadamente 5 a aproximadamente 300 Newtons (N), en algunas realizaciones desde aproximadamente 50 a aproximadamente 250 N, y algunas realizaciones, desde aproximadamente 100 a aproximadamente 200 N, por filamento 142 o estopa de fibras.

Como se muestra en la Fig. 4, en algunas realizaciones, una zona 280 de tierra se puede ubicar corriente abajo de la zona 250 de impregnación en la dirección 282 de corrida de los filamentos 142. Los filamentos 142 pueden atravesar a través de las zonas 280 de tierra antes de salir de la boquilla 150. Como se muestra adicionalmente en

la Fig. 4, en algunas realizaciones, una placa frontal 290 puede unir la zona 250 de impregnación. La placa frontal 290 puede ser generalmente configurada para medir el exceso de resina 214 de los filamentos 142. Así, las aberturas en la placa frontal 290, a través de las cuales atraviesan los filamentos 142, pueden ser de un tamaño tal que cuando los filamentos 142 son atravesados a través de estas, el tamaño de las aberturas puede originar un exceso de resina 214 a ser retiradas de los filamentos 142.

La boquilla de impregnación mostrada y descrita anteriormente es solo una de distintas posibles configuraciones que se pueden emplear en la presente invención. En realizaciones alternativas, por ejemplo, los filamentos se pueden introducir en una boquilla de cruceta que se puede ubicar en un ángulo con relación a la dirección del flujo del fundido de polímero. En la medida en que los filamentos se mueven a través de la boquilla de cruceta y alcanzan el punto donde el polímero de un barril extrusor, el polímero se puede forzar hacia contacto con los filamentos. Ejemplos de tal extrusora de boquilla de cruceta se describen, por ejemplo, en la Patente U.S. Nos. 3,993,726 de Moyer; 4,588,538 de Chung, et al; 5,277,566 de Augustin, et al; y 5,658,513 de Amaike, et al. También se debe entender que cualquier otro diseño de extrusora se puede emplear, tal como una extrusora de tornillo gemelo. Adicionalmente, se pueden emplear otros componentes opcionalmente para ayudar a la impregnación de las fibras. Por ejemplo, un montaje de "chorro de gas" se puede emplear en ciertas realizaciones para ayudar a la aspersión uniforme de los filamentos de las fibras individuales, que puede cada uno contener hasta más de 24.000 fibras, a través del ancho completo de la estopa fusionada. Esto puede ayudar a lograr la distribución y forma de las propiedades de resistencia. Tal montaje puede incluir un suministro de aire comprimido u otro gas que puede incidir en forma generalmente perpendicular sobre los filamentos que se mueven que pasan a través de los puertos de salida. Los filamentos espaciados se pueden entonces introducir en una boquilla para impregnación, tal como se describió anteriormente.

Sin importar la técnica empleada, las fibras continuas están orientadas en la dirección longitudinal (dirección de la máquina "A" del sistema de la Fig. 3) para mejorar la resistencia a la tensión. Además de la orientación de la fibra, otros aspectos del proceso de poltrusión también se pueden controlar para lograr la resistencia deseada. Por ejemplo, un porcentaje relativamente alto de fibras continuas se puede emplear en la cinta consolidada para suministrar propiedades de resistencia mejoradas. Por ejemplo, las fibras continuas típicamente pueden constituir desde aproximadamente 25% en peso a aproximadamente 80% en peso, algunas realizaciones de aproximadamente 30% en peso a aproximadamente 75% en peso, y en algunas realizaciones, desde aproximadamente 35% en peso a aproximadamente 60% en peso de las cintas. De manera similar, los polímeros termoplásticos típicamente constituyen desde aproximadamente 20% en peso a aproximadamente 75% en peso, en algunas realizaciones desde aproximadamente 25% en peso a aproximadamente 70% en peso, y en algunas realizaciones, desde aproximadamente 40% en peso a aproximadamente 65% en peso de la cinta. El porcentaje de las fibras y la matriz termoplástica de la varilla final puede estar dentro de los rangos anotados anteriormente.

Como se anotó anteriormente, los filamentos son consolidados en la forma de una o más cintas antes de ser conformados en la configuración de varilla deseada. Cuando tal cinta es posteriormente comprimida, los filamentos se distribuyen de una manera generalmente uniforme alrededor del centro longitudinal de la varilla. Tal distribución uniforme mejora la consistencia de las propiedades de resistencia (por ejemplo módulo de flexión, resistencia a la tensión final etc.) sobre la longitud completa de la varilla. El número de cintas consolidadas utilizadas para formar la varilla puede variar con base en el grosor deseado y/o el área de sección transversal y la resistencia de la varilla, así como también la naturaleza de las cintas mismas. En la mayoría de los casos, sin embargo, el número de cintas puede ser de 1 a 20, y en algunas realizaciones, de 2 a 10. El número de filamentos empleados en cada cinta pueden variar de manera similar. Típicamente, sin embargo, una cinta puede contener de 2 a 10 filamentos, y en algunas realizaciones, de 3 a 5 filamentos. Para ayudar a lograr la distribución simétrica de los filamentos en la varilla final, puede ser benéfico que ellas sean separadas aproximadamente la misma distancia la una de la otra dentro de las cintas. En referencia a la Fig. 1, por ejemplo, una realización de una cinta 4 consolidada se muestra la cual contiene tres (3) filamentos 5 separados equidistantes el uno del otro en la dirección de las x. En otras realizaciones, sin embargo, puede ser deseable que se combinen los filamentos, de tal manera que las fibras de los filamentos estén de manera general distribuidas homogéneamente a través de la cinta 4. En estas realizaciones, los filamentos pueden ser generalmente indistinguibles el uno del otro. En referencia a la Fig. 2, por ejemplo, una realización de la cinta 4 consolidada como se muestra contiene filamentos que son combinados de tal manera que las fibras son distribuidas generalmente de manera homogénea a través de esta.

La manera específica en las cuales los filamentos se conforman también puede ser controlada de manera cuidadosa para asegurar que la varilla se pueda formar con un grado adecuado de propiedades de compresión y resistencia. En referencia a la Fig. 7, por ejemplo, se muestra una realización particular de un sistema y método para formar una varilla. En esta realización, se pueden suministrar dos cintas 12 inicialmente en un empaque enrollado en una fileta 20. La fileta 20 puede ser una fileta desdevanada que incluye un marco suministrado con husos 22 horizontales, que soporta cada uno un paquete. También se puede emplear una fileta "pay-out", particularmente si se desea inducir un entorchado en las fibras, tal como cuando se utilizan fibras en bruto en una configuración de una etapa. También se debe entender que las cintas también pueden ser formadas en línea con la formación de la varilla. En una realización, por ejemplo, el extruido 152 que sale de la boquilla 150 de impregnación de la Fig. 3 puede ser suministrado directamente al sistema utilizado para formar una varilla. Un dispositivo 40 regulador de la tensión también se puede emplear para ayudar al control del grado de tensión de las cintas 12. El dispositivo 40 puede

incluir una placa 30 de entrada que descansa en un plano vertical paralelo a los husos 22 rotatorios de la fileta 20 y/o perpendicular a las cintas entrantes. El dispositivo 40 regulador de la tensión puede contener barras 41 cilíndricas dispuestas en una configuración escalonada de tal manera que la cinta 12 pueda pasar sobre y bajo estas barras para definir un patrón de onda. La altura de las barras se puede ajustar para modificar la amplitud del patrón de onda y controlar la tensión.

Las cintas 12 pueden ser calentadas en un horno 45 antes de ingresar a una boquilla 50 de consolidación. El calentamiento se puede conducir utilizando un tipo conocido de horno, tal como un horno infrarrojo, un horno de convección, etc. Durante el calentamiento, las fibras en la cinta pueden ser orientadas unidireccionalmente para optimizar la exposición al calor y mantener un calor homogéneo a través de la cinta completa. La temperatura a la cual las cintas 12 son calentadas generalmente pueden ser lo suficientemente altas para suavizar el polímero termoplástico en una proporción tal que las cintas se puedan unir. Sin embargo, la temperatura no puede ser tan alta que destruya la integridad del material. La temperatura puede, por ejemplo, variar desde aproximadamente 100°C a aproximadamente 500°C, en algunas realizaciones de aproximadamente 200°C a aproximadamente 400°C, y en algunas realizaciones, desde aproximadamente 250°C a aproximadamente 350°C. En una realización particular, por ejemplo, el sulfuro de polietileno ("PPS") se puede utilizar como el polímero, y las cintas se pueden calentar hasta o por encima del punto de fusión del PPS, que puede ser de alrededor de 285°C.

Al ser calentadas, las cintas 12 pueden ser suministradas a una boquilla 50 de consolidación que puede comprimir las cintas en una preforma 14, así como también las pueden alinear y conformar la forma inicial de la varilla. Como se muestra de manera general en la Fig. 7, por ejemplo, las cintas 12 pueden ser guiadas a través de un pasaje 51 de flujo de la boquilla 50 en una dirección "A" desde una entrada 53 a una salida 55. El pasaje 51 puede tener cualquiera de una variedad de formas y/o tamaños para lograr la configuración de la varilla. Por ejemplo, la configuración del canal y la varilla pueden ser circular, elíptica, parabólica, trapezoidal, rectangular, etc. Dentro de la boquilla 50, las cintas generalmente pueden ser mantenidas a una temperatura en o por encima del punto de fusión de la matriz termoplástica utilizada en la cinta para asegurar la consolidación adecuada.

El calentamiento, la compresión y la conformación deseada de las cintas 12 se pueden lograr a través del uso de una boquilla 50 que tenga una o múltiples secciones. Por ejemplo, aunque no se muestra en detalle aquí, la boquilla 50 de consolidación puede poseer múltiples secciones que funcionen juntas para comprimir y conformar las cintas 12 en la configuración deseada. Por ejemplo, una primera sección del pasaje 51 puede ser una zona biselada que inicialmente puede ser conformada o pueden formar el material como si este fluyera hacia la boquilla 50. La zona biselada generalmente puede poseer un área en sección transversal que es mayor en su entrada que en su salida. Por ejemplo, el área en sección transversal del pasaje 51 en la entrada de la zona biselada puede ser de aproximadamente 2% o más, en algunas realizaciones aproximadamente 5% o más, y en algunas realizaciones, desde aproximadamente 10% a aproximadamente 20% mayor que el área en sección transversal de la salida de la zona biselada. Sin importar la sección transversal del pasaje de flujo típicamente puede cambiar gradualmente y suavemente dentro de la zona biselada de tal manera que se puede mantener el flujo balanceado del material de material compuesto a través de la boquilla. Una zona de conformación puede seguir la zona biselada, y puede comprimir el material y suministrar un flujo generalmente homogéneo a través de este. La zona de conformación también puede preformar el material en una forma intermedia que sea similar a aquella de la varilla, pero típicamente de área de sección transversal mayor que le permita la expansión del polímero termoplástico mientras se calienta para minimizar el riesgo de reserva dentro de la boquilla 50. La zona de conformación también puede incluir una o más características superficiales que impartan un cambio direccional a la preforma. El cambio direccional puede forzar el material a ser redistribuido, dando como resultado una distribución más homogénea de la fibra/resina en la forma final. Esto también reduce el riesgo de puntos muertos en la boquilla que puedan originar el quemado de la resina. Por ejemplo, el área en sección transversal del pasaje 51 en la zona de conformación puede ser de aproximadamente 2% o más, en algunas realizaciones aproximadamente 5% o más, y en algunas realizaciones, desde aproximadamente 10% a aproximadamente 20% mayor que el ancho de la preforma 14. Una zona de descarga también puede seguir la zona de conformación para servir como una salida para el pasaje 51. La zona de conformación la zona biselada y/o la zona de descarga se pueden calentar a una temperatura en o por encima de aquella de la temperatura de transición vítrea o del punto de fusión de la matriz termoplástica.

Si se desea, una segunda boquilla 60 (por ejemplo una boquilla de calibración) también se puede emplear para comprimir la preforma 14 en la forma final de la varilla. Cuando se emplea, puede ser benéfico permitirle a la preforma 14 enfriarse brevemente después de salir de la boquilla 50 de consolidación y antes de ingresar a la segunda boquilla 60 opcional. Esto puede permitirle a la preforma 14 consolidada retener su forma inicial antes de progresar adicionalmente a través del sistema. Típicamente, el enfriamiento puede reducir la temperatura del exterior de la varilla por debajo de la temperatura del punto de fusión de la matriz termoplástica para minimizar y evitar sustancialmente la ocurrencia de una fractura del fundido sobre la superficie exterior de la varilla. La sección interna de la varilla, sin embargo, puede permanecer fundida para asegurar la compresión cuando la varilla ingresa al cuerpo de la boquilla de calibración. Tal enfriamiento se puede lograr al exponer simplemente la preforma 14 a la atmósfera ambiente (por ejemplo temperatura ambiente) o a través del uso de técnicas de enfriado activo (por ejemplo baño de agua o enfriado con aire) como es conocido en la técnica. En una realización, por ejemplo, el aire puede soplar hacia la preforma 14 (por ejemplo con un anillo de aire). El enfriamiento entre estas etapas, sin embargo, generalmente puede ocurrir durante un periodo pequeño de tiempo para asegurar que la preforma 14 aún

- 5 sea lo suficientemente suave para ser adicionalmente conformada. Por ejemplo, después de salir de la boquilla 50 de consolidación, la preforma 14 se puede exponer al ambiente durante solamente aproximadamente 1 a aproximadamente 20 segundos, y en algunas realizaciones, desde aproximadamente 2 a aproximadamente 10 segundos, antes de ingresar en la segunda boquilla 60. Dentro de la boquilla 60, la preforma generalmente se puede mantener a una temperatura por debajo del punto de fusión de la matriz termoplástica utilizada en la cinta de tal manera que la forma de la varilla se pueda mantener. Aunque se denominó anteriormente como boquillas simples, se debe entender que las boquillas 50 y 60 pueden ser de hecho conformadas de múltiples boquillas individuales (por ejemplo boquillas de placa frontal)
- 10 Así, en algunas realizaciones, las boquillas 60 individuales múltiples se pueden utilizar para conformar gradualmente el material a la configuración deseada. Las boquillas 60 se pueden colocar en serie, y suministrar para disminución gradual en las disminuciones del material. Tal disminución gradual puede permitir el encogimiento durante y entre las distintas etapas.
- 15 Por ejemplo, como se muestra en las Figs. 11 a 13, la primera boquilla 60 puede incluir una o más entradas 62 y las correspondientes salidas 64, como se muestra. Cualquier número de entrada 62 y las correspondientes salidas 64 se pueden incluir en una boquilla 60, tal como cuatro como se muestra, o una, dos, tres, cinco, seis o más. Una entrada 62 en algunas realizaciones puede ser generalmente de forma ovalada o circular. En otras realizaciones la entrada 62 puede tener una forma rectangular curvada es decir una forma rectangular con esquinas curvadas o una forma rectangular con paredes laterales rectas más largas y paredes laterales curvadas más cortas. Además, una salida 64 puede ser generalmente ovalada o de forma circular, o puede tener una forma rectangular curvada. En algunas realizaciones en donde se utiliza la entrada de forma oval, la entrada 62 puede tener una proporción de longitud 66 de eje principal a longitud 68 de eje menor en un rango entre aproximadamente 3:1 y aproximadamente 5:1. En algunas realizaciones en donde se utiliza la entrada en forma ovalada o circular, la salida 64 puede tener una proporción de longitud 66 de eje principal a la longitud 68 de eje menor en el rango entre aproximadamente 1:1 y aproximadamente 3:1. En realizaciones en donde se utiliza una forma rectangular curvada, la entrada y la salida pueden tener unas proporciones de longitud 66 de eje principal, la longitud 66 de eje menor (proporciones de aspecto) entre aproximadamente 2:1 y aproximadamente 7:1, y la proporción de salida 64 puede ser menor que la proporción de entrada 62.
- 20 25 30 En realizaciones adicionales, el área en sección transversal de una entrada 62 y el área en sección transversal de la correspondiente salida 64 de la primera boquilla 60 puede tener una proporción en el rango entre aproximadamente 1.5:1 y 6:1.
- 35 La primera boquilla 60 así puede suministrar una transformación generalmente suave del material de fibra impregnada de polímero a una forma que sea relativamente similar a la forma final de la varilla resultante, que en las realizaciones de ejemplo tenga una sección transversal con forma circular u ovalada. Las boquillas posteriores, tal como la segunda boquilla 60 y la tercera boquilla 60 como se muestra en la Figura 11, pueden suministrar una disminución gradual adicional y/o cambia las dimensiones del material, de tal manera que la forma del material sea convertida a una forma en sección transversal final de la varilla. Estas boquillas 60 posteriores pueden tanto conformar como enfriar el material. Por ejemplo, en algunas realizaciones, cada boquilla 60 posterior puede ser mantenida a una temperatura inferior que la de las boquillas previas. En realizaciones de ejemplo, todas las boquillas 60 se pueden mantener a temperaturas que son mayores que una temperatura de punto de suavizamiento para el material.
- 40 45 En realizaciones de ejemplo adicionales, las boquillas 60 que tienen longitudes 69 de descarga relativamente largas pueden ser deseables, debido, a, por ejemplo, un enfriamiento y solidificación adecuado, que puede ser importante para lograr una forma y tamaño de varilla deseados. Una longitud 69 de descargas relativamente largas reduce la tensión y suministran transformaciones suaves a las formas y tamaños deseados, y con una fracción de vacío mínima y características de arco. En algunas realizaciones, por ejemplo, una proporción de longitud 69 de descarga y una salida 64 a la longitud 66 del eje principal en la salida 64 para la boquilla 60 puede estar en el rango entre 0 y aproximadamente 20 tal como entre aproximadamente 2 y aproximadamente 6.
- 50 55 El uso de las boquillas 60 de calibración de acuerdo con la presente divulgación puede suministrar cambios graduales en la sección transversal del material, como se discutió. Estos cambios graduales pueden en las realizaciones de ejemplo asegurar que el producto resultante, tal como una varilla u otro producto adecuado, tengan una distribución de fibra generalmente uniforme con una fracción de vacío relativamente mínima.
- 60 Se debe entender que cualquier número de boquillas 60 adecuadas se pueda utilizar para formar gradualmente el material en un perfil que tenga cualquier forma en sección transversal adecuada, según se desea o como se requiera por distintas aplicaciones de uso final
- 65 Además del uso de una o más boquillas, también se pueden emplear otros mecanismos para ayudar a comprimir la preforma 14 en la forma de una varilla. Por ejemplo, los rodillos 90 formadores, como se muestran en la Figura 14, se pueden emplear entre la boquilla 50 de consolidación y la boquilla 60 de calibración, entre las distintas boquillas 60 de calibración, y/o después de las boquillas 60 de calibración para comprimir además la preforma 14 antes de

