

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 681 344**

51 Int. Cl.:

B64D 37/02 (2006.01)

B29C 65/48 (2006.01)

B64D 45/02 (2006.01)

B64F 5/00 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.09.2013 PCT/US2013/059329**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.05.2014 WO14070313**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.09.2013 E 13773910 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.04.2018 EP 2922756**

54 Título: **Estructuras de material compuesto que tienen líneas de unión con conductividad eléctrica empareada**

30 Prioridad:
30.10.2012 US 201213663543

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.09.2018

73 Titular/es:
**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:
**ACKERMAN, PATRICE K. y
HEIDLEBAUGH, DIANE L.**

74 Agente/Representante:
CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 681 344 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

Estructuras de material compuesto que tienen líneas de unión con conductividad eléctrica empareada

Información de antecedentes

1. Campo:

5 Esta divulgación en general se refiere a técnicas para unir estructuras de materiales compuestos, y trata más particularmente con métodos para mitigar los efectos de los rayos en líneas de unión.

2. Antecedentes

10 Las estructuras de materiales compuestos reforzadas con fibra, tales como, sin limitación, los plásticos reforzados con fibra de carbono (CFRP) se pueden unir entre sí a lo largo de una línea de unión utilizando un adhesivo estructural. La línea de unión se puede fortalecer y reforzar introduciendo una o más capas de enmallado en el adhesivo.

15 En aplicaciones aeronáuticas, las áreas de estructuras de materiales compuestos tales como las pieles del fuselaje a veces se reparan o se vuelven a trabajar uniendo adhesivamente parches de reparación de materiales compuestos a la estructura. Para reducir los efectos de los rayos en el parche de reparación, es necesario proporcionar una ruta eléctrica continua entre el parche de reparación y la estructura a la que está unida para disipar el flujo de corriente eléctrica.

20 Con el fin de proporcionar continuidad eléctrica entre un parche de reparación y la estructura de materiales compuestos a la que está unido, se puede colocar un enmallado eléctricamente conductor en la línea de unión. Sin embargo, surge un problema cuando partes de la línea de unión están expuestas al entorno ambiental. Un rayo puede generar un potencial eléctrico indeseable a través de la línea de unión. Con el fin de evitar los efectos de un potencial eléctrico indeseable a través de la línea de unión, las áreas expuestas de la línea de unión se cubren con un sellador aislante eléctrico. Aunque los selladores son efectivos, aumentan el peso de la aeronave, consumen mucho tiempo y requieren mucha mano de obra, lo que aumenta los costes de fabricación.

25 De acuerdo con esto, existe la necesidad de un método para unir estructuras de materiales compuestos a lo largo de líneas de unión que mitiguen los efectos de los rayos y reduzcan los potenciales eléctricos que acompañan a las líneas de unión expuestas. También existe la necesidad de un método de unión de estructuras de materiales compuestos que evite la necesidad de que los selladores cubran las partes expuestas de las líneas de unión entre las estructuras.

La patente de los Estados Unidos US 6,320,118 y la solicitud de patente de los Estados Unidos US 2009/0053406 describen enfoques para proporcionar el acoplamiento entre materiales en los que el adhesivo utilizado tiene propiedades conductoras.

30 Resumen

35 Los métodos descritos proporcionan estructuras de materiales compuestos unidas entre sí a lo largo de líneas de unión que tienen impedancias eléctricas que están adaptadas a las estructuras a las que se unen. El uso de líneas de unión que tienen impedancias adaptadas a las de las estructuras reduce el potencial eléctrico en las partes expuestas de la línea de unión. El uso de selladores para cubrir las partes expuestas de las líneas de unión se puede reducir o eliminar, lo que reduce el peso de la aeronave y los costes de fabricación.

40 De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona una estructura laminada de material compuesto que comprende primer y segundo laminados de resina plástica reforzados con fibra que tienen cada uno una impedancia eléctrica, y una línea de unión estructural que une el primer y el segundo laminados entre sí. La línea de unión tiene una impedancia eléctrica que coincide sustancialmente con la impedancia eléctrica del primer y segundo laminados. Según una realización descrita, el refuerzo de fibra en cada uno del primer y segundo laminados de resina plástica reforzados con fibra es de fibra de carbono, y la línea de unión incluye un enmallado impregnado con adhesivo que tiene una impedancia eléctrica que coincide sustancialmente con la impedancia eléctrica del primer y segundo laminados. Al menos una parte de la línea de unión está expuesta a un entorno ambiental. El primer y segundo laminados y la línea de unión pueden formar una junta en T. El primer y segundo laminados pueden formar parte de un tanque de combustible que tiene un interior abierto, y en donde una parte de la línea de unión está expuesta al interior abierto del tanque de combustible. La línea de unión incluye un enmallado impregnado con adhesivo que tiene una conductividad de CA (corriente alterna) que coincide sustancialmente con la conductividad de CA del primer y segundo laminados.

50 Según otra realización, se proporciona una estructura laminada de material compuesto que comprende un primer laminado plástico reforzado con fibra de carbono que tiene una primera impedancia eléctrica, y un segundo laminado plástico reforzado con fibra de carbono que tiene una segunda impedancia eléctrica que coincide sustancialmente con la primera impedancia eléctrica. La estructura laminada incluye además una línea de unión adhesiva entre el primer y

5 el segundo laminados. La unión adhesiva incluye un adhesivo y un enmallado que tiene una tercera impedancia eléctrica que coincide sustancialmente con la primera y la segunda impedancias eléctricas. El primer y segundo laminados pueden formar parte de un tanque de combustible que tiene un interior abierto adaptado para almacenar combustible, en donde una porción de la línea de unión adhesiva está expuesta al interior abierto del tanque de combustible. El primer y segundo laminados y la línea de unión adhesiva pueden formar una junta en T. Cada una de las impedancias eléctricas primera, segunda y tercera incluye un componente resistivo y un componente reactivo. Los componentes resistivos son sustancialmente iguales, y los componentes reactivos son sustancialmente iguales. El enmallado puede estar formado por fibras de carbono. El primer y el segundo laminados y la línea de unión tienen sustancialmente la misma conductividad de CA.

