

HUMBERTO RUBIO & CIA.

ABOGADOS

Cra. 7a # 74 – 64 Oficina 506
Tel: (571) 3132408 – 3132423 - 3132410 - 3131759
Fax: (571) 3131647 - 3132367
E-mail: mail@rubiolawyers.com
Apartado Aéreo 21848
Bogota, D.C. -Colombia

Doctora

Alix Carmenza CÉSPEDES DE VERGEL

Jefe División de Nuevas Creaciones

Superintendencia de Industria y Comercio

E. S. D.

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 04-100605- -00008-0000

Fecha: 2010-11-16 15:18:57 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 444 RESPUESTAREQUE Folios: 50

REF: Expediente No.

04-100.605

Patente de Invención:

**"CABLE CONDUCTOR DE ALUMINIO
REFORZADO CON NUCLEO COMPUESTO
Y METODO DE FABRICACION"**

Solicitud Internacional No:

PCT/US2003/12520

Titular:

**COMPOSITE TECHNOLOGY
CORPORATION**

RESPUESTA A REQUERIMIENTO

OFICIO No. 09238 y CONCEPTO TECNICO No. 2290 DE 23 DE JULIO DE 2010

HUMBERTO RUBIO CAMACHO, mayor de edad, domiciliado en Bogotá, D.C., identificado con la cédula de ciudadanía número 17'192.062 de Bogotá, abogado graduado portador de la Tarjeta Profesional No. 50.007 expedida por el Consejo Superior de la Judicatura, actuando en carácter de **Apoderado** de **COMPOSITE TECHNOLOGY CORPORATION**, domiciliado en 18881 Von Karman, Suite 1630, Irvine, California, Estados Unidos de América; debidamente reconocido por su Despacho, encontrándome dentro de la debida oportunidad procesal para dar respuesta al auto proferido por su Despacho, mediante Oficio No.09238 y Concepto Técnico No.2290 notificado por fijación en lista de 23 de julio del 2010, cuya prorrogación de termino fue radicada ante esa entidad el 12 de octubre de 2010, me permito:

Manifiestar:

I. Del Capítulo Descriptivo y Reivindicatorio

Capítulo Descriptivo

Se presenta un nuevo Capítulo Descriptivo corrigiendo las unidades de medidas utilizando el sistema internacional SI, cumpliendo el requisito de claridad para su comprensión y ejecución de acuerdo a lo establecido por el artículo 28 de la Decisión 486.

Capítulo Reivindicatorio

Siguiendo las sugerencias y comentarios del examinador realizados en el Concepto Técnico, se presenta un nuevo capítulo reivindicatorio, que reemplaza el presentado anteriormente sin que haya materia no reivindicada anteriormente. Las nuevas reivindicaciones se refieren al cable eléctrico de transmisión y distribución y el método de fabricación del cable, reclamando en forma independiente el núcleo del cable, como único objeto de la solicitud; dando cumplimiento a los requisitos de concisión y claridad, señalados en el artículo 30 de la Decisión 486.

HUMBERTO RUBIO & CIA.

ABOGADOS

Expediente No. 04-100605

Página 2 de 2

Por lo tanto, entendemos que cabe concluir que las nuevas reivindicaciones no sólo definen materia novedosa sino también materia que no resulta evidente para una persona versada en la materia y, en consecuencia, también implican una actividad inventiva.

Anexamos:

1. Nuevo capítulo descriptivo; y
2. Nuevo capítulo reivindicatorio.

Petición:

Conforme a lo anterior, una vez atendidos los requerimientos y exigencias del examinador y al tener en cuenta el nuevo capítulo descriptivo y reivindicatorio, así como los argumentos expuestos, solicito muy respetuosamente a su Despacho, continuar el trámite de rigor y de ser el caso se hagan las correspondientes observaciones con el ánimo de hacer lo pertinente dentro del presente trámite.

Atentamente,



HUMBERTO RUBIO CAMACHO

C.C. 17'192.062 de Bogotá

**T.P. 50.007 Consejo Superior
de la Judicatura**

COD. 4134

**CABLE CONDUCTOR DE ALUMINIO REFORZADO
CON NÚCLEO COMPUESTO Y MÉTODO DE FABRICACIÓN**

Reivindicación de prioridad

En relación a esta Solicitud Internacional, los
5 solicitantes tienen derecho a reivindicar prioridad por la
anterior solicitud provisional de Estados Unidos número de
serie 60/374.879 presentada en la Oficina de Patentes y
Marcas de Estados Unidos el 23 de abril de 2002. La
solicitud provisional de Estados Unidos número de serie
10 60/374.879 se incorpora por referencia a esta Solicitud
Internacional.

Campo técnico

La presente invención se refiere a un cable conductor
de aluminio reforzado con núcleo compuesto (ACCC) y método
15 de fabricación. Más en concreto, a un cable para suministrar
corriente eléctrica que tiene un núcleo compuesto reforzado
de fibra resina termoestable rodeado por conductor de
aluminio capaz de llevar ampacidad incrementada a
temperaturas elevadas.

20 Antecedentes de la invención

Esta invención se refiere a elementos de núcleo
compuesto y productos de cable conductor de aluminio
reforzado con núcleo compuesto (ACCC) hechos a partir de los
mismos. Esta invención también se refiere a un proceso de
25 formación de un cable conductor de aluminio reforzado con
núcleo compuesto (ACCC). En el cable tradicional reforzado
con acero conductor de aluminio (ACSR), el conductor de
aluminio transmite la potencia y el núcleo de acero está
diseñado a transportar la carga de transferencia.

30 En un cable ACCC, el núcleo de acero del cable ACSR se
sustituye por un núcleo compuesto incluyendo al menos un
tipo de fibra reforzado en una matriz de resina
termoestable. La sustitución del núcleo de acero tiene
muchas ventajas. Un cable ACCC puede mantener temperaturas
35 operativas en el rango de 90 a 230°C sin pandeo
correspondiente inducido en los cables ACSR tradicionales.
Además, para incrementar la ampacidad, un cable ACCC acopla
un módulo de elasticidad más alto con un coeficiente de
expansión térmica más bajo.

40 Esta invención se refiere a un cable conductor de
aluminio reforzado con núcleo compuesto adecuado para

operación a temperaturas operativas altas sin las limitaciones operativas de corriente inherentes a otros cables para proporcionar corriente eléctrica donde la provisión de corriente eléctrica incluye cables de distribución y transmisión. Los cables ACSR típicos pueden 5 operar a temperaturas de hasta 100°C en una base continua sin ningún cambio significativo en las propiedades físicas del conductor relacionadas con una reducción de la resistencia a la tracción. Estos límites de temperatura 10 limitan el régimen térmico de una línea típica de 230 kV, tendida con conductor "Drake" ACSR de 795 kcmil, a 400 MVA, correspondiente a una corriente de 1000 A.

Los cables conductores están limitados por las características físicas inherentes de los componentes que 15 limitan la ampacidad. Más específicamente, la ampacidad es una medida de la capacidad de enviar potencia por el cable donde la potencia incrementada produce un aumento de la temperatura operativa del conductor. El calor excesivo hace que el cable se combe por debajo de niveles permisibles. Por 20 lo tanto, para incrementar la capacidad de transporte de carga de los cables de transmisión, el cable propiamente dicho se debe diseñar usando componentes que tienen propiedades inherentes que resisten la ampacidad incrementada sin inducir pandeo excesivo.

Aunque se puede obtener ganancias de ampacidad incrementando el área del conductor que rodea el núcleo del cable de transmisión, el aumento del peso del conductor aumenta el peso del cable y contribuye al pandeo. Además, el mayor peso requiere que el cable utilice mayor tensión en la 25 infraestructura de soporte del cable. Tales aumentos grandes de la carga requerirían típicamente un refuerzo o sustitución de la estructura, donde tales modificaciones de la infraestructura no son viables típicamente desde el punto de vista financiero. Así, hay un motivo financiero para 30 incrementar la capacidad de carga en cables eléctricos de transmisión a la vez que se utilizan las líneas de transmisión existentes.

La Solicitud de Patente Europea número EP 1168374A3 describe un núcleo compuesto que consta de un tipo único de 40 fibra de vidrio reforzada y resina termoplástica. El objeto es proporcionar un cable eléctrico de transmisión que

utiliza un núcleo compuesto de plástico reforzado como un elemento de soporte de carga en el cable y proporcionar un método de llevar corriente eléctrica a través de un cable eléctrico de transmisión que utiliza un núcleo interior de plástico reforzado. El núcleo compuesto no logra estos
5 objetivos. Un sistema de fibra que incluye fibra de vidrio tiene la rigidez requerida para atraer la carga de transferencia y evitar el pandeo del cable. En segundo lugar, un núcleo compuesto incluyendo fibra de vidrio y
10 resina termoplástica no cumple las temperaturas operativas requeridas para ampacidad incrementada, a saber, entre 90 y 230°C.

Los núcleos compuestos diseñados usando un núcleo compuesto de carbono epoxi también tienen dificultades
15 inherentes. El núcleo de carbono epoxi tiene flexibilidad muy limitada y es de costo prohibitivo. El cable producido que tiene un núcleo de carbono epoxi no tiene suficiente flexibilidad para permitir el devanado y el transporte. Además, el costo de las fibras de carbono es caro en
20 comparación con otras fibras disponibles. El costo de las fibras de carbono está en el rango de \$5 a \$37 por libra (0.435 kg) en comparación con las fibras de vidrio que está en el rango de \$ 0.36 a \$1.20 por libra (0.435 kg). Por consiguiente, un núcleo compuesto construido solamente de
25 fibras de carbono no es viable desde el punto de vista financiero.

Las propiedades físicas de los núcleos compuestos están limitadas además por los métodos de procesado. Los métodos de procesado anteriores no pueden lograr una alta relación
30 de fibra/resina por volumen o peso. Estos procesos no permiten la creación de un núcleo rico en fibra que logrará la resistencia para competir con un núcleo de acero. Además, la velocidad de procesado de los métodos de procesado anteriores está limitada por las características inherentes
35 del proceso propiamente dicho. Por ejemplo, los troqueles de pultrusión tradicionales son de 91.4 cm, con sección transversal constante. El resultado es un mayor rozamiento entre el compuesto y el troquel, que ralentiza el tiempo de procesado. Los tiempos de procesado en tales sistemas para
40 resinas epoxi oscilan entre 15.2 cm/minuto a 30.5 cm/minuto, que no es económicamente viable. Además, estos procesos no

4

5

15

20

30

conductor. Esto permite, a su vez, más espacio físico para poner más aluminio y para que el rendimiento mecánico y físico sea capaz de cumplir los límites de pandeo sin aumento del peso del conductor.

5 Además, la invención permite la formación de un núcleo compuesto que tiene un núcleo de menor tamaño. Un número de menor tamaño permite que el cable conductor acomode un volumen incrementado de aluminio donde un cable ACCC tiene las mismas características de resistencia y peso que un
10 cable conductor sin un núcleo compuesto.

Para lograr las deseadas ganancias de ampacidad, un núcleo compuesto según la invención también puede combinar fibras que tienen un módulo de elasticidad bajo con fibras que tienen un módulo de elasticidad alto para mayor rigidez
15 del núcleo y menor elongación porcentual. Combinando fibras, se obtiene un nuevo conjunto de propiedades incluyendo un módulo de elasticidad, expansión térmica, densidad y costo diferentes. Los cálculos de pandeo frente a temperatura muestran ganancias de ampacidad alcanzables cuando un
20 compuesto avanzado se combina con fibras de módulo bajo reforzadas que tienen propiedades físicas inherentes dentro del mismo rango que la fibra de vidrio.

Los núcleos compuestos según la invención satisfacen algunas características físicas dependientes de la selección
25 de los tipos de fibras reforzadas y resinas termoestables con las deseadas propiedades físicas inherentes. Los núcleos compuestos según la invención tienen coeficientes de expansión térmica sustancialmente bajos, resistencia a la tracción sustancialmente alta, capacidad de resistir un
30 rango sustancialmente alto de temperaturas operativas, capacidad de resistir un rango bajo de temperaturas ambiente, propiedades dieléctricas sustancialmente altas y flexibilidad suficiente para permitir el devanado. En particular, los núcleos compuestos según la presente
35 invención tienen una resistencia a la tracción dentro del rango de 1103 MPa a 1655 MPa, un módulo de elasticidad dentro del rango de 48.3 GPa a 207 GPa, una temperatura operativa dentro del rango de 90 a 230°C y un coeficiente de expansión térmica dentro del rango de 0 a 6×10^{-6} m/m/C.
40 Estos rangos se pueden lograr con un solo tipo de fibra reforzada o una combinación de tipos de fibras reforzadas.

Teóricamente, aunque las características se podrían lograr con un solo tipo de fibra solamente, desde un punto de vista práctico, la mayoría de los núcleos dentro del alcance de esta invención incluyen dos o más tipos distintos de fibras reforzadas. Además, dependiendo de las características físicas deseadas en el núcleo compuesto final, el núcleo compuesto acomoda variaciones en las cantidades relativas de fibras.

