

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 041**

51 Int. Cl.:

**B32B 15/08** (2006.01)

**B32B 15/14** (2006.01)

**B64D 45/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.12.2010 PCT/US2010/059219**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.06.2011 WO11075344**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2010 E 10810808 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2019 EP 2512800**

54 Título: **Métodos para impartir conductividad a materiales usados en la fabricación de artículos compuestos y materiales del mismo**

30 Prioridad:

**18.12.2009 US 288030 P**

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

**09.07.2020**

73 Titular/es:

**CYTEC TECHNOLOGY CORP. (100.0%)  
300 Delaware Avenue  
Wilmington, DE 19801, US**

72 Inventor/es:

**PRICE, RICHARD, THOMAS y  
ABUSAFIEH, ABDEL**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 773 041 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**

Métodos para impartir conductividad a materiales usados en la fabricación de artículos compuestos y materiales del mismo

Campo de invención

5 Materiales conductores para artículos compuestos.

Antecedentes de invención

Los materiales usados en la fabricación de partes componentes en la industria aeroespacial deben presentar determinadas características para proteger las partes frente a daños o peligros provocados por situaciones medioambientales habituales. Los relámpagos, un ejemplo de una situación medioambiental habitual, pueden dañar de manera grave y/o perforar partes componentes si tales partes no son conductoras ni están conectadas a tierra de manera adecuada a través de la aeronave. Si los relámpagos impactan contra un componente de ala de una aeronave durante el vuelo, la situación presenta la posibilidad de provocar un peligroso aumento súbito de corriente además de provocar graves daños físicos al propio componente. El aumento súbito de corriente es particularmente preocupante porque, en última instancia, puede entrar en contacto con un depósito de combustible provocando una explosión. Como resultado de una colisión de avión mortal real provocada por un impacto de relámpago, la Administración Federal de Aviación (FAA) implementó un sistema para clasificar diversas zonas de una aeronave comercial basándose en probabilidad y la gravedad de verse impactada por relámpagos. Por tanto, resulta crucial que tales partes componentes se fabriquen para presentar características que, entre otras características, impidan o mitiguen los daños provocados por impactos de relámpagos.

La interferencia electromagnética (EMI) es otro problema eléctrico de las partes compuestas en la industria aeroespacial. Las ondas de EMI consisten en campos eléctricos y magnéticos que pueden inducir transitorios eléctricos para inducir niveles de energía excesivos en el cableado y sondas eléctricos del sistema de combustible. Un método para impedir y/o reducir estas situaciones es añadir materiales protectores para absorber o reflejar la radiación incidente. Sin una protección apropiada frente a estas situaciones, las ondas pueden interferir con el funcionamiento de los equipos de aviónica y electrónica de la aeronave o incluso provocar la ignición de depósitos de combustible. Se ha demostrado que las pérdidas de absorción son proporcionales al grosor, la conductividad y la permeabilidad del material protector. Los métodos de protección convencionales incluyen alojamientos realizados a partir de metal fundido y laminado, y plásticos con rellenos o revestimientos conductores.

La descarga electrostática (ESD) es otra preocupación adicional con respecto a las partes compuestas en la industria aeroespacial. La ESD es la corriente eléctrica momentánea y súbita que fluye entre dos objetos a diferentes potenciales eléctricos provocada por un contacto directo o inducida por un campo electrostático. Los materiales no conductores, pinturas, plásticos que presentan propiedades aislantes, y, por tanto, se ven sometidos a la acumulación de cargas estáticas. Las cargas resultantes deben controlarse para proteger la electrónica y los depósitos de combustible de la aeronave. Los métodos de ESD convencionales incluyen añadir fibras que presentan unas características de eliminación estática en un material, por ejemplo, fibra de carbono, o añadir barras y/o vástagos en las puntas de los componentes de aeronave.

La carga estática se imparte a un material a través de fricción. Un avión se carga simplemente pasando a través del aire. El vuelo a través de precipitación (nubes o lluvia) aumenta la acumulación de carga, dado que existe más contacto de material. La carga estática se descarga de manera rutinaria en el aire a nivel del mar, que es ligeramente conductor, y también en aire con una mayor humedad. Sin embargo, el aire con una humedad por debajo del 20 por ciento y/o a altitudes superiores es un mal conductor. Este último permite que la carga estática se acumule en las superficies de la aeronave, especialmente las de aeronave compuesta, en donde la carga no se mueve fácilmente. La acumulación de carga en una estructura crea un potencial de tensión que aumenta con la cantidad de carga. En estructuras de metal, este potencial de tensión es el mismo en todas partes porque el metal conduce la electricidad de manera uniforme. En estructuras compuestas, sin embargo, la tensión variará. Este potencial de tensión, a su vez, genera un campo eléctrico que es más intenso en zonas de gran curvatura tales como puntas de ala, puntas de propulsor, bordes de salida, puntas y bordes de palas de motor a reacción, etc. La carga acumulada desea desplazarse, las cargas similares se repelen y las cargas diferentes se atraen. En última instancia, la diferencia de carga entre el aire y la estructura se agranda tanto que la necesidad de descargar el potencial de tensión asume el control, dando como resultado "vertido" de masa del exceso de carga a la atmósfera. La acumulación de carga estática puede desencadenar relámpagos dentro de las nubes o en condiciones atmosféricas cargadas.

Al mismo tiempo, tales partes componentes deben fabricarse para cumplir determinados requisitos de peso con el fin de que la aeronave logre una distancia designada y también para superar la fuerza de gravedad de su propio peso para alzar el vuelo sin usar una cantidad de combustible desorbitada. Adicionalmente, tales partes componentes deben fabricarse para resistir a daños frente a situaciones medioambientales habituales. Esta característica se describe, generalmente, como "tenacidad" con respecto a los materiales compuestos. Por tanto, deben evaluarse las preocupaciones con respecto a la tolerancia frente a daños y la resistencia a situaciones medioambientales

habituales al tiempo que se mantiene un peso practicable de estas partes componentes de manera muy minuciosa en el procedimiento de fabricación de tales partes. Se usan diversos métodos para conseguir este balance en el procedimiento de fabricación.

5 Un método convencional para impartir protección frente a impacto de relámpagos a partes componentes en la industria aeroespacial es el uso de una malla, protección o lámina de aluminio, cobre, titanio o bronce expandido, o materiales textiles de hilo tejido, incorporados en la parte compuesta. Aunque tales mallas resultan eficaces de manera general como protección frente a impacto de relámpagos, muchas de estas mallas/protecciones expandidas son difíciles de manipular tanto para producción como para reparaciones. Adicionalmente, requieren, generalmente, materiales aislantes (por ejemplo, un pliego aislante de fibra de vidrio) para impedir una corrosión galvánica no deseada en presencia de otros materiales, especialmente, estructuras compuestas de aluminio con carbono. Además, cuando se usan en grandes cantidades, las mallas/protecciones expandidas son muy pesadas y pueden añadir peso significativamente al peso de la parte global, disminuyendo de ese modo la eficacia de la aeronave.

15 Otro método para impartir protección frente a impacto de relámpagos es el uso de material de fibra de carbono revestido de metal incorporado en la parte compuesta. Generalmente, las fibras de carbono están revestidas con níquel, paladio, estaño, cobre o una combinación de los mismos usando un procedimiento de deposición por reducción química. Entonces, pueden formarse estas fibras revestidas de metal para dar un material no tejido uniforme. El material no tejido con fibras revestidas de metal se incorpora en la estructura compuesta sustituyendo de manera eficaz la malla/protección de metal que, de otro modo, sería necesaria para una protección frente a impacto de relámpagos adecuada. Determinados informes de partes compuestas que presentan tales materiales no tejidos con fibras revestidas de metal en los mismos se informan que presentan un contenido de metal de entre aproximadamente sesenta (60) y cien (100) gramos por metro cuadrado (gsm) de metal. Otros informes mencionan del 10% al 65% de metal en contenido de peso para estopas de carbono entre 6K (6000 filamentos) a 80K (80.000 filamentos). Los materiales de velo revestidos de metal están realizados con fibras revestidas de metal ligeramente ligadas en conjunto con resina no conductora (por ejemplo, PVA). Por tanto, el peso de la estructura compuesta global sigue presentando problemas con respecto a la eficacia de la aeronave. Además, el procedimiento de deposición por reducción química presenta problemas de fabricación tales como flujos de residuos de la deposición química y unos costes de fabricación más elevados.