10 De acuerdo con aun otra realización, un tanque de combustible de aeronave de material compuesto está provisto de protección contra rayos. La protección contra rayos comprende al menos una primera pared laminada de plástico reforzado con fibra de carbono, al menos una segunda pared laminada de plástico reforzado con fibra de carbono y una línea adhesiva que une la primera y la segunda pared laminada, incluyendo la línea de unión adhesiva un enmallado eléctricamente conductor que tiene una impedancia eléctrica que coincide sustancialmente con la impedancia eléctrica de cada una de las primeras y segundas paredes laminadas. Al menos una parte de la línea de unión adhesiva está adaptada para exponerse a los vapores de combustible dentro del tanque de combustible.

20 Según otro aspecto de la invención, un método para proporcionar protección contra rayos para una junta de unión entre dos laminados de plástico reforzado con fibra de carbono curada comprende instalar un enmallado en la junta de unión que tiene una impedancia eléctrica que coincide sustancialmente con la impedancia eléctrica de cada uno de los dos laminados de plástico reforzados con fibra de carbono. De acuerdo con una realización, la instalación del enmallado incluye impregnar el enmallado con un adhesivo. El adhesivo puede ser uno de un adhesivo de película y un adhesivo de pasta. El enmallado puede estar formado por fibras de carbono. Los laminados y el enmallado pueden poseer sustancialmente la misma conductividad eléctrica. Instalar el enmallado en la junta de unión incluye ensamblar los dos laminados en una configuración en forma de T, y colocar el enmallado entre un borde de uno de los dos laminados y una cara del otro de los dos laminados.

25 De acuerdo con una realización adicional, se proporciona un método para reducir el potencial eléctrico a través de una línea de unión expuesta entre dos laminados de plástico reforzados con fibra de carbono. El método comprende determinar la conductividad eléctrica de cada uno de los dos laminados, seleccionar un enmallado que tenga una conductividad eléctrica que coincida sustancialmente con la conductividad eléctrica determinada de cada uno de los dos laminados, instalar el enmallado y un adhesivo entre los dos laminados y curar el adhesivo.

30 De acuerdo con otra realización adicional, se proporciona un método para fabricar una estructura de material compuesto que tiene una unión expuesta protegida contra los rayos. El método comprende disponer primero y segundo laminados preimpregnados de plástico reforzado con fibra de carbono, curar el primer y segundo laminados preimpregnados, y unir el primer y segundo laminados curados con una junta de unión. Unir el primer y el segundo laminados curados con la junta de unión incluye seleccionar un enmallado que tenga una impedancia eléctrica que coincida sustancialmente con la impedancia eléctrica de cada uno de los laminados primero y segundo, impregnar el enmallado con un adhesivo de unión, instalar el enmallado impregnado entre el primero y el segundo laminados para formar una línea de unión y curar el adhesivo.

40 Breve descripción de los dibujos

Las características novedosas que se consideran propias de las realizaciones ilustrativas se exponen en las reivindicaciones adjuntas. Las realizaciones ilustrativas, sin embargo, así como un modo de uso preferido, objetivos y ventajas adicionales de la misma, se entenderán mejor por referencia a la siguiente descripción detallada de una realización ilustrativa de la presente descripción cuando se lee junto con los dibujos adjuntos, en donde:

45 La Figura 1 es una ilustración de una vista en perspectiva de una estructura de material compuesto unida que tiene una línea de unión que emplea enmallado eléctricamente conductor de acuerdo con las realizaciones descritas.

La Figura 2 es una ilustración de una vista de extremo del área designada como Figura 2 en la Figura 1.

La Figura 3 es una ilustración de una vista en sección transversal de dos estructuras laminadas unidas entre sí por una junta de solapa que emplea el enmallado divulgado.

50 La Figura 4 es una ilustración de una vista en perspectiva del enmallado junto con dos capas de adhesivo usadas para formar la línea de unión.

La Figura 5 es una ilustración de un gráfico que muestra el flujo de corriente eléctrica resultante de un rayo típico.

La Figura 6 es una ilustración de un diagrama de circuito de una impedancia.

La Figura 7 es una ilustración de una vista en perspectiva de un tanque de combustible de una aeronave, con las partes separadas para revelar el interior del tanque.

5 La Figura 8 es una ilustración de un diagrama de flujo de un método de cocurado de dos preimpregnaciones de material compuesto a lo largo de una línea de unión.

La Figura 9 es una ilustración de un diagrama de flujo de un método de fabricación de una estructura precurada unida que emplea el enmallado divulgado.

La Figura 10 es una ilustración de un diagrama de flujo de la producción de aeronaves y la metodología de servicio.

La Figura 11 es una ilustración de un diagrama de bloques de una aeronave.

10 Descripción detallada

Haciendo referencia en primer lugar a las Figuras 1 y 2, una estructura 20 de material compuesto comprende preimpregnados 24, 26, de material compuesto primero y segundo que pueden formarse mediante el tendido de pliegues preimpregnados, tal como un CFRP. En este ejemplo, el primer y segundo preimpregnados 24, 26 se unen juntos a lo largo de una línea 22 de unión entre una cara 29 del primer preimpregnado 24 y un borde 27 del segundo preimpregnado 26, formando efectivamente una junta 31 a tope. La línea 22 de unión incluye porciones 28, 30 expuestas en los extremos de la línea 22 de unión, que están expuestas al entorno ambiental circundante. Como se discutirá más adelante, la línea 22 de unión tiene una conductividad eléctrica σ_1 y una impedancia Z_1 que coinciden sustancialmente con la conductividad eléctrica σ_2 y la impedancia Z_2 de cada uno de los preimpregnados 24, 26 primero y segundo. Esta coincidencia de las conductividades eléctricas σ_1 , σ_2 y las impedancias Z_1 , Z_2 reduce o elimina la acumulación de un potencial eléctrico indeseable o carga "V" (Figura 2) entre los preimpregnados 24, 26 a lo largo de las porciones 28, 30 expuestas de la línea 22 de unión.