Los núcleos compuestos de la presente invención se pueden formar por un proceso de formación de etapa B donde las fibras se humedecen con resina y pasan continuamente por una pluralidad de zonas dentro del proceso. El proceso de formación de etapa B se refiere en general a la fabricación de elementos de núcleo compuesto y se refiere específicamente a un aparato mejorado y proceso para hacer elementos de núcleo compuesto de fibras impregnadas con resina. Más específicamente, según una realización preferida, un proceso de etapa B polietápico forma un elemento de núcleo compuesto de fibra y resina con excelente resistencia, mayor ampacidad, menor resistencia eléctrica y menor peso que los elementos de núcleo anteriores. El proceso permite la formación de elementos de núcleo compuesto que tienen una relación de fibra a resina que maximiza la resistencia del compuesto, específicamente la resistencia a la flexión, a la compresión y a la tracción. En otra realización, el elemento de núcleo compuesto se enrolla con aluminio de alta conductividad dando lugar a un cable ACCC que tiene características de alta resistencia y alta rigidez.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Estas y otras características de la invención se entienden bien con referencia a la descripción detallada de la invención, leída a la luz de los dibujos anexos, en los que:

La figura 1 es un diagrama esquemático de un proceso de formación de etapa B usado para formar elementos de núcleo compuesto de fibra reforzada según la presente invención.

La figura 2 es un diagrama esquemático de una boquilla mostrando pasos suficientemente espaciados para inserción de las fibras en una configuración predeterminada para guiar las fibras a través del proceso de formación de etapa B

según la presente invención.

La figura 3 es una vista esquemática de la estructura de una boquilla, representando dicha vista los pasos usados para formar y comprimir los haces de fibras reforzadas según la presente invención.

La figura 4 es una comparación esquemática de dos boquillas diferentes mostrando una reducción de los pasos de una boquilla a la siguiente para formar y compactar las fibras en haces al formar el núcleo compuesto según la presente invención.

La figura 5 muestra una vista en sección transversal de treinta geometrías posibles de la sección transversal del núcleo compuesto según la invención.

La figura 6 es una vista multidimensional en sección transversal de una pluralidad de boquillas colocadas uno encima de otro mostrando el decreciente tamaño de paso con las boquillas respectivas.

La figura 7 es una vista esquemática polietápica de una pluralidad de boquillas mostrando la migración de los pasos y el tamaño decreciente de los pasos con cada boquilla sucesiva según la invención.

La figura 8 es una vista en sección transversal de una realización de un núcleo compuesto según la invención.

La figura 9 es una vista esquemática de un proceso de horno que tiene flujo de aire transversal circular para mantener constante la temperatura del aire según la invención.

La figura 10 es una vista en sección transversal del elemento de calentamiento en el horno representado en la figura 9 mostrando cada calentador en el elemento de calentamiento según la invención.

La figura 11 es una vista esquemática de una realización de un cable conductor de aluminio reforzado con núcleo compuesto (ACCC) mostrando un núcleo compuesto avanzado interior y un núcleo exterior de módulo bajo rodeado por dos capas de conductor de aluminio según la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención se describirá más plenamente a continuación con referencia a los dibujos anexos, en los que se representan las realizaciones preferidas de la invención.

Sin embargo, esta invención se puede realizar de muchas formas diferentes y no se deberá interpretar limitada a las realizaciones aquí expuestas; más bien, estas realizaciones se ofrecen de manera que la descripción exponga
5 completamente el alcance de la invención a los expertos en la materia. Números de referencia análogos se refieren a elementos análogos en toda la descripción. Los dibujos no están necesariamente a escala, sino configurados para ilustrar claramente la invención.

10 La presente invención se refiere a un elemento de núcleo compuesto reforzado hecho de fibras reforzadas embebidas en una resina de alta temperatura para uso en cables conductores de aluminio reforzados con núcleo compuesto (ACCC) para realizar distribución de corriente
15 eléctrica donde la distribución de corriente eléctrica incluye cables de distribución y transmisión. La figura 11 ilustra una realización típica de un cable reforzado ACCC 300. La figura 11 ilustra un cable reforzado ACCC que tiene un núcleo interior reforzado de compuesto de fibra de carbono/resina epoxi 302 y un núcleo exterior reforzado de compuesto de fibra de vidrio/resina epoxi 304, rodeado por una primera capa de conductor de aluminio 306 donde una pluralidad de hilos de aluminio en forma trapezoidal se enrollan alrededor del núcleo compuesto y teniendo una
20 segunda capa de conductor de aluminio 308 donde una pluralidad de hilos de aluminio en forma trapezoidal se enrollan alrededor de la primera capa de aluminio 306.

Los núcleos compuestos de la presente invención incluyen las características siguientes: al menos un tipo de
30 fibra reforzada, cantidades relativas variables de cada tipo de fibra reforzada, tipos de fibras reforzadas de diámetro sustancialmente pequeño, tipos de fibras reforzadas de una longitud sustancialmente continua, núcleos compuestos que tienen alta densidad de empaquetado, haces de filamentos de
35 fibras reforzadas que tienen separación relativa dentro de la densidad de empaquetado, una fracción de volumen de al menos 50%, una fracción de peso de fibra de entre 60 y 75%, fracción de volumen ajustable, coeficiente de expansión térmica sustancialmente bajo, una resistencia a la tracción
40 sustancialmente alta, capacidad de resistir un rango sustancialmente alto de temperaturas operativas, capacidad

de resistir temperatura ambiente sustancialmente baja, teniendo la posibilidad de personalizar las propiedades de la resina del núcleo compuesto, propiedades dieléctricas sustancialmente altas, teniendo la posibilidad de una pluralidad de configuraciones geométricas en sección transversal, y suficiente flexibilidad para permitir el devanado de longitudes continuas del núcleo compuesto.

Un núcleo compuesto de la siguiente invención tiene una resistencia a la tracción en el rango de 1103 MPa a 1655 MPa, un módulo de elasticidad en el rango de 48.3 GPa a 207 GPa, una temperatura operativa en el rango de 90 a 230°C y un coeficiente de expansión térmica en el rango de 0 a 6×10^{-6} m/m/C. Para lograr estas características físicas, los núcleos compuestos de la presente invención pueden incluir un tipo de fibra reforzada que tiene propiedades físicas inherentes para permitir que el núcleo compuesto cumpla las especificaciones físicas requeridas. Desde un punto de vista práctico, la mayoría de los cables dentro del alcance de esta invención incluyen al menos dos tipos distintos de fibras reforzadas.

Combinar dos o más fibras reforzadas en el elemento de núcleo compuesto ofrece mejoras sustanciales de la relación de resistencia a peso en los materiales utilizados comúnmente para cables en un sistema de transmisión de potencia eléctrica. Las fibras se pueden seleccionar del grupo que incluye, por ejemplo: fibras de carbono - tanto HM como HS (a base de brea), fibras Kevlar, fibras de basalto, fibras de vidrio, fibras de aramida, fibras de boro, fibras de cristal líquido, fibras de polietileno de alto rendimiento y nanofibras de carbono. Se comercializan varios tipos de fibras de carbono, boro, Kevlar y vidrio. Cada tipo de fibra tiene subtipos de características variables que se pueden combinar en varias combinaciones para lograr un compuesto particular. Se hace notar que estos son solamente ejemplos de fibras que cumplen las características especificadas de la invención, de tal manera que la invención no se limita a estas fibras solamente. Se puede usar otras fibras que cumplen las características físicas requeridas de la invención.

Los núcleos compuestos de la presente invención incluyen preferiblemente haces de filamentos de fibra que

tienen rendimiento o números K relativamente pequeños. Un haz de filamentos de fibras es un haz no trenzado de microfibras continuas donde la composición del haz de filamentos se indica por su rendimiento o número K. Por ejemplo, un haz de filamentos de 12K tiene 12.000 microfibras individuales. Idealmente, las microfibras se empapan con resina de tal manera que la resina recubra la circunferencia de cada microfibra dentro del manojo o haz de filamentos. La humectación puede quedar afectada por el tamaño del haz de filamentos, es decir, el número de microfibras en el manojo, y el tamaño de las microfibras individuales. Los haces de filamentos más grandes crean más dificultad de humectación alrededor de las fibras individuales en el manojo debido al número de fibras contenidas dentro del manojo mientras que el menor diámetro de la fibra aumenta la distribución de resina alrededor de cada fibra dentro de cada haz de filamentos de fibras. La humectación y la infiltración de los haces de filamentos de fibra en materiales compuestos son de importancia crítica para el rendimiento del compuesto resultante. La humectación incompleta da lugar a defectos o puntos secos dentro del compuesto de fibra que reducen la resistencia y durabilidad del producto compuesto. Los haces de filamentos de fibra también se pueden seleccionar según el tamaño del haz de filamentos de fibras que el proceso puede manejar para poder formar un compuesto que tenga las características físicas óptimas deseadas. Un proceso para formar núcleos compuestos según la presente invención se denomina proceso de formación de etapa B. Los haces de filamentos de fibra de la presente invención para carbono se seleccionan preferiblemente en el rango de 4K a 50K y los haces de filamentos de fibra de vidrio se seleccionan preferiblemente en el rango de 800 a 1200 de rendimiento.

Los tamaños de las fibras reforzadas individuales según la presente invención están preferiblemente dentro del rango de 8 a 15 μm para fibras de vidrio y muy preferiblemente 10 μm de diámetro mientras que las fibras de carbono son preferiblemente del rango de 5 a 10 μm y muy preferiblemente 7 μm de diámetro. Para otros tipos de fibras, el rango de tamaño adecuado se determina según las propiedades físicas deseadas. Los rangos se seleccionan en base a

características de empapamiento óptimas y la viabilidad. Por ejemplo, las fibras menos de 5 μm son de diámetro tan pequeño que tienen algunos riesgos para la salud de quienes manejan las fibras. Por otra parte, las fibras que se
5 aproximan a 25 μm de diámetro son difíciles de trabajar porque son más rígidas y más quebradizas.

Los núcleos compuestos de la presente invención incluyen haces de filamentos de fibra que son de longitud sustancialmente continua. En la práctica, los haces de
10 filamentos de fibra de carbono incluyendo la presente invención son preferiblemente de entre 1000 y 3000 metros de longitud, dependiendo del tamaño de la bobina. Sin embargo, las longitudes de las fibras de vidrio pueden llegar hasta 36 km dependiendo del tamaño de la bobina. Muy
15 preferiblemente, las fibras se seleccionan en el rango de 1000 a 33.000 metros. Es muy preferible seleccionar las fibras más largas que el equipo de procesado acomodará debido al menor empalme de fibras para formar un núcleo compuesto continuo de más de 1830 metros. Los extremos de
20 las fibras se pueden encolar extremo con extremo para formar un haz de filamentos de fibras de longitud sustancialmente continua. La formación continua de filamentos orienta las fibras longitudinalmente a lo largo del cable.

Los núcleos compuestos de la presente invención
25 incluyen fibras que tienen una alta eficiencia de empaquetado con relación a otros núcleos de cables conductores. En particular, los cables conductores de acero tradicionales incluyen en general varios hilos de acero redondos. Debido a la forma redonda de los hilos, los hilos
30 no se pueden empaquetar apretados y solamente se puede lograr una eficiencia de empaquetado de 74%. La única forma de que un núcleo de acero pueda tener una eficiencia de empaquetado de 100% sería tener una varilla de acero maciza en contraposición a varios hilos de acero redondos. Esto no
35 es posible porque el cable final sería demasiado rígido y no se curvaría. En la presente invención, las fibras individuales se orientan longitudinalmente, donde cada fibra se recubre con resina y cura para formar un elemento de núcleo compuesto hibridizado que tiene 100% de eficiencia de
40 empaquetado. Una mayor eficiencia de empaquetado produce una resistencia del compuesto mayor para un volumen dado con

relación a otros cables. Además, una mayor eficiencia de empaquetado permite la formación de un núcleo compuesto de menor diámetro incrementando por ello la cantidad de material conductor de aluminio capaz de enrollarse alrededor
5 del núcleo compuesto del conductor.

Los núcleos compuestos de la presente invención incluyen fibras reforzadas que son sustancialmente resistentes al calor. La resistencia al calor permite a un cable ACCC transmitir mayor potencia debido a la capacidad
10 del núcleo compuesto de resistir temperaturas operativas más altas. Las fibras utilizadas en la presente invención tienen la capacidad de resistir temperaturas operativas entre el rango de 90 y 230°C. Muy preferiblemente, las fibras en la presente invención tienen la capacidad de resistir
15 temperaturas operativas entre el rango de 170 a 200°C. Además, las fibras utilizadas en la presente invención pueden resistir preferiblemente un rango de temperaturas ambiente de entre -40 y 90°C. Es decir, en condiciones ambientales sin que circule corriente en un cable ACCC, el
20 núcleo compuesto es capaz de resistir temperaturas de hasta -40°C sin sufrir deterioro de las características físicas.