que esta se convierta a su forma final. Los rodillos también pueden tener cualquier configuración, tal como los rodillos de tracción, los rodillos de traslapo, etc., y pueden ser verticales como se muestra o rodillos horizontales. Dependiendo de la configuración del rodillo 90, las superficies de los rodillos 90 se pueden maquinar para impartir las dimensiones del producto final, tal como la varilla, núcleo, perfil, u otro producto adecuado, a la preforma 14. En una realización de ejemplo, la presión de los rodillos 90 puede ser ajustable para optimizar la calidad del producto final.

Los rodillos 90 en las realizaciones de ejemplo, tal como al menos las porciones que hacen contacto con el material, pueden tener generalmente superficies suaves. Por ejemplo, superficies pulidas relativamente duras pueden ser benéficas en muchas realizaciones. Por ejemplo, la superficie de los rodillos se puede formar de cromo relativamente suave u otro material adecuado. Esto puede permitir al rodillo 90 manipular la preforma 14 sin dañar o alterar de manera indeseable la preforma 14. Por ejemplo, tales superficies pueden evitar que el material se pegue a los rodillos, y los rodillos puedan impartirle superficies suaves a los materiales.

En algunas realizaciones, la temperatura de los rodillos 90 se puede controlar. Esto se puede lograr al calentar los rodillos 90 por sí mismos, o al colocar los rodillos 90 en un ambiente de temperatura controlado.

Además, en algunas realizaciones, las características 92 superficiales se pueden suministrar sobre los rodillos 90. Las características 92 superficiales pueden guiar y/o controlar la preforma 14 en una o más direcciones en la medida en que esta pasa a través de los rodillos. Por ejemplo, las características 92 superficiales se pueden suministrar para evitar que la preforma 14 se doble sobre sí misma en la medida en que esta pasa a través de los rodillos 90. Así, las características 92 superficiales pueden guiar y controlar la deformación de la preforma 14 en la dirección transversal de la máquina con relación a la dirección A de la máquina así como también en la dirección vertical con relación a la dirección A de la máquina. La preforma 14 así puede ser empujada en la dirección transversal de la máquina, en lugar de doblada sobre sí misma, o en la medida en que esta pasa a través de los rodillos 90 en la dirección A de la máquina.

En algunas realizaciones, los dispositivos de regulación de tensión se pueden suministrar en comunicación con los rodillos. Estos dispositivos se pueden utilizar con los rodillos para aplicar tensión a la preforma 14 en la dirección de la máquina, la dirección transversal a la máquina, y/o la dirección vertical para guiar adicionalmente y/o controlar la preforma

Como se indicó anteriormente la varilla resultante se aplica con una capa de cubierta para protegerla de las condiciones ambientales y/o mejorar la resistencia al desgaste. En referencia de nuevo a la Fig. 7, por ejemplo, tal capa de cubierta puede ser aplicada por vía de una extrusora orientada en cualquier ángulo deseado para introducir una resina termoplástica a una boquilla 72 de cubierta. Para ayudar a evitar una respuesta galvánica, puede ser benéfico para el material de recubrimiento tener una resistencia dieléctrica de al menos aproximadamente 1 kV por milímetro (kV/mm), en algunas realizaciones al menos aproximadamente 2 kV/mm, en algunas realizaciones de aproximadamente 3 kV/mm a aproximadamente 50 kV/mm, y en algunas realizaciones, de aproximadamente 4 kV/mm a aproximadamente 30 kV/mm, tal como se determinó de acuerdo con el ASTM D149-09. Los polímeros termoplásticos adecuados para este propósito son sulfuros de poliarileno (por ejemplo sulfuro de polifenileno (PPS) poli(bifenileno sulfuro cetona), poli(fenileno sulfuro dicetona), poli(sulfuro de bifenileno), etc.)

La capa de cubierta generalmente está "libre" de fibras continuas. Esto es, la capa de cubierta contiene "menos de aproximadamente 10% en peso" de fibras continuas, en algunas realizaciones aproximadamente 5% en peso o menos de fibras continuas, y en algunas realizaciones aproximadamente 1% en peso menos de fibras continuas (por ejemplo 0% en peso). Sin embargo, la capa de cubierta puede contener otros aditivos para mejorar las propiedades finales del núcleo del material compuesto. Los materiales aditivos empleados en esta etapa pueden incluir aquellos que no son adecuados para incorporar en el material de fibra continua. Por ejemplo, puede ser benéfico agregar pigmentos para reducir el trabajo de acabado, o puede ser benéfico agregar agentes retardantes de la llama para mejorar la retardancia de la llama del núcleo. Ya que muchos materiales aditivos pueden ser sensibles al calor, una cantidad excesiva de calor puede hacer que se descompongan y produzcan gases volátiles. Por lo tanto, si se extruye un material aditivo sensible al calor con una resina de impregnación bajo condiciones de calentamiento altas, el resultado puede ser una completa degradación del material aditivo. Los materiales aditivos pueden incluir, por ejemplo, agentes de refuerzo mineral, lubricantes, retardantes de llama, agentes de soplado, agentes de espumado, agentes resistentes a la luz ultravioleta, estabilizadores térmicos, pigmentos, y combinaciones de los mismos. Los agentes adecuados de refuerzo de mineral pueden incluir, por ejemplo, carbonato de calcio, sílica, mica, arcillas, talco, silicato de calcio, grafito, silicato de calcio, trihidrato de alúmina, ferrita de bario, y combinaciones de los mismos.

Aunque no se muestra en detalle aquí, la boquilla 72 de recubrimiento puede incluir diversas características conocidas en el arte para ayudar a lograr la aplicación deseada de la capa de cubierta. Por ejemplo, la boquilla 72 de recubrimiento puede incluir una guía de entrada que alinea la varilla entrante. La boquilla de recubrimiento también puede incluir un mecanismo de calentamiento (por ejemplo una placa calentada) que precalienta la varilla antes de la aplicación de la capa de cubierta para ayudar a asegurar una adecuada unión. Luego del cubrimiento la parte 15 conformada puede ser finalmente enfriada utilizando un sistema 80 de enfriamiento como es conocido en la

técnica. El sistema 80 de enfriamiento puede, por ejemplo, ser un sistema de encolado que incluye uno más bloques (por ejemplo bloques de aluminio) que pueden completamente encapsular el núcleo de material compuesto mientras que el vacío empuja la forma caliente hacia afuera contra sus paredes en la medida en que esta se enfría. Se puede suministrar un medio de enfriamiento al encolador, tal como aire o agua, para solidificar el núcleo de material compuesto en la forma correcta.

Aún si no se emplea el sistema de encolado, puede ser benéfico enfriar el núcleo de material compuesto después de que este salga de la boquilla de cubierta (o la boquilla de consolidación o calibración, si no se aplica la cubierta). El enfriamiento puede ocurrir utilizando cualquier técnica conocida en el arte, tal como un tanque de agua, una corriente de aire frío o un chorro de aire, cubierta de enfriamiento, un canal de enfriamiento interno, unos canales de circulación de fluido de enfriamiento, etc. Sin importar, la temperatura en la cual se enfría el material se puede controlar para lograr ciertas propiedades mecánicas, tolerancias dimensionales parciales, buen procesamiento, y un material compuesto estéticamente agradable. Por ejemplo, si la temperatura de la estación de enfriamiento es demasiado alta, el material se podría hinchar en la herramienta e interrumpir el proceso. Para los materiales semicristalinos, una temperatura demasiado baja de manera similar puede originar que el material se enfríe demasiado rápido y no permita la cristalización completa, afectando de manera adversa de esta manera las propiedades de resistencia mecánica y química del material compuesto. Las secciones de boquilla múltiple de enfriamiento con control de temperatura independiente se pueden utilizar para impartir un balance benéfico de procesamiento y atributos de desempeño. En una realización particular, por ejemplo, se puede emplear un tanque de agua a una temperatura de desde aproximadamente 0°C a aproximadamente 30°C, en algunas realizaciones desde aproximadamente 1°C a aproximadamente 20°C, y en algunas realizaciones, desde aproximadamente 2°C a aproximadamente 15°C.

Si se desea, también se pueden emplear uno o más bloques de encolado (no mostrado) tales como después del recubrimiento. Tales bloques pueden contener aberturas que se cortan en la forma exacta del núcleo, graduados de sobredimensionado primero a la forma de núcleo final. En la medida en que el núcleo de material compuesto pasa a través de este, cualquier tendencia para que este se mueva o afloje se puede contrarrestar, y se puede empujar de regreso (repetidamente) a su forma correcta. Una vez dimensionado, el núcleo de material compuesto se puede cortar a la longitud deseada en la estación de corte (no mostrada), tal como con una sierra de corte capaz de efectuar los cortes en sección transversal, o el núcleo de material compuesto se puede enrollar en un carrete en un proceso continuo. La longitud de la varilla y/o el núcleo de material compuesto se pueden limitar a la longitud de la estopa de fibra

Como se apreciará, la temperatura de la varilla o núcleo de material compuesto en la medida en que esta avanza a través de cualquier sección del sistema de la presente invención se puede controlar para producir ciertas propiedades del material compuesto de manufactura y final. Cualquiera de todas las secciones de montaje puede estar a una temperatura controlada utilizando calentadores de cartucho eléctrico, enfriamiento por fluido circulado, o cualquier otro dispositivo que controla la temperatura conocido por los expertos en la técnica.

En referencia de nuevo a la Fig. 7, el dispositivo 82 de halado se puede ubicar corriente abajo del sistema 80 de enfriamiento para empujar el núcleo 16 de material compuesto terminado a través del sistema para el encolado final del material compuesto. El dispositivo 82 de halado puede ser cualquier dispositivo capaz de halar el núcleo a través del sistema de proceso a una velocidad deseada. Los dispositivos de halado típicos pueden incluir, por ejemplo, haladores de oruga y empujadores alternativos.

En una realización del núcleo de material compuesto (o hilo de material compuesto) formado del método descrito anteriormente se muestra en detalle en la Figura 8 como el elemento 516. Como se ilustró, el núcleo 516 de material compuesto puede tener una forma sustancialmente circular y puede incluir una varilla (o núcleo de fibra) 514 que comprende una o más cintas consolidadas (o componente de fibra continua). Por "sustancialmente circular", generalmente se quiere decir que la proporción de aspecto del núcleo (altura dividida por el ancho) es típicamente desde aproximadamente 1.0 a aproximadamente 1.5, y en algunas realizaciones, aproximadamente 1.0. Debido al control selectivo sobre el proceso utilizado para impregnar los filamentos y formar una cinta consolidada, así como también el proceso para comprimir y conformar la cinta, el núcleo de material compuesto puede comprender una distribución relativamente homogénea de la matriz termoplástica a lo largo de su longitud completa. Esto también significa que las fibras continuas se pueden distribuir de una manera generalmente uniforme alrededor de un eje central longitudinal "L" del núcleo 516 de material compuesto. Como se muestra en la Fig. 8, por ejemplo, la varilla 514 de núcleo 516 de material compuesto puede incluir fibras 526 continuas incrustadas dentro de una matriz 528 termoplástica. Las fibras 526 se pueden distribuir de manera generalmente uniforme alrededor del eje "L" longitudinal. Se debe entender que solo se muestran unas pocas fibras en la Fig. 8, y que el núcleo de material compuesto típicamente puede contener un número sustancialmente mayor de fibras uniformemente distribuidas.

Una capa 519 de cubierta también se extiende alrededor del perímetro de la varilla 514 y define una superficie externa del núcleo 516 de material compuesto. El grosor en sección transversal de la varilla 514 se puede seleccionar estratégicamente para ayudar a lograr una resistencia particular para el núcleo de material compuesto. Por ejemplo, la varilla 514 puede tener un grosor (por ejemplo diámetro) desde aproximadamente 0.1 a aproximadamente 40 mm, en algunas realizaciones desde aproximadamente 0.5 a aproximadamente 30 mm, y en

algunas realizaciones de aproximadamente 1 a aproximadamente 10 mm. El grosor de la capa 519 de cubierta puede depender de la función pretendida de la parte, pero típicamente puede ser de aproximadamente 0.01 a aproximadamente 10 mm, y en algunas realizaciones, de aproximadamente 0.02 a aproximadamente 5 mm. El grosor en sección transversal total o la altura del núcleo 516 de material compuesto también puede variar desde aproximadamente 0.1 a aproximadamente 50 mm, en algunas realizaciones de aproximadamente 0.5 a aproximadamente 40 mm, y en algunas realizaciones, de aproximadamente 1 a aproximadamente 20 mm (por ejemplo, diámetro, si la sección transversal es circular). Mientras el núcleo de material compuesto puede ser sustancialmente continuo en longitud, la longitud del núcleo de material compuesto se puede limitar en la práctica por la bobina sobre la cual ésta se enrollará y almacenará y/o por las longitudes de las fibras continuas. Por ejemplo, la longitud a menudo puede variar desde aproximadamente 1.000 m a aproximadamente 5.000 m, aunque aún mayores longitudes son ciertamente posibles.

A través del control sobre los varios parámetros mencionados anteriormente, se pueden formar núcleos que tienen resistencias muy altas. Por ejemplo, los núcleos de material compuesto pueden exhibir un módulo a la flexión relativamente alto. El término "módulo de flexión" se refiere generalmente a la proporción de tensión en la deformación a la flexión (unidades de fuerza por unidad de área), o la tendencia a un material a ser doblado. Esto se determina de la pendiente de una curva de tensión -deformación producida por un ensayo de "flexión de tres puntos" (tal como el ASTM D790-10, Procedimiento A, temperatura ambiente). El núcleo de material compuesto de la presente invención exhibe un módulo de flexión desde aproximadamente 10 GPa o más, en algunas realizaciones desde aproximadamente 12 a aproximadamente 400 GPa, en algunas realizaciones desde aproximadamente 15 a aproximadamente 200 GPa, y en algunas realizaciones, de aproximadamente 20 a aproximadamente 150 GPa.