15 La línea 22 de unión divulgada se puede emplear para formar otros tipos de uniones unidas entre dos estructuras laminadas. Por ejemplo, con referencia a la Figura 3, la línea 22 de unión divulgada se puede emplear para formar una junta 35 de solapamiento entre el primer y el segundo preimpregnados 24, 26 de material compuesto. En este ejemplo, la línea 22 de unión también tiene porciones 28, 30 expuestas que no necesitan sellarse como resultado de la conductividad eléctrica σ_1 y la impedancia Z_1 de la línea 22 de unión que se hace coincidir con la conductividad eléctrica σ_2 y la impedancia Z_2 del primer y segundo preimpregnados 24, 26.

30 Se dirige ahora la atención a la Figura 4, que ilustra los componentes usados para formar la línea 22 de unión. Un enmallado 32 está intercalado entre dos capas 34, 36 de un adhesivo estructural adecuado. El enmallado 32 puede estar en cualquiera de las numerosas configuraciones tales como, sin limitación, una malla, una esterilla tejida o una esterilla de fibra aleatoria que comprende hebras de fibras eléctricamente conductoras que se entrecruzan. Las fibras conductoras tienen una conductividad de CA σ_1 y una impedancia Z_1 que coinciden respectivamente con la conductividad de CA σ_2 y la impedancia Z_2 del primer y segundo preimpregnados 24, 26. Las fibras pueden comprender un solo material o pueden comprender fibras de múltiples tipos de materiales que colectivamente tienen la conductividad de CA requerida σ_1 y la impedancia Z_1 combinadas con la conductividad de CA σ_2 y la impedancia Z_2 de los preimpregnados 24, 26. En el caso del primer y segundo preimpregnados 24, 26 que comprenden CFRP, entonces las fibras del enmallado 32 también puede estar formadas por fibras de carbono similares o idénticas a las que forman el refuerzo de fibra de carbono en el primer y segundo preimpregnados 24, 26. Así como solo se ilustra una capa única de enmallado 32 en la Figura 4, se pueden emplear múltiples capas del enmallado 32 en una única línea 22 de unión.

45 Cada una de las capas 34, 36 adhesivas puede comprender una película de resina adhesiva o una pasta de resina adhesiva que se adhiere a los pliegues de CFRP de los preimpregnados 24, 26. El enmallado 32 puede incrustarse en y adherirse a cada una de las capas 34, 36 adhesivas, por ejemplo presionando el enmallado 32 en las capas 34, 36 adhesivas. Pueden ser posibles otras técnicas para integrar adhesivo de unión con el enmallado 32, que incluyen impregnar el enmallado 32 con el adhesivo. El enmallado 32 está configurado para proporcionar conductividad eléctrica continua a lo largo de la línea 22 de unión y también puede servir como matriz de unión.

50 Como se mencionó anteriormente, el enmallado 32 posee una conductividad CA σ_1 y una impedancia Z_1 que coinciden sustancialmente con la conductividad eléctrica σ_2 y la impedancia Z_2 de cada uno de los preimpregnados de material compuesto unidos por la línea 22 de unión. La conductividad eléctrica σ es una medida de la capacidad del material para conducir la corriente eléctrica. En el caso de un rayo que hace que la corriente eléctrica fluya a través de los preimpregnados 24, 26, y a través de la línea 22 de unión, el flujo de corriente típicamente no es constante, sino que varía, de forma similar a una corriente alterna (CA). Por ejemplo, la Figura 5 es un gráfico que muestra el flujo 37 de

corriente eléctrica a lo largo del tiempo 39, producido por un rayo típico. Durante un período de tiempo inicial "A", el flujo de corriente comienza con un punta 43 aguda en el accesorio 41 inicial para rayos, luego se desintegra lentamente durante el período de tiempo "B", puede ser algo constante durante el período de tiempo "C", y luego aumenta rápidamente durante el período de tiempo "D", formando otra punta 45 aguda inmediatamente antes del desprendimiento en 47. En consecuencia, los preimpregnados 24, 26, y el enmallado 32 tienen cada uno respectivas conductividades AC σ_1 , σ_2 y respectivas impedancias Z_1 , Z_2 (Figuras 2 y 3).

La Figura 6 es un diagrama de circuito que representa los componentes de cada una de las impedancias Z_1 , Z_2 . La impedancia Z es la suma de una componente resistiva R_x y una componente reactiva X , así, $Z = R_x + X$. La componente reactiva X , o "reactancia", incluye la inductancia L y la capacitancia C , y representa la oposición del enmallado 32, visto como un circuito, a un cambio de corriente eléctrica o voltaje causado por un rayo. Debido a que la conductividad AC σ_1 y la impedancia Z_1 del enmallado 32, y por lo tanto de la línea 22 de unión, se corresponden respectivamente con los del preimpregnado 24, 26 primero y segundo, el flujo de corriente a través de los preimpregnados 24, 26 pasa sin impedimentos a través de la línea 22 de unión, más bien "viendo" una discontinuidad en la línea 22 de unión que puede resultar en la acumulación de un potencial eléctrico indeseable o carga "V" (Figura 2) a través de la línea 22 de unión en el área de las porciones 28, 30 expuestas.

