

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 805 365**

51 Int. Cl.:

B32B 5/12	(2006.01)
B32B 5/22	(2006.01)
B64D 45/02	(2006.01)
C08J 5/04	(2006.01)
C08J 5/24	(2006.01)
H01B 3/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.12.2014 PCT/EP2014/078456**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.06.2015 WO15091794**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2014 E 14815712 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.06.2020 EP 3083231**

54 Título: **Estructura compuesta**

30 Prioridad:

20.12.2013 GB 201322767

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

11.02.2021

73 Titular/es:

**HEXCEL COMPOSITES LIMITED (100.0%)
Ickleton Road
Duxford, Cambridgeshire CB22 4QD, GB**

72 Inventor/es:

TILBROOK, DAVID

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 805 365 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Estructura compuesta

Introducción

5 La presente invención se refiere a una estructura compuesta y a un método para proporcionar vías conductoras de electricidad en el compuesto, particularmente pero no exclusivamente para estructuras de aeronaves.

Antecedentes

10 Las aeronaves son vulnerables a los impactos de rayo. Los aviones comerciales, por ejemplo, suelen ser alcanzados por rayos una o dos veces al año. Al contrario que sus equivalentes de metal, las estructuras compuestas en aeronaves no alejan de inmediato las corrientes eléctricas extremas y las fuerzas electromagnéticas generadas por los impactos de rayo. Los materiales compuestos son o bien no conductores en absoluto (p. ej., fibra de vidrio) o considerablemente menos conductores que los metales (p. ej., fibra de carbono), de modo que la corriente de un impacto de rayo busca los trayectos de metal disponibles. Por esa razón, la protección contra impactos de rayo (LSP) ha sido una preocupación importante desde que se utilizaron los primeros compuestos en aeronaves hace más de 30 años.

15 Si un rayo alcanza una estructura desprotegida, hasta 200.000 A de corriente eléctrica buscan el trayecto de menos resistencia. Durante el proceso, puede vaporizar cables de control de metal, soldar bisagras en superficies de control y explosionar vapores de combustible en los depósitos de combustible si la corriente crea un arco eléctrico a través de huecos alrededor de fijadores y también entre áreas de bordes expuestos que están en diferentes potenciales eléctricos (conocido como *brillo de borde del laminado (edge glow)*). Estos efectos directos también suelen incluir la evaporación de la resina en el área de impacto inmediato, pudiendo arder el laminado. Otros efectos directos potencialmente peligrosos de un impacto de rayo pueden incluir la expulsión de gases calientes o partículas calientes al cuerpo de una estructura de aeronave y la formación de chispas. Los efectos indirectos ocurren cuando los campos magnéticos y las diferencias de potencial eléctrico en la estructura inducen tensiones transitorias, lo cual puede dañar e incluso destruir el sistema electrónico de a bordo que no se haya protegido contra EMF (campo electromagnético) o contra rayos. La necesidad de proteger las estructuras compuestas ha impulsado el desarrollo de un número de materiales LSP especializados.

25 Las estrategias LSP convencionales tienen tres objetivos: proporcionar vías conductoras adecuadas de forma que la corriente del rayo permanezca en el exterior de la estructura; eliminar huecos en esta vía conductora para evitar la creación de arcos eléctricos en puntos de sujeción y la ignición de vapores de combustible; y proteger la instalación eléctrica, los cables y el equipo sensible de sobrecargas perjudiciales o transitorias al establecer una base de forma prudente, proteger contra EMF y aplicar dispositivos de supresión de sobrecargas cuando sea necesario.

30 Tradicionalmente, las vías conductoras en estructuras compuestas se han establecido de una de las siguientes maneras: (1) uniendo la lámina de metal a la estructura como capa externa; (2) uniendo aluminio o malla de cobre a la estructura ya sea como capa externa o integrada una capa más abajo; o (3) incorporando filamentos de material conductor al laminado. Todas requieren conectar las vías conductoras al resto de la aeronave para dar a la corriente un amplio número de rutas para salir de manera segura de la aeronave. Esto se consigue generalmente al utilizar tiras de unión de metal (es decir, de conexión eléctrica) para conectar la capa de superficie conductora a un "plano base" interno, el cual incluye componentes metálicos tal y como motores, conductos, etc. Debido a que los impactos de rayo pueden unirse a fijadores en estructuras compuestas, puede ser deseable evitar la creación de arcos eléctricos o chispas entre ellos al encapsular tuercas o manguitos de los fijadores con tapas de plástico o recubrimientos de polisulfuro.