Los núcleos de material compuesto utilizados para producir cables eléctricos consistentes con ciertas realizaciones divulgadas aquí pueden tener resistencias a la tensión finales sobre aproximadamente 300 MPa, tales como, por ejemplo, en el rango de aproximadamente 400 MPa a aproximadamente 5.000 MPa, o de aproximadamente 500 MPa a aproximadamente 3.500 MPa. Además, los núcleos de material compuesto adecuados pueden tener una resistencia a la tensión final en un rango de aproximadamente 700 MPa a aproximadamente 3.000 MPa, alternativamente, de aproximadamente 900 MPa a aproximadamente 1.800 MPa; o alternativamente, de aproximadamente 1.100 MPa a aproximadamente 1.500 MPa. El término "resistencia a la tensión final" se refiere de manera general a la tensión máxima que un material puede soportar mientras está siendo tensionado o halado antes de ruptura, y es la tensión máxima alcanzada sobre la curva de tensión -deformación producida por un ensayo de tensión, (tal como el ASTM D3916-08) a temperatura ambiente

Adicional o alternativamente, el núcleo del material compuesto puede tener un módulo de tensión de elasticidad, o módulo de elasticidad, en el rango de aproximadamente 50 GPa a aproximadamente 500 GPa, de aproximadamente 70 GPa a aproximadamente 400 GPa, de aproximadamente 70 GPa a aproximadamente 300 GPa, o de aproximadamente 70 GPa a aproximadamente 250 GPa. En ciertas realizaciones, el núcleo de material compuesto puede tener un módulo elástico en un rango de aproximadamente 70 GPa a aproximadamente 200 GPa, alternativamente, de aproximadamente 70 GPa a aproximadamente 150 GPa; o alternativamente, de aproximadamente 70 GPa a aproximadamente 130 GPa. El término "módulo de tensión de elasticidad" o "módulo elástico" se refiere generalmente a la proporción de resistencia a la tensión sobre deformación a la tensión y es la pendiente de la curva de tensión -deformación producida por un ensayo de tensión (tal como el ASTM 3916-08) a temperatura ambiente

Los núcleos de material compuesto hechos de acuerdo con la presente divulgación pueden además tener una vida de fatiga a la flexión relativamente alta, y puede exhibir una resistencia residual relativamente alta. La vida de fatiga de la flexión y la resistencia a la flexión residual se puede determinar con base en un ensayo de "fatiga a la flexión de tres puntos" (tal como el ASTM D790, típicamente a temperatura ambiente). Por ejemplo, los núcleos de la presente invención pueden exhibir resistencia a la flexión residual después de un millón de ciclos a 160 Newtons ("N") o 180 N de cargas de aproximadamente 60 kilogramos por pulgada ("ksi") a aproximadamente 115 ksi, en algunas realizaciones de aproximadamente 70 ksi a aproximadamente 115 ksi, y en algunas realizaciones de aproximadamente 95 ksi a aproximadamente 115 ksi. Además, los núcleos pueden exhibir reducciones relativamente mínimas en la resistencia a la flexión. Por ejemplo, los núcleos que tienen fracciones de vacío de aproximadamente 4% o menos, en algunas realizaciones aproximadamente 3% o menos, pueden exhibir reducciones en la resistencia a la flexión después de tres ensayos de fatiga a la flexión de tres puntos de aproximadamente 1% (por ejemplo, de una resistencia de flexión pristina máxima de aproximadamente 106 ksi a una resistencia a la flexión residual máxima de aproximadamente 105 ksi). La resistencia a la flexión se puede ensayar antes y después del ensayo a la fatiga, utilizando, por ejemplo, un ensayo a la flexión de tres puntos como se discutió anteriormente.

En algunas realizaciones, el núcleo de material compuesto puede tener una densidad o gravedad específica de menos de aproximadamente 2.5 g/cc, de menos de aproximadamente 2.2 g/cc, menos de aproximadamente 2 g/cc, o menos de aproximadamente 1.8 g/cc. En otras realizaciones, la densidad del núcleo de material compuesto puede estar en el rango de aproximadamente 1 g/cc a aproximadamente 2.5 g/cc, alternativamente, de aproximadamente 1.1 g/cc a aproximadamente 2.2 g/cc; alternativamente, de aproximadamente 1.1 g/cc a aproximadamente 2 g/cc;

alternativamente, de aproximadamente 1.1 g/cc a aproximadamente 1.9 g/cc, alternativamente, de aproximadamente 1.2 g/cc a aproximadamente 1.8 g/cc; o alternativamente, de aproximadamente 1.3 g/cc a aproximadamente 1.7 g/cc

- En algunas aplicaciones de cable, tales como las líneas de transmisión suspendidas, la proporción de resistencia a peso del núcleo de material compuesto puede ser importante. La proporción se puede cuantificar mediante la proporción de la resistencia a la tensión del material de núcleo a la densidad del material de núcleo (en unidades de MPa/(g/cc)). Las proporciones de resistencia a peso ilustrativas y no limitantes de los núcleos de material compuesto de acuerdo con las realizaciones de la presente invención pueden estar en el rango de aproximadamente 400 a aproximadamente 1.300, de aproximadamente 400 a aproximadamente 1.200, de aproximadamente 500 a aproximadamente 1.100, de aproximadamente 600 a aproximadamente 1.100, de aproximadamente 700 a aproximadamente 1.100, de aproximadamente 700 a aproximadamente 1.000 o de aproximadamente 750 a aproximadamente 1.000. De nuevo, las proporciones están basadas en la resistencia a la tensión en MPa, y la densidad de núcleo de material compuesto en g/cc.
- En algunas realizaciones, la elongación porcentual en la ruptura para el núcleo de material compuesto puede ser menor de 4%, menor de 3%, o menor de 2%, mientras que en otras realizaciones, la elongación en ruptura puede estar en el rango de aproximadamente 0.5% a aproximadamente 2.5%, de aproximadamente 1% a aproximadamente 2%.
- El coeficiente de expansión térmico lineal del núcleo de material compuesto puede ser menor de aproximadamente $5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, menor de aproximadamente $4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, menor de aproximadamente $3 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, o menor de aproximadamente $2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ (o unidades en $\text{m}/\text{m}/^{\circ}\text{C}$). Dicho de otra manera, el coeficiente de expansión térmico lineal puede estar, en una base de ppm por $^{\circ}\text{C}$, menor de aproximadamente 5, menor de aproximadamente 4, menor de aproximadamente 3, o menor de aproximadamente 2. Por ejemplo, el coeficiente (ppm/ $^{\circ}\text{C}$) puede estar en el rango de aproximadamente -0.4 a aproximadamente 5; alternativamente, de aproximadamente -0.2 a aproximadamente 4; alternativamente, de aproximadamente 0.4 a aproximadamente 4; o alternativamente, de aproximadamente 0.2 a aproximadamente 2. El rango de temperatura contemplado para este coeficiente de expansión térmico lineal puede estar generalmente en el rango de -50°C a 200°C , en el rango de 0°C a 200°C , el rango de 0°C a 175°C , o el rango de 25°C a 150°C . El coeficiente de expansión térmico lineal se mide en la dirección longitudinal, es decir a lo largo de la longitud de las fibras.
- El núcleo de material compuesto también puede exhibir un "radio de doblez" relativamente pequeño, el cual es el radio mínimo en que la varilla se puede doblar sin daño y se mide en la curvatura interior del núcleo de material compuesto o hilo de material compuesto. Un radio de doblez más pequeño significa que el núcleo de material compuesto puede ser más flexible y puede ser embobinado sobre una bobina de diámetro más pequeña. Esta propiedad también puede permitir una sustitución más fácil del núcleo de material compuesto en los cables que corrientemente utilizan núcleos de metal, y permiten el uso de herramientas y métodos de instalación actualmente en uso en los cables de transmisión suspendidos convencionales. El radio de doblez para el núcleo de material compuesto puede, en algunas realizaciones, estar en el rango de aproximadamente 1 cm a aproximadamente 60 cm, y aproximadamente 1 cm a aproximadamente 50 cm, de aproximadamente 1 cm a aproximadamente 50 cm, o de aproximadamente 2 cm a aproximadamente 45 cm, determinada a una temperatura de aproximadamente 25°C . El radio de doblamiento puede estar en un rango de aproximadamente 2 cm a aproximadamente 40 cm, o de aproximadamente 3 cm a aproximadamente 40 cm en ciertas realizaciones contempladas aquí. En otras realizaciones, los radios de doblez se pueden lograr que sean menores de aproximadamente 40 veces el diámetro exterior del núcleo de material compuesto, en algunas realizaciones de aproximadamente 1 a aproximadamente 30 veces el diámetro exterior del núcleo de material compuesto y en algunas realizaciones de aproximadamente 2 a aproximadamente 25 veces el diámetro exterior del núcleo de material compuesto, determinado a una temperatura de aproximadamente 25°C .
- Notoriamente, las propiedades de resistencia, física y térmica del núcleo de material compuesto referenciado anteriormente también se puede mantener sobre un rango de temperatura relativamente amplio, tal como de aproximadamente -50°C a aproximadamente 300°C , de aproximadamente 100°C a aproximadamente 300°C , de aproximadamente 110°C a aproximadamente 250°C , de aproximadamente 120°C a aproximadamente 200°C de aproximadamente 150°C a aproximadamente 200°C , o de aproximadamente 180°C a aproximadamente 200°C .
- El núcleo de material compuesto también puede tener una fracción de vacío baja, tal como aproximadamente 6% o menos, en algunas realizaciones aproximadamente 3% o menos, en algunas realizaciones, aproximadamente 2% o menos, en algunas realizaciones aproximadamente 1% o menos, y en algunas realizaciones, aproximadamente 0.5% o menos. La fracción de vacío se puede determinar de la manera descrita anteriormente, tal como utilizar un ensayo de "quemado de resina" de acuerdo con el ASTM D 2584-08 o a través del uso de un equipo de exploración de tomografía computarizada (CT), tal como el detector de alta resolución Metrotom 1500 (2k x 2k)
- En una realización, un núcleo de material compuesto de la presente invención se puede caracterizar por las siguientes propiedades: una resistencia a la tensión final en el rango de aproximadamente 700 MPa a aproximadamente 3.500 MPa; un módulo elástico de aproximadamente 70 GPa a aproximadamente 300 GPa; y un coeficiente de expansión térmico lineal (en unidades de ppm por $^{\circ}\text{C}$) en el rango de aproximadamente -0.4 a

aproximadamente 5. Adicionalmente, el núcleo de material compuesto puede tener una densidad de menos de aproximadamente 2.5 g/cc y/o una proporción de resistencia al peso (en unidades de MPa/(g/cc)) en un rango de aproximadamente 500 a aproximadamente 1.100. Además, en ciertas realizaciones, el núcleo de material compuesto puede tener un radio de doblez en el rango de aproximadamente 1 cm a aproximadamente 50 cm. Aún adicionalmente, el núcleo de material compuesto puede tener una elongación porcentual a ruptura de menos de aproximadamente 3%.

En otra realización, un núcleo de material compuesto de la presente invención se puede caracterizar por las siguientes propiedades: resistencia a la tensión final del rango de aproximadamente 1.100 MPa a aproximadamente 1.500 MPa, un módulo elástico en el rango de aproximadamente 70 GPa a aproximadamente 130 GPa; un coeficiente de expansión térmica lineal (en unidades de ppm x °C) en el rango de aproximadamente 0.2 a aproximadamente 2. Adicionalmente, el núcleo de material compuesto puede tener una densidad en el rango de aproximadamente 1.2 g/cc a aproximadamente 1.8 g/cc y/o una proporción de resistencia a peso (en unidades de MPa g/cc) en el rango de aproximadamente 700 a aproximadamente 1.100. Además, en ciertas realizaciones, el núcleo de material compuesto puede tener un radio de doblez en el rango de aproximadamente 2 cm a aproximadamente 40 cm. Aún adicionalmente, el núcleo de material compuesto puede tener una elongación porcentual a ruptura en el rango de aproximadamente 1% a aproximadamente 2.5%.

Como se apreciará, las realizaciones del núcleo de material compuesto particular descritas anteriormente son simplemente explicativas de los numerosos diseños que pueden estar dentro del alcance de la presente invención. Entre los varios posibles diseños de núcleo de material compuesto, se debe entender que se pueden emplear capas de material adicionales además de aquellas descritas anteriormente. En ciertas realizaciones, por ejemplo, puede ser benéfico formar un núcleo multicomponente en el cual un componente comprende un material de mayor resistencia y otro componente comprende un material de menor resistencia. Tales núcleos multicomponentes pueden ser particularmente útiles para incrementar la resistencia total sin requerir la necesidad de más materiales costosos de alta resistencia para el núcleo completo. Los componentes de menor y/o mayor resistencia pueden comprender cinta(s) que contienen fibras continuas incrustadas dentro de una matriz termoplástica.

Adicionalmente, se debe entender que el alcance de la presente invención de ninguna manera limita las realizaciones descritas anteriormente. Por ejemplo, los núcleos de material compuesto pueden contener diferentes otros componentes dependiendo de la aplicación deseada y sus propiedades requeridas. Los componentes adicionales se pueden formar de una cinta de fibra continua, tal como se describió aquí, así como también otros tipos de materiales. En una realización, por ejemplo, el núcleo de material compuesto puede contener una capa de fibras discontinuas (por ejemplo fibras cortas, fibras largas, etc.) para mejorar su resistencia transversal. Las fibras discontinuas se pueden orientar de tal manera que al menos una porción de estas fibras puede ser ubicada en un ángulo con relación a la dirección en la cual se extienden las fibras continuas.

Cable Eléctrico

Consistente con las realizaciones divulgadas aquí, los cables eléctricos de la presente invención, tal como las líneas de transmisión suspendidas de alto voltaje, comprenden un núcleo de cable que comprende al menos un núcleo de material compuesto, una pluralidad de elementos conductores que rodean el núcleo del cable. El núcleo del cable puede ser un núcleo de material compuesto único, que incorpora cualquier diseño de núcleo de material compuesto y que acompaña las propiedades físicas y térmicas suministradas anteriormente. De manera alternativa, el núcleo de cable puede comprender dos o más núcleos de material compuesto, o hilos de material compuesto, que tienen los mismos o diferentes diseños, y las mismas o diferentes propiedades físicas y térmicas. Estos dos o más núcleos de material compuesto se pueden ensamblar paralelos el uno al otro (recto) o trenzado, por ejemplo, alrededor de un miembro de núcleo de material compuesto central.

De acuerdo con esto, en algunas realizaciones, un cable eléctrico puede comprender un núcleo de cable que comprende un núcleo de material compuesto rodeado por una pluralidad de elementos conductores, mientras que en otras realizaciones, el cable eléctrico puede comprender un núcleo de cable que comprende dos o más núcleos de material compuesto, el núcleo de cable rodeado por una pluralidad de elementos conductores. Por ejemplo, el núcleo de cable puede comprender, por ejemplo, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 o 20 núcleos de material compuesto, o más (por ejemplo 37 núcleos de material compuesto), cada uno de los cuales puede incorporar cualquier diseño de núcleo de material compuesto y las propiedades físicas y térmicas que la acompañan suministradas aquí. Los núcleos de material compuesto se pueden disponer, en manojos, u orientados de cualquier forma adecuada, como lo reconocería una persona experta en la técnica. Por ejemplo, los núcleos de material compuesto pueden ser trenzados, tal como un núcleo de cable que comprende 7 núcleos de material compuesto trenzado o 19 núcleos de material compuesto trenzado. Alternativamente, los núcleos de material compuesto pueden ser paralelos, tal como un núcleo de cable que comprende un manojo de 7 núcleos de material compuesto alineados paralelos el uno al otro.

El cable eléctrico comprende una pluralidad de elementos conductores que rodean el núcleo del cable (por ejemplo un núcleo de material compuesto único, una pluralidad de núcleos de material compuesto trenzados). Los elementos conductores pueden ser de cualquier forma geométrica, o pueden ser alambres redondos/circulares o alambres

trapezoidales, entre otros, y que incluyen combinaciones de los mismos. Los elementos conductores pueden estar en una capa, o 2 capas, o 3 capas, o 4 capas, y así sucesivamente, alrededor del núcleo del cable. Los elementos conductores se pueden configurar paralelos al núcleo del cable, o envolver helicoidalmente, o en cualquier otra disposición adecuada. Se puede utilizar cualquier número de elementos conductores (por ejemplo alambre) pero un número típico de elementos conductores en un cable puede ser hasta de 84 elementos conductores, y a menudo en el rango de 2 a aproximadamente 50. Por ejemplo, en algunos arreglos de conductor común se pueden emplear 7, 19, 26, o 37 alambres

Diseños de cables de transmisión de ejemplo con núcleos de material compuesto se pueden emplear en diversas realizaciones en la presente invención tal como se describe en la Patente U.S. No. 7,211,319 de Heil, et al.

En referencia ahora a la Fig. 9, se muestra una realización de un cable 420 eléctrico. Como se ilustró, el cable 420 eléctrico puede incluir una pluralidad de elementos 422 conductores (por ejemplo aluminio o una aleación de los mismos) radialmente dispuestos alrededor de un núcleo 400 de cables sustancialmente cilíndrico, que se ilustra como un núcleo de material compuesto simple pero que podría ser una pluralidad de núcleos de material compuesto trenzados. Los elementos conductores se pueden disponer en una capa única o en múltiples capas. En la realización ilustrada, los elementos 422 conductores se disponen para formar una primera capa 426 concéntrica y una segunda capa 428 concéntrica. La forma de los elementos 422 conductores también puede variar alrededor del núcleo 400 del cable. En la realización ilustrada, los elementos 422 conductores tienen una forma en sección transversal generalmente trapezoidal. También se pueden emplear otras formas, tales como circular, elíptica, rectangular, cuadrada, etc. Los elementos 422 conductores también pueden ser entorchados o envueltos alrededor del núcleo 400 de cable en cualquier configuración geométrica tal como de manera helicoidal.