La línea 22 de unión descrita anteriormente que tiene una conductividad eléctrica "emparejada" σ_1 y una impedancia "emparejada" Z_1 se puede usar en una amplia variedad de estructuras de material compuesto laminado para mitigar los efectos de la corriente eléctrica que fluye debido a los rayos. Por ejemplo, la línea 22 de unión descrita se puede emplear en un tanque 42 de material compuesto para combustible de aeronave mostrado en la Figura 7. El tanque 42 de combustible incluye una parte 44 superior laminada de material compuesto, una parte 46 inferior y lados 48, 50 que forman un volumen 55 interno. El tanque 42 de combustible puede incluir además costillas 52 internas así como también paredes 54 deflectoras, cada una de las cuales está unida a lo largo de sus bordes superior e inferior a las paredes 44, 46, superior e inferior respectivamente, mediante una junta en T y una línea 22 de unión similar a la mostrada en las Figuras 1 y 2 que usan el enmallado 32 mostrado en la Figura 4. La línea 22 de unión divulgada también se puede emplear para unir los parches de reparación (no mostrados) a estructuras de materiales compuestos subyacentes, tales como revestimientos laminados CFRP.

Se dirige ahora la atención a la Figura 8 que ilustra los pasos generales de un método de reducción de la acumulación de un potencial eléctrico o carga a través de una línea 22 de unión en el área de las porciones 28, 30 expuestas de la línea 22 de unión entre dos preimpregnados 24, 26 sometidos a los efectos de los rayos. En la etapa 56, se determinan las conductividades eléctricas σ_2 de cada uno de los dos preimpregnados 24, 26. A continuación, en 58, se selecciona el enmallado utilizado en la línea 22 de unión que tiene una conductividad eléctrica σ_1 que coincide sustancialmente con la conductividad eléctrica σ_2 de cada uno de los dos preimpregnados 24, 26. En la etapa 60, el enmallado 32 junto con el adhesivo se instala entre los preimpregnados 24, 26, a continuación de lo cual los preimpregnados 24, 26 y los preimpregnados y el adhesivo se cocuran en el paso 62.

La Figura 9 ilustra ampliamente los pasos de un método de fabricación de una estructura 20 laminada de CFRP que tiene líneas 22 de unión provistas de protección contra rayos. En la etapa 64, los preimpregnados 24, 26 primero y segundo de CFRP se disponen y se conforman para darles forma, según se requiera. En la etapa 66, cada uno de los preimpregnados 24, 26 primero y segundo de CFRP se curan para formar laminados. En la etapa 68, se selecciona un enmallado 32 que tiene una impedancia eléctrica Z_1 que coincide sustancialmente con la impedancia eléctrica Z_2 del primer y segundo laminados preimpregnados 24, 26. En 70, el enmallado 32 está impregnado o integrado de otro modo en un adhesivo de unión adecuado. En la etapa 72, el enmallado impregnado se instala entre las superficies del primer y segundo laminados preimpregnados 24, 26 para formar una línea 22 de unión que puede incluir porciones 28, 30 expuestas. Finalmente, en 74, el adhesivo es curado.

Las realizaciones de la divulgación pueden encontrar uso en una diversidad de aplicaciones potenciales, particularmente en la industria del transporte, que incluyen, por ejemplo, aplicaciones aeroespaciales, marinas, de automoción y otras aplicaciones en las que se puede usar el curado en autoclave de partes de material compuesto. Por lo tanto, haciendo referencia ahora a las Figuras 10 y 11, las realizaciones de la divulgación pueden usarse en el contexto de un método de fabricación y servicio de aeronaves 76 como se muestra en la Figura 10 y una aeronave 78 como se muestra en la Figura 11. Las aplicaciones de las formas de realización descritas pueden incluir, por ejemplo, sin limitación, la fabricación de conjuntos de laminados de material compuesto y subconjuntos que requieren uniones unidas que requieren protección contra los efectos de los rayos en una aeronave. Durante la reproducción, el método 76 de ejemplo puede incluir la especificación y el diseño 80 de la aeronave 78 y la adquisición 82 de materiales. Durante la producción, tiene lugar la fabricación 84 de componentes y subconjuntos y la integración 86 de sistemas de la aeronave 78. Posteriormente, la aeronave 78 puede pasar por la certificación y la entrega 88 para ser colocada en servicio 90. Mientras está en servicio por un cliente, la aeronave 78 está programada para el mantenimiento y servicio 92 rutina y, que también puede incluir modificación, reconfiguración, reacondicionamiento, y así sucesivamente.

Cada uno de los procesos del método 76 puede ser realizado o llevado a cabo por un integrador de sistema, un tercero y/o un operador (por ejemplo, un cliente). Para los propósitos de esta descripción, un integrador de sistema puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir, entre otros, cualquier cantidad de proveedores, subcontratistas y proveedores; y un operador

puede ser una aerolínea, una empresa de alquiler, una entidad militar, una organización de servicio, y así sucesivamente.

5 Como se muestra en la Figura 11, la aeronave 78 producida por el método 76 de ejemplo puede incluir un fuselaje 94 con una pluralidad de sistemas 96 y un interior 98. Ejemplos de sistemas 96 de alto nivel incluyen uno o más de un sistema 100 de propulsión, un sistema 102 eléctrico, un sistema 104 hidráulico, y un sistema 106 ambiental. Se puede incluir cualquier cantidad de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la divulgación pueden aplicarse a otras industrias, como las industrias marítima y automotriz.

10 Los sistemas y métodos incorporados aquí pueden emplearse durante una cualquiera o más de las etapas del método 76 de producción y servicio. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos correspondientes al proceso 84 de producción pueden fabricarse o manufacturarse de manera similar a los componentes o subconjuntos producidos mientras la aeronave 96 está en servicio. Además, una o más realizaciones de aparatos, realizaciones de métodos, o una combinación de estos, pueden utilizarse durante las etapas 84 y 86 de producción, por ejemplo, agilizando sustancialmente el ensamblaje o reduciendo el coste de una aeronave 78. De manera similar, una o más de las realizaciones de aparatos, las realizaciones del método, o una combinación de estas se pueden utilizar mientras la aeronave 78 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, para el mantenimiento y el servicio 92.