Las cantidades relativas de cada tipo de fibra reforzada varían dependiendo de las características físicas deseadas del cable compuesto. Por ejemplo, las fibras que
25 tienen un módulo de elasticidad más bajo permiten la formación de un núcleo compuesto rígido de alta resistencia. Las fibras de carbono tienen un módulo de elasticidad preferiblemente en el rango de 152 GPa a 255 GPa mientras que las fibras de vidrio se consideran fibras reforzadas de
30 módulo bajo que tienen un módulo de elasticidad en el rango de 41.4 GPa a 48.3 GPa. Los dos tipos de fibras se pueden combinar para aprovechar las propiedades físicas inherentes de cada fibra para crear un núcleo compuesto de alta resistencia y alta rigidez con flexibilidad incrementada. En
35 una realización, por ejemplo, el núcleo compuesto incluye un núcleo interior de carbono/resina que tiene un área de 0.239 cm² y una relación de fibra-resina de 70/30 en peso y una capa exterior de vidrio/epoxi que tiene un área de 0.477 cm² y una relación de fibra/resina de 75/25 en peso.

40 Según la presente invención, las características físicas del núcleo compuesto se pueden ajustar regulando la

relación de fibra/resina de cada componente. Alternativamente, las características físicas del núcleo compuesto se pueden ajustar regulando el área porcentual de cada componente dentro del elemento de núcleo compuesto. Por ejemplo, reduciendo el área total de carbono de 0.239 cm² y aumentando el área de vidrio de 0.477 cm², el elemento de núcleo compuesto producido tiene rigidez reducida en el núcleo de carbono acoplada con una mayor flexibilidad. Además, debido al menor diámetro del haz de filamentos de vidrio en comparación con el carbono, el núcleo compuesto resultante es de menor diámetro que permite un conductor incrementado para el mismo tamaño del cable resultante. Alternativamente, se puede introducir una tercera fibra, por ejemplo basalto, en el núcleo compuesto. La fibra adicional cambia las características físicas del producto final. Por ejemplo, sustituyendo algunas fibras de carbono por basalto, el núcleo tiene propiedades dieléctricas incrementadas y una disminución relativa de rigidez del núcleo.

Los núcleos compuestos de la presente invención incluyen fibras reforzadas que tienen resistencia a la tracción relativamente alta. El grado de pandeo en un cable aéreo de transmisión de potencia varía como el cuadrado de la longitud de intervalo e inversamente con la resistencia a la tracción del cable de tal manera que un aumento de la resistencia a la tracción reduce efectivamente el pandeo en un cable ACCC. Se seleccionan fibras de carbono que tienen una resistencia a la tracción preferiblemente en el rango de 2413 MPa a 5171 MPa. Más preferiblemente, del rango de entre 4895 MPa a 5171 MPa. Se seleccionan fibras de vidrio que tienen una resistencia a la tracción preferiblemente en el rango de 1241 MPa a 1517 MPa. La resistencia a la tracción del compuesto se mejora combinando fibras de vidrio que tienen una resistencia a la tracción más baja con fibras de carbono que tienen una mayor resistencia a la tracción. Las propiedades de ambos tipos de fibras se combinan para formar un cable nuevo que tiene un conjunto más deseable de características físicas.

Los núcleos compuestos de la presente invención incluyen fibras longitudinales embebidas dentro de una matriz de resina que tiene una fracción de volumen de fibra/resina en una relación de al menos 50:50%. La fracción

de volumen es el área de fibra dividida por el área total de la sección transversal donde el peso de la fibra determinará la relación en peso porcentual final. Según la invención, preferiblemente la fracción de volumen de fibra en el compuesto de fibra/resina está dentro del rango de valor de 50 a 57%. Muy preferiblemente, la fracción de volumen se calcula para obtener una relación de fibra/resina de 72% en peso dependiendo del peso de la fibra.

Según la presente invención, el núcleo compuesto se diseña en base a las características físicas deseadas de un cable reforzado ACCC. Más preferiblemente, el núcleo compuesto se diseña con un elemento de núcleo interior de refuerzo incluyendo un compuesto avanzado rodeado por una capa exterior más flexible. Un compuesto avanzado es un compuesto que tiene fibras continuas que tienen una fracción de volumen superior a 50% y propiedades mecánicas que superan las propiedades mecánicas de fibras de vidrio. Además, es preferible tener un compuesto de módulo bajo en la capa exterior con propiedades mecánicas en el rango de fibra de vidrio. Una fibra de módulo bajo tiene características mecánicas en el rango de la fibra de vidrio. Las propiedades mecánicas de las fibras de vidrio acomodan el empalme, mientras que el compuesto avanzado es más quebradizo y no soporta bien el empalme.

Las fibras que forman un compuesto avanzado se seleccionan preferiblemente con una resistencia a la tracción en el rango de 2413 MPa a 5171 MPa; un módulo de elasticidad preferiblemente en el rango de 152 GPa a 255 GPa; un coeficiente de expansión térmica en el rango de -0.7 a 0 m/m/C; porcentaje de elongación por deformación en el rango de 1.5 a 3%; propiedades dieléctricas en el rango de 0.31 W/m·K a 0.04 W/m·K; y una densidad en el rango de 1.8 g/cm³ a 3.6 g/cm³.

Las fibras que forman la capa exterior de módulo bajo que rodea el compuesto avanzado tienen preferiblemente una resistencia a la tracción en el rango de 1241 MPa a 1517 MPa; un módulo de elasticidad preferiblemente en el rango de 41.4 GPa a 48.3 GPa; un coeficiente de expansión térmica en el rango de 5×10^{-6} a 10×10^{-6} m/m/C; un porcentaje de elongación por deformación en el rango de 3 a 6%; y propiedades dieléctricas en el rango de 0.034 a 0.04 W/m·K y

densidad en el rango de 1.8 g/cm^3 a 3.6 g/cm^3 .

Un elemento de núcleo compuesto que tiene un núcleo interior incluyendo un compuesto avanzado según los rangos preferidos de valores expuestos anteriormente rodeado por una capa exterior de módulo bajo según los rangos preferidos de valores expuestos anteriormente, tiene ampacidad de 0 a 200% superior a la de otros cables conductores. En particular, el núcleo compuesto final tiene las características físicas preferibles siguientes. Una resistencia a la tracción en el rango de 1103 MPa a 1655 MPa. Más preferiblemente, tiene una resistencia a la tracción de 1276 MPa. Un módulo de elasticidad preferiblemente en el rango de 48.3 GPa a 207 GPa. Más preferiblemente, tiene un módulo de elasticidad de 96.5 GPa. Una temperatura operativa en el rango de 90 a 230°C . Más preferiblemente, el núcleo compuesto es capaz de resistir temperaturas operativas de al menos 190°C . Un coeficiente de expansión térmica dentro del rango de 0 a $6 \times 10^{-6} \text{ m/m/C}$. Más preferiblemente, el coeficiente de expansión térmica del núcleo es $2.5 \times 10^{-6} \text{ m/m/C}$.

Preferiblemente, las combinaciones particulares de fibras reforzadas se seleccionan en base a las propiedades físicas inherentes de las fibras reforzadas para producir un núcleo compuesto que tiene propiedades físicas particulares. En particular, para diseñar un cable ACCC capaz de resistir ganancias de ampacidad, el núcleo compuesto incluye un módulo de elasticidad más alto y un coeficiente de expansión térmica más bajo. Preferiblemente, las fibras no son conductoras, pero tienen altas propiedades dieléctricas. Un cable ACCC opera a temperaturas operativas más altas sin un aumento correspondiente del pandeo. Para calcular el pandeo frente a la temperatura hay que introducir el módulo de elasticidad, el coeficiente de expansión térmica, el peso del elemento de resistencia compuesto y el peso del conductor. Por consiguiente, estas características físicas se toman en cuenta al diseñar el núcleo compuesto.

Aunque es preferible formar un núcleo compuesto que tiene un compuesto interior avanzado rodeado por un compuesto de módulo bajo, es factible hacer un núcleo compuesto incluyendo fibras de alto módulo de elasticidad y fibras de módulo de elasticidad bajo interdispersadas.

Dependiendo de la relación de deformación:fallo, puede ser necesario segmentar este tipo de núcleo para lograr un apropiado grado de devanado. Además, el núcleo compuesto se diseña con la fibra de mayor módulo de elasticidad en el
5 núcleo interior rodeado por una fibra que tiene un módulo de elasticidad más bajo debido al menor grado de deformación en el núcleo interior.

Por ejemplo, se selecciona carbono para el módulo de elasticidad alto en el rango de 152 GPa a 255 GPa, bajo
10 coeficiente de expansión térmica en el rango de -0.7 a 0 m/m/C, y elongación porcentual en el rango de 1.5 a 3%. Las fibras de vidrio se seleccionan para el módulo de elasticidad bajo en el rango de 41.4 GPa a 48.3 GPa, el coeficiente de expansión térmica bajo en el rango de 5×10^{-6} a
15 10×10^{-6} m/m/C y elongación porcentual en el rango de 3 a 6%. La capacidad de deformación del compuesto está vinculada a las propiedades físicas inherentes de los componentes y la fracción de volumen de los componentes. Después de seleccionar el compuesto de fibra/resina, se determina la
20 relación de deformación a fallo de cada compuesto de fibra/resina. Según la presente invención, las resinas se pueden personalizar para lograr algunas propiedades para el procesado y para lograr las propiedades físicas deseadas en el producto final. Como tal, se determina la relación de
25 deformación a fallo de la fibra/resina personalizada. Por ejemplo, el carbono/epoxi tiene una relación de deformación a fallo de 2.1%, mientras que la fibra de vidrio/epoxi tiene una relación de deformación a fallo de 1.7%. Por consiguiente, el núcleo compuesto se diseña con la rigidez
30 del carbono/epoxi en el núcleo interior y la fibra de vidrio/epoxi más flexible en el núcleo exterior para crear un núcleo compuesto con la necesaria flexibilidad y bajo coeficiente de expansión térmica.

Alternativamente, otro compuesto avanzado con
35 propiedades mecánicas superiores a las de la fibra de vidrio podría sustituir a al menos una porción de las fibras de carbono, y otra fibra que tenga el rango de propiedades mecánicas de la fibra de vidrio podría sustituir a la fibra de vidrio. Por ejemplo, el basalto tiene las propiedades
40 siguientes: alta resistencia a la tracción en el rango de 4840 MPa (en comparación con el rango de 1241 MPa a 3447 MPa

de las fibras de vidrio), módulo de elasticidad alto en el rango de 89.29 GPa, coeficiente de expansión térmica bajo en el rango de 8.0 ppm/C (en comparación con 5.4 ppm/C de las fibras de vidrio), y elongación porcentual en el rango de 3.15% (en comparación con el rango de 3 a 6% de las fibras de vidrio). Las fibras de basalto proporcionan una mayor resistencia a la tracción, un módulo de elasticidad entre el carbono y la fibra de vidrio y una elongación porcentual próxima a la de las fibras de carbono. Una ventaja adicional es que el basalto tiene propiedades dieléctricas mejores que el carbono. Preferiblemente, el núcleo compuesto incluye un elemento interior de resistencia que no es conductor. Diseñando un núcleo compuesto avanzado que tiene fibras de características físicas inherentes rodeado por un núcleo exterior de fibra de módulo bajo, se obtiene un nuevo conjunto de propiedades del núcleo compuesto.

El pandeo en función de la temperatura se determina considerando el módulo de elasticidad, el coeficiente de expansión térmica, el peso del elemento de resistencia compuesto, y el peso del conductor. El módulo de elasticidad más alto y el coeficiente de expansión térmica más bajo en el núcleo compuesto resultante permiten que el cable ACCC resista ganancias de ampacidad y temperaturas operativas entre 90 y 230°C.

El núcleo compuesto de la presente invención incluye resinas termoestables que tienen propiedades físicas que se pueden regular para lograr los objetos de la presente invención. Dependiendo de la aplicación a la que se destine el cable, las resinas termoestables adecuadas se seleccionan en función de las propiedades deseadas del cable para permitir que el núcleo compuesto tenga durabilidad a largo plazo a operación a alta temperatura. Las resinas termoestables adecuadas también se pueden seleccionar según el proceso para la formación del núcleo compuesto para minimizar el rozamiento durante el procesado, aumentar la velocidad del proceso y una viscosidad preferible para lograr la apropiada relación de fibra/resina en el núcleo compuesto final.

El núcleo compuesto de la presente invención incluye resinas que tienen buenas propiedades mecánicas y resistencia química a la exposición prolongada durante al

menos 60 años de uso. Más preferiblemente, el núcleo compuesto de la presente invención incluye resinas que tienen buenas propiedades mecánicas y resistencia química a la exposición prolongada durante al menos 70 años de uso.

5 Además, el núcleo compuesto de la presente invención incluye resinas que operan preferiblemente dentro del rango de 90 a 230°C. Más preferiblemente, la resina opera dentro del rango de 170 a 200°C.