30 El documento DE 101 49 645 C1 da a conocer un procedimiento para producir compuestos poliméricos reforzados con fibras eléctricamente conductores para la protección frente a la interferencia electromagnética con un nivel de propiedad mecánica mejorado caracterizado porque una red textil de fibras o mezclas acrílicas de fibras acrílicas metalizadas con fibras sin revestir revestidas con Al, Ni, Co, Cu o Ag o revestidas con una aleación de estos metales, que presenta un peso total por unidad de superficie de 50 a 500 g/m<sup>2</sup> con 2,5 de g/m<sup>2</sup> a 100 g/m<sup>2</sup> de depósitos de metal y/o del 5 al 25% en peso por unidad de superficie del revestimiento metálico, se introduce en una matriz polimérica termoplástica mediante pulverización trasera o pulverización de cubierta o prensa caliente de 150 a 35 220°C o procedimientos de laminado o bobinado con una matriz termoendurecible con un contenido de fibras del 5 al 50% en masa de 20 a 150°C en forma de capa.

#### Sumario de invención

40 Un artículo compuesto según la reivindicación 1, en algunas realizaciones, el peso por unidad de superficie del revestimiento se encuentra entre 3 g/m<sup>2</sup> y 20 g/m<sup>2</sup>. En una realización, al menos una estera no tejida que presenta un revestimiento de metal o de aleación de metal en al menos un lado en el mismo se intercala entre la pluralidad de pliegos para formar un panel laminado, presentando el panel laminado conductividad en masa. El panel laminado puede estar caracterizado por un aumento en un valor de compresión tras el impacto cuando se somete a una fuerza relacionada con un panel laminado sin al menos una estera no tejida que presenta un revestimiento de metal o aleación de metal en al menos un lado intercalado en el mismo. Además, el panel laminado puede estar 45 caracterizado por un aumento en un valor de tenacidad cuando el panel se carga tras introducir una grieta al mismo relacionada con un panel laminado sin al menos una estera no tejida que presenta un revestimiento de metal o aleación de metal en al menos un lado intercalado en el mismo. En otra realización, el al menos una estera no tejida es adyacente al pliego más exterior para formar un panel laminado, pudiendo el panel laminado mitigar daños cuando una tensión de hasta 200.000 amps (A) entra en contacto con el panel laminado.

50 La capa de metal en la estera no tejida revestida puede presentar un grosor entre 0,5 µm y 2 µm. Dicha estera no tejida está comprendida por fibras de carbono, fibras de vidrio, fibras de aramida, fibras de para-aramida, fibras termoplásticas, o una combinación de las mismas.

55 En algunas realizaciones, el metal o la aleación de metal pueden ser uno de aluminio, cobre, plata, níquel, paladio, estaño, oro o una combinación de los mismos. Además, la estera no tejida revestida de metal puede revestirse mediante un procedimiento seleccionado del grupo que consiste en deposición física en fase de vapor, deposición de capa atómica, deposición química en fase de vapor, deposición química en fase de vapor de baja presión y deposición química en fase de vapor asistida por plasma. El metal se reviste en el material laminado en una capa continua. Cada pliego puede ser un refuerzo fibroso en forma de lámina, cinta, estopa, material textil o estera e impregnarse previamente con resina. Además, cada pliego puede ser unidireccional o casi isotrópico.

Un procedimiento de fabricación según la reivindicación 3. El procedimiento de fabricación puede comprender, además, colocar una pluralidad de pliegos adyacentes en el pliegue adyacente al material laminado revestido. El procedimiento de fabricación puede comprender, además, intercalar una pluralidad de materiales laminados revestidos con la pluralidad de pliegos. En algunas realizaciones, el material laminado es una estera no tejida. En algunas realizaciones, el metal o aleación de metal es uno de aluminio, cobre, plata, níquel, paladio, estaño, oro o una combinación de los mismos. En algunas realizaciones, la capa de metal en la estera no tejida presenta un grosor entre 0,5  $\mu\text{m}$  y 2  $\mu\text{m}$ . La estera no tejida revestida de metal puede revestirse mediante un procedimiento seleccionado del grupo que consiste en deposición física en fase de vapor, deposición de capa atómica, deposición química en fase de vapor, deposición química en fase de vapor a baja presión y deposición química en fase de vapor asistida por plasma. Cada pliegue puede ser un refuerzo fibroso en forma de una lámina, cinta, estopa, material textil o estera e impregnarse previamente con resina. Cada pliegue puede ser unidireccional o casi isotrópico.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1A muestra fotografías SEM de estereras no tejidas de fibra de vidrio revestidas de metal representativas (velos).

La figura 1B muestra fotografías SEM de superficie de contacto de fractura con un intercalado revestido de metal (velo revestido de metal) que va a usarse en realizaciones de la invención y sin un intercalado.

La figura 1C muestra fotografías SEM de fibras revestidas de metal de una estera no tejida (velo) que va a usarse en realizaciones de la invención tras someterse a pruebas de resistencia y tensión.

La figura 2 ilustra valores de resistencia de longitud, anchura y volumen de grosor para estructuras laminadas fabricadas según realizaciones de la invención en comparación con estructuras laminadas convencionales para muestras unidireccionales y casi isotrópicas.

La figura 3 ilustra una estratificación de una pluralidad de pliegos y una pluralidad de velos no tejidos revestidos de metal según una realización de la invención en el procedimiento de ensamblarse para un procedimiento de bolsa de vacío.

La figura 4 ilustra una estratificación de una pluralidad de pliegos y un velo no tejido revestido de metal según una realización de la invención en el procedimiento de ensamblarse para un procedimiento de bolsa de vacío.

Descripción detallada

La siguiente descripción detallada es de los modos mejor contemplados en la actualidad de llevar a cabo la invención. La descripción no debe tomarse en un sentido limitativo, sino que se realiza simplemente con el fin de ilustrar los principios generales de la invención.

Realizaciones de la invención comprenden materiales laminados revestidos de metal o de aleación de metal (a continuación, en el presente documento, "material laminado revestido de metal") que incluyen, pero no se limitan a, materiales textiles no tejidos y velos que presentan un contenido de metal de entre uno (1) y cincuenta (50)  $\text{g/m}^2$ . Los materiales laminados revestidos de metal pueden usarse por sí mismos o junto con preimpregnados, adhesivos o películas superficiales para proporcionar protección frente a impacto de relámpagos (LSP) y/o conductividad en masa, entre otros beneficios, al artículo compuesto resultante. En una realización, el material laminado revestido de metal se impregna con una resina. Según realizaciones de la invención, se aplica un metal a uno o dos lados del material textil no tejido o velo mediante un procedimiento de revestimiento de deposición física en fase de vapor. El material textil no tejido o velo revestido de metal resultante pueden usarse como un portador en películas superficiales para impartir conductividad de superficie; puede usarse como un portador en adhesivos para formar juntas unidas mediante adhesivo conductoras; puede intercalarse (uno o más velos revestidos de metal) entre capas de preimpregnados para impartir conductividad en masa y/o superficie, así como tenacidad; o puede usarse para fabricar artículos compuestos.

En el contexto de esta aplicación, un "adhesivo" es un agente de unión para unir compuestos a compuestos, compuestos a metal y otros materiales (incluyendo materiales de núcleo de interposición de panal de abeja), y metal a metal. En aplicaciones aeroespaciales, los adhesivos estructurales reducen o eliminan elementos de sujeción mecánicos y la labor, el peso y la resistencia reduciendo los orificios que imparten. Los adhesivos de película pueden proporcionarse en forma de rollo, y pueden incluir materiales de soporte o "portadores". Los portadores proporcionan integridad para la manipulación, flujo de control durante el curado, aumento de la resistencia adhesiva, gestionan el grosor de la línea de pegado y pueden impartir una conductividad al adhesivo. Los portadores incluyen trama textil de baja densidad o materiales no tejidos tales como fibra de vidrio, cuarzo, fibra de carbono, nailon, poliéster o metal. Según realizaciones de la invención, un portador puede incluir un material laminado revestido de metal.

En el contexto de esta aplicación, una "película de superficie" es una capa con mucha resina aplicada a compuestos para rellenar imperfecciones superficiales, tales como orificios pasadores, grietas de superficie, desgarro de núcleo y otras imperfecciones, reduciendo de ese modo los costes de fabricación con mano de obra intensiva requeridos para

eliminar esas imperfecciones. La resina puede incluir un portador tal como tramas textiles de baja densidad o materiales no tejidos que incluyen fibra de vidrio, cuarzo, fibra de carbono, nailon, poliéster o metal. Según realizaciones de la invención, un portador puede incluir un material laminado revestido de metal.