En referencia a la Fig. 10, por ejemplo, se muestra otra realización de un cable 420 de transmisión eléctrica. Como se ilustró, el cable 420 de transmisión eléctrica puede incluir una pluralidad de elementos 422 conductores (por ejemplo aluminio o una aleación del mismo) radialmente dispuestos alrededor de un manojo de núcleos 400 de material compuestos generalmente cilíndricos, que se puede formar de acuerdo con la presente invención. La Fig. 10 ilustra seis núcleos 400 de material compuesto que rodean un núcleo 400 simple, aunque cualquier número adecuado de núcleo 400 de material compuesto en cualquier arreglo adecuado está dentro del alcance y espíritu de la presente divulgación y se puede utilizar como el núcleo de cable. La capa 519 de cubierta también se puede extender alrededor del perímetro y definir la superficie exterior de cada varilla. Los elementos conductores pueden estar dispuestos en una capa única o en múltiples capas. En la realización ilustrada, por ejemplo, los elementos 422 conductores están dispuestos para formar una primera capa 426 concéntrica y una segunda capa 428 concéntrica. Por supuesto, se puede emplear cualquier número de capas concéntricas. La forma de los elementos 422 conductores también puede variar para optimizar el número de elementos que se pueden disponer alrededor del núcleo del cable. En la realización ilustrada, por ejemplo, los elementos 422 conductores tienen una forma en sección transversal generalmente trapezoidal. Otras formas también se pueden emplear, tal como circular, elíptica, rectangular, cuadrada, etc. Los elementos 422 conductores también se pueden entorchar o envolver alrededor del núcleo del cable que contiene el manojo de núcleos 400 de material compuesto en cualquier configuración geométrica, tal como de una manera helicoidal.

El área en sección transversal de los elementos conductores individuales puede variar considerablemente, pero generalmente el área en sección transversal de los elementos individuales puede estar en un rango de aproximadamente 10 a aproximadamente 50 mm², o de aproximadamente 15 a aproximadamente 45 mm². El área del conductor total puede variar (en kcmil), por ejemplo, de aproximadamente 167 a aproximadamente 3.500 kcmil, de aproximadamente 210 a aproximadamente 2.700 kcmil, de aproximadamente 750 a aproximadamente 3.500 kcmil, o de aproximadamente 750 a aproximadamente 3.000 kcmil. Las áreas del conductor totales de aproximadamente 795, a aproximadamente 825, aproximadamente 960, y aproximadamente 1.020 kcmil, se pueden emplear a menudo en muchos usos finales para cables eléctricos, tal como en líneas de transmisión de potencia suspendidas. Por ejemplo, un cable reforzado con acero conductor de aluminio común conocido en la industria a menudo se denomina como el cable conductor ACSR "Drake" de 795 kcmil.

El diámetro exterior de los cables de acuerdo con la presente invención no está limitado a ningún rango particular. Sin embargo, los diámetros exteriores típicos de los cables pueden estar en un rango, por ejemplo, de aproximadamente 7 a aproximadamente 50 mm, y aproximadamente 10 a aproximadamente 48 mm y aproximadamente 20 a aproximadamente 40 mm, y aproximadamente 25 a aproximadamente 35 mm, o de aproximadamente 28 a aproximadamente 30 mm. De manera similar el área en sección transversal del núcleo de material compuesto en el cable no está limitada a ningún rango particular. Sin embargo, las áreas en sección transversal típicas del núcleo de material compuesto pueden estar dentro de un rango de aproximadamente 20 a aproximadamente 140 mm², o de aproximadamente 30 a aproximadamente 120 mm².

Los elementos conductores pueden ser hechos de cualquier material conductor metálico adecuado, que incluye diferentes aleaciones. Los elementos conductores pueden comprender cobre, una aleación de cobre, aluminio, una aleación de aluminio, o combinaciones de los mismos. Como se utiliza aquí, el término "aluminio o una aleación de aluminio" significa o pretende referirse de manera colectiva a los grados de aluminio o aleaciones de aluminio que tienen al menos 97% de aluminio en peso, al menos 98% de aluminio en peso o al menos 99% de aluminio en peso,

que incluye aluminio puro o sustancialmente puro. Las aleaciones de aluminio o los grados de aluminio que tienen una conductividad eléctrica IACS de al menos 57%, al menos 58%, al menos 59%, al menos 60% o al menos 61% (por ejemplo 59% a 65%) se pueden emplear en las realizaciones divulgadas aquí, y este es inclusive de cualquier método que pudiera producir tales conductividades (por ejemplo recocido, templado, etc.). Por ejemplo, una aleación de aluminio 1350 se puede emplear como aluminio o aleación de aluminio en ciertas realizaciones de esta invención. El aluminio 1350, su composición y su IACS mínimo se describen en el ASTM B233, cuya divulgación se incorpora aquí mediante referencia en su totalidad.

En algunas aplicaciones, tales como las líneas de transmisión suspendidas, el afloje del cable eléctrico puede ser una característica importante. El afloje se considera generalmente como la distancia que un cable se aparta de una línea recta entre los puntos de extremo de un espacio. El afloje a través de un espacio de torres puede afectar la distancia del suelo, y posteriormente, la altura de la torre y/o el número de torres necesarias. El afloje generalmente puede incrementar con el cuadrado de la longitud de espacio, pero se puede reducir mediante un incremento en la resistencia de la tensión del cable y/o una disminución en el peso del cable. Los cables eléctricos en algunas realizaciones de la presente invención pueden tener un afloje (a una temperatura nominal (180°C) y para un espacio de nivel de 300 metros) con una carga ligera a NESC de aproximadamente 3 a aproximadamente 9.5 m, y aproximadamente 4.5 a aproximadamente 9.5 m, y aproximadamente 5.5 a aproximadamente 8 m, o de aproximadamente 6 a aproximadamente 7.5 m. De manera similar, con una carga pesada NESC, bajo condiciones similares, el afloje puede estar en el rango de aproximadamente 3 a aproximadamente 9.5 m, y aproximadamente 3 a aproximadamente 7.5 m, de aproximadamente 4.5 a aproximadamente 7.5 m, o de aproximadamente 5 a aproximadamente 7 m.

En algunas realizaciones, el cable también se puede caracterizar por tener un parámetro de tensión de aproximadamente 10 MPa o más, en algunas realizaciones aproximadamente 15 MPa o más, y en algunas realizaciones, de aproximadamente 20 a aproximadamente 50 MPa. El método para determinar el parámetro de tensión se describe con más detalle en la Patente U.S. No. 7,093,416 de Johnson, et al. Por ejemplo, el afloje y la temperatura se pueden medir y graficar como una gráfica de afloje versus temperatura. Una curva calculada se puede ajustar a los datos medidos utilizando un método gráfico Alcoa Sag 10 disponible en un programa de software de Southwire Company (Carrollton, GA) bajo la designación comercial SAG 10 (versión 3.0 actualizada 3.10.10). El parámetro de tensión es un parámetro de ajuste en el SAG 10 marcado como "tensión interna del aluminio", que se puede alterar para ajustar otros parámetros si un material diferente del aluminio se utiliza (por ejemplo, una aleación de aluminio), y que ajusta la posición del punto de inflexión sobre la gráfica predicha y también la cantidad de afloje, en un régimen post punto de inflexión de alta temperatura. Una descripción del parámetro de tensión también se puede suministrar en el manual de usuario SAG 10 (versión 2.0) incorporada aquí mediante referencia en su totalidad.

En relación con la materia objeto divulgada aquí, el deslizamiento se considera generalmente como la elongación permanente del cable bajo carga sobre un periodo largo de tiempo. La cantidad de deslizamiento de una longitud de cable puede ser impactado por la longitud de tiempo en servicio, la carga sobre el cual, la tensión sobre el cable, las condiciones de temperatura encontradas, entre otros factores. Se contempla que los cables divulgados aquí puedan tener unos valores de deslizamiento de 10 años a 15%, 20%, 25%, y/o 30% RBS (tensión nominal de ruptura) de menos de aproximadamente 0.25%, menos de aproximadamente 0.2%, o menos de aproximadamente 0.175%. Por ejemplo, el valor de deslizamiento de 10 años a 15% RBS puede ser menos de aproximadamente 0.25%; alternatively, menor de aproximadamente 0.2%; alternatively, menor de aproximadamente 0.15%; alternatively, menor de aproximadamente 0.1%, o alternatively, menor de aproximadamente 0.075%. El valor de deslizamiento de 10 años a 30% RBS puede ser menor de aproximadamente 0.25%; alternatively, menor de aproximadamente 0.225%; alternatively, menor de aproximadamente 0.2%; o alternatively menor de aproximadamente 0.175%. Estos valores de deslizamiento se determinan de acuerdo con un ensayo de deslizamiento de conductor ACSR de 10 años (Ensayo de Deslizamiento de Asociación de Aluminio REV. 1999., incorporado aquí mediante referencia en su totalidad).

Los cables eléctricos de acuerdo con las realizaciones de esta invención pueden tener una temperatura operativa máxima de hasta aproximadamente 300°C hasta aproximadamente 275°C, o hasta aproximadamente 250°C. Ciertos cables suministrados aquí pueden tener unas temperaturas operativas máximas que pueden ser hasta de aproximadamente 225°C; alternatively, hasta de 200°C; alternatively, hasta de 180°C; o alternatively, hasta de 175°C. Las temperaturas operativas máximas pueden estar en el rango de aproximadamente 100 a aproximadamente 300°C, de aproximadamente 100 a aproximadamente 250°C, de aproximadamente 110 a aproximadamente 250°C, de aproximadamente 120 a aproximadamente 200°C, o de aproximadamente 120 a aproximadamente 180°C, en diversas realizaciones de la presente invención.

De acuerdo con algunas realizaciones, puede ser benéfico para el cable eléctrico tener ciertas propiedades de resistencia a la fatiga y/o vibración. Por ejemplo, el cable eléctrico puede pasar (cumplir o exceder) un ensayo de vibración Eólica en el IEEE 1138, incorporado aquí mediante referencia, en 100 millones de ciclos.

En algunas realizaciones, el cable eléctrico puede comprender una capa parcial o completa de material entre el núcleo del cable y los elementos conductores. Por ejemplo, el material puede ser conductor o no conductor, y puede

ser una cinta que envuelva/cubra parcial o completamente el núcleo del cable. El material se puede configurar para mantener o asegurar los elementos de núcleo del material compuesto individual del núcleo de cable juntos.

En algunas realizaciones, el material puede comprender una cinta de hoja de metal o aluminio, una cinta de polímero (por ejemplo una cinta de polipropileno, una cinta de poliéster, una cinta de teflón, etc.), una cinta con un refuerzo de vidrio y similares. A menudo, el grosor del material (por ejemplo la cinta) puede estar en un rango de aproximadamente 0.025 mm a aproximadamente 0.25 mm, aunque el grosor no está limitado solamente a este rango.

En una realización, la cinta u otro material se puede aplicar de tal manera que cada envoltura posterior traslapa la envoltura previa. En otra realización, la cinta u otro material se puede aplicar de tal manera que cada envoltura subsecuente deja un espacio entre la envoltura previa. En aún otra realización, la cinta u otro material se puede aplicar de tal manera que limita la envoltura previa sin traslapo y sin espacio. En estas y otras realizaciones, la cinta u otro material se puede aplicar helicoidalmente alrededor del núcleo del cable.

En algunas realizaciones, el cable eléctrico puede comprender un recubrimiento parcial o completo de un material entre núcleo del cable y los elementos conductores. Por ejemplo, el material puede ser, o puede comprender, un polímero. Los polímeros adecuados pueden incluir, pero no están limitados a, una poliolefina (por ejemplo polietileno y homopolímeros de polipropileno, copolímeros, etc.), un poliéster (por ejemplo tereftalato de polibutileno (PBT)), un policarbonato, una poliamida (por ejemplo Nylon™), una cetona de poliéter (por ejemplo polieteréter cetona (PEEK)), una polieterimida, una cetona de poliarileno (por ejemplo dicetona de polifenileno (PPDK)), un polímero de cristal líquido, un sulfuro de poliarileno (por ejemplo sulfuro de polifenileno (PPS)), poli(bifenileno sulfuro cetona), poli(fenileno sulfuro dicetona), poli(sulfuro de bifenileno), etc.), un fluoropolímero (por ejemplo polímero de politetrafluoroetileno-perfluorometilviniléter, polímero de perfluoro alcoxicano, polímero de petrafluoroetileno, polímero de etileno-tetrafluoroetileno, etc.), un poliacetal, un poliuretano, un polímero estirénico (por ejemplo acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)), un polímero acrílico, un polímero de cloruro de polivinilo (PVC), y similares, que incluyen combinaciones de los mismos. Más aún, el polímero puede ser un polímero elastomérico. El recubrimiento puede ser conductor o no conductor, y puede contener varios aditivos típicamente empleados en aplicaciones de alambre y cables. El recubrimiento puede servir en algunas realizaciones, como recubrimiento protector para el núcleo del cable.

En circunstancias en donde el núcleo del cable comprende dos o más núcleos de material compuesto (por ejemplo hilos de material compuesto), el recubrimiento puede llenar parcial o completamente los espacios entre los elementos de núcleos individuales

La presente invención también comprende métodos para elaborar un cable eléctrico que comprende un núcleo de cable y una pluralidad de elementos conductores que rodean el núcleo del cable. Generalmente, los cables eléctricos que utilizan diversas configuraciones de núcleo de cable y configuraciones de elemento conductor divulgadas aquí se pueden producir mediante cualquier método adecuado conocido por aquellos expertos en la técnica. Por ejemplo, se puede emplear un trenzador de marco rígido, que puede rotar bobinas de núcleos de material compuesto o hilos para ensamblar un núcleo de cable. En algunas realizaciones, el trenzador de marco rígido puede impartir un giro por revolución de la maquina en todos los núcleos o hilos de material compuesto, excepto para el núcleo de material compuesto central, que no está trenzado. Cada capa sucesiva sobre el núcleo de material compuesto central puede ser cerrada por una boquilla redonda. Después de que se aplica la capa final, el núcleo de cable que contiene los núcleos o hilos de material compuesto se pueden asegurar con una cinta u otro material. Si se emplea cinta, esta se puede aplicar utilizando una máquina de encintado concéntrica. El núcleo del cable resultante con la cinta se puede tomar sobre un carrete. El núcleo del cable entonces se puede alimentar de nuevo a través del mismo trenzador de marco rígido para la aplicación de una pluralidad de elementos conductores alrededor del núcleo del cable.

Los métodos para transmitir electricidad se suministran aquí los cuales, sin embargo, no son parte de la invención reivindicada. Uno de tales métodos de transmitir electricidad puede comprender (i) instalar un cable eléctrico como se divulgó aquí, por ejemplo, que comprende un núcleo de cable y una pluralidad de elementos conductores que rodean el núcleo de cable, y (ii) transmitir electricidad a través del cable eléctrico. Otro método de transmitir electricidad puede comprender (i) suministrar un cable eléctrico como se divulgó aquí, por ejemplo, que comprende un núcleo de cable y una pluralidad de elementos conductores que rodean el núcleo del cable, y (ii) transmitir electricidad a través del cable eléctrico. En estas y otras realizaciones, el cable eléctrico, el núcleo de cable, y los elementos conductores pueden ser cualquier cable eléctrico, núcleo de cable, y los elementos conductores descritos aquí. Por ejemplo, el núcleo de cable puede comprender cualquier núcleo de material compuesto descrito aquí, por ejemplo, uno o más núcleos o hilos de material compuesto.

Ejemplos

La invención se ilustra adicionalmente mediante los siguientes ejemplos, que no deben ser considerados de ninguna manera que impone limitaciones al alcance de esta invención. Otros aspectos diferentes, realizaciones,

modificaciones, y equivalentes de los mismos los cuales, después de leer la descripción aquí pueden sugerir por sí mismos a una persona experta en la técnica sin apartarse del alcance de las reivindicaciones finales.