10 El núcleo compuesto de la presente invención incluye una resina que es suficientemente resistente para resistir operaciones de empalmen sin permitir que el cuerpo compuesto se fisure. Un elemento esencial de la presente invención es la capacidad de empalmar el elemento de núcleo compuesto en el cable final producido. El núcleo compuesto de la presente
15 invención incluye resina que tiene una tenacidad a la rotura de resina pura preferiblemente dentro del rango de 15.53 INS - Kg/m a 22.14 INS - Kg/m. Además, el núcleo compuesto de la presente invención incluye una resina que tiene un módulo de resina pura preferiblemente dentro del rango de 740 a 750
20 Ksi de resistencia a la tracción y dentro del rango de 700 a 710 Ksi de resistencia a la compresión.

El núcleo compuesto de la presente invención incluye una resina que tiene un bajo coeficiente de expansión térmica. Un bajo coeficiente de expansión térmica reduce la
25 cantidad de pandeo en el cable resultante. Una resina de la presente invención opera preferiblemente en el rango de 15×10^{-6} C y 42×10^{-6} C.

Un núcleo compuesto de la presente invención incluye fibras embebidas en una resina de alta temperatura que tiene
30 al menos una fracción de volumen de 50%. La relación de fibra a resina afecta a las propiedades físicas del elemento de núcleo compuesto. En particular, la resistencia, conductividad eléctrica, y coeficiente de expansión térmica son funciones del volumen de fibra del núcleo compuesto. En
35 general, cuanto más altas son las fracciones de volumen de fibras en el compuesto, tanto más alta es la resistencia a la tracción del compuesto resultante. Una fracción de volumen de fibra a resina de la presente invención está preferiblemente dentro del rango de 50 a 57% correspondiente
40 preferiblemente a de 62 a 75% en peso. Más preferiblemente, la relación de fibra/resina en la presente invención es de

65 a 72% en peso. Muy preferiblemente, la fracción de volumen de fibra en la presente invención es o excede de 72% en peso.

Cada tipo de fibra del núcleo compuesto puede tener una
5 diferente relación de fibra/resina en peso con relación a las otras fibras. Esto se lleva a cabo seleccionando el número apropiado de cada tipo de fibra y el tipo de resina apropiado para lograr la relación deseada. Por ejemplo, un elemento de núcleo compuesto que tiene un núcleo interior de
10 carbono/epoxi rodeado por una capa exterior de vidrio/epoxi puede incluir 126 bobinas de fibra de vidrio y resina epoxi con una viscosidad de 2000 a 6000 cPs a 50°C que produce una relación predeterminada de fibra/resina de 75/25 en peso. Preferiblemente, la resina se puede adaptar para lograr la
15 viscosidad deseada para el proceso. El compuesto también puede tener 16 bobinas de fibra de carbono y resina epoxi que tiene una viscosidad de 2000 a 6000 cPs a 50 °C que produce una relación predeterminada de fibra/resina de 70/30 en peso. Cambiando el número de bobinas de fibra se cambia
20 la relación en peso de fibra/resina, cambiando por ello las características físicas del núcleo compuesto producido. Alternativamente, la resina se puede ajustar incrementando o disminuyendo por ello la viscosidad de la resina para cambiar la relación de fibra/resina.

25 Los cables compuestos hechos según la presente invención exhiben propiedades físicas donde algunas de estas propiedades físicas se pueden controlar cambiando los parámetros durante el proceso de formación del núcleo compuesto. Más específicamente, el proceso de formación del
30 núcleo compuesto se puede regular para lograr las características físicas deseadas en un cable ACCC final.

Según la invención, un proceso multifase de etapa B produce un elemento de núcleo compuesto de longitudes sustancialmente continuas de haces de filamentos de fibra y
35 resinas termoprocresables adecuados. En un paso adicional, el elemento de núcleo compuesto se enrolla con aluminio de alta conductividad.

A continuación se describe un proceso para hacer núcleos compuestos para cables ACCC según la invención. Con
40 referencia a la figura 1, el proceso de formación de etapa B de núcleo conductor de la presente invención se representa y

designa en general con el número de referencia 10. El proceso de formación de etapa B 10 se emplea para hacer longitudes continuas de elementos de núcleo compuesto de haces de filamentos de fibra o mechas y resinas termopocesables adecuados. El elemento de núcleo compuesto resultante incluye un núcleo concéntrico hibridizado que tiene una capa interior y otra exterior de fibras sustancialmente paralelas distribuidas uniformemente.

Al iniciar la operación, se activa el mecanismo de tracción y devanado de bobinas para comenzar la tracción. Los haces de filamentos de fibra iniciales no impregnados que se extienden desde el extremo de salida de la porción de enfriamiento en la zona 9 sirven de cabeceras al comienzo de la operación de sacar haces de filamentos de fibra 12 de las bobinas 11 a través de la guía de haz de filamentos de fibras 18 y el sistema de procesado de núcleo compuesto.

En la figura 1, se contienen múltiples bobinas de haces de filamentos de fibra 12 dentro de un sistema de estantes 14 y están provistas de los extremos de los haces de filamentos de fibra individuales 12, que salen de las bobinas 11, pasándose por una guía de haces de filamentos de fibra 18. Las fibras experimentan tracción tangencial para evitar fibras trenzadas. Preferiblemente, un extractor 16 en el extremo del aparato arrastra las fibras a través del aparato. Cada estante dispensador 14 incluye un dispositivo que permite el ajuste de tensión para cada bobina 11. Por ejemplo, cada estante 14 puede tener un pequeño freno en el estante dispensador para ajustar individualmente la tensión para cada bobina. El ajuste de tensión minimiza la catenaria y el cruce de la fibra cuando avanza y contribuye al proceso de humectación. Los haces de filamentos 12 se pasan a través de la guía 18 y llevan a un horno de precalentamiento 20 que evacua la humedad. El horno de precalentamiento 20 uses flujo de aire circular continuo y un elemento de calentamiento para mantener constante la temperatura.

Los haces de filamentos 12 son arrastrados a un depósito de empapamiento 22. El depósito de empapamiento 22 está lleno de resina para impregnar los haces de filamentos de fibra 12. La resina excedente se quita de los haces de filamentos de fibra 12 durante la salida del depósito de empapamiento 22. Los haces de filamentos de fibra 12 son

arrastrados desde el depósito de empapamiento 22 a un sistema secundario, el horno de etapa B 24. El horno de etapa B calienta la resina a una temperatura que cambia la etapa líquido de la resina a una etapa de semicurado. La resina curada de etapa B está en una etapa pegajosa que permite curvar, cambiar, comprimir y configurar los haces de filamentos de fibra 12. La pegajosidad se controla por la manipulación del tipo de resina, el tipo de fibra, recuento de hilos y tamaño de las fibras y temperatura del horno. Los haces de filamentos de fibra 12 que la guía 18 mantiene separados, son arrastrados a un segundo horno de etapa B 26 incluyendo una pluralidad de boquillas consecutivas para comprimir y configurar los haces de filamentos 12. En el segundo horno de etapa B 26, los haces de filamentos de fibra 12 se dirigen a través de una pluralidad de pasos proporcionados por las boquillas. Los pasos consecutivos comprimen y configuran continuamente los haces de filamentos de fibra 12 al elemento de núcleo compuesto uniforme final.

Preferiblemente, el elemento de núcleo compuesto se lleva desde el segundo horno de etapa B 26 a un sistema de procesado en horno siguiente 28 donde el elemento de núcleo compuesto se cura y empuja a un sistema de refrigeración siguiente 30 para enfriarlo. Después del enfriamiento, el núcleo compuesto se lleva a un sistema de procesado en horno siguiente 32 para postcurado a temperatura elevada. El proceso de postcurado promueve el entrecruzamiento incrementado dentro de la matriz de resina dando lugar a mejores características físicas del elemento compuesto. El proceso permite en general un intervalo entre el proceso de calentamiento y enfriamiento y el aparato de tracción 36 para enfriar el producto naturalmente o por convección de tal manera que el dispositivo de tracción 34 usado para agarrar y tirar del producto no dañe el producto. El mecanismo de tracción tira del producto a través del proceso a velocidad controlada con precisión.

Con referencia ahora más en particular a la figura 1, en una realización preferida, el proceso arrastra continuamente la fibra de izquierda a derecha del sistema mediante una serie de fases denominadas aquí zonas. Cada zona realiza una función de procesado diferente. En esta realización particular, el proceso incluye 9 zonas. El

proceso se origina a partir de una serie de estantes dispensadores de fibra 14 por lo que un extractor oruga 34 pasa continuamente las fibras 12 a través de cada zona. Una ventaja del sistema extractor oruga es que funciona como un sistema de tracción continua movido por un motor eléctrico en contraposición al sistema de movimiento alternativo tradicional. El sistema extractor oruga usa un sistema de dos correas que avanzan en las porciones superior e inferior del producto comprimiendo el producto entremedio. Por consiguiente, el sistema extractor oruga realiza un sistema de tracción uniforme simplificado que funciona a velocidad controlada con precisión usando solamente un dispositivo en lugar de una multiplicidad de partes interactuantes que sirven para impulsar el producto a través el proceso. Alternativamente, se puede usar un sistema de movimiento alternativo para tirar de las fibras durante el proceso.

El proceso empieza con la zona 1. La zona 1 incluye un tipo de sistema dispensador de fibra. Las fibras que se pueden usar son, por ejemplo: fibras de vidrio, fibras de carbono, tanto HM como HS (a base de brea), fibras de basalto, fibras de aramida, fibras de cristal líquido, fibras Kevlar, fibras de boro, fibra de polietileno de alto rendimiento y nanofibra de carbono (CNF). En una realización, el sistema dispensador de fibra incluye dos estantes 13 conteniendo cada estante una pluralidad de bobinas 11 conteniendo haces de filamentos de fibra 12. Además, las bobinas 11 son intercambiables para acomodar tipos variables de haces de filamentos de fibra 12 dependiendo de las propiedades deseadas del elemento de núcleo compuesto.

Por ejemplo, un elemento de núcleo compuesto preferido formado por el proceso de formación de etapa B incluye un núcleo interior de carbono/resina rodeado por una capa de núcleo exterior de vidrio/resina. Preferiblemente, se utiliza carbono de alta resistencia y alta calidad. La matriz de resina también protege las fibras contra el daño superficial, y evita la fisuración a través de una masa de fibras mejorando la resistencia a la rotura. El proceso de formación de etapa B de núcleo conductor 10 crea un sistema para tirar de las fibras para lograr el grado óptimo de unión entre fibras para crear un elemento compuesto con

propiedades óptimas.

Como se ha mencionado anteriormente, los componentes del núcleo compuesto se seleccionan en base a las características deseadas del núcleo compuesto. Una ventaja
5 del proceso es la capacidad de regular los componentes compuestos para que un núcleo compuesto logre los objetivos deseados de un cable ACCC final, a saber, un cable que puede transportar corriente sin que la excesiva expansión térmica produzca pandeo y sin reducción de la resistencia a la
10 tracción. Es preferible combinar tipos de fibras para combinar las características físicas de cada una. El rendimiento se puede mejorar formando un núcleo con mayor resistencia y rigidez, acoplado con una capa externa más flexible. El proceso aumenta las características óptimas del
15 compuesto impidiendo la torsión de mechas, lo que da lugar a unas características de humectación y resistencia más uniformes.

Por ejemplo, en una realización preferida del elemento de núcleo compuesto, el núcleo compuesto incluye vidrio y
20 carbono. Usando el proceso de formación de etapa B, los estantes 13 soportan 126 bobinas 11 de vidrio y 16 bobinas 11 de carbono. Los haces de filamentos de fibra 12 que salen de las bobinas 11 se pasan por una guía de haces de filamentos de fibra 18 donde se ha dispuesto pasos de haces
25 de filamentos de fibras para proporcionar una configuración para la formación de un elemento de núcleo compuesto que tiene un núcleo uniforme de carbono y una capa exterior de vidrio. La capa de carbono se caracteriza por alta resistencia y rigidez y es un conductor eléctrico débil
30 mientras que la capa exterior de vidrio de módulo bajo es más flexible y no conductora. Una capa exterior de vidrio proporciona una capa exterior aislante entre el carbono y el aluminio de alta conductividad que se enrolla en producto conductor compuesto final.

35 El sistema dispensador de fibra dispensa fibra tangente del extractor de fibra. La tracción tangente de la bobina no retorcerá la fibra. El método de tracción central retorcerá las fibras dispensadas de la bobina. Como tal, el método de tracción central da lugar a un número incrementado de fibras
40 trenzadas. Una fibra trenzada se colocará ocasionalmente encima de otra fibra trenzada y creará un compuesto con

múltiples puntos de fibra seca. Es preferible utilizar la tracción tangente para evitar puntos secos y optimizar la capacidad de empapamiento de las fibras.

