

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 550 681**

51 Int. Cl.:

B32B 9/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.07.2013 E 13177049 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.09.2015 EP 2687364**

54 Título: **Lámina conductora de material compuesto, procedimiento de fabricación y aplicación de la misma**

30 Prioridad:

19.07.2012 CN 201210251285

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

11.11.2015

73 Titular/es:

**AVIC COMPOSITES COMPANY LIMITED (50.0%)
AVIC international Industry & Trade Park
Shuanghe Street Shunyi District
Beijing 101300, CN y
AVIC BEIJING INSTITUTE OF AERONAUTICAL
MATERIALS (50.0%)**

72 Inventor/es:

**YI, XIAOSU;
GUO, MIAOCAI;
LIU, GANG;
ZHAO, WENMING;
LIU, LIPENG y
CUI, HAICHAO**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 550 681 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

Lámina conductora de material compuesto, procedimiento de fabricación y aplicación de la misma

Campo de la invención

5 La presente divulgación se refiere a una lámina conductora de material compuesto, a un material compuesto que tiene la lámina conductora de material compuesto, y a un procedimiento de fabricación de la lámina conductora de material compuesto.

Antecedentes de la invención

10 Se ha usado un número creciente de materiales compuestos laminados de matriz de resina reforzada con fibra de carbono continua como materiales estructurales para aviones modernos. El material compuesto reforzado con fibra de carbono continua típico incluye una resina de matriz aislante y capas de fibra de carbono continua. La resina de matriz aislante se rellena entre las capas de fibra de carbono continua, lo que conduce a una densidad más alta, tanto en una dirección del espesor como en una dirección dentro del plano perpendicular a la dirección de la fibra del material compuesto. En este caso, cuando el avión es alcanzado por un rayo es difícil de eliminar del material compuesto las cargas, por lo que hay un riesgo de que el material compuesto pueda ser dañado o incluso se queme por una gran corriente generada debido al impacto del rayo. Hay un procedimiento anti-rayo convencional para el material compuesto cubriendo la superficie del material compuesto directamente con una capa conductora tal como una malla de metal, banda de metal y etc. En los últimos años procedimientos habituales que están extensamente cubiertos por las patentes y bibliografías incluyen la adición de materiales conductores híbridos tal como papel de nanotubos de carbono, fibra de carbono o nanotubos de carbono al material compuesto, o formar una capa superficial con una estructura de material compuesto nano conductora de los materiales conductores híbridos. Por ejemplo, la patente china CN102001448A se refiere a una película de superficie anti-rayo para componentes de aviones. La película superficial incluye un sustrato y nanotubos de carbono conductores crecidos sobre el sustrato. La publicación PCT WO2008048705 proponía una película conductora de polímero de baja densidad dispersada con nanopartículas que sirve como una capa de protección contra el impacto de rayos. La publicación PCT WO2005032812 proponía usar una hoja de metal y una capa de polímero de película de material compuesto que subyace a la hoja de metal como la capa conductora superficial anti-rayos. La solicitud de patente de Estados Unidos US2009140098 proponía un procedimiento de añadir nanotubos de carbono a una resina de matriz en material compuesto para mejorar la conductividad.

30 Se puede ver de las bibliografías anteriores que con el fin de mejorar el rendimiento de la conducción eléctrica, la mayoría de los procedimientos anteriores usan capa conductora de metal como la capa externa del material compuesto, y algunos procedimientos usan rellenos que comprenden papel conductor de nanotubos de carbono, fibra de carbono, nanotubos de carbono y similar para mejorar la conductividad intercapa del material compuesto. Sin embargo, el aditivo de metal, tal como la capa conductora de metal, incrementa el peso global del material compuesto final y muchos componentes en el avión no pueden ser aplicados con aditivo de metal con fines anti-rayo debido a su estructura compleja. Además, el aditivo de metal aplicado en la capa externa del material compuesto no mejora la resistencia a daños por laminación tras el impacto dentro del material compuesto. Además, la adición intercapa de nanomateriales de carbono adolece de conductividad insuficiente debido a la conductividad insuficiente de los nanomateriales de carbono, lo que se combina con dificultad de dispersión del material de relleno. Tal dispersión empobrecida conducirá al deterioro de la resistencia al daño por laminación tras el impacto del material compuesto. Como resultado se requiere desarrollo de un material compuesto estructural bueno como anti-rayo y con alta conductividad como nuevo material de aviación.

45 Además de eso, un material compuesto con estructura laminada de matriz de resina reforzada con fibra de carbono continua es normalmente sensible al impacto de baja velocidad y propenso a daños por laminación interna tras el impacto, por lo que la fuerza de compresión del material compuesto se reduce significativamente. El procedimiento principal para mejorar la resistencia al daño por laminación tras el impacto es mejorando la dureza a la fractura intercapa del material compuesto. Por ello, también se requiere desarrollar un procedimiento de endurecer el material compuesto con fibra con estructura laminada con matriz de resina reforzada con fibra de carbono continua.