35 Para proteger la superficie externa, se ha desarrollado un número de productos de fibra de metal o metalizada, generalmente pantallas tejidas y no tejidas y láminas expandidas. Estos productos de malla permiten que la corriente del rayo se transmita rápidamente a lo largo de la superficie de la estructura, reduciendo su foco. El alambre de aluminio fue uno de los primeros materiales LSP, entrelazado con fibra de carbono como parte del laminado. Sin embargo, el uso de aluminio con fibra de carbono conlleva el riesgo de producir corrosión galvánica. Los alambres de cobre evitan el riesgo de corrosión galvánica, pero son tres veces más pesados que el aluminio. Debido a que aumentó el uso de los compuestos de fibra de vidrio en aeronaves, la industria investigó láminas y después láminas expandidas, las cuales se pueden curar con la capa exterior del laminado. Las fibras recubiertas (níquel o cobre electrodepositado en fibras de carbono y otras) también se utilizan, pero funcionan mucho mejor en aplicaciones de protección de EMF que como protección directa a impactos de rayo.

40 La malla de aluminio de Astrostrike la produce Astroseal Products (Chester, Conn) a partir de una lámina sólida, la cual se perfora después y se expande para aumentar la maleabilidad y la adhesión a las estructuras compuestas.

45 Un número de proveedores proporciona láminas expandidas, las cuales no requieren un proceso de tejido más costoso para producir y supuestamente ofrecer mayor adaptabilidad y conformación que los tejidos. Dexmet (Naugatuck, Conn.) proporciona una gran variedad de productos de metal conductores para aeronaves, incluidos el aluminio, el cobre, el bronce fosforoso, el titanio y otros materiales.

ES 2 805 365 T3

Strikegrid es un producto de lámina de aluminio expandida y continua (CEAF) anodizada con ácido fosfórico proporcionado por Alcore (Edgewood, Md.), parte del grupo de empresas M. C. Gill Corp. Reivindica una mayor resistencia a la corrosión y longevidad ambiental debido a una cubierta propia. Se proporciona en rollos continuos de 24 pulgadas a 36 pulgadas (610 mm a 914 mm) de ancho y de 2 milipulgadas y 4 milipulgadas de grosor.

- 5 La malla de aluminio LSP también la proporciona ECC GmbH & Co. KG (antiguamente C. Cramer & Co., Heek-Nienborg, Alemania).

Entre los desarrollos más recientes están los prepreg LSP "todo en uno", los cuales contienen tejido pre-integrado o mallas de metal no tejidas. Al aplicarlos primero en capas, los productos reducen de manera significativa los costes de preparación y fabricación, según sus proveedores.

- 10 El prepreg LSP de Strike Guard lo fabrica APCM (Plainfield, Conn.), y se vende a través de y apoyado por su socio/distribuidor Advanced Materials and Equipment (Barkhamsted, Conn.). Los prepreg LSP de APCM están hechos de o bien mallas de metal tejidas o no tejidas impregnadas con resinas adhesivas de fusión en caliente que se modifican con aditivos para mejorar la conductividad de la matriz, convirtiendo al prepreg completo en un sistema conductor. Las opciones de malla de metal incluyen cobre, aluminio, bronce fosfórico y fibras de poliéster recubiertas
- 15 de níquel/cobre en diferentes tamaños, desde 0,08 lb/ft² hasta 0,060 lb/ft² de peso. Los prepreg también están disponibles con un velo ligero de fibra de vidrio no tejido que mejora el acabado de la superficie, reduciendo la porosidad y el acabado secundario requerido antes de pintar.