Ejemplo 1

Dos (2) cintas de fibra continua fueron inicialmente conformadas utilizando un sistema de extrusión como se describió sustancialmente anteriormente. Los filamentos de fibra de carbono (Toray T700SC, que contenían 12.000 filamentos de carbono tienen una resistencia a la tensión de 4.900 MPa y una masa por unidad de longitud de 0.8 g/m) se emplearon para las fibras continuas con cada cinta individual que contiene 4 filamentos. El polígono termoplástico utilizado para impregnar las fibras fue sulfuro de polifenileno (PPS) (FORTRON® PPS 205, disponible de Ticona, LLC), que tiene un punto de fusión de aproximadamente 280°C. Cada cinta contenía 50% en peso de fibras de carbono y 50% de PPS. Las cintas tenían un grosor de aproximadamente 0.18 mm y una fracción vacía de menos de 1.0%. Una vez formadas, las cintas fueron entonces alimentadas a una línea de poltrusión que opera a una velocidad de 20 pies/min. Antes del conformado las cintas fueron calentadas dentro de un horno infrarrojo (ajuste de energía de 305). Las cintas calentadas fueron entonces suministradas a una boquilla de consolidación que tiene un canal de forma circular que recibe las cintas y las comprime juntas mientras que se conforma la forma inicial de la varilla. Dentro de la boquilla, las cintas permanecieron a una temperatura de aproximadamente 177°C, luego de consolidación, la preforma resultante fue entonces brevemente enfriada con un dispositivo de anillo/túnel de aire que suministraba aire ambiente a una presión de 1 psig. La preforma fue entonces pasada a través de una línea de contacto formada entre dos rodillos y luego a una boquilla de calibración para la conformación final. Dentro de la boquilla de calibración, la preforma permaneció a una temperatura de aproximadamente 140°C. Después de salir de esta boquilla el perfil fue cubierto con un políéter éter cetona (PEEK), que tenía un punto de fusión de 350°C. La capa de cubierta tenía un grosor promedio de aproximadamente 0.1-0.15 mm. La parte resultante fue entonces enfriada con una corriente de aire. El núcleo de material compuesto resultante tuvo un diámetro exterior promedio de aproximadamente 3.4-3.6 mm, y contenía 45% en peso de fibras de carbono, 50% en peso de PPS y 5% en peso de material de cubierta.

Para determinar las propiedades de resistencia del núcleo de material compuesto, se efectuaron ensayos a la flexión de tres puntos de acuerdo con el ASTM D790-10, Procedimiento A. El radio de soporte y de nariz fue de 0.25 pulgadas, el espacio de soporte fue de 30 mm, y la longitud del espécimen fue de 2 pulgadas, y la velocidad de ensayo fue de 2 mm/min. El módulo a la flexión resultante fue de aproximadamente 31 GPa y la resistencia a la flexión fue de aproximadamente 410 MPa. La densidad de la parte fue de 1.48 g/sm³ y el contenido de vacío fue menor de aproximadamente 3%. El radio de doblez fue de 3.27 cm.

Ejemplo 2 (no parte de la invención reivindicada)

Dos (2) cintas de fibras continuas fueron inicialmente conformadas utilizando un sistema de extrusión como se describió sustancialmente arriba. Los filamentos de fibra de carbono (Toray T700SC) se emplearon para las fibras continuas con cada cinta individual que contiene 4 filamentos. El polímero termoplástico utilizado para impregnar las fibras fue FORTRON® PPS 205. Cada cinta contenía 50% en peso de fibras de carbono y 50% en peso de PPS. Las cintas tenían un grosor de aproximadamente 0.18 mm y una fracción de vacío de menos de 1.0%. Una vez formadas, entonces las cintas fueron alimentadas a una línea de poltrusión que opera a una velocidad de 20 pies/min. Antes de conformado, las cintas fueron calentadas dentro de un horno infrarrojo (con vibración de energía de 305). Las cintas calentadas fueron entonces suministradas a una boquilla de consolidación que tiene un canal de forma circular que recibía las cintas y las comprimía juntas mientras que se conforma la forma inicial de la varilla. Dentro de la boquilla, las cintas permanecían a una temperatura de aproximadamente 343°C. Luego de consolidación, la preforma resultante fue entonces brevemente enfriada con un dispositivo de anillo /túnel de aire que suministraba aire ambiente a una presión de 1 psig. La preforma fue entonces pasada a través de una línea de contacto formada entre dos rodillos, y luego a una boquilla de calibración para la conformación final. Dentro de la boquilla de calibración, la preforma permaneció a una temperatura de aproximadamente 140°C. Después de salir de esta boquilla el perfil fue recubierto con FORTRON® PPS 320, que tenía un punto de fusión de 280°C. La capa de cubierta tenía un grosor promedio de aproximadamente 0.1-0.15 mm. La parte resultante fue entonces enfriada con una corriente de aire. El núcleo de material compuesto resultante tenía un diámetro exterior promedio de aproximadamente 3.4- 3.6 mm, y contenía 45% en peso de fibras de carbono, 50% en peso de PPS, y 5% en peso de material de cubierta.

Para determinar las propiedades de resistencia del núcleo de material compuesto, se efectuó un ensayo de flexión de tres puntos de acuerdo con el ASTM D790-10 Procedimiento A. El radio de soporte y de nariz fue de 0.25 pulgadas, el espacio de soporte fue de 30 mm, la longitud del espécimen fue de 2 pulgadas, y la velocidad del ensayo fue de 2 mm/min. El módulo a la flexión resultante fue de 20.3 GPa y la resistencia a la flexión fue de aproximadamente 410 MPa. La densidad de la parte fue de 1.48 g/cm³ el contenido de vacío fue menor de aproximadamente 3%. El radio de doblez fue de 4.37 cm.

Ejemplo 3 (no es parte de la invención reivindicada)

Dos (2) cintas de fibras continuas fueron inicialmente conformadas utilizando un sistema de extrusión como se describió sustancialmente arriba. Los filamentos de fibra de vidrio (TUFROV® 4588 de PPG, que contenían filamentos de E-glass que tienen una resistencia a la tensión de 2.599 MPa y una masa por longitud unitaria de 0.0044 lb/yd (2.2 g/m) se emplearon para las fibras continuas con cada una de las cintas individuales que contienen 2 filamentos. El polímero termoplástico utilizado para impregnar las fibras fue sulfuro de polifenileno (PPS) (FORTRON® 205, disponible de Ticona, LLC), que tiene un punto de fusión de aproximadamente 280°C. Cada cinta contenía 56% en peso de fibras de vidrio y 44% en peso de PPS. Las cintas tenían un grosor de aproximadamente 0.18 mm y una fracción de vacío de menos de 1.0%. Una vez formada, las cintas fueron entonces alimentadas a una línea de poltrusión que opera a una velocidad de 20 pies/min. Antes del conformado, las cintas fueron calentadas dentro de un horno infrarrojo (configuración de energía de 330). Las cintas calentadas fueron entonces suministradas a una boquilla de consolidación que tiene un canal de forma circular que recibe las cintas y las comprime juntas mientras que se conforma la forma inicial de la varilla. Luego de consolidación, la preforma resultante fue brevemente enfriada con aire ambiente. La preforma fue entonces pasada a través de una línea de contacto formada entre dos rodillos, y luego a una boquilla de calibración para la forma final. Dentro de la boquilla de calibración, la preforma permaneció a una temperatura de aproximadamente 275°C. Después de salir esta boquilla, el perfil se cubrió con FORTRON® 205. La capa de cubierta tuvo un grosor promedio de aproximadamente 0.1- 0.15 mm. La parte resultante fue entonces enfriada con una corriente de aire. El núcleo de material compuesto resultante tenía un diámetro exterior promedio de aproximadamente 3.4- 3.6 mm, y contenía 50% en peso de fibra de vidrio y 50% en PPS.

Para determinar las propiedades de resistencia del núcleo de material compuesto, se efectuó un ensayo de flexión de tres puntos de acuerdo con el ASTM D790-10, Procedimiento A. El radio de soporte y de nariz fue de 0.25 pulgadas, y el espacio de soporte fue de 30 mm. La longitud del espécimen fue de 2 pulgadas, y la velocidad del ensayo fue de 2 mm/min. El módulo de flexión resultante fue de aproximadamente 18 GPa y la resistencia a la flexión fue de aproximadamente 590 MPa. El contenido de vacío fue aproximadamente 0% y el radio de doblez fue de 1.87 cm.

Ejemplo 4 (no parte de la invención reivindicada)

Dos (2) cintas de fibra continua fueron inicialmente conformadas utilizando un sistema de extrusión como se describió sustancialmente arriba. Los filamentos de fibra de vidrio (TUFROV®4588) se emplearon para las fibras continuas con cada cinta individual que contiene 2 filamentos. El polímero termoplástico utilizado para impregnar las fibras fue nylon 66 ((PA66), que tiene un punto de fusión de aproximadamente 250°C. Cada cinta contenía 60% en fibras de vidrio y 40% en nylon 66. Las cintas tenían un grosor de aproximadamente 0.18 mm y una fracción de vacío de menos de 1.0%. Una vez conformadas, las cintas fueron entonces alimentadas a una línea de poltrusión que opera a una velocidad de 10 pies/min. Antes de conformado, las cintas se calentaron dentro de un horno infrarrojo (configuración de energía de 320). Las cintas calentadas fueron entonces suministradas a una boquilla de consolidación que tiene un canal de forma circular que recibió las cintas las comprimió juntas mientras que conforman la forma inicial de la varilla. Luego de consolidación, la preforma resultante fue entonces brevemente enfriada con aire ambiente. La preforma fue entonces pasada a través de una línea de contacto formada entre dos rodillos, y luego a una boquilla de calibración para la conformación final. Dentro de la boquilla de calibración, la preforma permaneció a una temperatura de aproximadamente 170°C. Después de salir de esta boquilla, el perfil se cubrió con nylon 66. La capa de cubierta tuvo un grosor promedio de aproximadamente 0.1-0.15 mm. La parte resultante fue entonces enfriada con una corriente de aire. El núcleo de material compuesto resultante tuvo un diámetro exterior promedio de aproximadamente 3.4-3.6 mm, y contenía 53% en peso de fibras de vidrio, 40% en peso de nylon 66 y 7% en peso de material de cubierta.

Para determinar las propiedades de resistencia del núcleo de material compuesto, se efectuó un ensayo de flexión de tres puntos de acuerdo con el ASTM D790-10, Procedimiento A. El radio de soporte y de nariz fue de 0.25 pulgadas, el espacio de soporte fue de 30 mm, la longitud del espécimen fue de 2 pulgadas, y la velocidad del ensayo fue de 2 mm/min. El módulo de flexión resultante fue de aproximadamente 19 GPa la resistencia a la flexión fue de aproximadamente 549 MPa. El contenido de vacío fue de aproximadamente 0%, y el radio de doblez fue de 2.34 cm.

Ejemplo 5

Tres (3) tandas de ocho (8) núcleos se formaron los cuales tienen diferentes niveles de fracción de vacío. Para cada varilla, dos (2) cintas de fibra continua fueron inicialmente conformadas utilizando un sistema de extrusión como se describió sustancialmente arriba. Filamentos de fibras de carbono (Toray T700SC, que contenían 12.000 filamentos de carbono que tienen una resistencia a la tensión de 4.900 MPa y una masa por longitud unitaria de 0.8 g/m) se emplearon para las fibras continuas con cada cinta individual que contenía 4 filamentos. El polímero termoplástico que se utilizó para impregnar las fibras fue sulfuro de polifenileno ("PPS") (FORTRON® PPS 205), disponible de Ticona, LLC), que tenía un punto de fusión de aproximadamente 280°C. Cada cinta contenía 50% en peso de fibras de carbono y 50% en peso de PPS. Las cintas tenían un grosor de aproximadamente 0.18 mm y una fracción de vacío de menos de 1.0%. Una vez conformada, las cintas fueron entonces alimentadas a una línea de poltrusión que opera a una velocidad de 20 pies/min. Antes de conformado, las cintas fueron calentadas dentro de un horno

infrarrojo (configuración de energía de 305). Las cintas calentadas fueron entonces suministradas a una boquilla de consolidación que tiene un canal de forma circular que recibía las cintas y las comprimía juntas aunque conformando la forma inicial de la varilla. Dentro de la boquilla, las cintas permanecían a una temperatura de aproximadamente 177°C. Luego de consolidación, la preforma resultante fue entonces brevemente enfriada con un dispositivo de anillo/túnel de aire que suministraba aire ambiente a una presión de 1 psi. La preforma fue entonces pasada a través de una línea de contacto formada entre dos rodillos, y luego una boquilla de calibración para la conformación final. Dentro de la boquilla de calibración, la preforma permaneció a una temperatura de aproximadamente 140°C. Después de salir de esta boquilla, el perfil fue cubierto con una poliéter éter cetona ("PEEK"), que tenía un punto de fusión de 350°C. La capa de cubierta tenía un grosor de aproximadamente 0.1 mm. El núcleo de material compuesto resultante fue entonces enfriado con una corriente de aire. El núcleo de material compuesto resultante tuvo un diámetro de aproximadamente 3.5 mm, y contenía 45% en fibras de carbono, 50% en peso de PPS, y 5% en peso de material de cubierta.

Una primer tanda de núcleos de material compuesto tenía una fracción de vacío media de 2.78%. Una segunda tanda de núcleos de material compuesto tenía una fracción de vacío media de 4.06%. Una tercera tanda de núcleos de material compuesto tenía una fracción de vacío media de 8.74%. Las mediciones de fracción de vacío se efectuaron utilizando exploración CT. Un detector de alta resolución Metrotom 1500 (2k x 2k) se utilizó para explorar los especímenes de núcleo. La detección se hizo utilizando un modo de análisis mejorado con un umbral de probabilidad menor. Una vez que se exploraron los especímenes para fracción de vacío, se utilizó el software Volume Graphics para interpretar los datos de las exploraciones 3D, y calcular los niveles de vacío en cada espécimen.

Para determinar la vida de fatiga a la flexión y las resistencias a la flexión residual de las varillas, se efectuó un ensayo de fatiga a la flexión de tres puntos de acuerdo con el ASTM D790. El espacio de soporte fue de 2.2 pulgadas y la longitud del espécimen fue de 3 pulgadas. Cuatro (4) núcleos de material compuesto de cada tanda se ensayaron a un nivel de carga de 160 Newtons ("N") y cuatro (4) núcleos de material compuesto de cada tanda fueron ensayados a un nivel de carga de 180 N, respectivamente, que representan aproximadamente 50% y 55% de la resistencia a la flexión pristina (estática) de los núcleos. Cada espécimen se ensayó a un millón de ciclos a una frecuencia de 10 Hertz (Hz)

Antes y después del ensayo de fatiga, para determinar las propiedades de resistencia a la flexión pristina y residual respectiva de las varillas, se efectuó un ensayo de flexión de 3 puntos de acuerdo con el ASTM D790-10, Procedimiento A. Las resistencias a la flexión pristina y residual promedio de cada tanda y cada nivel de carga se registraron. La resistencia a la flexión pristina resultante para la tercer tanda fue de 107 ksi, y la resistencia a la flexión residual resultante para la tercer tanda fue de 75 ksi, así resultando en una reducción de aproximadamente 29%. La resistencia a la flexión pristina resultante para la segunda tanda fue de 108 ksi, y la resistencia a la flexión residual resultante para la segunda tanda fue de 72 ksi, resultando así en una reducción de aproximadamente 33%. La resistencia a la flexión pristina resultante para la primera tanda fue de 106 ksi, y la resistencia a la flexión residual resultante para la primera tanda fue de 105 ksi, resultando así en una reducción de aproximadamente 1%.

Ejemplo 6

La Figura 15 ilustra un cable 520 eléctrico producido en el Ejemplo 6. Los 26 elementos 522 conductores formaban una primera capa 526 y una segunda capa 528. El núcleo 500 del cable era un hilo de 7 núcleos de material compuesto. Una cinta 530 entre núcleo 500 del cable y los elementos 522 conductores cubrían parcialmente el núcleo 500 del cable en una disposición helicoidal.

El cable eléctrico se produjo como sigue. Siete (7) núcleos de material compuesto que tienen un diámetro de aproximadamente 3.5 mm fueron trenzados para formar un núcleo de cable trenzado con un paso de cableado de 508 mm. Los núcleos de material compuesto fueron similares a aquellos producidos en el Ejemplo 1 anterior. El núcleo del cable se aseguró con una cinta de hoja de aluminio laminada a un entelado de fibra de vidrio y adhesivo a base de silicona. 26 alambres conductores fueron colocados por encima y alrededor del núcleo del cable y la cinta en dos capas como se muestra en la Fig. 15. Los alambres conductores tenían un diámetro de aproximadamente 4.5 mm, y fueron fabricados de aluminio 1350 completamente recocido. La resistencia final a la tensión del cable fue de aproximadamente 19.760 psi (136 MPa)

Ejemplo 7

La Figura 15 ilustra el cable 520 eléctrico producido en el Ejemplo 7. Los 26 elementos 522 conductores formaron una primera capa 526 y una segunda capa 528. El núcleo 500 del cable era un hilo de 7 núcleos de material compuesto. Una cinta 530 entre el núcleo 500 del cable y los elementos 522 conductores cubría parcialmente el núcleo 500 del cable en un arreglo helicoidal.