Los haces de filamentos de fibra 12 se pasan por un sistema de guiado 18. Preferiblemente, la guía 18 incluye boquillas de polietileno y acero conteniendo una pluralidad de pasos en una configuración predeterminada que guía las fibras para evitar que las fibras se crucen. Con referencia a la figura 2, la guía incluye una boquilla con pasos suficientemente espaciados para inserción de las fibras en una configuración predeterminada. Los pasos se contienen dentro de una porción cuadrada interior 40. Los pasos están dispuestos en filas de número variable donde las fibras de carbono de mayor diámetro pasan por las dos filas centrales de los pasos 42 y las fibras de vidrio de menor diámetro pasan a través de las dos filas exteriores 44 a ambos lados de los pasos de carbono 42. Un dispositivo tensor, preferiblemente en cada bobina, ajusta la tensión de las fibras de las que se tira y garantiza que las fibras pasan rectas a través de la guía 18.

Al menos dos fibras pasan a través de cada paso en la guía 18. Por ejemplo, a través de una guía 18 incluyendo 26 pasos pasan 52 fibras, donde cada paso tiene dos fibras. Si se rompe una fibra de un par, un sistema de detección alerta al proceso de formación del núcleo compuesto de etapa B 10 que hay una fibra rota y detiene el extractor 34. Alternativamente, en una realización, una fibra rota alerta al proceso y la reparación se puede hacer al vuelo sin parar el proceso dependiendo de dónde se haya producido la rotura. Para la reparación, se saca una nueva fibra del estante 13 y encola al extremo roto de la fibra nueva. Después de reparar la fibra, la máquina de formación de etapa B de núcleo conductor 10 se pone en marcha de nuevo.

En una forma preferida, las fibras se agrupan en un conjunto paralelo de una pluralidad de filas. Por ejemplo, en la figura 2, hay seis filas paralelas de pasos. Las dos filas exteriores incluyen 32 pasos, las dos filas interiores incluyen 31 pasos, y las dos filas centrales incluyen 4 pasos cada una. Las fibras son arrastradas al menos dos a un tiempo a cada paso y llevadas a la zona 2.

La zona 2 incluye un sistema de procesado en horno que

precalienta las fibras secas para eliminar toda humedad. Las fibras de la presente invención se calientan preferiblemente dentro del rango de 66 a 121°C para evaporar la humedad.

El sistema de procesado en horno incluye una porción de
5 horno donde la porción de horno está diseñada para promover el flujo de aire circular transversal contra el flujo de material. La figura 9 ilustra una realización típica del sistema de horno. Un horno se designa en general 60. Las fibras pasan a través del horno en dirección de arriba
10 abajo, el aire pasa en la dirección inversa. El sistema de procesado en horno incluye una carcasa de sistema de activación de calor 64 que aloja un ventilador 68 movido por un motor eléctrico 70 situado hacia arriba de un conjunto calentador 66 para hacer circular aire en una dirección
15 hacia abajo a través del conducto de flujo de aire 62. La carcasa del sistema de activación de calor aloja un ventilador 68 hacia arriba del conjunto calentador 66. El ventilador 68 impulsa aire a través del conjunto calentador 66 y a través del sistema de horno. El aire fluye hacia
20 abajo a un conducto acodado curvado 72. El conducto acodado curvado 72 desplaza el flujo de aire 90 grados hasta un conducto de entrada 78 y a través de la entrada de horno 76. A través de la entrada el flujo de aire cambia 90 grados fluyendo hacia arriba a través del horno 60 contra la
25 dirección de empuje de las fibras. Al final del horno 60, el flujo de aire cambia 90 grados hacia abajo a través de la salida de horno 80 a través del conducto de salida 74 a través del motor 70 y de nuevo a la carcasa del sistema de activación de calor 64. El motor 70 incluye un motor
30 eléctrico fuera del sistema de activación de calor para evitar el recalentamiento. El motor 70 incluye una polea con una correa temporizadora que mueve el ventilador con aspas 68. Preferiblemente, el sistema es controlado por ordenador, permitiendo la circulación continua de aire a una
35 temperatura deseada. Más preferiblemente, el proceso permite cambiar la temperatura en cualquier momento según las necesidades del proceso.

Por ejemplo, el ordenador detecta una temperatura inferior a la temperatura requerida y activa el elemento de
40 calentamiento o desactiva el calentador cuando la temperatura es demasiado alta. El ventilador sopla aire a

través del elemento de calentamiento hacia abajo. El sistema hace avanzar el aire en un circuito en bucle cerrado haciéndolo circular continuamente a través del horno para mantener constante la temperatura.

5 La figura 10 es una vista más detallada de una realización preferida del elemento de calentamiento 66. En una realización, el conjunto calentador incluye nueve calentadores de arco eléctrico horizontales 82. Cada unidad de calentador está separada y es distinta de otro
10 calentador. Cada unidad de calentador está separada por un intervalo. Preferiblemente, después de detectar una diferencia de temperatura, el ordenador activa el número de calentadores para proporcionar calor suficiente. Si el sistema requiere que el ordenador active uno de nueve
15 calentadores. Alternativamente, dependiendo de las necesidades del proceso, el ordenador activa un calentador sí y otro no en el conjunto calentador. En otra realización el ordenador activa todos los calentadores en el conjunto calentador. En otra alternativa, el ordenador activa una
20 porción de los calentadores en el conjunto calentador o apaga todos los calentadores.

 En una realización alternativa, los campos electromagnéticos penetran a través del material de proceso para calentar las fibras y expulsar toda humedad. En otra
25 realización, microondas pulsadas calientan las fibras y expulsan toda humedad. En otra realización, el procesado por haz de electrones utiliza electrones como radiación ionizante para expulsar toda humedad excedente.

 En otra realización, el extractor pasa las fibras de la
30 zona 2 a la zona 3, el sistema de impregnación de fibras. La zona 3 incluye un depósito de empapamiento 22. En una realización preferida, el depósito de empapamiento 22 contiene un dispositivo que permite la redirección de fibras durante el empapamiento. Preferiblemente, el dispositivo
35 está situado en el centro del depósito y mueve las fibras verticalmente hacia arriba y hacia abajo perpendiculares a la dirección de la tracción, por lo que la deflexión hace que las fibras se reconfiguren de una configuración redonda a una configuración plana. La configuración plana permite
40 colocar las fibras lado a lado y permite que la resina humedezca mejor las fibras.

Se puede emplear varias técnicas alternativas conocidas en la técnica para aplicar o impregnar las fibras con resina. Tales técnicas incluyen, por ejemplo, rociado, inmersión, recubrimiento inverso, aplicación con pincel e inyección de resina. En una realización alternativa, la activación ultrasónica utiliza vibraciones para mejorar la capacidad de humectación de las fibras.

En general, se puede usar con la invención cualquiera de las varias composiciones de resina polimérica termoestables curables por calor conocidas. La resina puede ser por ejemplo, PEAR (Resina de PoliÉter Amida), Bismaleimida, Poliimida, polímero de cristal líquido (LCP), y epoxi a alta temperatura basada en tecnología de cristal líquido o materiales de resina similares. Las resinas se seleccionan en base al proceso y las características físicas deseadas del núcleo compuesto.

Además, la viscosidad de la resina afecta a la velocidad de formación. Para lograr la proporción deseada de fibra/resina para la formación del elemento de núcleo compuesto, preferiblemente la viscosidad está dentro del rango de 200 a 1500 centipoises a 20°C. Más preferiblemente, la viscosidad está en el rango de 200 a 600 centipoises 20°C. La resina se selecciona de manera que tenga buenas propiedades mecánicas y excelente resistencia química a la exposición prolongada de al menos 60 años y más preferiblemente, al menos 70 años de operación hasta 230°C. Una ventaja particular de la presente invención es la capacidad del proceso de acomodar el uso de resinas de baja viscosidad. Según la presente invención, es preferible lograr una relación de fibra/resina dentro del rango de 62-75% en peso. Más preferible es una relación de fibra/resina dentro del rango de 72-75% en peso. Las resinas de baja viscosidad humedecerán suficientemente las fibras para el elemento de núcleo compuesto. Un polímero preferido proporciona resistencia a un amplio espectro de sustancias químicas agresivas y tiene propiedades dieléctricas y aislantes muy estables. Además, es preferible que el polímero cumpla los requisitos de desgasificación ASTM E595 y las pruebas de inflamabilidad UL94 y que sea capaz de operar intermitentemente a temperaturas en el rango de entre 220 y 280°C sin dañar térmica o mecánicamente el elemento de

resistencia.

Para lograr la deseada relación de fibra a resina, el lado ascendente del depósito de empapamiento incluye varias barras limpiadoras redireccionales. Cuando las fibras pasan a través del depósito de empapamiento, las fibras se ajustan hacia arriba y hacia abajo contra una serie de barras limpiadoras que quiten la resina excedente. Alternativamente, el sistema de redirección incluye un sistema limpiador para limpiar la resina excedente sacada del depósito por las fibras. Preferiblemente, la resina excedente se recoge y recicla al depósito de empapamiento 22.

Alternativamente, el depósito de empapamiento usa una serie de boquillas de compresión para quitar la resina excedente. Durante el proceso de empapamiento cada manojo de fibra contiene hasta tres veces la resina deseada para el producto final. Para lograr la proporción correcta de fibra y resina en la sección transversal de los elementos de núcleo compuesto, se calcula la cantidad de fibra pura. El boquilla de compresión está diseñado para quitar un porcentaje predeterminado de resina. Por ejemplo, donde el paso de la boquilla es el doble de grande del área de la sección transversal de la fibra, un valor de concentración de resina superior a 50% no se pasará por la boquilla, se quitará la resina excedente. Alternativamente, la boquilla se puede diseñar para permitir el paso de 100% de fibra y 20% de resina.

Preferiblemente, una bandeja de reciclado se extiende longitudinalmente debajo del depósito de empapamiento 22 para recoger la resina rebosada. Más preferiblemente, el depósito de empapamiento tiene un depósito auxiliar con capacidad de rebosamiento. La resina rebosada se hace volver al depósito auxiliar por gravedad a través del tubo. Alternativamente, el rebosamiento del depósito es recogido por un canal de rebosamiento y se hace volver al depósito por gravedad. En otra alternativa, el proceso usa un sistema de bomba de drenaje para reciclar la resina de nuevo a través del depósito auxiliar y al depósito de empapamiento. Preferiblemente, un sistema informático controla el nivel de resina dentro del depósito. Unos sensores detectan los niveles bajos de resina y activan una bomba para bombear

resina al depósito desde el depósito de mezcla auxiliar al depósito de procesado. Más preferiblemente, hay un depósito de mezcla situado dentro del área del depósito de empapamiento. La resina se mezcla en el depósito de mezcla y se bombea al depósito de empapamiento de resina.

Los dispositivos de tracción arrastran las fibras de la zona 3 a la zona 4, la zona de etapa B. La zona 4 incluye un sistema de procesado en horno 24. Preferiblemente, el sistema de procesado en horno es un horno con un sistema informático que controla la temperatura del aire y mantiene constante el flujo de aire donde el horno es el mismo que el horno de la zona 2.

Los dispositivos de tracción arrastran las fibras de la zona 3 a la zona 4. El horno hace circular aire en una dirección circular de abajo arriba por un sistema de calentamiento de hélice. El sistema informático controla la temperatura a una temperatura para calentar la fibra húmeda a la etapa B. Preferiblemente, el proceso determina la temperatura. La temperatura de etapa B de la presente invención está en el rango de 93 a 121°C. Una ventaja del proceso de semicurado de etapa B en la presente invención es la capacidad de calentar la resina a un estado semicurado en una corta duración de tiempo, de 1-1,5 minutos durante la continuación del proceso. La ventaja es que el paso de calentamiento no afecta a la velocidad de procesado del sistema. El proceso de etapa B permite la adaptación adicional de la relación de fibra/resina quitando resina excedente de la etapa de empapamiento. Además, la etapa B permite compactar más y configurar la matriz de fibra/resina durante el proceso. Por consiguiente, el proceso difiere de los procesos anteriores que usan semicurado de preregs. El calor semicura las fibras a una etapa pegajosa.

Más específicamente, en aplicaciones de procesado compuesto tradicionales, las fibras humedecidas se calientan gradualmente a una etapa de semicurado. Sin embargo, el proceso de calentamiento tarda en general períodos de una hora o más en alcanzar la etapa de semicurado. Además, el compuesto se debe envolver inmediatamente y congelar para mantener el compuesto en la etapa de semicurado y evitar el curado a una etapa final. Por consiguiente, el procesado se fragmenta porque hay que sacar el producto de la línea para

configurar el producto.

Según la presente invención, el calentamiento de etapa B se dedica a una aplicación comercial de alta eficiencia donde el semicurado es rápido, preferiblemente de 1-1,5 minutos durante un proceso continuo en línea dentro del proceso. Preferiblemente, las resinas están diseñadas para permitir el semicurado rápido de etapa B que se mantiene constante mediante el proceso que permite la conformación y configuración y compactación adicional del producto.