5 En el contexto de esta aplicación, un "preimpregnado" es una lámina delgada de fibra alineada direccionalmente e impregnada con resina, por ejemplo, material textil, cinta o cinta en tiras. En un método, los preimpregnados se realizan interponiendo estopas de fibras (conjuntos de fibras de diámetro pequeño) entre láminas de papel portador que se revisten con una matriz de resina. Tras prensar el papel de portador sobre las estopas de fibras usando rodillos calentados, la resina se funde e impregna las fibras formando de ese modo un preimpregnado. La matriz de resina puede incluir, pero no se limita a, materiales tales como epoxis endurecidos o habituales, bismaleimidas (BMI), ésteres de cianato, fenólicos, poliimidas de reacción y condensación, y combinaciones de los mismos. Las fibras, o "refuerzos", pueden incluir, pero no se limitan a, materiales tales como Kevlar, fibra de vidrio, cuarzo, carbono, grafito y fibras especiales. Según realizaciones de la invención, un refuerzo puede incluir un material laminado revestido de metal.

10 Según realizaciones de la invención, un material laminado (es decir, un textil de ingeniería) se reviste con un metal o combinación de metales para impartir un nivel de conductividad al material laminado. El material laminado puede ser, pero no se limita a, un velo o material textil tejido o no tejido comprendido por fibras o una mezcla de fibras. Los materiales que comprenden el material laminado incluyen, fibra de vidrio, carbono, termoplástico (por ejemplo, KM 180), aramida, para-aramida (Kevlar™) y mezclas y/o combinaciones de los mismos. El grosor del revestimiento puede encontrarse entre aproximadamente 0,1 μm y aproximadamente 25 μm, de manera más próxima, entre aproximadamente 0,5 μm y 2 μm.

15 Según realizaciones de la invención, el revestimiento de metal puede aplicarse al material laminado mediante un procedimiento físico o químico que reviste el material laminado con una capa de metal muy delgada. Tales procedimientos incluyen, pero no se limitan a, deposición física en fase de vapor (PVD), deposición de capas atómicas (ALD), deposición química en fase de vapor (CVD), CVD de baja presión, CVD asistida por plasma o cualquier otro procedimiento adecuado. En una aplicación, se usa un procedimiento de PVD para revestir un lado o ambos lados del material laminado. La deposición física en fase de vapor (PVD) es un método para la deposición de películas delgadas mediante la condensación de una forma vaporizada del metal sobre diversas superficies. El método de revestimiento implica únicamente procedimientos físicos y variantes del método que incluyen deposición por evaporación, deposición física en fase de vapor por haz de electrones, deposición catódica, deposición por arco catódico y deposición por láser pulsado y se conocen por un experto habitual en la técnica. En cualquier realización, el metal usado para revestir uno o ambos lados del material laminado incluye, pero no se limita a, aluminio (Al), cobre (Cu), plata (Ag), paladio (Pd), estaño (Sn), oro (Au), cobre-níquel (Cu-Ni), cobre-aluminio (Cu-Al) combinaciones de los mismos y cualquier otro metal adecuado con características similares.

20 La capa de metal puede presentar un grosor entre 0,5 μm y 2 μm y el peso por unidad de superficie del metal en el material laminado revestido de metal es menor de 50 g/m<sup>2</sup> o más preferiblemente es menor de 15 g/m<sup>2</sup>.

25 Realizaciones adicionales de la presente invención permiten un artículo compuesto según la reivindicación 1, que comprende una pluralidad de pliegos, siendo cada pliego adyacente a al menos otro pliego y presentando al menos una estera no tejida un revestimiento de metal o aleación de metal en al menos un lado en la misma adyacente a al menos un pliego en donde un peso por unidad de superficie del revestimiento en la estera no tejida es menor de 50 g/m<sup>2</sup>. El peso por unidad de superficie del revestimiento se encuentra entre 3 g/m<sup>2</sup> y 20 g/m<sup>2</sup>. El material de soporte para el artículo compuesto presenta la capa de metal en la estera no tejida revestida a un grosor entre 0,5 μm y 2 μm y un material que comprende el material laminado es un material fibroso que incluye uno de carbono, fibra de vidrio, fibras cerámicas u orgánicas que incluyen aramida, para-aramida, nailon, termoplástico o una combinación. El material de soporte para el artículo compuesto presenta el metal o aleación de metal que es de aluminio, cobre, plata, níquel, paladio, estaño, oro o una combinación de los mismos. La estera no tejida revestida de metal se reviste mediante un procedimiento seleccionado del grupo que consiste en deposición física en fase de vapor, deposición de capa atómica, deposición química en fase de vapor, deposición química en fase de vapor a baja presión y deposición química en fase de vapor asistida por plasma y el metal se reviste en el material laminado en una capa continua en donde el pliego es un refuerzo fibroso en forma de una lámina, cinta, estopa, material textil o estera y se impregna previamente con resina.

30 Una realización adicional de la presente invención implica un procedimiento de fabricación según la reivindicación 3, que comprende colocar un material laminado que presenta un revestimiento de metal o aleación de metal en al menos un lado en el mismo en donde un peso por unidad de superficie del material laminado revestido es menor de 50 g/m<sup>2</sup> sobre una herramienta, colocar un pliego adyacente al material laminado revestido y aplicar presión y calor al material laminado revestido y el al menos un pliego para formar un panel laminado. El peso por unidad de superficie del revestimiento se encuentra entre 3 g/m<sup>2</sup> y 20 g/m<sup>2</sup>. El procedimiento de fabricación puede implicar, además, colocar una pluralidad de pliegos adyacentes en el pliego adyacente al material laminado revestido. El procedimiento también puede implicar intercalar una pluralidad de materiales laminados revestidos con la pluralidad de pliegos.

5 El procedimiento de fabricación puede usar un material laminado que es una estera no tejida que se realiza de un material fibroso que incluye uno de carbono, fibra de vidrio, fibras cerámicas u orgánicas que incluyen aramida, para-aramida, nailon, termoplástico o una combinación. El metal o aleación de metal es uno de aluminio, cobre, plata, níquel, paladio, estaño, oro o una combinación de los mismos en donde la capa de metal en la estera no tejida presenta un grosor entre 0,5  $\mu\text{m}$  y 2  $\mu\text{m}$ .

10 El procedimiento de fabricación puede implicar la estera no tejida revestida de metal revestida por un procedimiento seleccionado del grupo que consiste en deposición física en fase de vapor, deposición de capa atómica, deposición química en fase de vapor, deposición química en fase de vapor a baja presión y deposición química en fase de vapor asistida por plasma y el pliego es un refuerzo fibroso en forma de una lámina, cinta, estopa, material textil o estera y se impregna previamente con resina.

Evaluación de conductividad.

15 La conductividad eléctrica ( $\sigma$ ) es una propiedad física intrínseca de un material independiente del tamaño o forma de la muestra. La resistividad ( $\rho$ ) es una propiedad física de un material para resistir u oponerse al movimiento de carga (flujo de corriente) a través del material y está relacionado de manera inversa con la conductividad. Un material con una baja resistividad es altamente conductor, y viceversa. Según realizaciones de la invención, a los materiales textiles no tejidos y velos se les puede impartir una característica conductora mediante la aplicación de un revestimiento de metal de entre aproximadamente 0,1  $\mu\text{m}$  y 25  $\mu\text{m}$ , más particularmente, entre aproximadamente 0,5  $\mu\text{m}$  y 2  $\mu\text{m}$ , mediante un procedimiento de deposición física en fase de vapor o un procedimiento similar.

**Ejemplo 1**

20 Se revistieron diversos velos y materiales textiles usando deposición física en fase de vapor (PVD) para someter a prueba la conductividad de los velos revestidos de metal y materiales textiles no tejidos resultantes. El metal se revistió en una o más capas continuas. Se revistieron los velos de carbono, fibra de vidrio y termoplástico (tejidos y no tejidos) con revestimientos de metal que oscilan entre aproximadamente 0,5  $\mu\text{m}$  y aproximadamente 2  $\mu\text{m}$  de grosor (revestimientos de un lado o de dos lados) usando una cámara de PVD. Los materiales textiles de fibra de  
 25 vidrio y carbono (tejidos y no tejidos) con revestimientos de metal que oscilan entre aproximadamente 0,5  $\mu\text{m}$  y aproximadamente 2  $\mu\text{m}$  de grosor (revestimientos de un lado o de dos lados) también se revisten usando la misma cámara de vacío.