20 La descripción de las diferentes realizaciones ilustrativas se ha presentado con fines de ilustración y descripción, y no pretende ser exhaustiva o limitada a las realizaciones en la forma descrita. Muchas modificaciones y variaciones serán evidentes para los expertos en la materia. Además, diferentes realizaciones ilustrativas pueden proporcionar diferentes ventajas en comparación con otras realizaciones ilustrativas. La realización o las realizaciones seleccionadas se eligen y describen con el fin de explicar mejor los principios de las realizaciones, la aplicación práctica, y para permitir que otros expertos en la materia comprendan la descripción de diversas realizaciones con diversas modificaciones que son adecuadas para el uso particular contemplado.

Los componentes resistivos son sustancialmente iguales, y los componentes reactivos son sustancialmente iguales.

25 B5. También se proporciona la estructura laminada de material compuesto de cualquiera de los párrafos B1 a B4, en donde el enmallado está formado por fibras de carbono.

B6. También se proporciona la estructura laminada de material compuesto de cualquiera de los párrafos B1 a B5, en donde el primer y segundo laminados y la línea de unión tienen sustancialmente la misma conductividad de CA.

De acuerdo con un aspecto adicional, se proporciona:

C1. Un tanque de combustible de aeronave de material compuesto que tiene protección contra rayos, que comprende:

30 al menos una primera pared laminada de plástico reforzado con fibra de carbono;

al menos una segunda pared laminada de plástico reforzado con fibra de carbono;

una línea de unión adhesiva que une la primera y la segunda pared laminadas, incluyendo la línea de unión adhesiva un enmallado eléctricamente conductor que tiene una impedancia eléctrica que se adapta sustancialmente a la impedancia eléctrica de cada una de las paredes laminadas primera y segunda.

35 C2. También se proporciona, el tanque de combustible de aeronave de material compuesto del párrafo C1, en donde al menos una parte de la línea de adhesivo está adaptada para exponerse a los vapores de combustible dentro del tanque de combustible.

De acuerdo con un aspecto adicional, se proporciona:

40 D1. Un método para proporcionar protección contra rayos para una junta de unión entre dos laminados de plástico reforzado con fibra de carbono curada, que comprende:

instalar enmallado en la junta de unión que tiene una impedancia eléctrica que coincide sustancialmente con la impedancia eléctrica de cada uno de los dos laminados de plástico reforzado con fibra de carbono.

D2. También se proporciona el método del párrafo D1, en donde la instalación del enmallado incluye impregnar el enmallado con un adhesivo.

45 D3. También se proporciona el método del párrafo D2, en donde el adhesivo es uno de entre un adhesivo de película y un adhesivo de pasta.

D4. También se proporciona el método de cualquiera de los párrafos D1 a D3 en donde el enmallado está formado por fibras de carbono.

D5. También se proporciona el método de cualquiera de los párrafos D1 a D4, en donde los laminados y el enmallado poseen sustancialmente la misma conductividad eléctrica.

5 D6. También se proporciona el método del párrafo D2, donde la instalación del enmallado en la junta de unión incluye:

ensamblar los dos laminados en una configuración en forma de T, y

colocar el enmallado entre un borde de uno de los dos laminados y una cara del otro de los dos laminados.

De acuerdo con un aspecto adicional, se proporciona:

10 E1. Un tanque de combustible de aeronave que tiene una junta de unión expuesta producida por el método del párrafo D1.

Según otro aspecto, se proporciona:

F1. Un método para reducir el potencial eléctrico a través de una línea de unión expuesta entre dos laminados de plástico reforzado con fibra de carbono, que comprende:

determinar la conductividad eléctrica de cada uno de los dos laminados;

15 seleccionar un enmallado que tenga una conductividad eléctrica que coincida sustancialmente con la conductividad eléctrica determinada de cada uno de los dos laminados;

instalar el enmallado y un adhesivo entre los dos laminados;

curar el adhesivo.

De acuerdo con un aspecto adicional, se proporciona:

20 G1. Un método de fabricación de una estructura de material compuesto que tiene una unión expuesta protegida contra los rayos, que comprende:

colocar el primero y el segundo preimpregnados de plástico reforzado con fibra de carbono;

curar el primer y segundo laminados preimpregnados;

unir el primer y segundo laminados curados con una junta de unión, incluyendo

25 seleccionar un enmallado que tenga una impedancia eléctrica que coincida sustancialmente con la impedancia eléctrica de cada uno de los laminados primero y segundo, impregnando el enmallado con un adhesivo de unión,

instalar el enmallado impregnado entre el primer y el segundo laminados para formar una línea de unión y curar el adhesivo.