Los dispositivos de tracción arrastran las fibras de la zona de etapa B 4 a la zona 5 para la formación del elemento de núcleo compuesto. La zona 5 incluye un sistema de procesado en horno siguiente 26 que tiene una pluralidad de boquillas. Las boquillas sirven para formar la sección transversal de los haces de filamentos de fibra 12. Preferiblemente, las boquillas se configuran en una serie incluyendo una configuración paralela entre sí. En esta realización, hay un conjunto de siete boquillas espaciadas lateralmente dentro del sistema de procesado en horno 26. Preferiblemente, la separación de las boquillas se regula según el proceso. Las boquillas pueden estar espaciadas a igual distancia o a una distancia variable uno de otro.

La serie de boquillas en la zona 5 minimizan el rozamiento debido a la boquilla relativamente fina que tiene un rango de grosor de 0.95 a 1.9 cm. Minimizar el rozamiento contribuye a maximizar la velocidad del proceso.

Las zonas 4, 5 y 6 de la presente invención se extienden dentro del rango de 9.1 - 12.2 metros. Muy preferiblemente, las zonas 4, 5 y 6 se extienden al menos 9.1 metros. Esta distancia de tracción y el menor rozamiento debido a las placas de boquilla finas contribuye a lograr una velocidad de tracción deseada en el rango de 2.74 m/min a 15.2 m/min, muy preferiblemente de 6.1 m/min. La velocidad de procesado se incrementa más debido a la alta relación de fibra/resina.

Con referencia a la figura 3, por ejemplo, las boquillas 90 incluyen una chapa plana de acero con una pluralidad de pasos a cuyo través se pasan los haces de filamentos de fibra 12. La boquilla de chapa plana de acero 90 oscila preferiblemente de 0.95 a 1.3 cm de grosor determinado por el proceso. Las boquillas 90 tienen paredes

relativamente finas para reducir el rozamiento y la cantidad de calor que debe añadir o quitar el proceso de calentamiento y enfriamiento para lograr los cambios de temperatura necesarios para efectuar el curado de la matriz de fibra-resina. El grosor de la boquilla 90 es preferiblemente el grosor mínimo necesario para proporcionar la resistencia estructural necesaria para limitar las fuerzas impuestas en la boquilla 90 por el material que pasa a su través. En particular, el grosor de la boquilla 90 es preferiblemente el mínimo necesario para limitar la deformación de la pared de boquilla a un nivel tolerable que no interferirá con la tracción del material a través del sistema.

Preferiblemente, el diseño y el tamaño de las boquillas 90 son los mismos. Más preferiblemente, los pasos dentro de cada boquilla 90 disminuyen de tamaño y varían de posición dentro de cada boquilla sucesiva 90 en la dirección hacia arriba. La figura 3 ilustra una realización preferida de una boquilla 90. La boquilla 90 incluye dos porciones de gancho 94 y una porción interior preferiblemente cuadrada 92. La porción interior cuadrada 92 aloja los pasos a través de los que el mecanismo de tracción saca las fibras. Las porciones de gancho exteriores 94 forman un sistema de soporte por lo que la boquilla 90 se coloca dentro del horno en la zona 5. La porción exterior con gancho 94 conecta con largas vigas de enclavamiento de acero dentro del horno que sirven para soportar las boquillas 90.

La zona 5 incluye una serie de ocho boquillas consecutivas. Las boquillas tienen dos funciones: (1) guiar la fibra en la configuración para el producto final; y (2) formar y comprimir las fibras. En una realización, las boquillas 90 se colocan aparte dentro del horno soportado en las estructuras con gancho. Las boquillas 90 sirven para comprimir continuamente las fibras y formar un núcleo compuesto incluyendo, en esta realización, carbono y vidrio mientras el proceso está bajo tensión apropiada para lograr la concetricidad y distribución uniforme de fibra sin mezcla de las fibras. Las boquillas 90 se pueden diseñar para formar haces de una pluralidad de geometrías. Por ejemplo, la figura 5 ilustra las variaciones en secciones transversales en el elemento compuesto. Cada sección

transversal resulta de un diseño diferente de la boquilla 90.

Los pasos en cada boquilla sucesiva 90 disminuyen de tamaño además de compactar los haces de fibra. Por ejemplo, la figura 6 muestra cada boquilla 90 superpuesto encima de otro. Varios cambios son evidentes con cada boquilla consecutiva 90. Primero: cada boquilla solapada 90 muestra que el tamaño de cada paso disminuye. Segundo: la figura superpuesta muestra el aspecto del agujero central para compactación del elemento de núcleo. Tercero: la figura muestra el movimiento de los pasos de esquina exteriores hacia la posición central.

Con referencia a la figura 4, se ilustran dos boquillas. La primera boquilla 100 ilustrada tiene una configuración similar a la boquilla de guía 18. La segunda boquilla 104 es el primero en la serie de boquillas que sirven para comprimir y configurar el núcleo compuesto. La primera boquilla 100 incluye una porción cuadrada interior 92 con una pluralidad de pasos 102 predispuestos a cuyo través se empujan las fibras. Los pasos 102 están diseñados para alinear las fibras en grupos en la boquilla dos 104 que tiene cuatro grupos exteriores 106 de fibras y cuatro grupos interiores 108 de fibras. La porción cuadrada interior de la boquilla 100 incluye seis filas de pasos 110. La disposición de los pasos 110 se puede configurar en cualquier pluralidad de configuraciones dependiendo de la geometría en sección transversal deseada del elemento de núcleo compuesto. Las filas superior e inferior 112 y 114, respectivamente, tienen el mismo número de pasos. Las filas junto a la superior y junto a la inferior 116 y 118, respectivamente, tienen el mismo número de pasos, y las dos filas interiores 120 y 122 tienen el mismo número de pasos.

En una realización preferida, las filas superior e inferior tienen 32 pasos cada una. El nivel siguiente de filas tiene 31 pasos cada una. Las filas medias tienen 4 pasos cada una. El mecanismo de tracción saca dos fibras a través de cada paso. Con referencia a la figura 4 por ejemplo, el mecanismo de tracción saca 126 fibras de vidrio a través de las filas 112, 114, 116 y 118. Además, el mecanismo de tracción saca 16 fibras de carbono a través de las filas 120 y 122.

Con referencia a la figura 7, la boquilla siguiente 130, boquilla tres en la serie, incluye una porción cuadrada interior 131 que tiene cuatro pasos de esquina exteriores 132a, 132b, 132c y 132d y cuatro pasos interiores 134a, 134b, 134c y 134d. Las fibras salen de la boquilla dos y se dividen en partes iguales y pasan a través de la boquilla tres. Cada paso en la boquilla tres incluye un cuarto del tipo particular de fibra pasada por la boquilla dos. Más específicamente, las dos filas superiores de la parte superior e inferior de la boquilla dos se dividen por la mitad por lo que la mitad derecha de las dos filas superiores de fibras se pasan a través de la esquina exterior derecha de la boquilla tres. La mitad izquierda de las dos filas superiores de fibras se pasan por la esquina superior izquierda 132a de la boquilla tres 130. La mitad derecha de las dos filas superiores de fibras se pasan por la esquina superior derecha 132b de la boquilla tres 130. La mitad derecha de las dos filas inferiores de fibras se pasan por la esquina inferior derecha 132c de la boquilla tres. La mitad izquierda de las dos filas inferiores de fibras se pasan por la esquina inferior izquierda 132d de la boquilla tres 130. Las dos filas interiores de la boquilla uno se dividen por la mitad por lo que la mitad superior derecha de la fila media inferior de fibras se pasa a través de la esquina interior superior derecha 134b de la boquilla tres 130. La mitad izquierda de la fila media inferior de fibras se pasa a través de la esquina interior superior izquierda 134a de la boquilla tres 130. La mitad derecha de la fila media inferior de fibras se pasa a través de la esquina interior inferior derecha 134c de la boquilla tres 130. La mitad izquierda de la fila media inferior de fibras se pasa a través de la esquina interior inferior izquierda 134d de la boquilla tres 130. Por consiguiente, la boquilla tres 130 crea ocho haces de fibras impregnadas que se comprimirán continuamente mediante la serie de boquillas siguientes.

El extractor saca las fibras a través de la boquilla tres 130 a la boquilla cuatro 140. La boquilla cuatro 140 incluye la misma configuración que la boquilla tres 130. La boquilla cuatro 140 incluye una porción interior cuadrada 141 que tiene cuatro pasos de esquina exteriores 142a, 142b, 142c y 142d y cuatro pasos interiores 144a, 144b, 144c y

144d. Preferiblemente, los cuatro pasos de esquina exteriores 142a-d y los cuatro pasos interiores 144a-d son ligeramente de menor tamaño que los pasos de igual configuración en la boquilla tres 130. La boquilla cuatro
5 140 comprime las fibras pasadas por la boquilla tres.

El extractor saca las fibras de la boquilla cuatro 140 a la boquilla cinco 150. Preferiblemente, los cuatro pasos de esquina exteriores 152a, 152b, 152c y 152d y los cuatro pasos interiores 154a, 154b, 154c y 154d son de tamaño
10 ligeramente menor que los pasos de igual configuración en la boquilla cuatro 140. La boquilla cinco 150 comprime las fibras pasadas a través de la boquilla cuatro 140.

Para cada una de las boquillas sucesivas, cada boquilla crea un manojo de fibras con un diámetro cada vez más
15 pequeño. Preferiblemente, cada boquilla más pequeña limpia la resina excedente de modo que se aproxime a la proporción óptima y deseada de la composición de resina a fibra.

El extractor saca las fibras de la boquilla cinco 150 a la boquilla seis 160. Preferiblemente, los cuatro pasos de esquina exteriores 162a, 162b, 162c y 162d y los cuatro pasos interiores 164a, 164b, 164c y 164d son ligeramente de menor tamaño que los pasos de igual configuración en la boquilla cinco 150. La boquilla seis 160 comprime las fibras pasadas a través de la boquilla cinco 150.
20

La boquilla siete 170 incluye un cuadrado interior 171 que tiene cuatro pasos de esquina exteriores 172a, 172b, 172c y 172d y un paso interior 174. El extractor saca las fibras de los cuatro pasos interiores 164 de la boquilla seis 160 a través del único paso interior 174 en la boquilla
25 siete 170. El proceso compacta el producto a un núcleo concéntrico uniforme final. Preferiblemente, las fibras se pasan por las cuatro esquinas exteriores 172a, 172b, 172c, 172d de la boquilla siete 170 simultáneamente con la compactación de los cuatro pasos interiores 164 de la
30 boquilla seis 160.
35

El extractor saca las fibras a través de la boquilla siete 170 a la boquilla ocho 180. El extractor tira del núcleo compactado interior 184 y las cuatro esquinas exteriores 182a, 182b, 182c, 182d migran hacia dentro más
40 cerca del núcleo 184. Preferiblemente, las fibras exteriores disminuyen a la mitad la distancia entre el núcleo interior

y las esquinas exteriores.

El extractor saca las fibras a través de la boquilla ocho 180 a la boquilla nueve 190. La boquilla nueve 190 es la boquilla final para la formación del núcleo compuesto. El extractor saca los cuatro haces de fibra exteriores y el núcleo compactado a través de un paso 192 en el centro de la boquilla nueve 190.

Preferiblemente, la boquilla nueve 190 compacta la porción externa y la porción interior creando una porción interior de carbono y una porción externa de fibra de vidrio. La figura 8 por ejemplo, ilustra una sección transversal de un cable compuesto. El ejemplo ilustra un elemento de núcleo compuesto 200 que tiene una porción interior compuesta de fibra de carbono reforzada 202 rodeada por una porción exterior compuesta de fibra de vidrio reforzada 204.

La temperatura se mantiene constante en toda la zona 5. La temperatura la determina el proceso y es suficientemente alta para mantener la resina en un estado semicurado. Al final de la zona 5, el producto incluye el nivel final de compactación y el diámetro final.

El extractor saca las fibras de la zona 5 a la zona 6 incluyendo preferiblemente una etapa de curado un horno con calor y flujo de aire constantes como en las zonas 5, 4 y 2. El horno usa el mismo calentamiento y flujo de aire circular transversal constantes que en la zona 5, la zona 4 y la zona 2. El proceso determina el calor de curado. El calor de curado permanece constante durante todo el proceso de curado. En la presente invención, la temperatura preferida para curado está en el rango de 177°C a 204°C. El proceso de curado se extiende preferiblemente dentro del rango de 2.4 a 4.6 metros. Más preferiblemente, el proceso de curado tiene una longitud de 3.0 metros. La alta temperatura de la zona 6 da lugar a una curación final que forma una resina dura.

La zona 6 puede incorporar una boquilla diez para garantizar que el elemento de núcleo compuesto final conserve su forma. Además, otra boquilla evita las flores del núcleo durante el curado.