- La película de revestimiento LSP de Henkel Corp.'s (Bay Point, Calif.) combina su película de revestimiento compuesta y adhesivos de película Hysol con pantallas Astrostrike conductoras y ligeras de Astroseal para proporcionar una familia de capas de superficie de impacto de rayo. Las pantallas también reducen el coste de la preparación de la superficie para pintar, reducen el número de partes de materia prima y el tiempo de preparación, y se pueden curar con prepreg. La combinación única de SynSkin de materiales de relleno y matriz de resina supuestamente hace que sea prácticamente imposible de traspasar una vez curada, ofreciendo una drástica mejora en la protección de la pantalla conductora durante operaciones de lijado y relleno comparado con las películas adhesivas de solo resina epóxica.
- 20
- 25

Cytec Engineered Materials (Tempe, Ariz.) también produce productos LSP en forma de película de superficie compuesta de SURFACE MASTER 905.

- Los productos LSP proporcionan suficiente protección únicamente cuando se incorporan de forma adecuada en el sistema protector general de una aeronave. Cuando las alas compuestas, el fuselaje de revestimiento y los estabilizadores horizontales están dispuestos en capas, se coloca una espiga de cobre (un saliente fino o puntiagudo que sirve de punto de sujeción) como un punto reforzado conductor en el laminado, contactando no solo con la malla de cobre integrada sino también con las tiras de unión que hacen de puente para el hueco entre el fuselaje y el ala.
- 30

- Para los compuestos intensivos de su avión comercial de pasajeros 787 mediano, The Boeing Co. (Seattle, Wash.) ha desarrollado un enfoque multicapa para su estrategia de protección contra impactos de rayo. Boeing utiliza una malla o lámina de metal fina en las capas exteriores del fuselaje compuesto y alas para disipar rápidamente y dirigir la sobrecarga y proteger el sistema electrónico de a bordo. Para evitar ligeros huecos entre fijadores ala-revestimiento y sus huecos, los cuales pueden formar chispas, Boeing instala cada fijador de manera precisa y después lo sella en el interior. Boeing utiliza relleno no conductor o fibra de vidrio para sellar los bordes donde los revestimientos de ala coinciden con largueros internos para evitar huecos, los cuales podrían permitir que los electrones se salgan durante un impacto de rayo, un fenómeno denominado "brillo de borde del laminado". En los depósitos de combustible, Boeing elimina el riesgo de que los vapores de combustible explotan instalando un sistema generador de nitrógeno (NGS) que minimiza los vapores inflamables en depósitos de ala al rellenar el espacio con gas nitrógeno inerte.
- 35
- 40

- La publicación internacional WO2010035021 describe un prepreg que comprende resina y al menos una capa de fibra, y que comprende además una capa eléctricamente aislante y una capa conductora de electricidad, y particularmente en el que la capa conductora está en o cerca de la superficie superior, por debajo de la cual está la capa aislante y por debajo una estructura intercalada de fibra/resina.
- 45

- La publicación internacional WO2011114140 describe un prepreg que comprende una capa estructural de fibras conductoras que comprende resina termoendurecible en los intersticios, y una primera capa externa de resina que comprende resina termoendurecible, y que comprende una población de filamentos libres conductores ubicados en la interfaz entre la capa estructural y la capa externa de resina que, cuando se cura bajo elevadas temperaturas, produce un material compuesto curado que comprende una capa estructural curada de fibras conductoras compactas y una primera capa externa de resina curada, comprendiendo la capa externa de resina curada una proporción de la población de filamentos libres conductores dispersos en la misma; y también un proceso para fabricar prepregs en el que las fibras conductoras de electricidad atraviesan un medio que afecta a las fibras para provocar que una proporción de las fibras en una cara externa de la hoja se convierta en filamentos libres.
- 50
- 55

Convencionalmente, el foco en LSP ha tenido lugar para aumentar la conductividad eléctrica de la estructura compuesta. Sin embargo, también es importante proteger las partes críticas de la aeronave.