50 Hay diversos procedimientos para endurecer el material compuesto, por ejemplo endureciendo la resina termoestable de la matriz directamente con caucho altamente flexible o polímero termoplástico. Pero este enfoque puede reducir la resistencia al calor y la rigidez o deteriorar la facilidad de trabajo. Un procedimiento adicional incluye introducir estructura flexible entre las capas de material compuesto laminado, lo que mejora la resistencia al daño por laminación tras el impacto mientras mantiene la facilidad de trabajo y otras propiedades mecánicas del material compuesto. Los ejemplos típicos incluyen insertar una capa pura de resina termoplástica separada o capa de adhesivo termoendurecible con gran dureza entre las capas así como una así llamada tecnología de endurecimiento "ex-situ" (referencia a la patente china CN101220561 y solicitud de patente china CN101760965A) desarrollada a partir de las mismas, por ejemplo insertando una película fina termoplástica porosa. También hay otras tecnologías para mejorar significativamente la dureza a la fractura intercapa del material compuesto introduciendo partículas de endurecimiento, estructura rígida interpuesta o fibras con alta dureza entre las capas, por ejemplo insertando tela no tejida de nailon o tejido de fibras de resina termoplástica (por ejemplo, tejido fino que se ha tejido mediante fibras de

resina termoplástica). Aunque tal tecnología de introducir estructura de endurecimiento entre las capas mejora la dureza del material compuesto, también incrementa de alguna manera el espacio intermedio relleno con resina entre las capas de fibra de carbono. Como resultado, la relativamente alta resistencia intercapa resulta incluso más alta y el rendimiento anti-rayo del material compuesto se deteriora de manera acorde.

5 La publicación de la solicitud de patente de Estados Unidos nº 20060194037 titulada "Flexible breathable polymer film and method for production" divulga un material compuesto con película flexible de polímero permeable adecuado con fines de envasado. El material compuesto incluye al menos una capa de material compuesto hecha de una capa de agente aglutinante de nanopartículas inorgánicas químicamente inertes y una capa adyacente de partículas de óxidos de metal no tóxicas hidrofílicas que son activas fototácticamente bajo radiación de luz de baja longitud de onda y que tienen un efecto antibacteriano y de autolimpiado.

10 La publicación de la solicitud de patente de Estados Unidos nº 20100104851 titulada "Optical film and method of making the same" divulga una película óptica bajamente reflectante, anti-estática y anti-incrustante y un procedimiento de formación de la misma. El procedimiento de formación incluye mezclar un alcoxisilano, un alcoxisilano modificado por fluoruro, un material conductor y un agente de formación de poros para formar una composición de cobertura.

Sumario de la invención

De acuerdo con un aspecto de la divulgación se proporciona una lámina conductora de material compuesto. La lámina conductora de material compuesto comprende un soporte poroso con baja densidad superficial y medio conductor uniformemente fijado sobre el soporte. El soporte poroso con baja densidad superficial se selecciona de tejido poroso, tela no tejida y película de polímero, y tiene un espesor de 5 mm a 80 mm y una densidad superficial de 5 g/m² a 30 g/m². El medio conductor se selecciona de nanocables de plata o una mezcla del nanocable de plata y, al menos un material seleccionado de un grupo que consiste en nanotubos de carbono, grafeno y microfibra conductora.

En un ejemplo la tela no tejida porosa se selecciona de tela no tejida polimérica o tela no tejida no polimérica.

25 En un ejemplo la tela no tejida polimérica se selecciona de nailon, poliariletercetona, poliimida, polieterimida, polietersulfona, o poli(éter-éter-cetona).

En un ejemplo, la tela no tejida no polimérica se selecciona de tela no tejida de fibra de carbono, tela no tejida de nanotubos de carbono o tela no tejida de fibras de plantas.

30 De acuerdo con otro aspecto de la divulgación se proporciona un procedimiento de fabricar la lámina conductora de material compuesto descrita como se ha indicado anteriormente. El procedimiento comprende las siguientes etapas de: (1) dispersar el medio conductor en un disolvente no disolviendo el soporte y no dañando el medio conductor, de modo que se forme una dispersión, el medio conductor tiene una concentración de 2 mg/ml a 18 mg/ml en la dispersión; (2) sumergir el soporte en la dispersión, o pulverizar la dispersión sobre el soporte, o permitir que la dispersión percole a través del soporte bajo presión negativa; y (3) secar el soporte.