Durante las etapas siguientes el elemento de núcleo compuesto producido se pasa a través de una serie de fases de calentamiento y enfriamiento. El calentamiento post-

curado mejora el entrecruzamiento dentro de la matriz de resina mejorando las características físicas del producto. Los dispositivos de tracción arrastran las fibras a la zona 7, un dispositivo de enfriamiento. Preferiblemente, la configuración mecánica del horno es la misma que en las zonas 2, 4, 5 y 6. Más específicamente, el dispositivo incluye un sistema de aire circular cerrado que usa un dispositivo de enfriamiento y un ventilador. Preferiblemente, el dispositivo de enfriamiento incluye una pluralidad de bobinas. Alternativamente, las bobinas pueden ser elementos de enfriamiento consecutivos estructurados horizontalmente. En otra alternativa, el dispositivo de enfriamiento incluye espirales de enfriamiento. El ventilador está colocado hacia arriba del dispositivo de enfriamiento y sopla continuamente aire a la cámara de enfriamiento en una dirección hacia arriba. El aire circula a través del dispositivo en una dirección circular cerrada para mantener el aire a una temperatura constante. Preferiblemente, la temperatura de enfriamiento es del rango de 4 a 82°C.

Los dispositivos de tracción arrastran el elemento compuesto a través de la zona 7 a la zona 8, la fase de postcurado. El elemento de núcleo compuesto se calienta a temperatura de postcurado para mejorar las propiedades mecánicas del elemento de núcleo compuesto producido.

Los dispositivos de tracción arrastran el elemento de núcleo compuesto a través de la zona 8 a la zona 9, la fase de enfriamiento postcurado. Una vez que se ha recalentado el núcleo compuesto, el núcleo compuesto se enfría antes de que el extractor agarre el núcleo compuesto compactado. Preferiblemente, el elemento de núcleo compuesto se enfría durante una distancia del rango de 2.4 a 4.6 metros por convección de aire antes de llegar al extractor. Muy preferiblemente, la distancia de enfriamiento es de 3.0 metros.

Los dispositivos de tracción arrastran el elemento de núcleo compuesto a través de la fase de enfriamiento de la zona 9 a la zona 10, un sistema de devanado, por lo que el núcleo de fibra se enrolla alrededor de una rueda para el almacenamiento. Es crítico para la resistencia del elemento de núcleo que el devanado no someta a sobreesfuerzo al

núcleo por flexión. En una realización, el núcleo no tiene torsión y solamente se puede curvar un cierto grado. En otra realización, la rueda tiene un diámetro de 2.1 metros y maneja hasta 2073 metros de elemento de núcleo compuesto formado en la etapa B. La rueda está diseñada para acomodar la rigidez del elemento de núcleo compuesto formado en la etapa B sin forzar el elemento de núcleo a una configuración que está demasiado apretada. En otra realización, el sistema de devanado incluye unos medios para evitar que la rueda invierta el flujo de devanado a desenrollamiento. Los medios pueden ser cualquier dispositivo que evite que se invierta la dirección de la rueda, por ejemplo, un sistema de freno.

En otra realización, el proceso incluye un sistema de control de calidad que incluye un sistema de inspección de línea. El proceso de control de calidad garantiza un producto consistente. El sistema de control de calidad puede incluir inspección ultrasónica de elementos de núcleo compuesto; registrar el número de haces de filamentos en el producto final; supervisar la calidad de la resina; supervisar la temperatura de los hornos y del producto durante varias fases; medir la formación; medir la velocidad del proceso de tracción. Por ejemplo, cada lote de elemento de núcleo compuesto tiene datos de soporte para que el proceso siga funcionando de forma óptima. Alternativamente, el sistema de control de calidad incluye un sistema de marcación, donde el sistema de marcación marca los elementos de núcleo compuesto con la información de producto del lote particular. Además, los elementos de núcleo compuesto se pueden colocar en clases diferentes según cualidades específicas, por ejemplo, Clase A es de alta calidad, Clase B y Clase C.

Las fibras usadas para procesar los elementos de núcleo compuesto se pueden intercambiar para cumplir especificaciones requeridas por el elemento de núcleo compuesto final producido. Por ejemplo, el proceso permite la sustitución de fibras en un elemento de núcleo compuesto que tiene un núcleo de carbono y un núcleo exterior de fibra de vidrio por carbono de alta calidad y vidrio E. El proceso permite el uso de fibras más caras que funcionan mejor en lugar de fibras menos caras debido a la combinación de fibras y el pequeño tamaño reducido del núcleo. En una

realización, la combinación de fibras crea un núcleo interior de alta resistencia con mínima conductividad rodeado por una capa aislante exterior no conductora de módulo bajo. En otra realización, la capa aislante exterior contribuye a la flexibilidad del elemento de núcleo compuesto y permite enrollar, almacenar y transportar el elemento de núcleo.

Otra realización de la invención permite el rediseño de la sección transversal del núcleo compuesto para acomodar propiedades físicas variables y aumentar la flexibilidad del elemento de núcleo compuesto. Con referencia de nuevo a la figura 5, las diferentes formas del compuesto cambian la flexibilidad del elemento de núcleo compuesto. Cambiar el diseño del núcleo puede permitir el devanado del núcleo en una rueda de menor diámetro. Además, cambiar el diseño del núcleo compuesto puede afectar a la rigidez y resistencia del núcleo interior. Como una ventaja, la geometría del núcleo se puede diseñar para lograr características físicas óptimas deseadas en un cable ACCC final.

En otra realización de la invención, el diámetro del núcleo es superior a 0.95 cm. Un núcleo de más de 0.95 cm no se puede curvar para lograr un diámetro de enrollamiento de 2.1 metros. La resistencia potencial en la forma de curva exterior excede de la resistencia del material y el material se fisurará. Un núcleo de 1.3 a 1.6 cm de diámetro pueden requerir un diámetro de rueda de 4.6 metros y esto no es comercialmente viable. Para incrementar la flexibilidad del núcleo compuesto, el núcleo se puede trenzar o segmentar para lograr un diámetro de enrollamiento aceptable. Una torsión de 360 grados de la orientación de la fibra en el núcleo para una revolución de núcleo. Alternativamente, el núcleo puede ser una combinación de fibras trenzadas y rectas. La torsión se puede determinar por el diámetro límite de la rueda. Si el límite está prohibido, torcer una revolución de diámetro de la rueda. Los esfuerzos de tensión y compresión en el núcleo se equilibran con una revolución.

El esfuerzo de devanado se reduce produciendo un núcleo segmentado. La figura 5 ilustra algunos ejemplos de posibles configuraciones en sección transversal de núcleos segmentados. El núcleo segmentado bajo el proceso se forma curando la sección como piezas separadas donde las piezas

separadas se agrupan después. Segmentar el núcleo permite un elemento compuesto producido que tiene un núcleo de más de 0.95 cm para lograr un diámetro de devanado deseable sin esfuerzo adicional en el elemento producido.

5 La geometría variable de las secciones transversales en los elementos de núcleo compuesto se procesa preferiblemente como una corriente múltiple. El sistema de procesamiento está diseñado para acomodar la formación de cada segmento en paralelo. Preferiblemente, cada segmento se forma cambiando
10 la serie de boquillas consecutivas por boquillas que tienen configuraciones predeterminadas para cada uno de los pasos. En particular, el tamaño de los pasos se puede variar para acomodar más o menos fibra, la disposición de pasos se puede variar para poder combinar las fibras en una configuración
15 diferente en el producto final y se puede añadir más boquillas dentro de la pluralidad de boquillas consecutivas para facilitar la formación de las secciones transversales geométricas variadas en el elemento de núcleo compuesto. Al final del sistema de procesamiento las cinco secciones en las
20 cinco corrientes de procesamiento se combinan al final del proceso para formar el núcleo de cable compuesto. Alternativamente, los segmentos se pueden trenzar para incrementar la flexibilidad y facilitar el devanado.

 El núcleo compuesto final se enrolla en aluminio ligero
25 de alta conductividad que forma un cable compuesto. Preferiblemente, el cable de núcleo compuesto incluye un núcleo interior de carbono que tiene una capa aislante exterior de fibra de vidrio compuesta y dos capas de hilos de aluminio de forma trapezoidal.

30 En una realización, la capa interior de aluminio incluye una pluralidad de segmentos de aluminio de forma trapezoidal enrollados en una dirección hacia la izquierda alrededor del elemento de núcleo compuesto. Cada sección trapezoidal está diseñada para optimizar la cantidad de
35 aluminio y aumentar la conductividad. La geometría de los segmentos trapezoidales permite encajar apretadamente cada segmento y alrededor del elemento de núcleo compuesto.

 En otra realización, la capa externa de aluminio incluye una pluralidad de segmentos de aluminio de forma
40 trapezoidal enrollados en una dirección hacia la derecha alrededor del elemento de núcleo compuesto. La dirección

contraria de enrollamiento evita la torsión del cable final. Cada elemento trapezoidal de aluminio encaja apretadamente con los elementos trapezoidales de aluminio enrollados alrededor de la capa interior de aluminio. El ajuste
5 apretado optimiza la cantidad de aluminio y disminuye el aluminio requerido para alta conductividad.

EJEMPLO

Ahora se describe una realización concreta de la invención donde el elemento de resistencia compuesto incluye
10 vidrio E y carbono tipo 13. El vidrio E combina las propiedades deseables de buena estabilidad química y térmica, y buena resistencia eléctrica con alta resistencia. La forma en sección transversal o perfil se ilustra en la figura 8 donde el elemento de resistencia compuesto incluye
15 un núcleo concéntrico de carbono encapsulado por una capa uniforme de fibra de vidrio compuesta. En una realización preferida el proceso produce un elemento de núcleo hibridizado incluyendo dos materiales diferentes.

Las estructuras de fibra en esta realización particular
20 son 126 extremos de producto de vidrio E, rendimiento 900, Veterotex Amer, y 16 extremos de carbono Torayca T7DOS rendimiento 24K. La resina usada es Aralite MY 721 de Vantico.

En la operación, los extremos de 126 haces de
25 filamentos de fibra de vidrio E y 16 haces de filamentos de fibra de carbono se pasan por una guía de haces de filamentos de fibra incluyendo dos filas de 32 pasos, dos filas interiores de 31 pasos y dos filas interiores de 4 pasos y a una etapa de precalentamiento a 65,6°C (150°F)
30 para eliminar toda humedad. Después de pasar a través del horno de precalentamiento, los haces de filamentos de fibra se pasan por un depósito de empapamiento. En el depósito de empapamiento un dispositivo sube y baja efectivamente las fibras en una dirección vertical permitiendo humectación
35 completa de los haces de filamentos de fibra. En el lado ascendente del depósito de empapamiento está situado un sistema limpiador que quita la resina excedente como los haces de filamentos de fibra son sacados del depósito. La resina excedente se recoge por una bandeja de rebosamiento
40 de resina y se añade de nuevo al depósito de empapamiento de resina.

Los haces de filamentos de fibra son sacados del depósito de empapamiento a un horno de etapa B que semicura los haces de filamentos de fibra impregnados con resina a una etapa pegajosa. En esta etapa los haces de filamentos de fibra se pueden compactar y configurar más a su forma final en la fase siguiente. Los haces de filamentos de fibra se empujan a un horno siguiente a la temperatura del horno de etapa B para la etapa pegajosa. Dentro del horno hay ocho boquillas consecutivas que funcionan para compactar y configurar los haces de filamentos de fibra a la forma final del elemento de núcleo compuesto. Se pasan dos extremos del haz de filamentos de fibras por cada uno de los 134 pasos en la primera boquilla que se maquinan a las dimensiones precalculadas para lograr un volumen de fibra de 72 por ciento y un volumen de resina de 28 por ciento en el elemento de núcleo compuesto final. Los extremos de los haces de filamentos de fibra que salen de los pasos en el cuarto superior derecho incluyendo la mitad de las dos filas superiores se pasan por los pasos 132 de la boquilla siguiente; los extremos de los haces de filamentos de fibra que salen de los pasos en el cuarto superior izquierdo incluyendo la mitad de las dos filas superiores se pasan por el paso 136 de la boquilla siguiente; los extremos de los haces de filamentos de fibra que salen de los pasos en el cuarto inferior derecho incluyendo la mitad de las dos filas inferiores se pasan por el paso 140 de la boquilla siguiente; los extremos de los haces de filamentos de fibra que salen de los pasos en el cuarto inferior izquierdo incluyendo la mitad de las dos filas inferiores se pasan por el paso 138 de la boquilla siguiente; los cuartos derecho e izquierdo de los pasos en la fila superior media se pasan por los pasos 142 y 144 de la boquilla siguiente y los cuartos derecho e izquierdo de los pasos en la fila inferior media se pasan por los pasos 134 y 146, respectivamente.

Los haces de filamentos de fibra se pasan consecutivamente a través de los pasos exteriores e interiores de cada boquilla sucesiva compactando y configurando más los haces de fibra. En la boquilla siete, los haces de fibra pasados a través de los cuatro pasos interiores de la boquilla seis se combinan para formar un núcleo compuesto mientras que los pasos exteriores restantes

siguen manteniendo separados los cuatro haces de fibras de vidrio. Los cuatro pasos exteriores de la boquilla siete se aproximan hacia dentro en la boquilla ocho, más cerca del núcleo interior de carbono. Los haces de filamentos de fibra
5 se combinan con el núcleo interior de carbono en la boquilla nueve formando un elemento de núcleo compuesto hibridizado incluyendo un núcleo interior de carbono que tiene una capa exterior de vidrio.