La presente invención tiene por objeto obviar o mitigar los problemas descritos anteriormente y/o proporcionar mejoras generales.

Compendio de la invención

5 Según la invención se proporciona una estructura compuesta y un método según se define en una cualquiera de las reivindicaciones adjuntas.

10 Cuando las partes reforzadas con fibra que contienen fibras conductoras tal y como fibras de carbono están unidas a estructuras compuestas con fijadores metálicos, existe la posibilidad de descargas de impactos de rayo directamente en cualquier fijador expuesto al exterior de la aeronave. Las fibras conductoras que están directamente en contacto con un fijador de impacto pueden por tanto experimentar un aumento muy rápido de carga eléctrica. En algunos casos, esto puede derivar en el desarrollo de campos eléctricos y potenciales muy fuertes en cualquier extremo de fibra expuesto presente en superficies internas de la estructura. Si el campo es lo suficientemente alto como para sobrepasar el umbral de ruptura dieléctrica de la atmósfera dentro de la estructura, puede tener lugar una ruptura dieléctrica permitiendo la descarga eléctrica a otra parte de la superficie en un potencial inferior. A este fenómeno se le denomina "brillo de borde del laminado".

15 Cuando la estructura reforzada con fibras es un ala y la superficie interior comprende parte de un depósito de combustible de la aeronave, el brillo de borde del laminado puede potencialmente producir la ignición del depósito de combustible lo cual supone una amenaza para la seguridad de una aeronave. Por esta razón existen requerimientos rigurosos para gestionar este fenómeno.

20 Según la presente invención se proporciona una estructura compuesta que comprende una o más vías conductoras de electricidad y uno o más aislantes para aislar las vías de la mayor parte de la estructura, la estructura comprende un refuerzo de fibras y una matriz de resina de refuerzo, formándose dichas vías a partir de dicho refuerzo de fibras y dicha matriz de resina de fibras; en la que las vías son discretas y el uno o más aislantes comprenden discontinuidades en el refuerzo de fibras.

25 Las vías permiten la protección de estructuras compuestas de aeronaves contra los fenómenos de descarga eléctrica tal y como el brillo de borde del laminado al conducir la electricidad lejos de las partes críticas. Además, las vías permiten controlar la dirección de la conductividad eléctrica.

En una realización, las vías están formadas del mismo refuerzo de fibras y la misma matriz de resina que el refuerzo de fibras y la matriz de la mayor parte de la estructura.

30 La introducción de una o más discontinuidades en las fibras que conectan un elemento metálico de la estructura compuesta la cual puede ser susceptible a impactos de rayo protege cualquier superficie interna del brillo de borde del laminado.

35 Los aislantes comprenden discontinuidades en el refuerzo de fibras. Las discontinuidades de fibras se pueden introducir en ubicaciones específicas de una capa durante el proceso de capado en laminado para formar la estructura compuesta. Esto se hace de dicha manera para asegurar que la distancia entre discontinuidades sea mayor que la longitud de fibra crítica para que la combinación resina/fibra evite comprometer propiedades mecánicas.

La longitud (L_c) de fibra crítica se define como

$$L_c = \frac{\sigma_f^* d}{2\tau_c}$$

en la que σ_f^* es la resistencia [Pa] a la rotura por tracción de la fibra, d es el diámetro [m] de fibra y τ_c es o bien la fuerza de unión matriz/fibra o el límite de resistencia [Pa] al corte de la matriz (lo que sea menor).

40 Una dimensión del aislante la cual se extiende en la dirección de las fibras puede corresponder a $n \times$ longitud de fibra crítica en la que $n = 1$ a 100, preferiblemente $n = 1$ a 50, más preferiblemente $n = 1$ a 10.

En otra realización de la invención, los aislantes los forma una matriz de resina aislante.

45 En otra realización de la invención, se proporciona un método para controlar vías de corriente en una estructura compuesta que comprende una o más vías conductoras de electricidad discretas en la estructura, la estructura comprende refuerzo de fibras y una matriz de resina de refuerzo, estando dichas vías formadas de dicho refuerzo de fibras y dicha matriz de resina de refuerzo; comprendiendo dicho método proporcionar uno o más aislantes que aíslan las vías de la mayor parte de la estructura, comprendiendo dicho uno o más aislantes discontinuidades en el refuerzo de fibras.