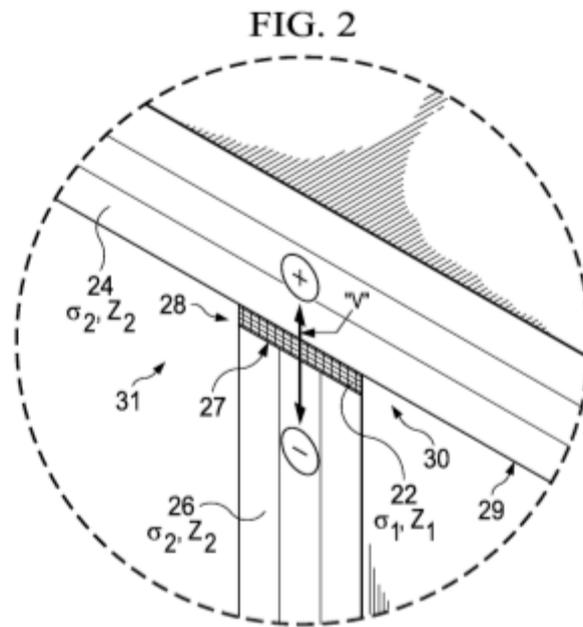
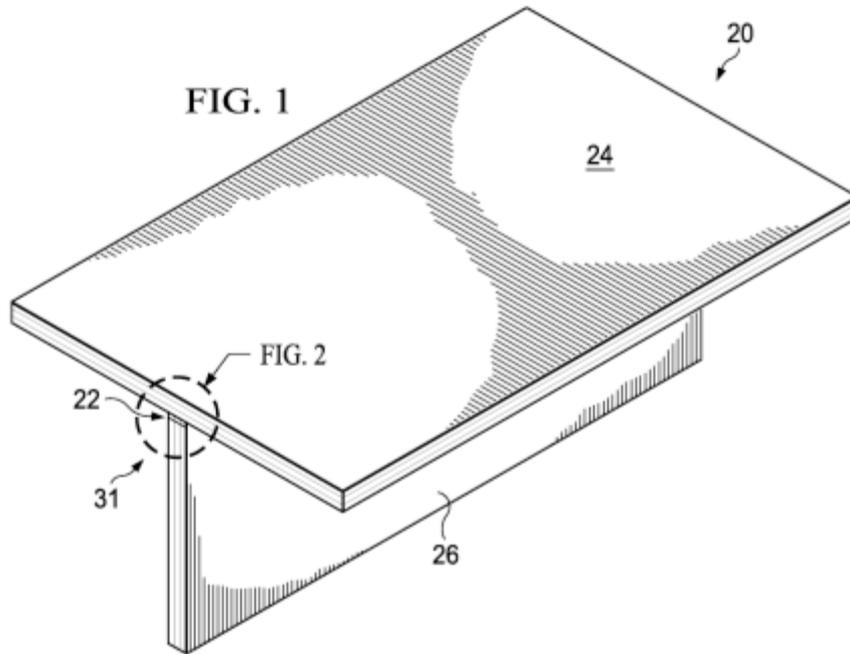
30 La descripción de las diferentes realizaciones ilustrativas se ha presentado con fines de ilustración y descripción, y no pretende ser exhaustiva o limitada a las realizaciones en la forma descrita. Muchas modificaciones y variaciones serán evidentes para los expertos en la materia. Además, diferentes realizaciones ilustrativas pueden proporcionar diferentes ventajas en comparación con otras realizaciones ilustrativas. La realización o las realizaciones seleccionadas se eligen y describen con el fin de explicar mejor los principios de las realizaciones, la aplicación práctica, y para permitir que otros expertos en la materia comprendan la divulgación de diversas realizaciones con diversas modificaciones que

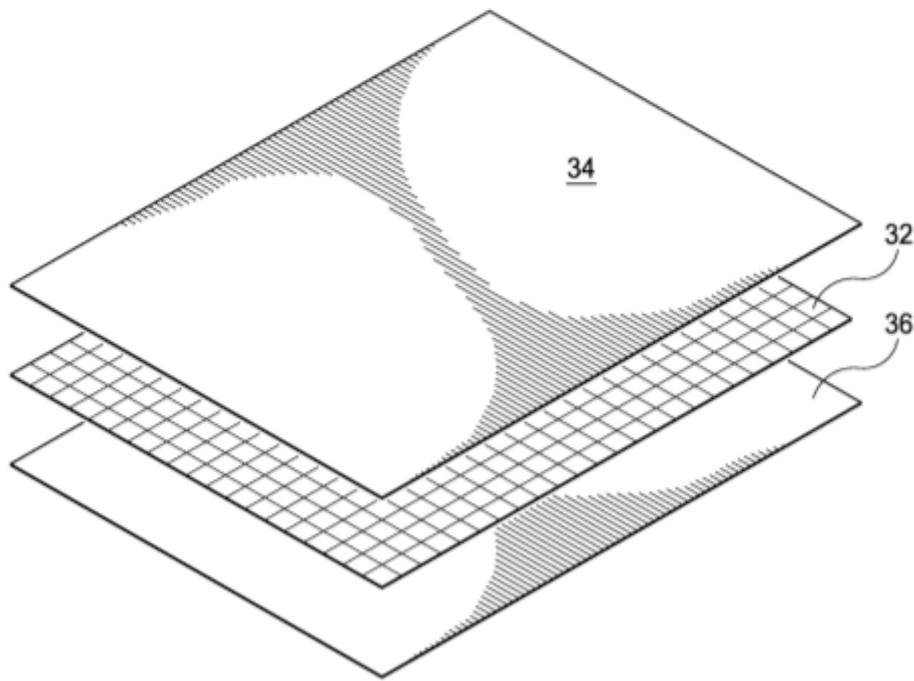
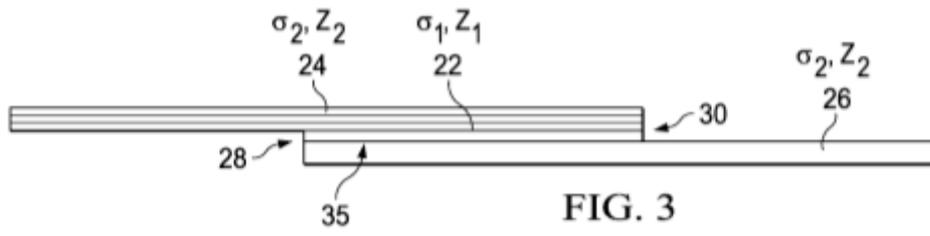
35 son adecuadas para el uso particular contemplado.