El cable eléctrico se produjo como sigue. Siete (7) núcleos de material compuesto que tienen un diámetro de aproximadamente 3.5 mm fueron trenzados para formar un núcleo de cable trenzado con un paso de cableado de 508 mm. Los núcleos de material compuesto fueron similares a aquellos producidos en el Ejemplo 1 anterior. El

núcleo del cable se aseguró con una cinta de hoja de aluminio laminada a un entelado de fibra de vidrio y un adhesivo a base de silicona. 26 alambres conductores fueron colocados por encima y alrededor del núcleo del cable y la cinta en dos capas como se muestra en la Fig. 15. Los alambres conductores tenían un diámetro de aproximadamente 4.5 mm, y fueron fabricados de una aleación de aluminio que contenía zirconio (aproximadamente 0.2- 0.33% de zirconio). La Figura 16 ilustra los datos de tensión- deformación para el cable eléctrico del Ejemplo 7

El cable eléctrico del Ejemplo 7 fue ensayado por sus propiedades de resistencia a la fatiga y/o vibración de acuerdo con el ensayo de vibración Eólica especificado en el IEEE 1138. El cable eléctrico del Ejemplo 7 pasó el ensayo de vibración Eólica a 100 millones de ciclos.

Utilizando un modelamiento matemático basado en los cables de transmisión suspendidos similares al Ejemplo 7, fueron estimados los valores de deslizamiento de 10 años para el cable eléctrico del Ejemplo 7. Los valores de deslizamiento de 10 años calculados al 15%, 20%, 25%, y 30% RBS (tensión nominal en ruptura) fueron aproximadamente 0.054%, aproximadamente 0.081%, aproximadamente 0.119%, y aproximadamente 0.163%, respectivamente

Ejemplo 8 de Construcción

La Figura 17 ilustra un cable 620 eléctrico que se puede producir en el Ejemplo 8 de construcción. Los 26 elementos 622 conductores pueden formar una primera capa 626 y una segunda capa 628. El núcleo 600 de cable puede ser un hilo de 7 núcleos de material compuesto. Una cinta 630 entre el núcleo del cable 600 y los elementos 622 conductores puede cubrir parcialmente el núcleo 600 del cable en un arreglo helicoidal

El cable eléctrico de la fig. 17 se puede producir como sigue. Siete (7) núcleos de material compuesto que tienen un diámetro de aproximadamente 3.5 mm pueden ser trenzados para formar un núcleo de cable trenzado con un paso de cableado de 508 mm. Los núcleos de material compuesto pueden ser similares a aquellos producidos en el Ejemplo 1 anterior. El núcleo del cable se puede asegurar con una cinta de hoja de aluminio laminada a un entelado de fibra de vidrio y un adhesivo a base de silicona. 26 alambres conductores se pueden colocar por encima y alrededor del núcleo del cable y la cinta en dos capas como se muestra en la Fig. 17. Los conductores pueden ser alambres trapezoidales que tienen un área en sección transversal de aproximadamente 15-17 mm², y se pueden fabricar de un aluminio 1350 recocido (o alternativamente, una aleación de aluminio que contiene zirconio).

REIVINDICACIONES

1. Un cable eléctrico que comprende:

- 5 (a) un núcleo de cable que comprende al menos un núcleo de material compuesto, el núcleo de material compuesto comprende:
 - 10 (i) al menos una varilla que comprende una pluralidad de filamentos impregnados termoplásticos consolidados, los filamentos comprenden fibras continuas orientadas en la dirección longitudinal y una matriz termoplástica que incorpora las fibras, las fibras tienen una proporción de resistencia a la tensión final a masa por longitud unitaria mayor de aproximadamente 1.000 MPa/g/m en donde la varilla comprende de aproximadamente 25% en peso a aproximadamente 80% en peso de fibras y de aproximadamente 20% en peso a aproximadamente 75% en peso de matriz termoplástica, y en donde la matriz termoplástica comprende un sulfuro de poliarileno; y
 - 15 (ii) una capa de cubierta que rodea la al menos una varilla, en donde la capa de cubierta comprende una poliéter éter cetona que está libre de fibras continuas o contiene menos de aproximadamente 10% en peso de fibras continuas;
 - 20 en donde el núcleo de material compuesto tiene un módulo de flexión de al menos aproximadamente 10 GPa; y
 - (b) una pluralidad de elementos conductores que rodean el núcleo del cable.
2. El cable de la reivindicación 1, en donde:
- 25 la varilla comprende de aproximadamente 30% en peso a aproximadamente 75% en peso de fibras;
 - las fibras comprenden fibras de carbono; y
 - 30 el sulfuro de poliarileno comprende un sulfuro de polifenileno
3. El cable de la reivindicación 1 o 2, en donde las fibras tienen una proporción de resistencia a la tensión final a masa por longitud unitaria de aproximadamente 5.500 a aproximadamente 20.000 MPa/g/m
4. El cable de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el núcleo de material compuesto tiene:
- 35 un módulo de flexión de aproximadamente 15 a aproximadamente 200 GPa; y
 - una resistencia a la tensión final de aproximadamente 500 MPa a aproximadamente 3.500 MPa.
5. El cable de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el núcleo de material compuesto tiene:
- 40 un módulo elástico en el rango de aproximadamente 70 GPa a aproximadamente 300 GPa; o
 - 45 una densidad en el rango de aproximadamente 1.2 g/cc a aproximadamente 1.8 g/cc; o
 - una proporción de resistencia peso en el rango de aproximadamente 500 MPa/(g/cc) a aproximadamente 1.100 MPa/(g/cc); o
 - 50 una elongación porcentual a ruptura en el rango de aproximadamente 1% a aproximadamente 2.5%; o
 - un coeficiente de expansión térmica lineal en la dirección longitudinal en el rango de aproximadamente -0.4 a aproximadamente 5 ppm por °C; o
 - 55 un radio de doblez en el rango de aproximadamente 1 cm a aproximadamente 50 cm; o
 - una fracción de vacío menor de aproximadamente 6%; o
 - cualquier combinación de las mismas.
6. El cable de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde:
- 60 la varilla comprende de 2 a 20 filamentos; y cada filamento comprende de aproximadamente 1.000 a aproximadamente 100.000 fibras continuas individuales.
7. El cable de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el núcleo del cable comprende dos o más núcleos de material compuesto.
- 65

8. El cable de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el núcleo del cable es un núcleo trenzado que comprende de 2 a 37 núcleos de material compuesto, cada núcleo de material compuesto tiene una forma en sección transversal sustancialmente circular.
- 5 9. El cable de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde el cable comprende hasta 84 elementos conductores, en donde el área total de los elementos conductores está en el rango de aproximadamente 167 a aproximadamente 3500 kcmil.
- 10 10. El cable de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde:
- los elementos conductores comprendan cobre, una aleación de cobre, aluminio, una aleación de aluminio, o cualquier combinación de las mismas; o
- 15 los elementos conductores están dispuestos en 2, 3, o 4 capas alrededor del núcleo del cable; o
- los elementos conductores tienen una forma en sección transversal circular o una forma en sección transversal sustancialmente trapezoidal; o
- 20 cualquier combinación de las mismas.
11. El cable de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde los elementos conductores comprenden aluminio o una aleación de aluminio que tiene una conductividad eléctrica IACS en el rango de aproximadamente 59% a aproximadamente 65%.
- 25 12. El cable de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en donde el cable tiene:
- un afloje, a una temperatura nominal de 180°C, para un espacio de nivel de 300 metros con una carga ligera NESC, en el rango de aproximadamente 3 a aproximadamente 9.5 m; y
- 30 un afloje, a una temperatura nominal de 180°C para un espacio de nivel de 300 metros con una carga pesada NESC, en el rango de aproximadamente 3 a aproximadamente 7.5 m.
13. El cable de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en donde el cable tiene:
- 35 un parámetro de tensión en el rango de aproximadamente 20 MPa a aproximadamente 50 MPa; o
- un valor de deslizamiento de 10 años al 15% RBS (tensión nominal de ruptura) de menos de aproximadamente 0.2%; o
- 40 un valor de deslizamiento de 10 años a 30% RBS (tensión nominal de ruptura) menor de menos de aproximadamente 0.25%; o
- una temperatura operativa máxima en un rango de aproximadamente 100°C a aproximadamente 250°C; o
- 45 cualquier combinación de los mismos.
14. El cable de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en donde el cable pasa un ensayo de vibración Eólica a 100 millones de ciclos
- 50 15. El cable de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, que comprende además una capa parcial o completa de la cinta entre el núcleo del cable y la pluralidad de elementos conductores.
16. El cable de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, en donde el cable es un cable de transmisión suspendido de alto voltaje.
- 55 17. Un método para elaborar un cable eléctrico, el método comprende:
- (A) suministrar un núcleo de cable que comprende al menos un núcleo de material compuesto, el núcleo de material compuesto comprende
- 60 (i) al menos una varilla que comprende una pluralidad de filamentos impregnados termoplásticos consolidados, los filamentos comprenden fibras continuas orientadas en la dirección longitudinal y una matriz termoplástica que incorpora las fibras, las fibras tienen una proporción de resistencia a la tensión final a masa por longitud unitaria mayor de aproximadamente 1.000 MPa/g/m, en donde la varilla comprende desde aproximadamente 25% en peso a
- 65

aproximadamente 80% en peso de las fibras y aproximadamente 20% en peso a aproximadamente 75% en peso de la matriz termoplástica, y en donde la matriz termoplástica comprende un sulfuro de poliarileno y;

- 5 (ii) una capa de cubierta que rodea la al menos una varilla, en donde la capa de cubierta comprende un poliéter éter cetona y está libre de fibras continuas o contiene menos de aproximadamente 10% en peso de fibras continuas; en donde el núcleo de material compuesto tiene un módulo a la flexión de al menos aproximadamente 10 GPa; y

(B) rodear el núcleo del cable con una pluralidad de elementos conductores.

- 10 18. El método de la reivindicación 17, que comprende además la etapa de envolver parcial o completamente el núcleo del cable con una cinta antes de la etapa (B)

- 15 19. El método de la reivindicación 17, que comprende además una etapa de recubrir parcial o completamente el núcleo del cable con un material polimérico antes de la etapa (B).

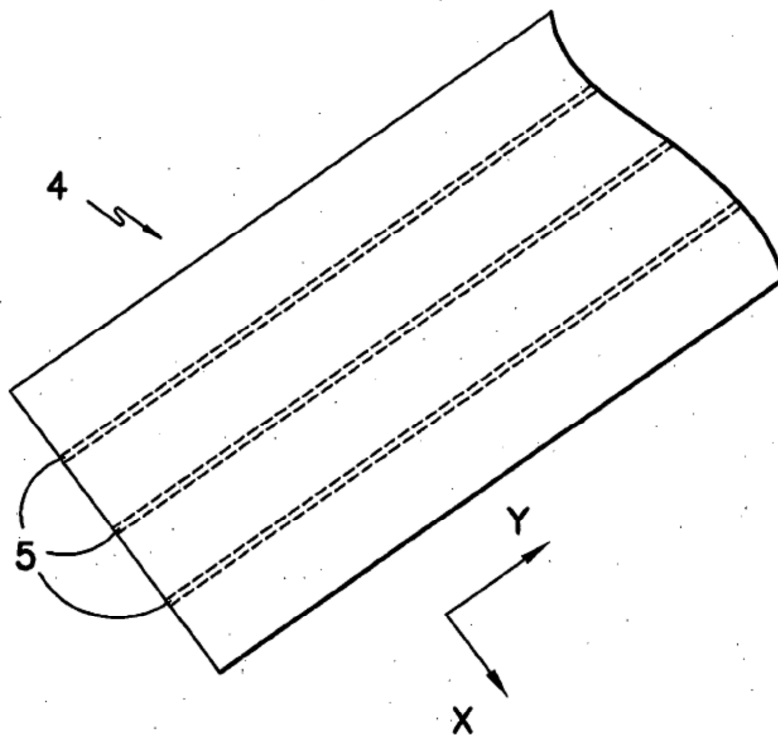


FIG. -1-



FIG. -2-

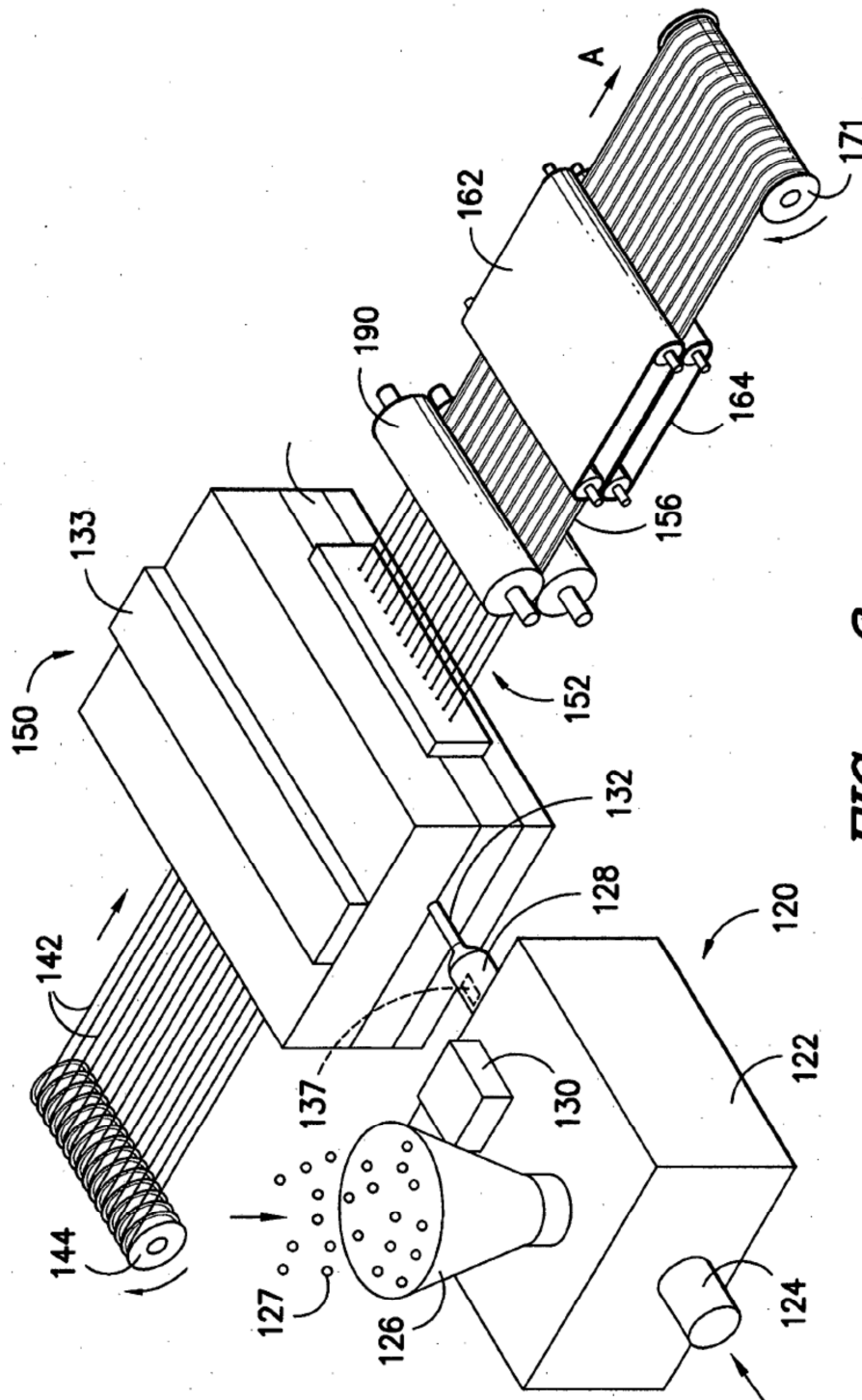
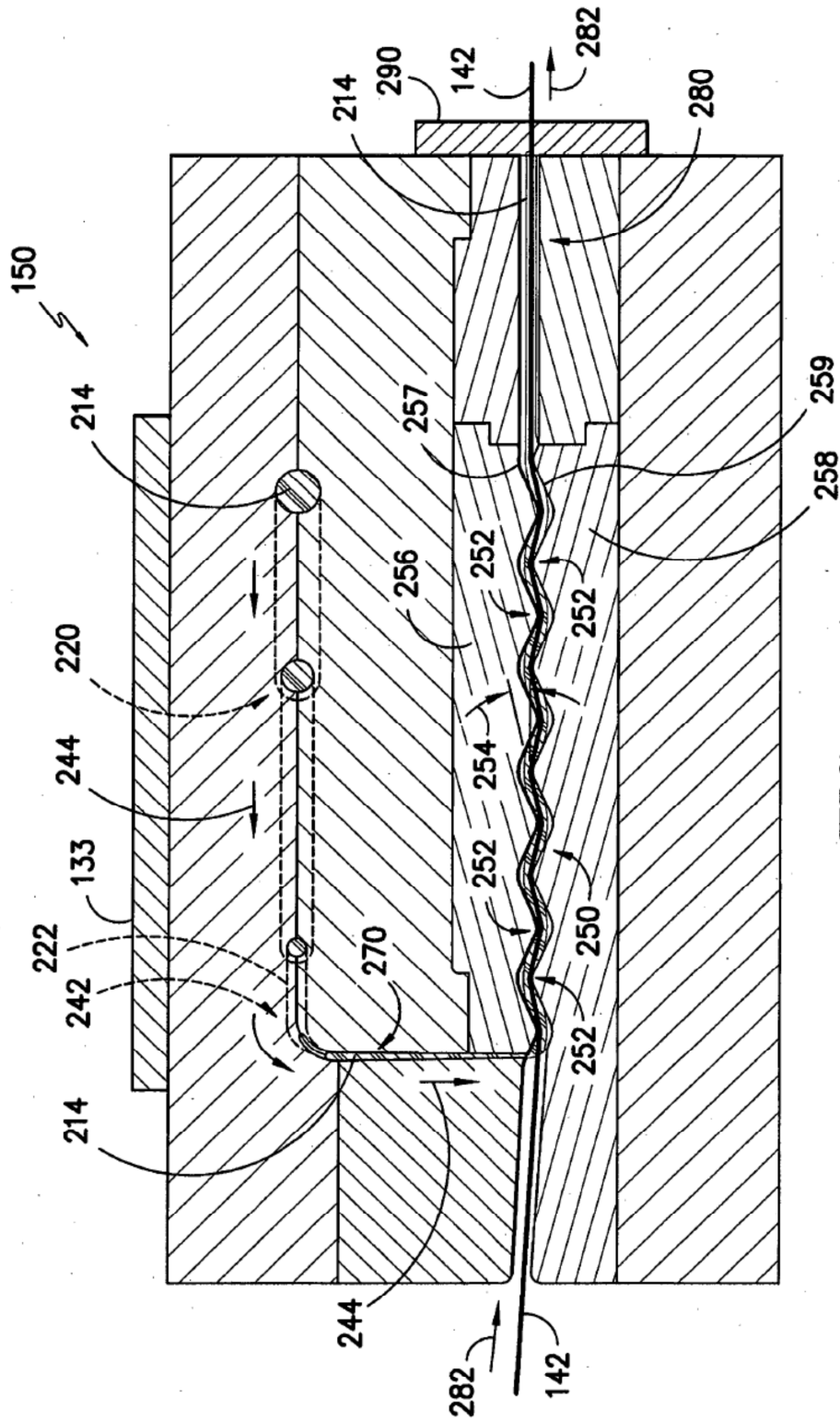