5 En una realización preferida, la estructura compuesta se prepara a partir de capas de material de refuerzo fibroso preimpregnado de resina (o capas de prepreg). Las capas o pliegues están dispuestos para conectar elementos metálicos directamente a la superficie interna de la estructura. Se introducen uno o más cortes en uno o más pliegues para asegurar que la vía está aislada. La estructura se cura entonces lo cual provoca que las discontinuidades de corte o aislantes se rellenen de resina.

El corte o discontinuidad se puede introducir de cualquier manera concebible incluidas cortar con una cuchilla, cortar con un láser, estirar, alterar de forma ultrasónica las fibras. También se puede introducir automáticamente con conexiones a equipo robótico tal y como ATL, AFP u otros sistemas, o incluso con una operación manual.

10 Durante el curado la resina del compuesto fluye hacia el corte y se cura en el mismo formando una barrera aislante resistente para conducir la carga desde el elemento metálico hasta la superficie. Esto protege contra el brillo de borde del laminado. Se pueden introducir diferentes discontinuidades de fibras por capa para o bien aumentar la eficacia de protección o para asegurar que se crea una zona segura, la cual acomodará tolerancias en la posición de las discontinuidades con respecto a la superficie protegida introducida a través de tolerancias en la fabricación debido a operaciones de perforación y recorte.

15 Finalmente, la estructura compuesta puede comprender otro equipo para detectar o para monitorizar la salud estructural.

Descripción específica

A continuación, se describirán realizaciones específicas de la invención únicamente a modo de ejemplo, haciendo referencia a los dibujos que la acompañan, en los cuales:

20 la Figura 1 es una vista en planta esquemática de una estructura no según una realización de la invención; y

la Figura 2 presenta una vista en planta esquemática de otra estructura según una realización de la invención.

La presente invención proporciona una estructura compuesta que comprende vías para conectar elementos metálicos conectores entre ellos. Las vías están aisladas de la mayor parte de la estructura compuesta por medio de aislantes. Estos aislantes los forma preferiblemente la resina de refuerzo de la estructura.

25 En aeronaves, las vías se pueden proporcionar preferiblemente entre fijadores mecánicos y/o estructuras de la trama y/o de superficie LSP y/o motores y/o otros elementos metálicos tal y como tiras de unión.

Las vías se pueden formar a partir de fibras de refuerzo conductoras tal y como fibra de carbono.

30 De manera alternativa, se pueden utilizar telas metalizadas o fibras metalizadas. A continuación, se describirán brevemente ejemplos de dichas fibras y/o telas. Diamond Fiber Composites (Cincinnati, Ohio) recubre fibras de carbono con una amplia variedad de metales incluidos níquel, cobre, plata, oro, paladio, platino e híbridos metálicos (recubrimientos de varias capas) utilizando un proceso de recubrimiento químico que proporciona un recubrimiento uniforme. Dichas fibras recubiertas se pueden obtener como longitudes continuas de fibra, fibras troceadas, telas tejidas y velos/tapetes no tejidos.

35 Electro Fiber Technologies (Stratford, Conn.) ofrece híbridos metálicos simples o dobles recubiertos en carbono, grafito, vidrio, poliéster y otras fibras sintéticas. La empresa proporciona fibras troceadas (hasta de 1 mm/0,04 pulgadas de longitud) y estopas continuas desde 3K hasta 80K, así como velos y tapetes no tejidos.

Technical Fibre Products (Newburgh, N.Y.) proporciona tapetes y velos conductores de electricidad no tejidos utilizando fibras de carbono, carbono recubierto de níquel, vidrio aluminizado, carburo de silicio, acero inoxidable y níquel.