35 De acuerdo con otro aspecto más de la divulgación se proporciona un material compuesto. El material compuesto comprende: una resina de la matriz, múltiples capas de fibra de carbono continua dispuestas en la resina de la matriz, y la lámina conductora de material compuesto tal como se describió anteriormente dispuesta entre dos capas adyacentes de fibra de carbono.

40 En un ejemplo la fibra de carbono de las capas continuas de fibra de carbono se selecciona de T300, T800, T700, o CCF300, y las capas de fibra de carbono continua se entrelazan de una manera seleccionada de: entrelazado unidireccional, entrelazado plano, entrelazado de sarga o entrelazado satinado.

En un ejemplo, la resina de la matriz se selecciona de resina epoxi, poliéster insaturado, resina BOZ, resina BMI o resina de poliimida.

45 De acuerdo con aún otro aspecto de la divulgación se proporciona un procedimiento de fabricar el material compuesto. El procedimiento comprende: disponer la lámina conductora de material compuesto de la reivindicación 1 entre dos capas adyacentes de fibra de carbono, y apilar las capas de fibra de carbono y la lámina conductora de material compuesto para formar un laminado; y curar el laminado en la resina de la matriz por un procedimiento de moldeo.

50 En un ejemplo el procedimiento de moldeo se selecciona de moldeo en autoclave, RTM, moldeo presurizado, moldeo asistido por vacío o con bolsa de vacío.

Las soluciones técnicas de la presente divulgación consiguen alta dureza, alta resistencia al impacto y alta conductividad del material compuesto laminado de fibra continua. Durante la fabricación del material compuesto se usa la lámina conductora de material compuesto como un intercalador, de modo que se forme una estructura endurecida de redes continuas dobles del soporte de la lámina conductora de material compuesto y una capa de

fibra de carbono continua, y una estructura conductora continua hecha de medio conductor de la lámina conductora de material compuesto. La pequeña estructura especial unidimensional del nanocable de plata en la presente divulgación asegura características altamente conductoras incluso con pequeña magnitud de fijación, por lo tanto puede obtenerse alta fuerza específica, alta rigidez específica, y alta conductividad del material compuesto estructural. La dificultad de dispersar el medio conductor tal como el nanocable de plata puede evitarse también usando un procedimiento de fijación. Ya que el producto del material compuesto fabricado de acuerdo con la presente divulgación está todavía en una forma de preimpregnado laminado y placa laminada, puede emplearse el material compuesto con alta conductividad y alta dureza en diversas aplicaciones adecuadas para un material compuesto de aviación convencional sin hacer ningún cambio especial. La presente divulgación tiene también la ventaja de unas amplias aplicaciones. Por ejemplo, pueden seleccionarse diversos componentes conductores de tamaño pequeño como los componentes cofijados, diversos soportes tal como tela no tejida, tejido y película porosa teniendo baja densidad superficial y pueden usarse diversos procedimientos de moldeo y sistemas de resina.

Breve descripción de los dibujos

La presente divulgación se entenderá más completamente a partir de la descripción detallada dada posteriormente en el presente documento y los dibujos adjuntos que se dan solamente a modo de ilustración y por tanto no son limitativos de la presente divulgación.

La Fig. 1 es un gráfico que ilustra la relación entre la densidad superficial de los nanocables de plata y la resistencia de la lámina de una lámina conductora de material compuesto con un solo componente de nanocables de plata fijados sobre una tela no tejida de nailon;

la Fig. 2 es una imagen SEM de una tela no tejida de nailon fijado con nanocables de plata; y

la Fig. 3 es una imagen SEM de una película PAEK fijada con nanocables de plata.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Un alcance adicional de aplicabilidad de la presente invención se hará evidente a partir de la descripción detallada dada posteriormente en el presente documento. Sin embargo, debe entenderse que la descripción detallada y ejemplos específicos, mientras indican realizaciones preferidas de la invención, se dan a modo de ilustración solamente, ya que se harán evidentes diversos cambios y modificaciones dentro del espíritu y alcance de la invención para los expertos en la materia a partir de la siguiente descripción detallada.

Primera realización

Un procedimiento de fabricación de un material compuesto de acuerdo con la primera realización comprende las siguientes etapas.

(1-1) Se dispersan nanocables de plata en etanol, isopropanol, acetona, glicerina o agua de modo que se forme una dispersión con una concentración de nanocable de plata de 5 mg/ml o 10 mg/ml.

(1-2) Se sumerge una tela no tejida polimérica tal como una tela no tejida de nailon con un espesor de 53 μm y una densidad superficial de 14 g/m^2 o una tela de poli(éter-éter-cetona (PEEK) con un espesor de 25 μm y una densidad superficial de 8 g/m^2 o una tela de poliimida con un espesor de 75 μm y una densidad superficial de 26 g/m^2 o una tela de polipolietersulfona (PES) con un espesor de 15 μm y una densidad superficial de 7 g/m^2 en la dispersión con la concentración de nanocable de plata de 5 mg/ml o 10 mg/ml preparada en la etapa (1-1), entonces la tela se aparta y se retira de la dispersión, y la tela o se seca al aire o se seca por calor. Opcionalmente los procedimientos de inmersión y secado anteriores pueden repetirse cambiando la dirección de inmersión de la tela, de modo que se obtenga una tela no tejida conductora polimérica fijada uniformemente a los nanocables.