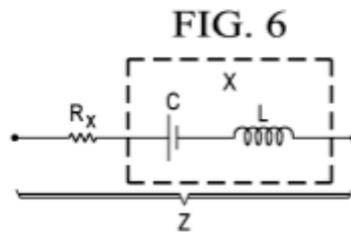
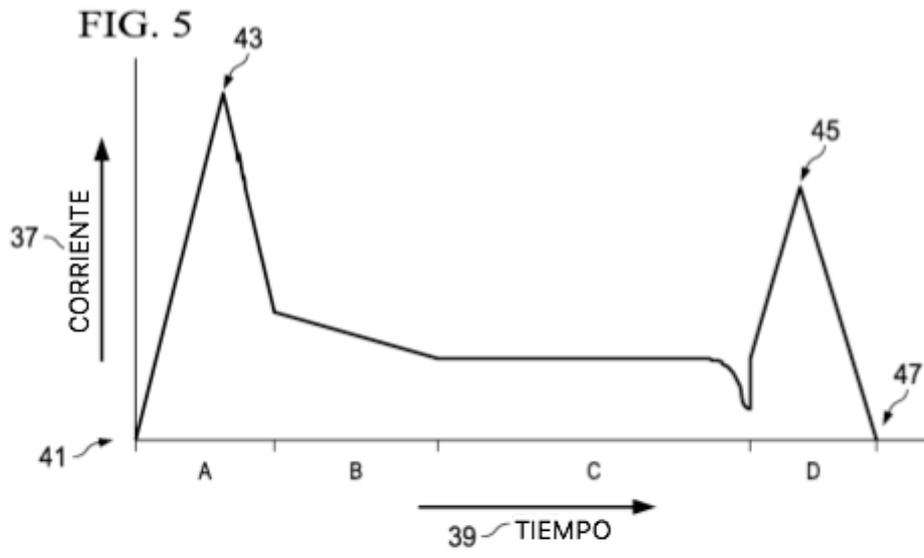
REIVINDICACIONES

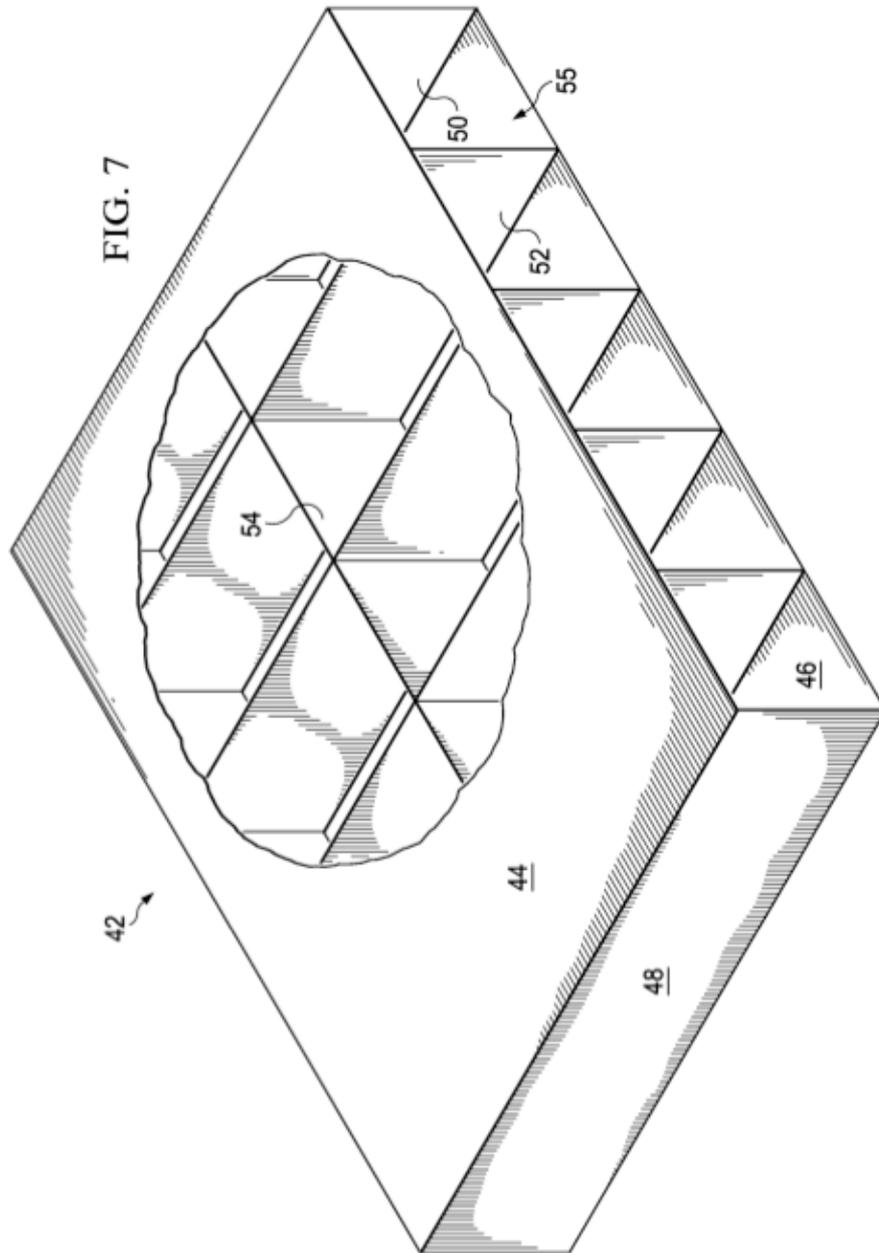
1. Una estructura laminada de material compuesto, que comprende:
primer y segundo laminados (24, 26) de resina de plástico reforzado con fibra teniendo cada uno una impedancia eléctrica; y
- 5 una línea (22) de unión estructural que une el primer y el segundo laminados juntos, teniendo la línea (22) de unión una impedancia eléctrica que coincide sustancialmente con la impedancia eléctrica del primer y segundo laminados (24, 26).
2. La estructura laminada de material compuesto de la reivindicación 1, en donde:
- 10 el refuerzo de fibra en cada uno de los primer y segundo laminados (24, 26) de resina plástica reforzada con fibra son fibras de carbono, y
- la línea (22) de unión estructural incluye un enmallado (32) impregnado con adhesivo que tiene una impedancia eléctrica que coincide sustancialmente con la impedancia eléctrica del primer y segundo laminados (24, 26).
3. La estructura laminada de material compuesto de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde al menos una parte de la línea (22) de unión estructural está expuesta a un entorno ambiental.
- 15 4. La estructura laminada de material compuesto de cualquier reivindicación precedente, en donde el primer y segundo laminados (24, 26) y la línea (22) de unión estructural forman una junta en T.
5. La estructura laminada de material compuesto de cualquier reivindicación precedente, en donde la línea (22) de unión estructural incluye un enmallado (32) impregnado con adhesivo que tiene una conductividad de CA que coincide sustancialmente con la conductividad de CA del primer y segundo laminados (24, 26).
- 20 6. Un tanque de combustible de aeronave que comprende la estructura de material compuesto laminado de cualquier reivindicación precedente, el tanque de combustible que tiene un interior abierto, y
- una parte de la línea (22) de unión estructural que está expuesta al interior abierto del tanque de combustible.
7. Un método para proporcionar protección contra rayos para una junta de unión entre dos laminados (24, 26) de plástico reforzado con fibra de carbono curada, que comprende:
- 25 instalar enmallado (32) en la junta de unión que tiene una impedancia eléctrica que coincide sustancialmente con la impedancia eléctrica de cada uno de los dos laminados (24, 26) de plástico reforzado con fibra de carbono.
8. El método de la reivindicación 7, en donde la instalación del enmallado incluye impregnar el enmallado (32) con un adhesivo.
- 30 9. El método de la reivindicación 8, en donde el adhesivo es uno de entre un adhesivo de película y un adhesivo de pasta.
10. El método de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en donde el enmallado (32) está formado por fibras de carbono.
- 35 11. El método de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en donde los laminados (24, 26) y el enmallado (32) poseen sustancialmente la misma conductividad eléctrica.
12. El método de la reivindicación 8, en donde la instalación del enmallado en la junta de unión incluye:
ensamblar los dos laminados (24, 26) en una configuración en forma de T, y
colocar el enmallado (32) entre un borde de uno de los dos laminados y una cara del otro de los dos laminados.