FIG. -3-



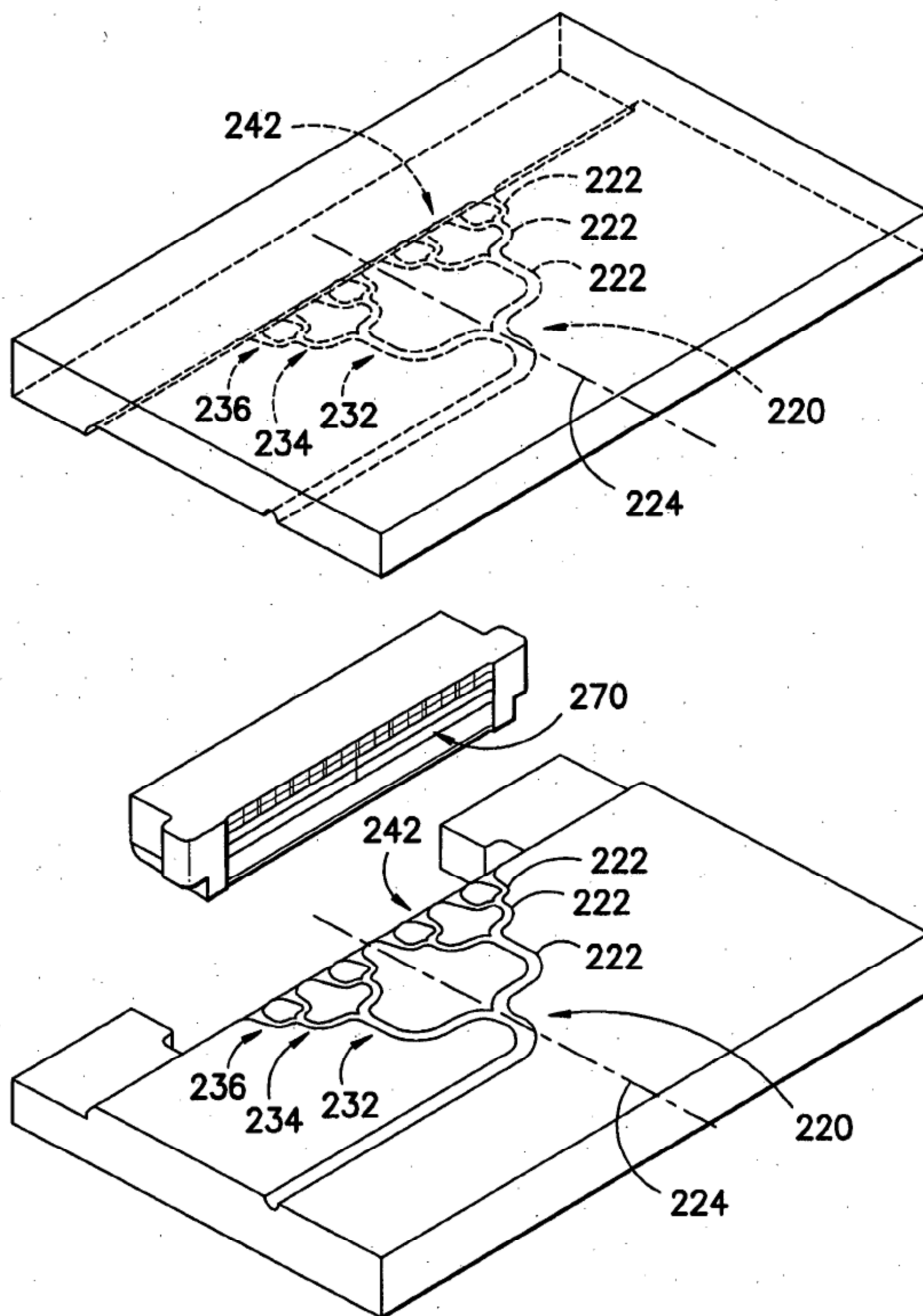
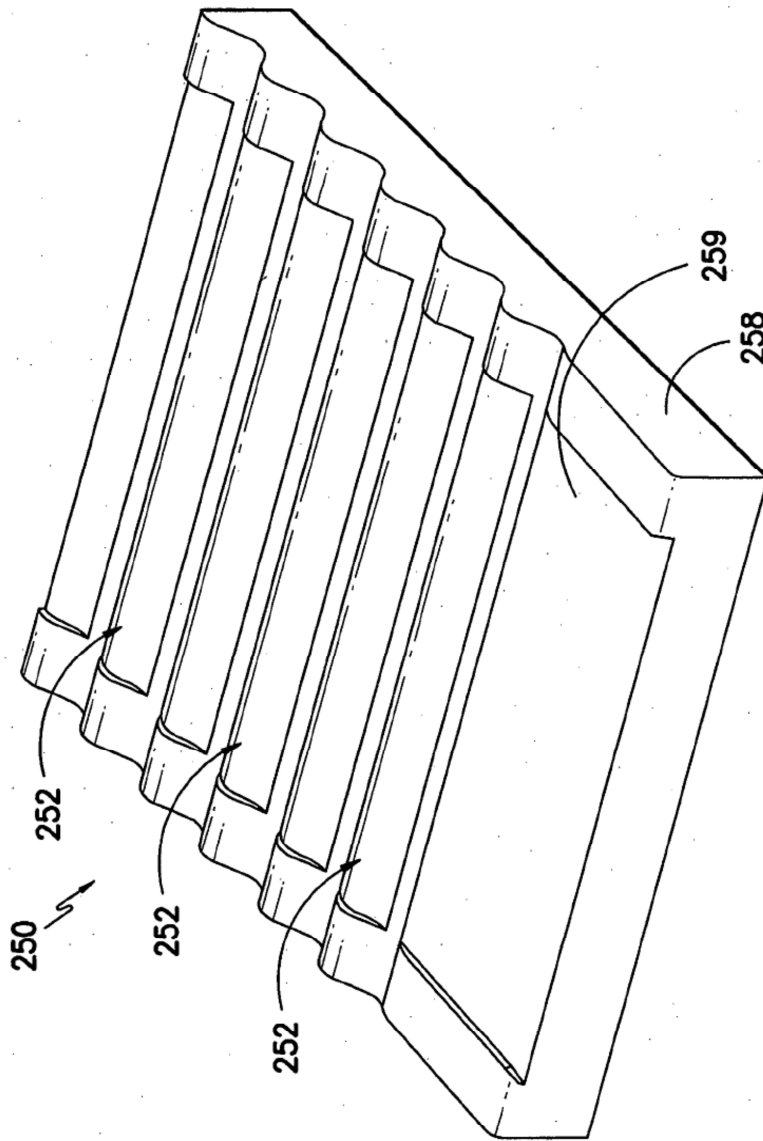


FIG. -5-



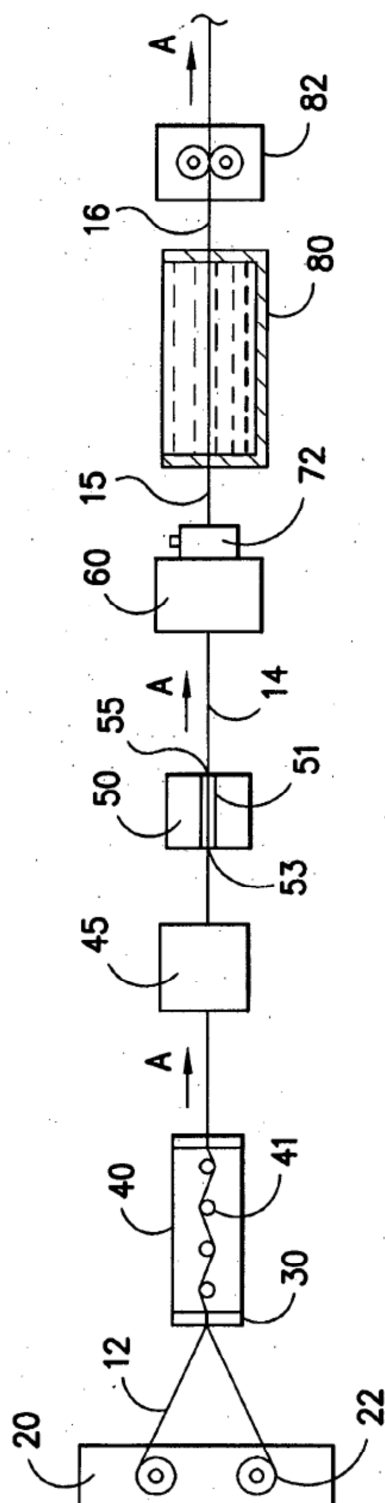
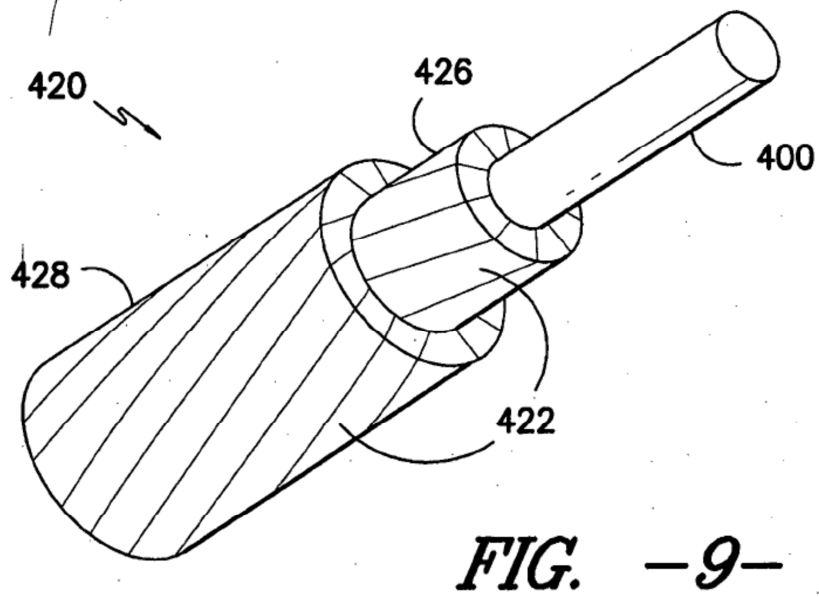
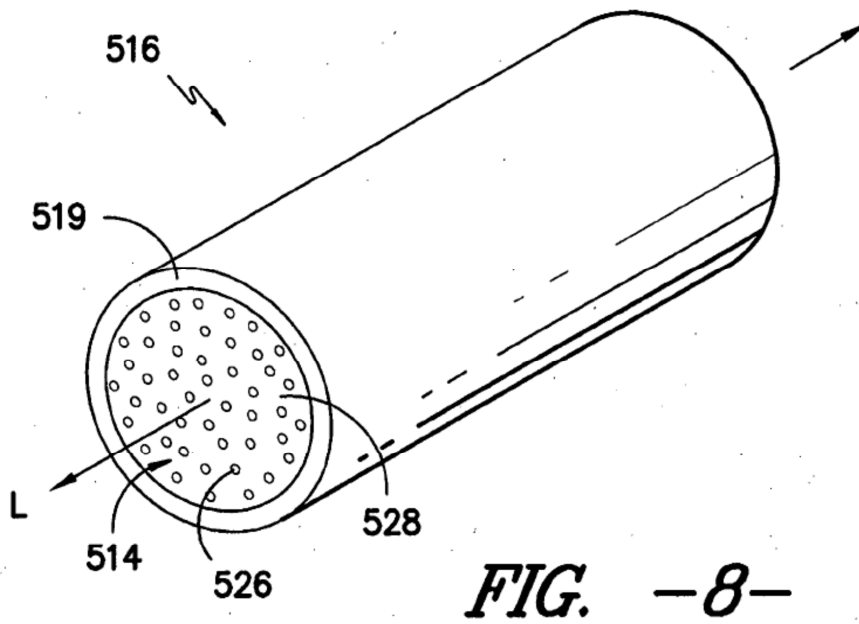
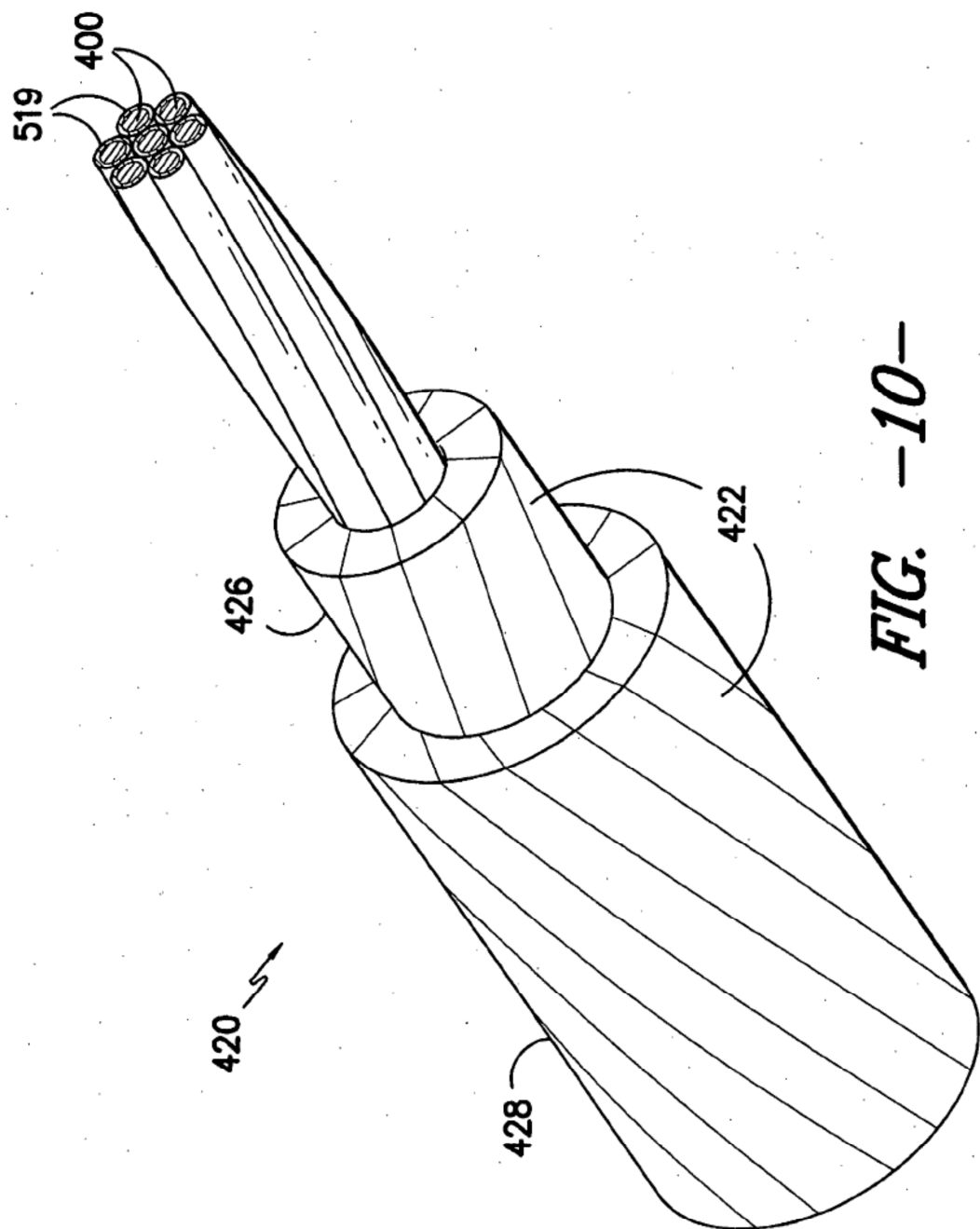