(1-3) La tela no tejida conductora polimérica preparada como se ha indicado anteriormente se dispone entre dos capas adyacentes de capas preimpregnadas con base de resina epoxi reforzadas con fibra de carbono continua unidireccional y se apilan y se moldean las capas anteriores, de modo que se forme una preforma de material compuesto endurecida y conductora integrada. Por ejemplo, la tela no tejida conductora polimérica y la capa preimpregnada pueden apilarse de forma alterna o la tela no tejida conductora polimérica puede apilarse cada pocas capas preimpregnadas. La fibra de carbono puede, por ejemplo, seleccionarse de T300, 3K o T800, 12K, y la resina epoxi puede ser, por ejemplo, 5338 o QY9611 (de Beijing Research Institute of Aviation Engineering).

(1-4) La preforma de material compuesto endurecida e integrada conductora se cura y se moldea en un producto de material compuesto endurecido y conductor integrado con base de resina epoxi por un procedimiento de moldeo al vacío, tal como matizado a presión o moldeo térmico a presión, por ejemplo, un procedimiento de moldeo en autoclave.

Opcionalmente la tela no tejida conductora polimérica preparada en la etapa (1-2) puede disponerse sobre una o ambas superficies externas del producto de material compuesto, por tanto el producto de material compuesto puede no solo tener alta conductividad global y alta dureza, sino tener también excelente conductividad superficial,

especialmente adecuada como un material compuesto para anti-rayo.

La Fig. 1 es un gráfico que ilustra la relación entre la densidad superficial de nanocables de plata y resistencia de la lámina del tejido conductor no entrelazado de nailon fijado con un solo componente de nanocables de plata. Tal como se muestra en la Fig. 1, incluso a una muy baja densidad superficial de nanocable de plata, por ejemplo 1 g/m², la resistencia de la lámina del tejido conductor no entrelazado de nailon puede alcanzar 5 Ω/cuadrado. En comparación, para el producto de material compuesto de la misma tela no tejida de nailon fijado con nanotubos de carbono multipared que tienen una densidad superficial de 7 g/m², la resistencia de la lámina es todavía mayor que 1000Ω/cuadrado.

La Fig. 2 es una imagen SEM de la tela no tejida de nailon fijado con nanocables de plata. Tal como se muestra en la Fig. 2, los nanocables de plata están distribuidos uniformemente sobre el soporte de tela no tejida de nailon y forman una red conductora continua con la tela no tejida de nailon sirviendo como una estructura de endurecimiento.

De acuerdo con el procedimiento de fabricación de la presente realización, se obtiene una lámina conductora de material compuesto con nanocables de plata fijados sobre la tela no tejida de nailon, y se prepara un material compuesto combinando la lámina conductora de material compuesto y las capas preimpregnadas de resina epoxi reforzadas con fibra de carbono continua unidireccional con el procedimiento de interposición. La lámina conductora de material compuesto comprende el soporte poroso de baja densidad superficial, tal como una tela no tejida polimérica y el medio conductor fijado uniformemente sobre el soporte. El material compuesto comprende una matriz de resina epoxi, una pluralidad de capas de fibra de carbono continua dispuestas dentro de la matriz de resina epoxi y al menos una lámina conductora de material compuesto dispuesta entre dos capas adyacentes de fibra de carbono continua. Comparado con el material compuesto sin la lámina conductora de material compuesto, el producto de material compuesto de la presente realización puede tener un tipo I de dureza de fractura intercapa mejorada en un 120%, un tipo II de dureza de fractura intercapa mejorada en un 230%, una conductividad en el plano doble a lo largo de las direcciones de fibra, una conductividad en el plano en una dirección perpendicular a la dirección de la fibra mejorada en 200 veces, y una conductividad en la dirección del espesor mejorada en 10 veces, alcanzando o aproximándose de ese modo a altas conductividades en todas las tres direcciones (es decir, una resistividad de volumen $\leq 1 \Omega \cdot \text{cm}$). El incremento del peso global del material compuesto de la presente realización es muy pequeño, tal como aproximadamente el 0,5%. En comparación, el material compuesto convencional interpuesto solo con tela no tejida de nailon es sustancialmente aislante en la dirección del espesor (es decir, $> 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ con una reducción de resistividad en aproximadamente 10^7 veces comparado con el material compuesto sin intercalador) y tiene similares conductividades en el plano tanto paralelas a la dirección de las fibras como perpendiculares a la dirección de las fibras que las del material compuesto sin el intercalador.