La siguiente tabla 1 enumera resultados representativos de material laminado revestido de metales según realizaciones de la invención y se compara con estándares:

30

TABLA 1

	Metal	Grosor ( $\mu\text{m}$ )	Lados revestidos	Peso por unidad de superficie ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	Diferencia de peso por unidad de superficie ( $\text{g}/\text{m}^2$ )
Velo de carbono (referencia)	N/A	N/A	N/A	11,4	N/A
Velo de carbono	Al	1	1	13,5	2,1
Velo de carbono	Al	1	2	14,4	3,0
Velo de carbono	Cu	1	1	13,4	2,0
Velo de carbono	Cu	1	1	26,3	14,9
Velo de carbono	Cu	1	2	28,2	16,8
Velo de fibra de vidrio (referencia)	N/A	N/A	N/A	11,0	N/A
Velo de fibra de vidrio	Al	1	1	11,2	0,2

## ES 2 773 041 T3

Velo de fibra de vidrio	Al	1	2	12,7	1,7
Velo de fibra de vidrio	Al	1	2	12,1	1,1
Velo de fibra de vidrio	Al	0,5	1	~11,1	~0,1
Velo de fibra de vidrio	Al	2	1	11,5	0,5
Velo de fibra de vidrio	Cu	1	1	15,4	4,4
Material textil de carbono	N/A	N/A	N/A	205	N/A
Material textil de carbono	Cu	1	1	210	10
Material textil de carbono	Cu	1	2	217	12

Tal como se ilustra por la tabla 1 anterior, los materiales laminados revestidos con metal usando un procedimiento de PVD dio como resultado velos revestidos de metal con un peso por unidad de superficie de metal de menos de 5 g/m<sup>2</sup>. De manera similar, los materiales laminados revestidos con metal usando un procedimiento de PVD dio como resultados materiales textiles revestidos de metal con un peso por unidad de superficie de metal de menos de 15 g/m<sup>2</sup>. Por tanto, los materiales laminados revestidos de metal según realizaciones de la invención dieron como resultado un velo de peso muy bajo, por ejemplo, un aumento de aproximadamente cinco (5) g/m<sup>2</sup> para velos y un aumento de aproximadamente quince (15) g/m<sup>2</sup> para materiales textiles cuando se compara con, por ejemplo, velos de la técnica anterior que incorporan metal que presentan un peso por unidad de superficie final de al menos cien (100) g/m<sup>2</sup> o superior (por ejemplo, peso combinado de velo y metal).

Además, las láminas revestidas de metal que van a usarse en realizaciones de la invención mostraron de manera experimental que presentaban una disminución significativa de resistividad de superficie (y, por tanto, un aumento significativo de conductividad) cuando se comparan con las láminas de la técnica anterior. Por ejemplo, se encontró que un velo de carbono convencional (8 g/m<sup>2</sup>) con ningún revestimiento de metal presentaba una resistencia de superficie promedio de 5 Ω (ohm). En comparación, se encontró que un velo de carbono revestido de metal de plata (entre aproximadamente 2 μm y 5 μm de grosor de metal) según realizaciones de la invención presentaba una resistencia de superficie promedio de 11,2 mΩ. De manera similar, se encontró que un velo de carbono revestido de metal de cobre (entre aproximadamente 2 μm y 5 μm de grosor de metal según realizaciones de la invención que presentaba una resistencia de superficie promedio de 75,2 mΩ. La comparación de los datos para muestras preparadas según realizaciones de la invención mostró, por tanto, una disminución de la superficie resistencia de al menos cincuenta (50) veces en comparación con la de una muestra convencional. Se usó un medidor de Ohmios de baja resistencia digital Megger DLRO10X para medir la resistencia de las muestras.

Los velos revestidos de metal y los materiales textiles pueden usarse en una variedad de aplicaciones para fabricar artículos compuestos en, por ejemplo, la industria aeroespacial. En una realización, los velos revestidos de metal pueden intercalarse con pliegos de preimpregnado para formar una estructura laminada con propiedades conductoras o aplicarse como una capa superficial a una pluralidad de pliegos apilados. De manera experimental, las estructuras laminadas resultantes han demostrado que soportan una zona 1A de impacto de relámpagos (200.000 amps) y, en la realización intercalada, han mostrado de manera experimental que muestran una conductividad en masa, así como un aumento de tenacidad.

Se prepararon estructuras laminadas representativas que incorporan un velo o velos revestidos de metal (de un lado o de dos lados) según realizaciones de la invención e intercaladas entre pliegos según el siguiente ejemplo.

### **Ejemplo 2**

Se fabricaron estructuras laminadas para determinar el efecto de resistencia de masa de la estructura laminada pasante del velo revestido de metal, intercalado. También se sometieron a prueba las propiedades mecánicas de estas estructuras laminadas. Se ensamblaron los pliegos de preimpregnado (es decir, material textil de carbono preimpregnado con o bien el 0% o el 10% de tenacidad de partícula) mediante métodos conocidas con y sin velos revestidos de metal intercalados según realizaciones de la invención. Se sometieron a prueba tanto estructuras laminadas unidireccionales como casi isotrópicas.

La siguiente tabla 2 enumera los resultados representativos de mediciones de resistividad de estructuras laminadas preparadas con al menos un velo revestido de metal y en comparación con estándares:

TABLA 2

	Orientación	Grosor	Resistividad de masa ( $\Omega$ -cm)		
			Grosor pasante	Anchura pasante	Longitud pasante
		cm			
0% tenaz, sin velo	(0)26	0,373	1358	50,0	0,042
0% tenaz, velo revestido con Cu	(0)26	0,386	17,2	0,147	0,012
10% tenaz, sin velo	(0)26	0,391	>10.000	13,6	0,026
10% tenaz, velo revestido con Cu	(0)26	0,396	33,2	0,111	0,010
10% tenaz, velo revestido con Al	(0)26	0,401	1351	0,521	0,011
OHC-0% tenaz, sin velo	(45,0,-45,90)2s	0,226	>10.000	0,208	0,051
OHC-10% tenaz, velo revestido con Cu	(45,0,-45,90)2s	0,234	51,3	0,075	0,012
Tracción-10% tenaz, sin velo	(0)8	0,117	8768	11,0	0,017
Tracción-10% tenaz, velo revestido con Al	(0)8	0,124	1821	0,402	0,007

5 Los preimpregnados tales como material textil de carbono impregnados con resinas epoxi son, generalmente, no conductores en vista de la resina incorporada en los mismos y, por tanto, se inhibe en gran medida que la corriente pase a través de los mismos. De manera similar, los velos realizados de fibra de vidrio, orgánica o material sintético (usados para el intercalado en la fabricación de paneles laminados) son, generalmente, no conductores. Por tanto, una estructura laminada convencional formada con uno o más pliegos de preimpregnado convencionales y uno o más velos convencionales mostrarán, generalmente, muy poca o nada de conductividad en masa o conductividad de superficie (a menos que una malla o lámina de metal se incorpore en los mismos).

10 Dado que los velos revestidos de metal usados en las realizaciones de la invención se intercalaron entre pliegos no conductores, se anticipará que las estructuras laminadas resultantes pueden mostrar cierta conductividad, pero mostrarán nada o muy poca conductividad en masa. Esto será lo esperable dado que resultaría razonable asumir que no había un número adecuado de trayectorias conductoras entre los pliegos basándose en el intercalado.

15 Sin embargo, tal como se muestra en la tabla 2, las mejoras en la conductividad de grosor pasante (medida como resistividad en  $\Omega$ -cm) en estructuras laminadas fabricadas según las realizaciones de la invención se encuentran entre uno y tres órdenes de magnitud en comparación con las estructuras laminadas convencionales (sin velos intercalados). Las mejoras también se observaron en la conductividad de anchura pasante y longitud pasante (véase la tabla 2). Estos resultados resultaban inesperados dado que, con el fin de proporcionar una conductividad de grosor pasante, debe existir un número adecuado de trayectorias conductoras entre los pliegos.

20 Aunque las estructuras laminadas fabricadas según las realizaciones de la invención mostraron unas características de conductividad en masa inesperadamente elevadas, el grosor de pliego curado (CPT) global no aumentó significativamente en relación con las estructuras laminadas no intercaladas. De manera experimental, se mostró que el CPT de las estructuras laminadas fabricadas según las realizaciones de la invención aumentó menos del 3,5% en relación con las estructuras laminadas no intercaladas.

Morfología.