40 Textile Products Inc. (Anaheim, Calif.) proporciona una tela híbrida de carbono/aluminio Estilo #4607 216 g/m² fabricada con fibra de carbono AS4-3K y alambre de aluminio. También proporciona un híbrido Estilo #4608 218 g/m² con fibra de carbono T650/35-3K y alambre de aluminio. Ambas son tejidos lisos, de 14 milipulgadas de grosor y 107 cm/42 pulgadas de ancho.

45 Varinit (Greenville, S.C.) proporciona telas de refuerzo conductoras de electricidad, productos en desarrollo y fabricación para cumplir con las especificaciones del cliente.

50 Se ilustra una realización de la invención con respecto a las Figuras 1 y 2. La Figura 1 muestra una estructura 10 compuesta la cual consiste en múltiples capas 12, 14, 18 de refuerzo de fibras de carbono unidireccionales las cuales están impregnadas con una matriz de resina para formar prepregs. Las capas de prepreg consisten en prepreg sin un material 12 de superficie conductor, prepreg con un material de superficie conductor en forma de una lámina 14 de cobre expandida (ECF) y un prepreg con una capa 18 conductora continua en forma de estopas de fibra de carbono. Se perfora un agujero 16 roscado en la estructura compuesta y se dispone de tal manera que un fijador mecánico insertado en el agujero 16 esté en contacto directo con la capa 18. Esto permite que las corrientes debidas a un impacto de rayo en o cerca del fijador se alejen del fijador.

En la Figura 2, los números de referencia corresponden a las mismas partes de la Figura 1. Los aislantes 20 en forma de cortes de las estopas 18 de fibra de carbono están presentes para controlar la dirección de conducción de las corrientes lejos del fijador a una ubicación deseada en la estructura compuesta hasta un punto mediante el cual la corriente se puede eliminar de la estructura tras un impacto de rayo.

5 La estructura compuesta de la Figura 2 se puede formar proporcionando cortes en las estopas de fibra de refuerzo. Los cortes o discontinuidades se introducen mediante cortes de láser durante la fase de capado de la estructura. Tras el capado, mientras se cura la resina, fluye al agujero y se cura en el mismo formando una barrera aislante resistente a cargas y corrientes eléctricas.

10 Se pueden introducir diferentes discontinuidades de fibras por capa para o bien aumentar la eficacia de protección o para asegurar que se crea una zona segura, la cual acomodará tolerancias en la posición de las discontinuidades con respecto a la superficie protegida introducida a través de tolerancias en la fabricación debido a operaciones de perforación y recorte.

Las discontinuidades aislantes son varias veces la longitud de fibra crítica para asegurar que no se reduce el rendimiento mecánico de la estructura compuesta.

15 La matriz de resina como se ha descrito anteriormente puede comprender cualquier resina adecuada incluidas las termoestables, termoplásticas o mezclas de las dos. Preferiblemente, la resina está libre de ingredientes conductores que se puedan acumular en la discontinuidad de la fibra y que reducirían sus propiedades aislantes.