Segunda Realización

Un procedimiento de fabricación de material compuesto de acuerdo con la segunda realización comprende las siguientes etapas.

(2-1) Los nanocables de plata se dispersan en agua o en una mezcla de agua y al menos un material seleccionado de metanol, isopropanol, acetona o etanol en proporción de volumen 1:2, de modo que se forme una dispersión con una concentración de nanocable de plata de 2 mg/ml o 4 mg/ml.

(2-2) Se sumerge una película porosa de polímero tal como una película porosa de poliariletercetona con una porosidad del 40% y un espesor de 20 μm y una densidad superficial de 14 g/m² o una película porosa de poliimida con un espesor de 8 μm y una densidad superficial de 6 g/m² o película porosa de polieterimida con un espesor de 25 μm y una densidad superficial de 11 g/m² o una película porosa de poli(éter-éter-cetona) (PEEK) con un espesor de 15 μm y una densidad superficial de 9 g/m² en la dispersión de cables de plata preparada en la etapa (2-1), entonces se aparta y se retira de la dispersión y se seca. Opcionalmente, los procedimientos de inmersión y secado anteriores pueden repetirse cambiando la dirección de inmersión de la película, de modo que se obtenga una película conductora porosa de polímero fijada uniformemente con los nanocables de plata.

(2-3) La película conductora porosa de polímero preparada se dispone entre dos capas adyacentes de tejido reforzado con fibra de carbono continua hecha por el procedimiento de entrelazado tal como entrelazado satinado, entrelazado plano, entrelazado unidireccional o un procedimiento de entrelazado mixto descrito como se ha indicado. Por ejemplo, la película conductora porosa de polímero y los tejidos anteriores pueden apilarse de forma alterna y moldearse de modo que se forme una preforma de material compuesto endurecida y conductora integrada. La fibra de carbono puede, por ejemplo, seleccionarse, de T700 o 12K.

(2-4) Se inyecta una resina líquida BOZ (Epsilon de Henkel, Alemania) o resina líquida epoxi (3266, de Beijing Research Institute of Aviation Engineering) en la preforma y se impregna completamente usando un procedimiento de moldeo por transferencia de resina (RTM), y entonces se moldea y se cura de acuerdo con el procedimiento especificado de la resina BOZ o resina epoxi. En este momento, la película de poliariletercetona o película PEEK como un soporte de la película conductora porosa de polímero se disuelve en la resina BOZ o 3266 durante el procedimiento de curado, y entonces se somete a separación de fases y reversión de fases, y se forma una partícula endurecida BOZ-poliariletercetona o BOZ-PEEK como una estructura continua doble o una estructura endurecida

continua doble de partícula 3266-poliariletercetona o 3266-PEEK mientras se mantiene una estructura altamente conductora de los nanocables de plata fijados a la película de poliarietercetona. Finalmente se obtiene un producto de material compuesto endurecido y conductor integrado con base de resina BOZ moldeada por RTM o con base de resina epoxi. La película porosa de poliimida o película porosa de polieterimida como un soporte de la película conductora porosa de polímero no se disuelve durante el procedimiento de curado y se forma como intercalador separado entre capas con fines de endurecimiento. En este caso también se obtiene finalmente un producto de material compuesto endurecido y conductor integrado.

La Fig. 3 es una imagen SEM de la película de poliarietercetona fijada con nanocables de plata. Tal como se muestra en la Fig. 3, los nanocables de plata se distribuyen uniformemente sobre la superficie de la película, formando por lo tanto una red conductora continua. La película de poliarietercetona misma se somete a un procedimiento disolvente de separación de fases durante el procedimiento de curado del material compuesto, de modo que se forme una estructura de endurecimiento continua doble.

De acuerdo con el procedimiento de fabricación de la presente realización se obtiene una lámina conductora de material compuesto de película porosa de polímero fijada con nanocables de plata y se prepara un material compuesto combinando la lámina conductora de material compuesto y las telas de fibra de carbono continua en un procedimiento RTM. La lámina conductora de material compuesto comprende un soporte poroso con baja densidad superficial, tal como una película porosa de polímero y el medio conductor fijado uniformemente sobre el soporte. Comparado con el material compuesto sin el intercalador, el material compuesto de la presente realización puede tener un tipo I de dureza de fractura intercapa mejorada en un 30%, un tipo II de dureza de fractura intercapa mejorada en un 120%, una conductividad doble a lo largo de la dirección de las fibras en el plano del material compuesto, y una conductividad perpendicular a la dirección de las fibras en el plano del material compuesto mejorada en casi 200 veces. Aunque la conductividad en la dirección del espesor baja ligeramente, puede mejorarse adicionalmente incrementando la porosidad o densidad de poro. El material compuesto de la presente realización tiene un muy pequeño peso adicional de aproximadamente 0,3% respecto al peso global. En comparación con el material compuesto sin intercalador, el material compuesto convencional intercalado por una película de poliarietercetona sin fijar el medio conductor tiene una caída de conductividad (a aproximadamente $10000 \Omega \cdot \text{cm}$) en la dirección del espesor en aproximadamente 1000 veces, una conductividad similar en direcciones tanto paralelas a la dirección de la fibra como perpendiculares a la dirección de la fibra en el plano del material compuesto, y un tipo II de dureza de fractura intercapa mejorada solo en un 87% en las mismas condiciones de procedimiento.