El elemento de núcleo compuesto se saca de la boquilla
10 nueve a un horno de curado final a una temperatura elevada de 193°C según requiera la resina específica. Desde el horno de curado el elemento de núcleo compuesto se pasa a través de un horno de enfriamiento para ser enfriado a 66°C a 82°C. Después de enfriar el elemento de núcleo compuesto se pasa a
15 través de un horno de postcurado a temperatura elevada, preferiblemente para calentar el elemento a al menos la temperatura de etapa B. Después de postcurado el elemento se enfría por aire a 82°C. El elemento se enfría antes del agarre por el extractor oruga a la rueda de devanado de
20 núcleo que tiene una capacidad de almacenamiento de 1829 metros.

Ejemplo

Sigue a continuación un ejemplo de un cable reforzado ACCC según la presente invención. Un cable reforzado ACCC
25 incluyendo cuatro capas de componentes que consta de una capa interior de carbono/epoxi, una capa siguiente de fibra de vidrio/epoxi y dos capas de hilos de aluminio en forma de tetraedro. El elemento de resistencia consta de un carbono/epoxi T700S compuesto avanzado que tiene un diámetro
30 de 0.5499 cm, rodeado por una capa externa de fibra de vidrio/epoxi R099-688 que tiene una capa de 0.95 cm de diámetro. La capa de fibra de vidrio/epoxi está rodeada por una capa interior de nueve hilos de aluminio de forma trapezoidal que tienen un diámetro de 1.883 cm y una capa
35 externa de trece hilos de aluminio de forma trapezoidal que tiene un diámetro de 2.814 cm. El área total de carbono es 0.24 cm², de vidrio es 0.48 cm², de aluminio interior es 2.03 cm² y aluminio exterior es 3.37 cm². La relación de fibra a resina en el elemento de resistencia interior de carbono es
40 70/30 en peso y la relación de fibra a resina de la capa exterior de vidrio es 75/25 en peso.

Las especificaciones específicas se resumen en la tabla siguiente:

Vidrio:

Mecha Vetrotex R099-686 (900 Rendimiento)	
Resistencia a la tracción, MPa	2055
Elongación a fallo, %	3.0
Módulo de tracción, x 10 ⁶ GPa	77.2
Contenido de vidrio, %	57.2

5

Carbono (grafito)

Carbono: Torayca T700S (Rendimiento 24K)	
Resistencia a la tracción, MPa	4902
Módulo de tracción, GPa	230.3
Deformación	2.1%
Densidad g/cm ³	1.80
Diámetro del filamento, µm	7.1

10 Sistema de matriz de epoxi

Araldite MY 721	
Valor epoxi, eq./kg	8.6-9.1
Equivalente epoxi, g/eq.	109-
Viscosidad @ 50C, cPs	3000-6000
Densidad @ 25C g/cm ³	1.15 -1.18
Endurecedor 99-023	
Viscosidad @ 25C, cPs	75-300
Densidad @ 25C, g/cm ³	1.19- 1.22
Acelerador DY 070	
Viscosidad @25C, cPs	<50
Densidad @ 25C, g/cm ³	0.95-1.05

15 Un cable reforzado ACCC que tiene las especificaciones anteriores se fabrica según lo siguiente. El proceso usado para formar el cable compuesto en este ejemplo se ilustra en la figura 1. En primer lugar, se ponen 126 bobinas de haces de filamentos de fibra de vidrio 12 y 8 bobinas de carbono en los sistemas de estantes 14 y los extremos de los haces de filamentos de fibra individuales 12, que salen de las

bobinas 11, se pasan por una guía de haces de filamentos de fibra 18. Las fibras experimentan tracción tangencial para evitar fibras trenzadas. Un extractor 16 al final del aparato saca las fibras a través del aparato. Cada estante
5 dispensador 14 tiene un pequeño freno para ajustar individualmente la tensión de cada bobina. Los haces de filamentos 12 se pasan por la guía 18 y a un horno de precalentamiento 20 a 66°C para eliminar la humedad.

Los haces de filamentos 12 se introducen en el depósito
10 de empapamiento 22. El depósito de empapamiento 22 está lleno de Araldite MY 721/Endurecedor 99-023/Acelerador DY070 para impregnar los haces de filamentos de fibra 12. La resina excedente se quita de los haces de filamentos de fibra 12 durante la salida del depósito de empapamiento 22.
15 Los haces de filamentos de fibra 12 se empujan del depósito de empapamiento 22 a un horno de etapa B 24 y se calientan a 93°C. Los haces de filamentos de fibra 12 mantenidos separados por la guía 18, se empujan a un segundo horno de etapa B 26 también a 93°C incluyendo una pluralidad de
20 boquillas consecutivas para comprimir y configurar los haces de filamentos 12. En el segundo horno de etapa B 26, los haces de filamentos de fibra 12 se dirigen mediante una pluralidad de pasos proporcionados por las boquillas. Los pasos consecutivos comprimen y configuran continuamente los
25 haces de filamentos de fibra 12 al elemento de núcleo compuesto uniforme final.

La primera boquilla tiene dos filas de 32 pasos, dos filas interiores de 31 pasos cada una y dos filas interiores de 4 pasos cada una. Los 126 haces de filamentos de fibra de
30 vidrio se pasan por las dos filas exteriores de 32 y 31 pasos, respectivamente. Los haces de filamentos de fibra de carbono se pasan por las dos filas interiores de 4 pasos cada una. La boquilla siguiente divide las dos filas superiores por la mitad y la porción izquierda se pasa a
35 través del paso de esquina exterior y superior izquierdo en la segunda boquilla. La porción derecha se pasa a través del paso de esquina exterior y superior derecho en la segunda boquilla. Las dos filas inferiores se dividen por la mitad y la porción derecha se pasa a través de la esquina exterior
40 inferior derecha de la segunda boquilla y la porción izquierda se pasa a través de la esquina exterior inferior

izquierda de la segunda boquilla. Igualmente, las dos filas interiores de carbono se dividen por la mitad y las fibras de los dos pasos superiores derechos se pasan por la esquina interior superior derecha de la segunda boquilla. Las fibras de los pasos superiores izquierdos se pasan por la esquina interior superior izquierda de la segunda boquilla. Las fibras de los pasos inferiores derechos se pasan por la esquina interior inferior derecha de la segunda boquilla y las fibras de los pasos inferiores izquierdos se pasan por la esquina interior inferior izquierda de la segunda boquilla.

Los haces de fibra se pasan por una serie de siete boquillas que comprimen y configuran continuamente los haces a un elemento de núcleo concéntrico uniforme hibridizado.

El elemento de núcleo compuesto se saca del segundo horno de etapa B 26 a un sistema de procesado en horno siguiente 28 a 166-188°C donde el elemento de núcleo compuesto se cura y saca a un sistema de refrigeración siguiente 30 a -1 a 38°C para enfriar. Después del enfriamiento, el núcleo compuesto se lleva a un sistema de procesado en horno siguiente 32 a 166 a 188°C para postcurado. El mecanismo de tracción tira del producto a través de un área de enfriamiento por aire de 3 metros a 82°C.

Se enrollan nueve hilos de aluminio de forma trapezoidal teniendo cada uno un área de 0.226 o 2.03 cm² de área total en el núcleo alrededor del núcleo compuesto después del enfriamiento. A continuación, trece hilos de aluminio de forma trapezoidal cada uno con un área de 0.259 o 3.37 cm² de área total en el núcleo se enrollan alrededor de la capa interior de aluminio.

Se ha de entender que la invención no se limita a los detalles exactos de la construcción, la operación, los materiales exactos, o las realizaciones mostradas y descritas, puesto que modificaciones y equivalentes serán evidentes a los expertos en la materia en la técnica sin apartarse del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un cable eléctrico de transmisión y distribución, caracterizado porque el cable incluye:

un núcleo compuesto, incluyendo el núcleo compuesto
5 una pluralidad de fibras de carbono continuas de refuerzo
incrustadas en una resina y una capa aislante no conductora
rodeando las fibras de carbono incrustadas en resina; y
al menos una capa de conductor rodeando el núcleo
compuesto,

10 donde la capa aislante no conductora está dispuesta
entre las fibras de carbono incrustadas en resina y la al
menos única capa de conductor para aislar las fibras de
carbono del conductor.

2. Un cable eléctrico de transmisión y distribución
15 según la reivindicación 1, donde la al menos única capa de
conductor incluye una pluralidad de hilos conductores de
aluminio que están enrollados helicoidalmente alrededor del
elemento de resistencia de núcleo compuesto.

3. Un cable eléctrico de transmisión y distribución
20 según la reivindicación 2, donde los hilos conductores de
aluminio tienen forma trapezoidal.

4. Un cable eléctrico de transmisión y distribución
según la reivindicación 1, donde la capa aislante no
conductora incluye fibras de vidrio.

25 5. Un cable eléctrico de transmisión y distribución
según la reivindicación 4, donde las fibras de vidrio
tienen una resistencia a la tracción de al menos 1724 MPa.

6. Un cable eléctrico de transmisión y distribución
según la reivindicación 4, donde las fibras de vidrio
30 tienen un módulo de elasticidad más bajo que las fibras de
carbono.

7. Un cable eléctrico de transmisión y distribución
según la reivindicación 4, donde las fibras de vidrio
incluyen fibras de vidrio continuas.

35 8. Un cable eléctrico de transmisión y distribución
según la reivindicación 4, donde las fibras de vidrio están
incrustadas en la resina.

9. Un cable eléctrico de transmisión y distribución
según la reivindicación 1, donde el núcleo compuesto tiene
40 una resistencia a la tracción superior a 1103 MPa.

10. Un cable eléctrico de transmisión y distribución

según la reivindicación 1, donde el núcleo compuesto tiene un módulo de elasticidad dentro del rango de 48 GPa a 206 GPa.

5 11. Un cable eléctrico de transmisión y distribución según la reivindicación 1, donde el núcleo compuesto tiene un coeficiente de expansión térmica en el rango de 0×10^{-6} a 6×10^{-6} m/m/°C.

10 12. Un cable eléctrico de transmisión y distribución según la reivindicación 1, donde las fibras de carbono están orientadas paralelas al eje longitudinal del núcleo compuesto.

15 13. Un cable eléctrico de transmisión y distribución según la reivindicación 1, donde la capa aislante incluye fibras de vidrio continuas incrustadas en la matriz de resina.

14. Un cable eléctrico de transmisión y distribución según la reivindicación 13, donde las fibras de vidrio continuas están orientadas paralelas al eje longitudinal del núcleo compuesto.

20 15. Un cable eléctrico de transmisión y distribución según la reivindicación 1, donde la resina incluye una resina epoxi termoestable.

25 16. Un cable eléctrico de transmisión y distribución según la reivindicación 1, donde las fibras de carbono continuas de refuerzo incluyen una pluralidad de estopas de fibras de carbono de refuerzo.

30 17. Un cable eléctrico de transmisión y distribución según la reivindicación 1, donde la pluralidad de estopas de fibras de carbono de refuerzo están compactadas para formar una capa interior de fibras de carbono de refuerzo.

18. Un cable eléctrico de transmisión y distribución según la reivindicación 17, donde la capa aislante incluye una pluralidad de estopas de fibras de vidrio continuas.

35 19. Un cable eléctrico de transmisión y distribución según la reivindicación 18, donde el núcleo compuesto se fabrica pasando la pluralidad de estopas de fibras de carbono y la pluralidad de estopas de fibras de vidrio a través de un sistema de procesamiento de núcleo compuesto.

40 20. Un cable eléctrico de transmisión y distribución según la reivindicación 1, donde el núcleo compuesto tiene una longitud de al menos 1829 metros.

Resumen

Esta invención se refiere a un cable conductor de
5 aluminio reforzado con núcleo compuesto (ACCC) y un método
de fabricación. Un cable ACCC que tiene un núcleo compuesto
rodeado por al menos una capa de conductor de aluminio. El
núcleo compuesto incluye al menos un tipo de fibra reforzado
sustancialmente continuo orientado longitudinalmente en una
10 matriz de resina termoestable que tiene una capacidad de
temperatura operativa dentro del rango de 90 a 230°C, al
menos una fracción de 50% de volumen de fibra, una
resistencia a la tracción en el rango de 1103 MPa a 1655
MPa, un módulo de elasticidad en el rango de 48.3 GPa a 207
15 GPa y un coeficiente de expansión térmica en el rango de 0 a
 6×10^{-6} m/m/C. Según la invención, se puede usar un proceso
de formación de etapa B para formar el núcleo compuesto a
velocidades mejoradas sobre los procesos de pultrusión donde
las velocidades oscilan entre 2.74 m/min y 15.24 m/min.