40









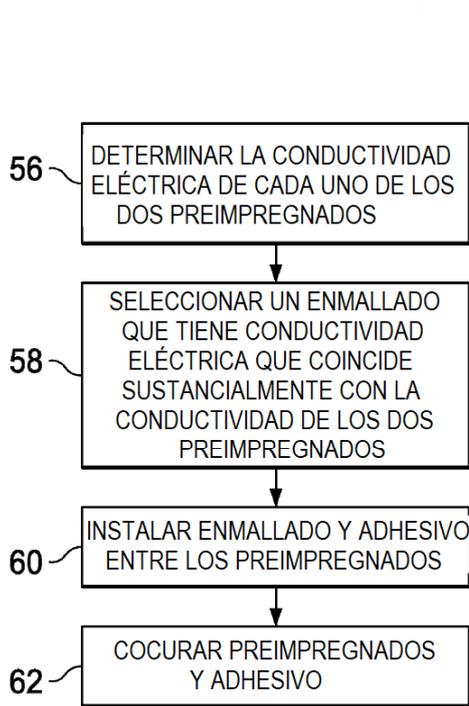


FIG. 8

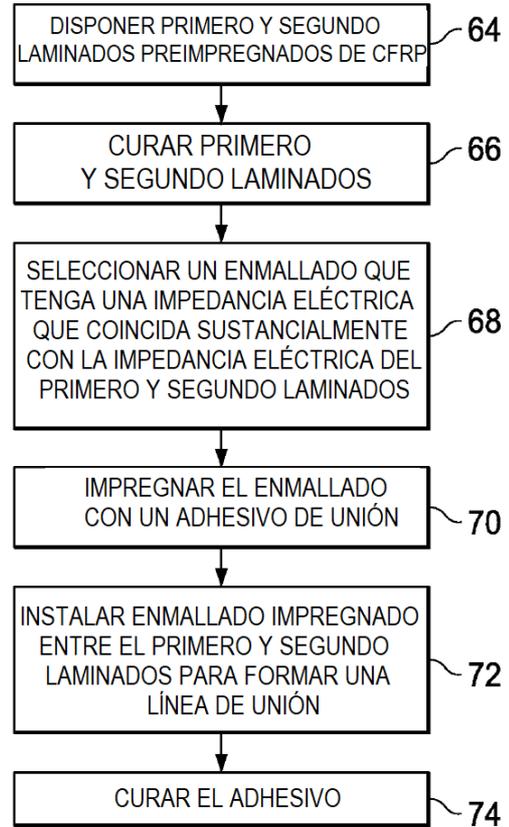
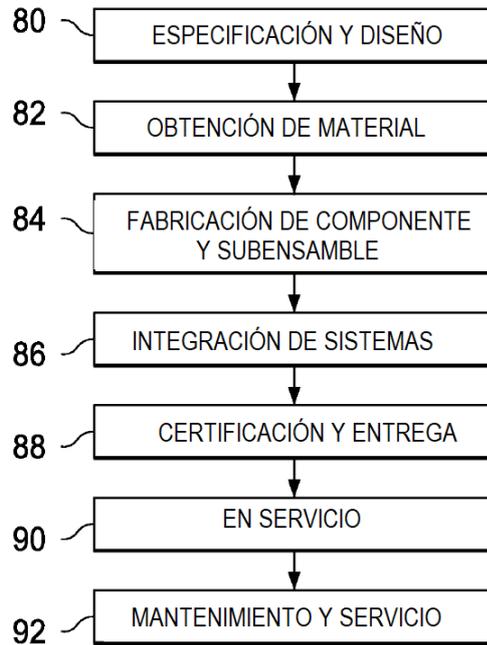


FIG. 9

FIG. 10 ⁷⁶



78 FIG. 11