Tercera realización

Un procedimiento de fabricación de material compuesto de acuerdo con la tercera realización comprende las siguientes etapas.

(3-1) Los nanocables de plata se dispersan en etanol de modo que se forme una dispersión con concentración de nanocable de plata de 5 mg/ml, los nanotubos de carbono modificados por grupo carboxilo (CNT) se dispersan en agua, acetona o DMF, de modo que se forme una dispersión con una concentración de 2 mg/ml o 10 mg/ml.

(3-2) La dispersión con una concentración de CNT modificados por un grupo carboxilo de 2 mg/ml o 10 mg/ml se percola bajo presión negativa a través de un tejido polimérico tal como un tejido de nailon con un espesor de 35 μm y una densidad superficial de 14 g/m^2 o una tela PEEK con un espesor de 25 μm y una densidad superficial de 11 g/m^2 o un tejido de poliimida con un espesor de 45 μm y una densidad superficial de 18 g/m^2 para fijar CNT sobre las telas y entonces se seca. Después de eso la tela fijada con CNT se sumerge en la dispersión de etanol con concentración de nanocable de plata de 5 mg/ml, y entonces se aparta y se retira de la dispersión y se seca, y se obtiene una tela de lámina conductora fijada tanto con nanocables de plata como nanotubos de carbono.

(3-3) El tejido de lámina conductora preparada con fijaciones dobles de CNT y nanocable de plata se dispone entre dos capas adyacentes de capas preimpregnadas con base de resina epoxi reforzadas con fibra de carbono continua. La capa de tela de lámina conductora y la capa preimpregnada con base de resina epoxi reforzada con fibra de carbono continua pueden apilarse de forma alterna y moldearse de modo que se forme una preforma de material compuesto endurecida y conductora integrada. La fibra de carbono puede seleccionarse, por ejemplo, de T800, 12K o CCF300, 3K, y la resina epoxi puede ser, por ejemplo, QY9611 (de Beijing Research Institute of Aviation Engineering) o resina epoxi 5228.

(3-4) La preforma de material compuesto endurecida y conductora integrada se cura y se moldea en un producto de material compuesto altamente conductor y endurecido fijado tanto con nanocables de plata como nanotubos de carbono por un procedimiento de moldeo convencional, por ejemplo un procedimiento de moldeo en autoclave.

Cuarta realización

Un procedimiento de fabricación de material compuesto de acuerdo con la cuarta realización comprende las siguientes etapas.

(4-1) Nanocables de plata, grafeno, nanotubos de carbono son codispersados en alcohol butílico, metanol o furano, de modo que se forme una dispersión con una concentración de nanocables de plata de 4 mg/ml, una concentración

de grafeno de 1 mg/ml, una concentración de nanotubos de carbono de 4 mg/ml, y una concentración global de medio conductor de 9 mg/ml.

5 (4-2) La dispersión de medio conductor descrita como se ha indicado anteriormente se pulveriza sobre un tejido polimérico tal como una tela no tejida de fibra de poliimida con un espesor de 75 μm y una densidad superficial de 26 g/m^2 , una tela no tejida de nanofibra de carbono con un espesor de 28 μm y una densidad superficial de 11 g/m^2 o una tela no tejida de nanotubos de carbono con un espesor de 5 μm y una densidad superficial de 5 g/m^2 , de modo que se obtenga una lámina conductora de material compuesto fijada con nanocables de plata, grafeno y nanotubos de carbono.

10 (4-3) La lámina conductora de material compuesto preparada como se ha indicado anteriormente se dispone entre dos capas adyacentes de tela de fibra de carbono, y la lámina conductora de material compuesto y las capas de tejido de fibra de carbono se apilan de forma alterna y se moldean para formar una preforma conductora de material compuesto. La fibra de carbono puede, por ejemplo, seleccionarse de T300, 3K.