FIG. 7-





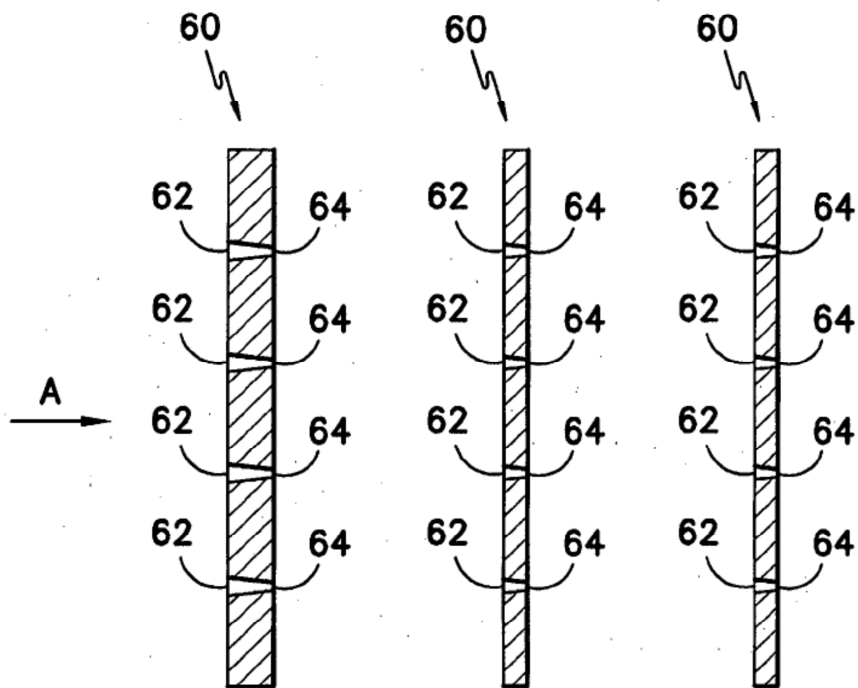


FIG. -11-

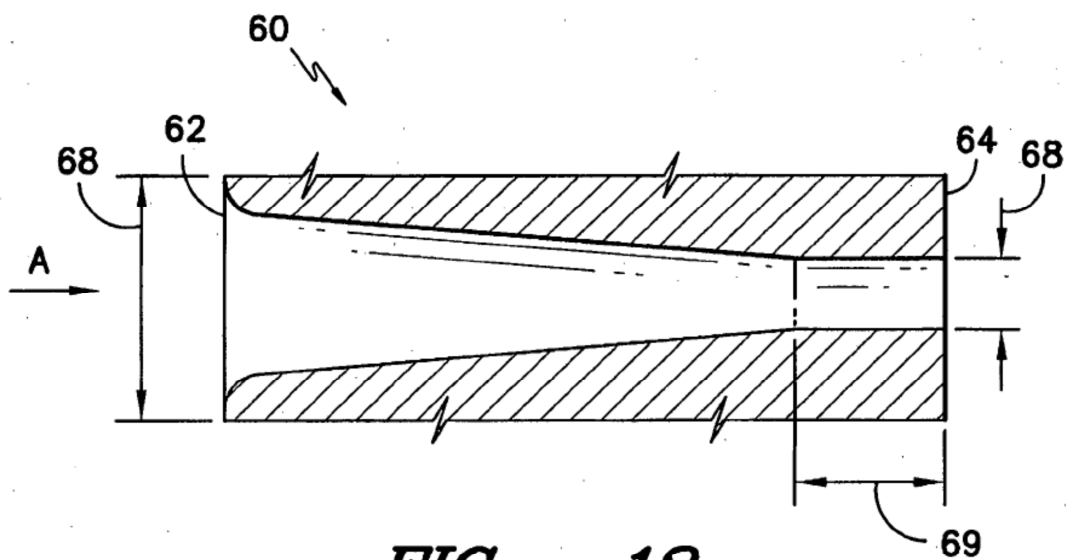


FIG. -12-

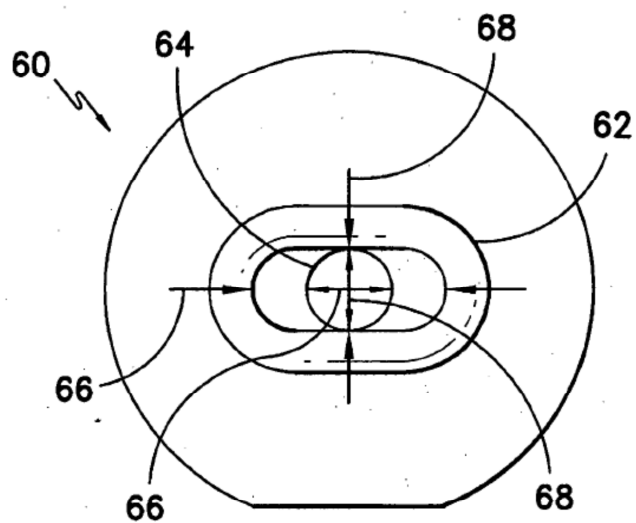


FIG. -13-

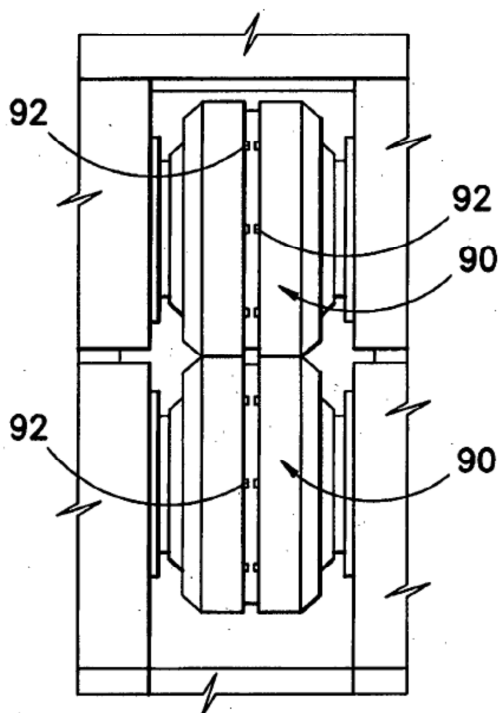


FIG. -14-

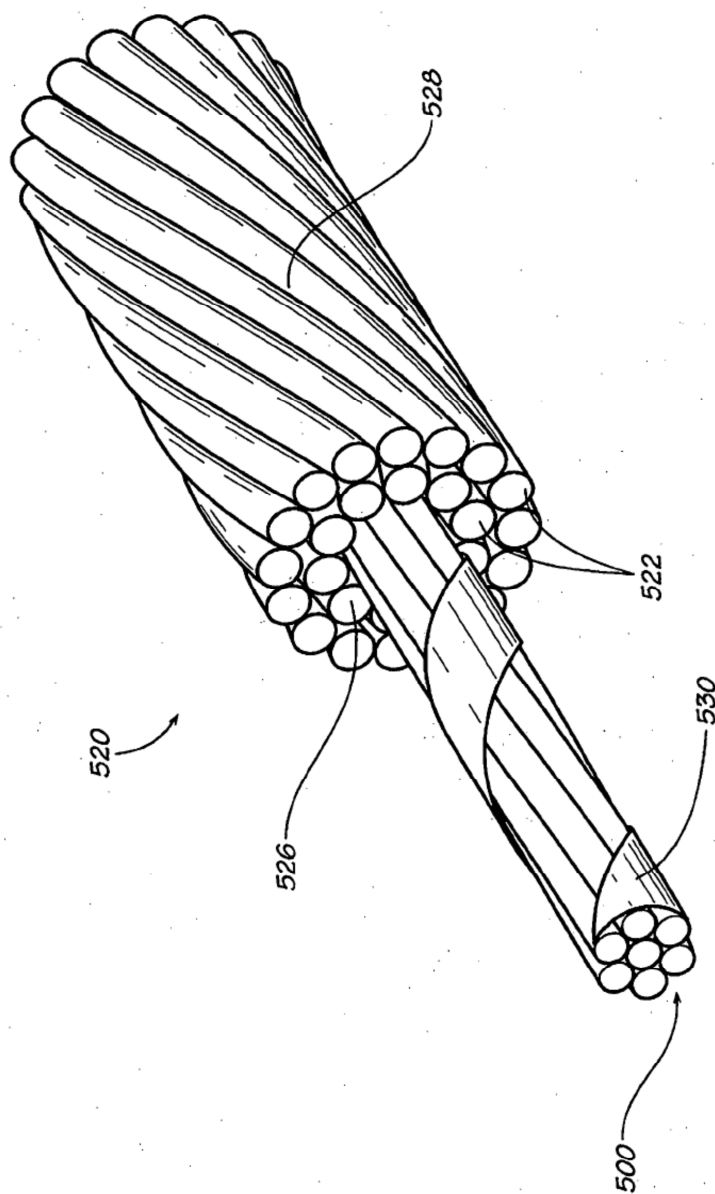


FIG. 15

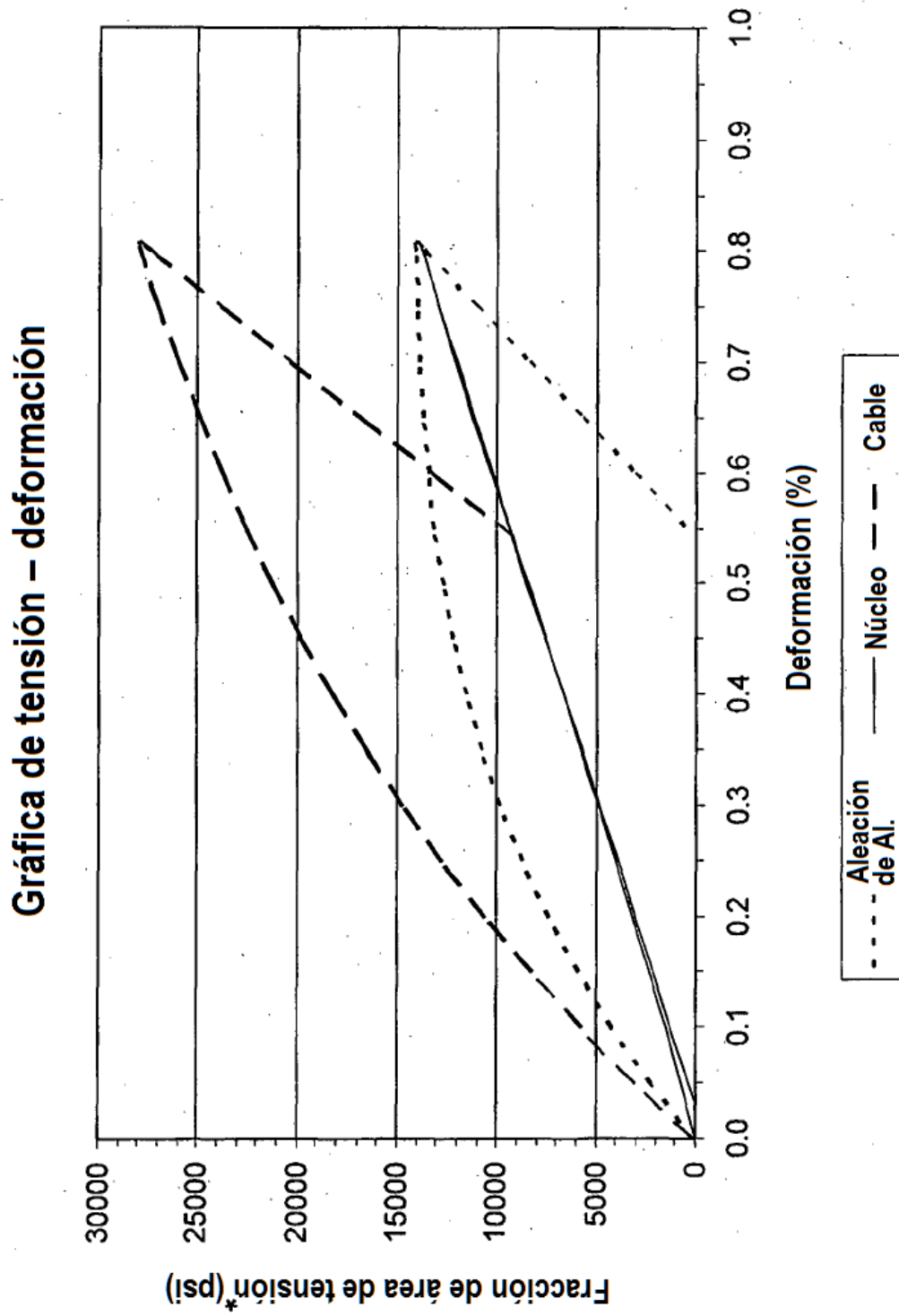


FIG. 16

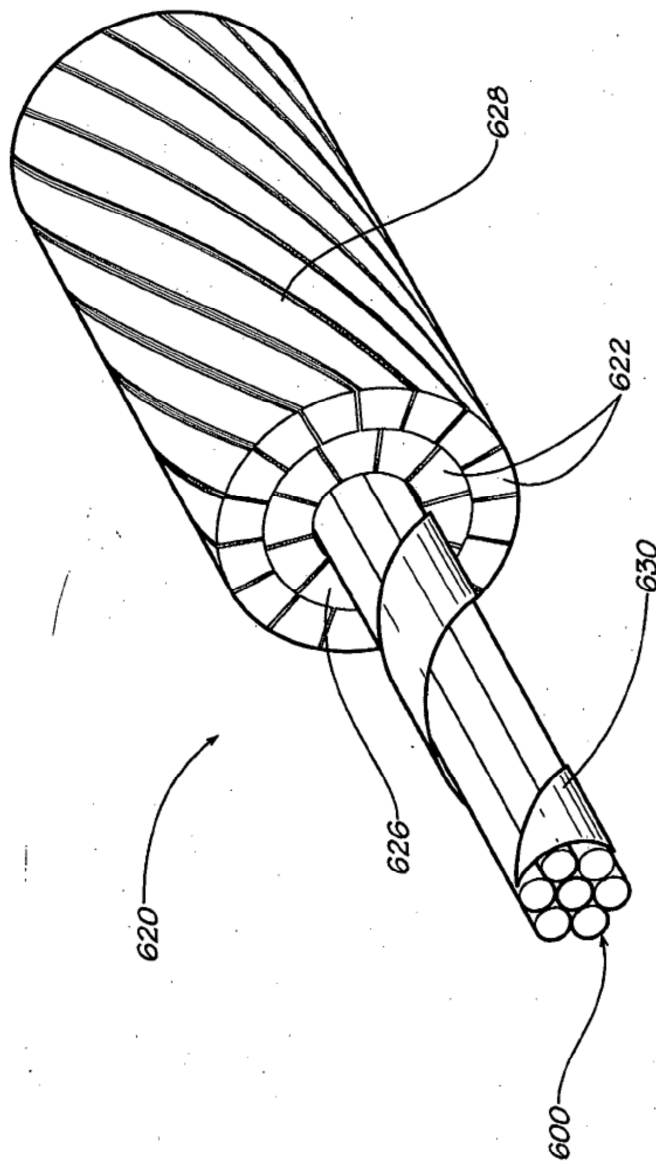


FIG. 17