25 Se llevó a cabo una investigación para deducir la morfología de los materiales laminados revestidos de metal que van a usarse en las realizaciones de la invención. Se usó un microscopio de barrido electrónico (SEM) para fotografiar velos revestidos de metal, pulidos en sección transversal. La figura 1A muestra fotografías SEM de velos de fibra de vidrio revestidos de metal representativos. Dado que el PVD es un procedimiento de revestimiento de superficie, se anticipó que el revestimiento de metal o aleación de metal se limitaría a una capa de un grosor determinado sobre la superficie del velo. Sin embargo, las fotografías SEM revelaron que el metal podría penetrar en espacios intersticiales (en cierta medida) entre la "red" de fibras dispuesta de manera aleatoria del velo dando como resultado fibras revestidas y grupos revestidos de fibras revestidas. Para las fibras (o grupos de fibras) que están en contacto entre sí en diversos puntos, por ejemplo, adyacentes a fibras o cruzando fibras, el revestimiento de metal se forma alrededor de las fibras adyacentes o el punto de cruce como si hubiera "una" fibra. Por tanto, como

resultado de la naturaleza dispuesta de manera aleatoria de las fibras en el velo, las “redes” metálicas se forman en la totalidad del velo cuando se somete al procedimiento de revestimiento de superficie PVD. Cuando se intercalan entre pliegos de preimpregnado para formar un panel laminado, estas “redes” metálicas forman puentes de conexión entre los pliegos. Como resultado, los paneles laminados fabricados según las realizaciones de la invención muestran características de conductividad en masa inesperadamente elevadas.

En comparación con los procedimientos para impartir conductividad de la técnica anterior en los que las fibras se revisten (por ejemplo, mediante deposición por reducción química) y entonces se conforman para dar una estera o material textil no tejido, la estera y los materiales textiles no tejidos se revisten en una superficie (un lado) o superficie (dos lados) mediante PVD o un procedimiento equivalente. Esto imparte una protección suficiente frente a impacto de relámpagos a los paneles laminados resultantes al tiempo que no se aumenta significativamente el peso de la estera o material textil. Por ejemplo, las esteras no tejidas fabricadas según los métodos de la técnica anterior (por ejemplo, deposición por reducción química) presentan un peso final por unidad de superficie de aproximadamente cien (100) g/m<sup>2</sup> en comparación con esteras no tejidas fabricadas según las realizaciones de la invención que presentan pesos de metal de menos de cinco (5) g/m<sup>2</sup> y de aproximadamente quince (15) g/m<sup>2</sup> para materiales textiles.

Propiedades mecánicas.

Además de los resultados inesperados con respecto a la conductividad (tal como se describió anteriormente), las estructuras laminadas fabricadas según las realizaciones de la invención exhibieron, de manera inesperada, un aumento de tenacidad y de resistencia/tolerancia a daños sin afectar de manera adversa a las propiedades de resistencia a la tracción o compresión cuando se comparan con estructuras laminadas fabricadas sin intercalado. La siguiente tabla señala la mejora de las propiedades mecánicas:

TABLA 3

	0% de pliegos tenaces con capas intercaladas de revestimiento de metal	10% de pliegos tenaces con capas intercaladas de revestimiento de metal
Compresión tras impacto (CAI/ksi)	40-50% de aumento en CAI con respecto a estructuras laminadas sin intercalado	Ningún cambio apreciable
Tenacidad (G <sub>1C</sub> /J/m <sup>2</sup> )	>100% de aumento en G <sub>1C</sub> con respecto a estructuras laminadas sin intercalado	~40% de aumento en G <sub>1C</sub> con respecto a estructuras laminadas sin intercalado
Resistencia a la tracción	Ningún cambio apreciable	Ningún cambio apreciable
Alargamiento a la tracción	Ningún cambio apreciable	Ningún cambio apreciable
Resistencia a compresión	Ningún cambio apreciable	Ningún cambio apreciable

La compresión tras el impacto, o CAI es una medición de la resistencia/tolerancia a daños de una estructura laminada. La resistencia a daños mide la integridad de la estructura laminada cuando experimenta una situación de impacto de caída de peso al tiempo que la tolerancia a daños mide la integridad de la estructura laminada tras someterse a una situación de mellado casi estática. Generalmente, cuanto mayor sea el valor de CAI, más será la estructura laminada tolerante/resistente a daños. La tenacidad, o G<sub>1C</sub>, es una medición de la resistencia de la estructura laminada a la propagación de una grieta. La tenacidad se mide cargando una muestra que contiene una grieta inducida de manera deliberada de una longitud dada, calcular una tenacidad a fractura (K<sub>1C</sub>), después calcular una tenacidad usando el valor de tenacidad a fractura y otras constantes. Generalmente, cuanto mayor sea el valor G<sub>1C</sub>, más resistente será la estructura laminada a las microgrietas. La figura 2 ilustra los valores de resistividad en masa de longitud, anchura y grosor para las estructuras laminadas fabricadas según las realizaciones de la invención y estructuras laminadas convencionales para muestras tanto unidireccionales (0)26 como casi isotrópicas (45,0,-45,90)2s. Tal como se muestra, las estructuras laminadas fabricadas según las realizaciones de la invención muestran un aumento de mejoras en la conductividad de resistividad en masa de longitud, anchura y grosor en comparación con estructuras laminadas convencionales en cualquier muestra.

Tal como se muestra en la tabla 3, las propiedades mecánicas de resistencia/tolerancia a daños (CAI) y tenacidad (G<sub>1C</sub>) para paneles laminados mejoraron en gran medida con el velo revestido de metal intercalado según realizaciones de la invención en comparación con paneles laminados con ninguna muestra intercalada. Además, los paneles laminados modificados mostraron, simultáneamente, muy poco o ningún efecto sobre las propiedades de resistencia frente a tracción o compresión. Por tanto, los paneles laminados fabricados con velos revestidos de metal según las realizaciones de la invención e intercalado en los mismos dieron como resultado unos paneles laminados

multifuncionales. Más particularmente, los paneles laminados según las realizaciones de la invención dieron como resultado unos paneles laminados multifuncionales con una funcionalidad mejorada con respecto a la conductividad en masa, las propiedades mecánicas (por ejemplo, resistencia y tenacidad) y el paso de pruebas frente a impactos de relámpagos de zona 1A.

- 5 Además de lo anterior, se tomaron las imágenes del microscopio de barrido electrónico (SEM) para estudiar las estructuras laminadas multifuncionales fabricadas según las realizaciones de la invención tras haber realizado diversas pruebas frente a impacto, alargamiento y tensión en las estructuras. Se descubrió que el velo revestido de metal intercalado (en este caso, fibra de vidrio) proporcionó una superficie de contacto fibrosa que creó una trayectoria tortuosa para suprimir la delaminación y la propagación de grietas (véase la figura 1B). Además, se descubrió que la energía de alargamiento era uniforme a medida que se cargaron las muestras. Además, se descubrió que las grietas impartidas en la estructura laminada se mantuvieron dentro del mismo juego. Además, se descubrió que el revestimiento de metal permaneció intacto tras someterse a diversas situaciones de inducción de daños (véase la figura 1C).

Resistencia a impacto ambiental.

- 15 Como resultado de un accidente de avión mortal real provocado por un impacto de relámpago, la Administración Federal de Aviación (FAA) implementó un sistema para clasificar diversas zonas de aeronaves comerciales basándose en la probabilidad y gravedad de verse impactadas por relámpagos. Las zonas de preocupación se clasifican en zonas 1A-1C, 2A-2B y 3, siendo la zona 1A (200.000 A) la más crucial con respecto a soportar un impacto de relámpago.

- 20 Los paneles laminados fabricados según las realizaciones de la invención se sometieron a impactos de relámpagos simulados de hasta 200.000 A. Para someter a prueba el grado de protección frente a impacto de relámpagos (LSP), se pintaron los paneles de prueba en el lado de impacto de relámpagos con una imprimación epoxi y una capa superior de uretano para un grosor aeroespacial habitual. Un panel de 8 pliegos de epoxi/carbono endurecido que presentaba un velo revestido de metal (plata o cobre) según realizaciones de la invención y se sometió a una prueba de zona 1A produjo los siguientes resultados: (i) los daños se limitaron a aproximadamente de 1,5 a 2,5 pliegos; el lado trasero del panel de prueba no se vio afectado; y (iii) se determinó que la zona de delaminación fue de aproximadamente siete (7) in<sup>2</sup> a ocho (8) in<sup>2</sup> (45,16 cm<sup>2</sup> a 51,61 cm<sup>2</sup>). Por motivos de comparación, un panel de 8 pliegos de carbono/epoxi endurecido sin un velo revestido de metal y sometido a una prueba de zona 1A produjo los siguientes resultados: (i) los daños a través de los ocho pliegos con orificio en el lado trasero del panel y (ii) – zona de delaminación de aproximadamente treinta y seis (36) in<sup>2</sup> (232,27 cm<sup>2</sup>). Por tanto, se demostró que los paneles laminados según las realizaciones de la invención resultaban muy eficaces como protección frente a impacto de relámpagos (LSP) en comparación con los paneles de la técnica anterior.

- Además de poner de manifiesto LSP suficiente, se anticipa que los paneles laminados harán de protección frente a otras situaciones eléctricas posiblemente dañinas tales como descarga electrostática (ESD), acumulación de carga estática, interferencia electromagnética (EMI), potencial de brillo de borde de ala, red de retorno de corriente (CRN) y campos relacionados de alta intensidad (HIRF).