15 (4-4) Una resina líquida BMI 6421 (producto de Beijing Research Institute of Aviation Engineering) o resina líquida epoxi 3266 o resina líquida BOZ (Epsilon de Henkel, Alemania) se inyectan y se moldean por un procedimiento RTM, de modo que finalmente se obtiene un material compuesto con base de resina BMI endurecida y altamente conductora reforzada con fibra de carbono o un material compuesto con base de resina epoxi o material compuesto con base de resina BOZ.

Quinta realización

20 Un procedimiento de fabricación de material compuesto de acuerdo con la quinta realización comprende las siguientes etapas.

25 (5-1) Se codispersan nanocables de plata y nanofibras de carbono en placa de níquel en isopropanol o agua, de modo que se forme una dispersión con una concentración de nanocables de plata de 1 mg/ml, concentración de nanofibra de carbono en placa de níquel de 10 mg/ml, y una concentración global de medio conductor de 11 mg/ml. Entonces los nanocables de plata se dispersan en isopropanol de modo que se forme una dispersión con una concentración de nanocable de plata de 5 mg/ml.

30 (5-2) La dispersión de nanocable de plata y fibra conductora descrita como se ha indicado anteriormente se pulveriza sobre ambas superficies de una película porosa de polímero tal como película porosa de poliimida con un espesor de 22 μm y una densidad superficial de 13 g/m^2 o una película porosa de polieterimida con un espesor de 35 μm y una densidad superficial de 15 g/m^2 y entonces se seca por calor, de modo que se obtenga una película conductora porosa de polímero, por ejemplo, una película conductora porosa de poliimida o una película conductora porosa de polieterimida.

35 (5-3) La película conductora porosa de poliimida o película porosa de polieterimida preparada se dispone entre dos capas adyacentes de capas preimpregnadas con base de resina de poliimida laminadas con fibra de carbono, y la película conductora porosa y la capa preimpregnada con base de resina de poliamida laminada con fibra de carbono se apilan de forma alterna y se moldean de modo que se forme una preforma conductora. La fibra de carbono puede, por ejemplo, seleccionarse de T700, 12K, y el preimpregnado con base de resina de poliamida puede ser, por ejemplo n° LP 15 (producto de Beijing Research Institute of Aviation Engineering).

40 (5-4) Se moldea entonces la preforma y se cura para formar un material compuesto con base de resina de poliamida conductor, endurecido y altamente resistente a la temperatura de acuerdo con la especificación del procedimiento del preimpregnado.

45 De acuerdo con la presente divulgación, primero se prepara una lámina conductora de material compuesto altamente conductora y endurecida y entonces se dispone entre capas adyacentes de material compuesto convencional laminado con fibra de carbono por un procedimiento de interposición y entonces se moldea para formar un material compuesto con alta conductividad global y alta dureza. Por ejemplo, la lámina conductora y laminado de fibra de carbono pueden apilarse de forma alterna y moldearse. Comparado con el material compuesto sin tratamiento de endurecimiento, se mejora significativamente la dureza del material compuesto de acuerdo con la presente divulgación, mientras que el rendimiento del material compuesto conductor contra un impacto de rayo y la resistencia al impacto se mejoran también con mínima adición de peso al material compuesto.

50 La anterior descripción detallada de la invención se ha presentado con fines de ilustración y descripción. No se pretende que sea exhaustiva o que limite la invención a la forma concreta divulgada. Son posibles muchas modificaciones y variaciones a la luz de lo enseñado anteriormente. Las realizaciones descritas se eligieron con el fin de explicar mejor los principios de la invención y su aplicación práctica para de esa manera permitir a otros expertos en la materia utilizar de la mejor manera la invención en diversas realizaciones y con diversas modificaciones tal como convenga al uso particular contemplado. Se pretende que el alcance de la invención se defina por las reivindicaciones adjuntas a este documento.