20 Por tanto, se proporciona una estructura y un método que permite controlar de forma efectiva las cargas y/o corrientes eléctricas en estructuras compuestas, particularmente pero no exclusivamente en estructuras compuestas para aeronaves o energía eólica.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una estructura (10) compuesta que comprende una o más vías (18) conductoras de electricidad y uno o más aislantes (20) para aislar las vías (18) de la mayor parte de la estructura (10), la estructura (10) comprende un refuerzo de fibras y una matriz de resina de refuerzo, formándose dichas vías (18) a partir de dicho refuerzo de fibras y dicha matriz de resina de fibras; en la que las vías (18) son discretas y el uno o más aislantes (20) comprenden discontinuidades en el refuerzo de fibras.
2. Una estructura (10) según la reivindicación 1, en la que las vías (18) están formadas de la misma fibra de refuerzo y la misma matriz de resina que la mayor parte de la estructura.
- 10 3. Una estructura (10) según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en la que el uno o más aislantes (20) están formados por una matriz de resina aislante.
4. Una estructura (10) de la reivindicación 3, en la que la matriz de resina aislante comprende la matriz de resina de refuerzo.
5. Una estructura (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que la estructura (10) comprende múltiples capas de refuerzo de fibra, extendiéndose el uno o más aislantes (20) a lo largo de al menos dos capas.
- 15 6. Una estructura (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la longitud del uno o más aislantes (20) corresponde a $n \times$ la longitud de fibra crítica en la que $n = 1$ a 10, preferiblemente $n = 1$ a 5.
7. Una estructura (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que las vías conductoras se forman por una fibra de carbono unidireccional.
8. Una estructura (10) según la reivindicación 8, en la que la fibra de carbono está recubierta de un metal.
- 20 9. Un método para controlar vías de corriente en una estructura compuesta que comprende una o más vías conductoras de electricidad discretas en la estructura, comprendiendo la estructura un refuerzo de fibras y una matriz de resina de refuerzo, estando dichas vías formadas de dicho refuerzo de fibras y dicha matriz de resina de refuerzo; comprendiendo dicho método proporcionar uno o más aislantes que aíslan las vías de la mayor parte de la estructura, comprendiendo dicho uno o más aislantes discontinuidades en el refuerzo de fibras.
- 25 10. Un método de la reivindicación 9, en el que la estructura compuesta se prepara a partir de capas de material reforzado fibroso preimpregnado con resina, estando las capas dispuestas para conectar elementos metálicos directamente a la vía interna de la estructura.
11. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 9 o 10, en el que, tras el curado, el uno o más aislantes comprenden discontinuidades rellenas de resina.

30

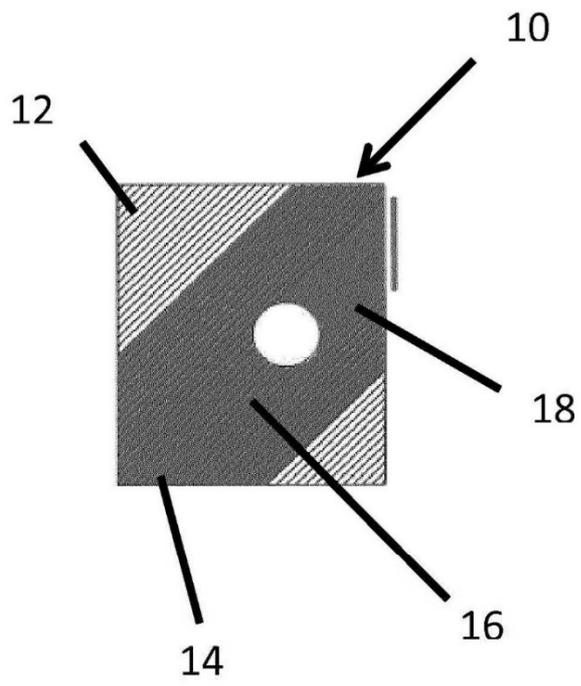


Figura 1

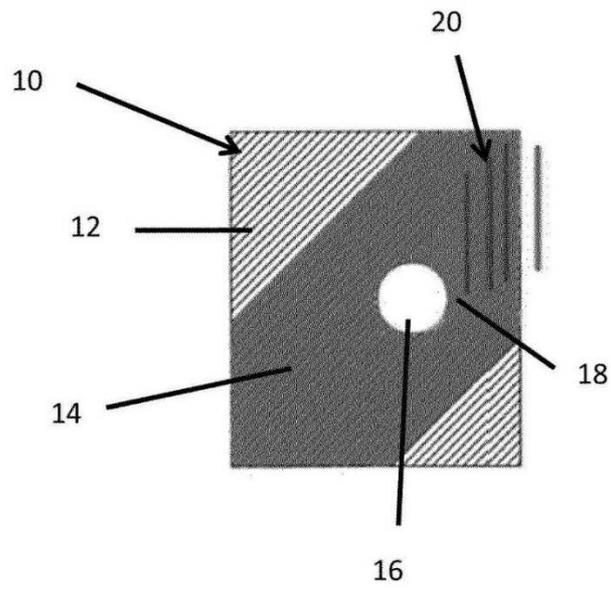


Figura 2