- La figura 3 ilustra una estratificación de una pluralidad de pliegos y una pluralidad de velos revestidos de metal no tejidos según una realización de la invención en el procedimiento de ensamblarse para un procedimiento de bolsa de vacío. Tal como se muestra, se prepara una estratificación 300 comprendida por una pluralidad de velos 302 revestidos de metal intercalados con una pluralidad de pliegos 304 de material textil (es decir, adyacentes) estratificando un velo 302, entonces un pliegue 304 de material textil, y entonces repitiendo hasta que se logra el número de capas deseado. Los pliegos 304 de material textil pueden ser unidireccionales, tejidos o multiaxiales (es decir, materiales textiles no remachados) y pueden colocarse en una orientación unidireccional, casi isotrópica u ortótropa tal como se conoce por un experto habitual en la técnica. El velo 302 revestido de metal puede ser una de las realizaciones tal como se describió anteriormente. El pliegue de material textil puede realizarse de fibra de vidrio, carbono, fibras de aramida o cualquier otra fibra adecuada.

- La estratificación 300 puede colocarse en un molde o herramienta 306 en donde la superficie 306 de herramienta se prepara colocando cinta 308 adhesiva alrededor de una periferia en el mismo, una junta 310 de fieltro (por ejemplo, fieltro Armalon®) y una tela 312 de barco en el mismo. La tira 314 de fibra de vidrio puede colocarse para definir un borde de una represa 316 de silicona. Una película de resina 318 tal como copolímero de etileno-propileno fluorado (FEP) puede colocarse en la estratificación 300 seguida por una placa 320 de presión, una o más capas 322 de fibra de vidrio y sellarse mediante una bolsa 324 de vacío. El sistema está en comunicación con uno o más orificios, tales como el orificio 326 de vacío. Se aplica presión y calor al mismo para curar los pliegos de preimpregnado multifuncionales, formando de ese modo el panel laminado con conductividad en masa y tenacidad y resistencia mejoradas. Debe apreciarse que pueden usarse otros procedimientos para formar preimpregnados según las realizaciones de la invención tal como, pero no se limitan a, un procedimiento de autoclave, un procedimiento de molde/contramolde, un procedimiento de laminado de tubos y un procedimiento de presión de curado/vacío en horno.

En otra realización, un velo revestido de metal según realizaciones de la invención puede aplicarse como capa de superficie a una pluralidad de pliegos apilados (estratificación) para formar una estructura laminada con propiedades conductoras. La figura 4 ilustra una estratificación de una pluralidad de pliegos y un velo revestido de metal no tejido según una realización de la invención en el procedimiento de ensamblarse para un procedimiento de bolsa de vacío.

5 Tal como se muestra, una estratificación 400 está comprendida por un velo 402 revestido de metal colocado como una primera capa adyacente a una pluralidad de pliegos 404 de material textil. Los pliegos 404 de material textil pueden ser unidireccionales, tejidos o multiaxiales (es decir, materiales textiles no remachados) y pueden colocarse en una orientación unidireccional, casi isotrópica u ortótropa tal como se conoce por un experto habitual en la técnica. El velo 402 revestido de metal puede ser cualquiera de las realizaciones tal como se describieron  
10 anteriormente. El pliego de material textil puede estar realizado de fibra de vidrio, carbono, fibras de aramida o cualquier otra fibra adecuada.

La estratificación 400 puede colocarse en un molde o herramienta 406 en donde la superficie 406 de herramienta se prepara previamente colocando cinta 408 adhesiva alrededor de una periferia en el mismo, una junta 410 de fieltro (por ejemplo, fieltro Armalon®) y una tela 412 de barco en el mismo. La tira 414 de fibra de vidrio puede colocarse para definir un borde de una represa 416 de silicona. Una película de resina 418 tal como copolímero de etileno-  
15 propileno fluorado (FEP) puede colocarse en la estratificación 400 seguido por una placa 420 de presión, una o más capas 422 de fibra de vidrio y sellarse mediante una bolsa 424 de vacío. El sistema está en comunicación con uno o más orificios, tales como orificio 426 de vacío. Se aplican presión y calor al mismo para curar los pliegos de preimpregnado multifuncionales acabados, formando de ese modo un panel laminado con conductividad en masa y tenacidad y resistencia mejoradas.  
20

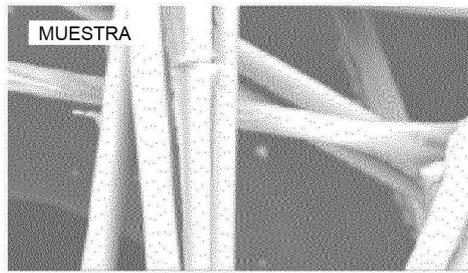
En una realización alternativa, un material textil revestido de metal puede usarse para fabricar un preimpregnado conductor sin el uso de velos. Según esta realización, el material textil revestido de metal, o pliego, puede colocarse en una estratificación tal como se describe con respecto a las figuras 3 o 4 pero sin los velos revestidos de metal  
25 intercalados y/o el velo revestido de metal colocado en la superficie. Se anticipa que el preimpregnado resultante presentará las mismas o sustancialmente las mismas características que los preimpregnados resultantes fabricados según lo descrito en las figuras 3 o 4. Es decir, se anticipa que los preimpregnados resultantes fabricados con uno o más pliegos de material textil revestido de metal muestran características de conductividad en masa así como una mejora de la resistencia a tenacidad y de impacto de relámpagos sin necesidad de intercalar velos revestidos de metal.

30 Las partes componentes fabricadas con compuestos según las realizaciones de la invención pueden usarse en la fabricación de cualquier componente aeroespacial que incluye aquellos comerciales, militares, de negocios o regionales, giroaviones y motores a reacción que requieren que el compuesto presente propiedades conductoras. Estas incluirían, estructura de aeronave en zonas de impacto de relámpagos definidas por la FAA (zonas 1A-1C, 2A-  
35 2B, 3), por ejemplo, alas, fuselajes; y estructura de aeronave que requiere protección frente a situaciones eléctricas potencialmente dañinas tales como descarga electrostática (ESD), acumulación de carga estática, interferencia electromagnética (EMI), potencial de brillo de borde de ala, red de retorno de corriente (CRN) y campos relacionados de alta intensidad (HIRF).

Aunque se han descrito y mostrado determinadas realizaciones a modo de ejemplo en los dibujos adjuntos, ha de comprenderse que tales realizaciones son simplemente ilustrativas y no limitan el alcance de la invención, y que esta  
40 invención no debe limitarse a las construcciones y disposiciones específicas mostradas y descritas, dado que los expertos habituales en la técnica pueden deducir diversas modificaciones adicionales.