55

REIVINDICACIONES

1. Uso de una lámina conductora de material compuesto en material estructural para aviones, **caracterizado porque** la lámina conductora de material compuesto comprende un soporte poroso con baja densidad superficial y un medio conductor fijado uniformemente sobre el soporte;
- 5 en el que el soporte poroso con baja densidad superficial es seleccionado de tejido poroso, tela no tejida y película de polímero, y tiene un espesor de 5 µm a 80 µm y una densidad superficial de 5 g/m² a 30 g/m²; y en el que el medio conductor es seleccionado de nanocable de plata o una mezcla del nanocable de plata y al menos un material seleccionado de un grupo que consiste en nanotubo de carbono, grafeno y microfibra conductora.
2. El uso de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la tela no tejida porosa es seleccionada de tela no tejida polimérica o tela no tejida no polimérica.
- 10 3. El uso de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** la tela no tejida polimérica es seleccionada de nailon, poliariletercetona, políimida, polieterimida, polietersulfona, o poli(éter-éter-cetona).
4. El uso de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** la tela no tejida no polimérica es seleccionada de tela no tejida de fibra de carbono, tela no tejida de nanotubo de carbono o tela no tejida de fibra vegetal.
- 15 5. Un procedimiento de fabricación de la lámina conductora de material compuesto de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, **caracterizado porque** el procedimiento comprende:
- (1) dispersar el medio conductor en un disolvente no disolviendo el soporte y no dañando el medio conductor, de modo que se forme una dispersión, el medio conductor tiene una concentración de 2 mg/ml a 18 mg/ml en la dispersión;
- 20 (2) sumergir el soporte en la dispersión, o pulverizar la dispersión sobre el soporte, o permitir que la dispersión percole a través del soporte bajo presión negativa; y
- (3) secar el soporte.
6. Uso de un material estructural de material compuesto para aviones, comprendiendo el material compuesto: una resina matriz, múltiples capas de fibra de carbono continuas dispuestas en la resina matriz, y la lámina conductora de material compuesto de acuerdo con la reivindicación 1 dispuesta entre dos capas adyacentes de fibra de carbono.
- 25 7. El uso de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado porque** la fibra de carbono de las capas de fibra de carbono continuas es seleccionada de T300, T800, T700, o CCF300, y las capas de fibra de carbono continuas se entrelazan de una manera seleccionada de entrelazado unidireccional, entrelazado plano, entrelazado de sarga o entrelazado satinado.
- 30 8. El uso de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, **caracterizado porque** la resina matriz es seleccionada de resina epoxi, poliéster insaturado, resina BOZ, resina BMI o resina de poliimida.
9. Un procedimiento de fabricación del material compuesto de acuerdo con la reivindicación 6, que comprende:
- 35 disponer la lámina conductora de material compuesto de la reivindicación 1 entre dos capas adyacentes de fibra de carbono y apilar las capas de fibra de carbono y la lámina conductora de material compuesto para formar un laminado; y curar el laminado en la resina matriz por un procedimiento de moldeo.
10. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado porque** el procedimiento de moldeo es seleccionado de moldeo en autoclave, RTM, moldeo presurizado, moldeo asistido por vacío o con bolsa de vacío.

40

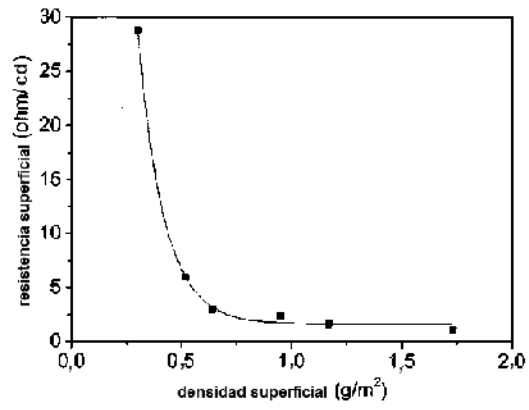


Fig. 1



Fig. 2

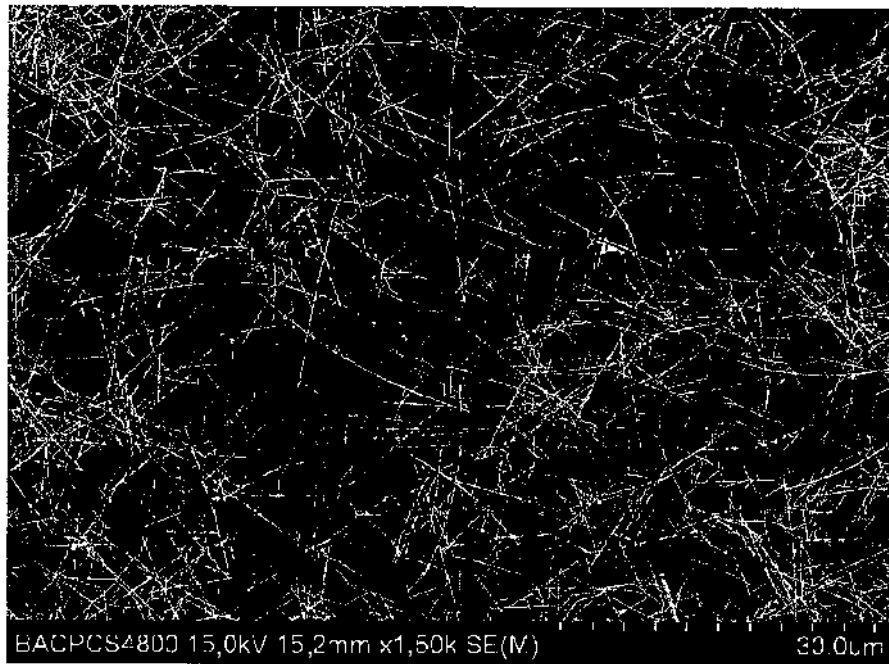


Fig. 3