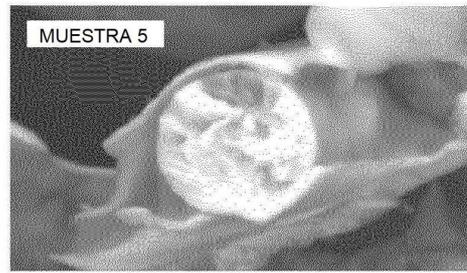
**REIVINDICACIONES**

1. Un artículo compuesto, que comprende:
- una pluralidad de pliegos de refuerzo fibroso impregnados con una resina, siendo cada pliego adyacente a al menos otro pliego; y
- 5 - al menos una estera no tejida que presenta una capa continua de metal o aleación de metal revestida en al menos un lado en la misma y adyacente a al menos un pliego,
- en donde dicha capa de metal o aleación de metal presenta un grosor de entre 0,1  $\mu\text{m}$  y 25  $\mu\text{m}$  y un peso por unidad de superficie de menos de 50  $\text{g/m}^2$ , y
- 10 en donde dicha estera no tejida está comprendida por fibras de carbono, fibras de vidrio, fibras de aramida, fibras de para-aramida, fibras termoplásticas, o una combinación de las mismas, y
- en donde el refuerzo fibroso está realizado de fibras seleccionadas del grupo que consiste en fibras de aramida con base de poliparafenileno tereftalamida, fibra de vidrio, cuarzo, carbono, y grafito.
2. El artículo compuesto según la reivindicación 1, en donde cada pliego es unidireccional.
3. Un procedimiento de fabricación para fabricar un panel laminado, que comprende:
- 15 - proporcionar un material laminado comprendido por fibras de carbono, fibras de vidrio, fibras de aramida, fibras de para-aramida, fibras termoplásticas, o una combinación de las mismas;
- formar una capa de metal o aleación de metal de revestimiento continuo en al menos un lado de dicho material laminado mediante un procedimiento de revestimiento seleccionado del grupo que consiste en: deposición física en fase de vapor, deposición de capa atómica, deposición química en fase de vapor, deposición química en fase de vapor a baja presión y deposición química en fase de vapor asistida por plasma, en donde la capa de metal en el
- 20 material laminado revestido presenta un grosor de entre 0,1  $\mu\text{m}$  y 25  $\mu\text{m}$  y un peso por unidad de superficie de menos de 50  $\text{g/m}^2$ ;
- colocar al menos un pliego de refuerzo fibroso impregnado con una resina adyacente al material laminado revestido, en donde el refuerzo fibroso está realizado de fibras seleccionadas del grupo que consiste en fibras de
- 25 aramida con base de poliparafenileno tereftalamida, fibra de vidrio, cuarzo, carbono, y grafito; y
- aplicar presión y calor al material laminado revestido y al menos un pliego para formar un panel laminado.
4. El procedimiento de fabricación según la reivindicación 3, que comprende, además, colocar una pluralidad de pliegos de refuerzo fibroso adicionales impregnados con una resina en el pliego adyacente al material laminado revestido.
- 30 5. El procedimiento de fabricación según la reivindicación 3, que comprende, además, intercalar una pluralidad de materiales laminados revestidos con una pluralidad de pliegos de refuerzo fibroso impregnados con una resina antes de aplicar presión y calor.
6. El procedimiento de fabricación según la reivindicación 3, en donde dicho al menos un pliego es unidireccional.
- 35 7. El procedimiento de fabricación según la reivindicación 3, en donde el metal o aleación de metal es uno de aluminio, cobre, plata, níquel, paladio, estaño, oro o una combinación de los mismos.
8. El procedimiento de fabricación según la reivindicación 3, en donde la resina que impregna el refuerzo fibroso se selecciona de epoxi, bismaleimida, fenólico, éster de cianato y poliimida.
9. El procedimiento de fabricación según la reivindicación 3, en donde la capa de revestimiento de metal o aleación de metal presenta un grosor de entre 0,5  $\mu\text{m}$  y 2  $\mu\text{m}$ .
- 40 10. El procedimiento de fabricación según la reivindicación 3, en donde el peso por unidad de superficie del metal o aleación de metal es menor de 5  $\text{g/m}^2$ .
11. El procedimiento de fabricación según la reivindicación 3, en donde el material laminado es uno de un material textil tejido o un velo no tejido.
12. Un panel laminado formado según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 11.



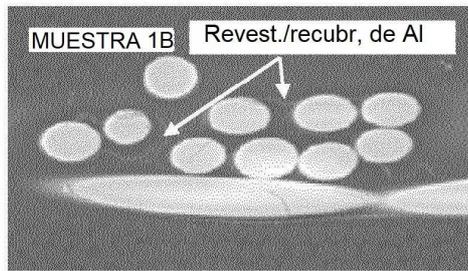
42,9  $\mu\text{m}$

A. Velo de fibra de vidrio revestido con Al



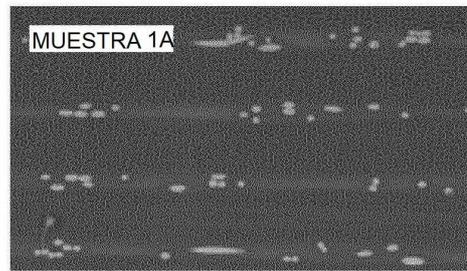
7,50  $\mu\text{m}$

B. "Recubrimiento" de Al rodeando fibra de vidrio



30,0  $\mu\text{m}$

C. Conjunto de fibra de vidrio revestida con Al haciendo de puente entre estopas de carbono



200  $\mu\text{m}$

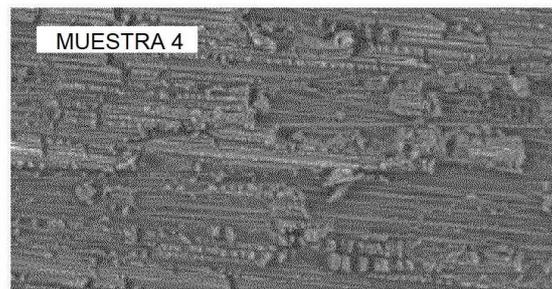
D. Estructura laminada que muestra puntos de conectividad entre pilas

## IG.1A



200  $\mu\text{m}$

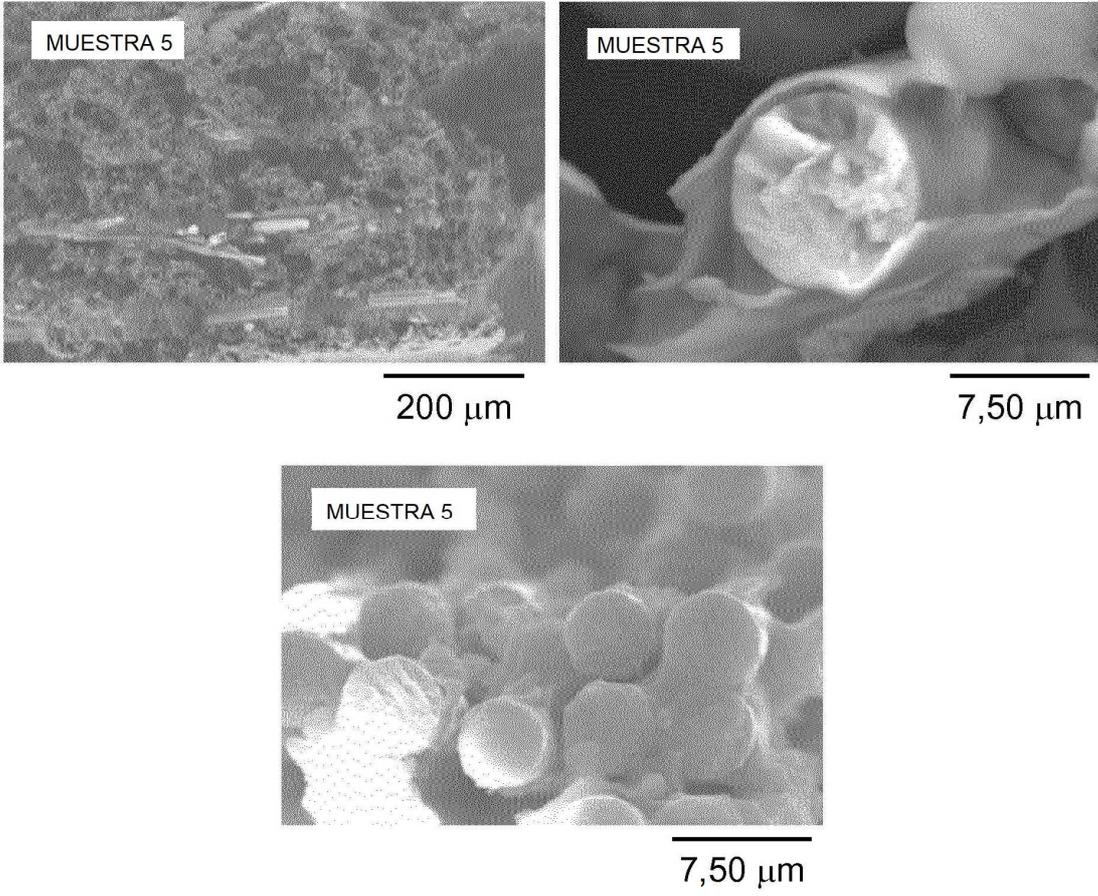
Con intercalado



200  $\mu\text{m}$

Sin intercalado

## IG.1B



IG.1C

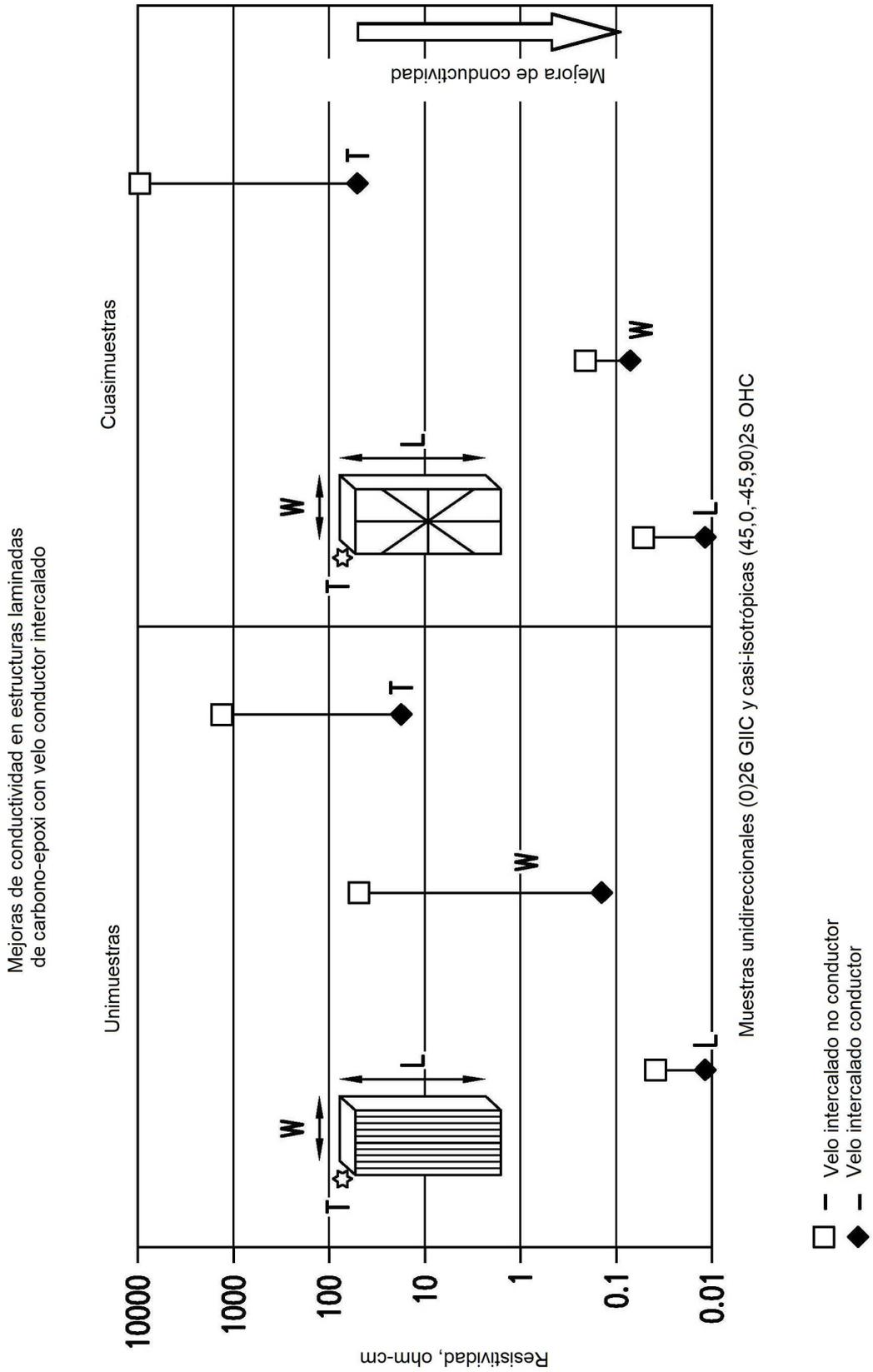


FIG.2

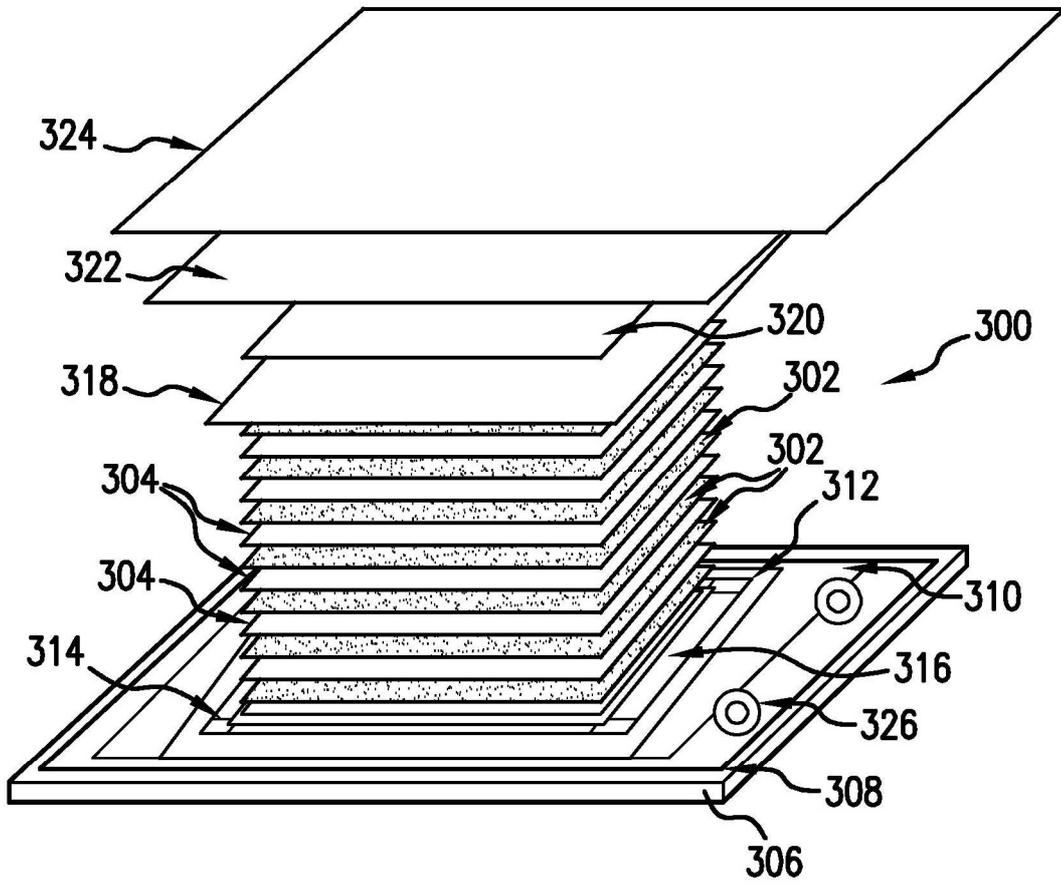


FIG. 3

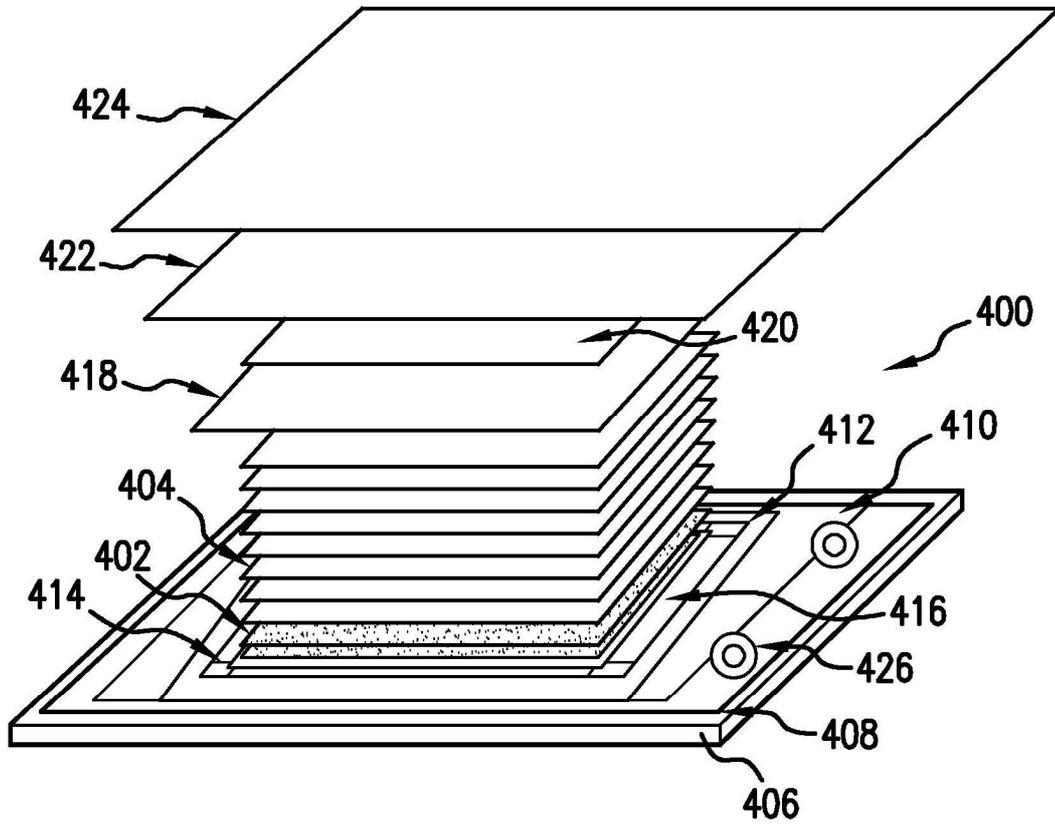


FIG.4