

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 635 198**

51 Int. Cl.:

C09D 5/24 (2006.01)

C09J 9/02 (2006.01)

C09D 163/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.02.2010 PCT/US2010/023555**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **19.08.2010 WO10093598**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.02.2010 E 10705036 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.05.2017 EP 2396375**

54 Título: **Películas de protección superficiales conductoras para el rayo y blindaje contra las interferencias electromagnéticas de materiales compuestos termoestables**

30 Prioridad:

16.02.2009 US 152939

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

02.10.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SANG, JUNJIE, JEFFREY y
KOHLI, DALIP, KUMAR**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 635 198 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

Películas de protección superficiales conductoras para el rayo y blindaje contra las interferencias electromagnéticas de materiales compuestos termoestables

ANTECEDENTES

Campo

- 5 Las formas de realización de la presente descripción se refieren a composiciones poliméricas eléctricamente conductoras y, en particular, a películas de protección superficiales y adhesivas formadas a partir de composiciones poliméricas termoestables que incorporan aditivos conductores.

Descripción de la técnica relacionada

- 10 Las estructuras de material compuesto de matriz polimérica (PMC) se utilizan cada vez más para aplicaciones aeroespaciales. Por ejemplo, se han empleado PMC en cantidades de hasta aproximadamente el 50% en aeronaves comerciales. Las PMC combinan fibras orientadas selectivamente que están envueltas en un material matriz polimérica circundante. Estas estructuras de material compuesto presentan buenas propiedades mecánicas para su peso (por ejemplo, resistencia, rigidez, tenacidad), así como una amplia ventana de temperatura de servicio y facilidad de fabricación, haciéndolas muy adecuadas para aplicaciones aeroespaciales.

- 15 Las películas de protección superficiales, tales como películas basadas en resina epoxi, se incorporan a menudo en materiales compuestos poliméricos para proporcionar a los materiales compuestos la calidad superficial requerida para aplicaciones aeroespaciales. Por ejemplo, las películas de protección superficiales pueden cocurarse con materiales preimpregnados para proporcionar una superficie considerablemente libre de porosidad que proteja al material compuesto subyacente, al tiempo que se reduce la mano de obra, el tiempo y el coste de fabricación del material compuesto.

- 20 Sin embargo, las películas de protección superficiales a base de resina epoxi debido a sus propiedades aislantes presentan una mala resistencia a los eventos de energía electromagnética (EME), tales como los rayos (LS), las descargas electrostáticas (ESD) y las interferencias electromagnéticas (EMI). La resistividad relativamente alta exhibida por las resinas epoxi dificulta la disipación adecuada del rayo, dando lugar a la punción de la piel y delaminación de la estructura compuesta subyacente. Adicionalmente, la carga generada en la superficie del material compuesto puede permanecer durante largos períodos de tiempo, elevando el riesgo de ESD en entornos con baja humedad relativa que pueden dañar los sistemas electrónicos y correr el riesgo de provocar chispas en el espacio de vapor de los tanques de combustible. Además, la mala conductividad eléctrica de las películas de protección superficiales basadas en resinas epoxi puede dificultar la movilidad de los portadores de carga, lo que puede perjudicar la capacidad de la estructura compuesta para proporcionar blindaje EMI.

- 25 Para minimizar el efecto del rayo sobre una estructura compuesta, se han utilizado diferentes maneras de mejorar la conductividad de la estructura compuesta para proporcionar una protección LS/ESD/EMI para las piezas compuestas de las aeronaves. Los ejemplos de dichas aproximaciones incluyen los desviadores macizos o segmentados, metales pulverizados por arco o pulverizados por llama, mallas de alambre tejidas, láminas macizas/expandidas/perforadas, telas de fibras recubiertas de metal, fibras altamente conductoras de tela de alambre entretejido (IWWF) y pinturas conductoras cargadas de metal. En ejemplos adicionales, las rejillas metálicas expandidas (por ejemplo, el cobre, malla de aluminio) se han incorporado en películas de protección superficiales fijadas sobre una superficie compuesta para disipar la energía provocada por los rayos para protección contra dichos eventos.

- 30 De forma perjudicial, sin embargo, los sistemas de película de protección superficial con rejillas metálicas incorporadas (por ejemplo, el cobre o aluminio, con capa de aislamiento de fibra de vidrio) aumentan significativamente el peso total de la aeronave. Además, integrar estos sistemas de película de protección superficial en materiales compuestos puede aumentar significativamente los materiales y los costes laborales para la fabricación de las piezas de material compuesto. Además, puede ser difícil interconectar estas películas de protección superficiales de manera que se logre una conductividad, en esencia, uniforme a través de numerosas películas de protección superficiales, lo que da lugar a discontinuidades de conductividad que pueden dar lugar a una mayor probabilidad de daño durante LS o ESD y/o blindaje EMI deteriorado. En particular, las rejillas metálicas están sometidas adicionalmente a desequilibrio de dilatación térmica corrosiva con la matriz lo que conduce a microcraqueo y unión deteriorada con la matriz, cada una de las cuales puede disminuir adicionalmente la protección LS/ESD/EMI proporcionada por la película de protección superficial.

RESUMEN

En una forma de realización, se proporciona una película de protección superficial conductora de la electricidad. La película de protección superficial comprende

una composición polimérica termoestable que comprende:

al menos una resina termoestable; y

al menos un aditivo conductor que comprende más de aproximadamente el 35% en peso de escamas de plata, sobre la base del peso total de la composición;

donde la resistividad de la película de protección superficial es menor que aproximadamente 500 mΩ/sq.

5 En una forma de realización, se proporciona una película de protección superficial que comprende la composición. En otra forma de realización, se proporciona un material compuesto que comprende la película de protección superficial. En una forma de realización adicional, se proporciona una película adhesiva conductora que comprende la composición.

10 En una forma de realización adicional, se proporciona un método de formación de una película de protección superficial conductora. El método comprende:

proporcionar la composición eléctricamente conductora; y

aplicar la composición eléctricamente conductora a un soporte.

15 En una forma de realización adicional, se proporciona un método de formación de un material compuesto. En una forma de realización, el método comprende cocurar la película de protección superficial con un material compuesto preimpregnado. En otra forma de realización, el método comprende adherir la película de protección superficial a un material compuesto.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es un diagrama de flujo de una forma de realización de un método de formación de composiciones termoestables eléctricamente conductoras y artículos de la mismas;

20 La Figura 2 es un diagrama de flujo de una forma de realización de un método de formación de un material compuesto a partir de una forma de realización de la composición termoestable eléctricamente conductora;

La Figura 3 es una ilustración esquemática de una película de protección superficial que integra un laminado de material preimpregnado formado mediante una forma de realización de la composición termoestable eléctricamente conductora;

25 La Figura 4A es una micrografía de microscopio electrónico de barrido (SEM) de una sección transversal de una película de protección superficial que incluye un aditivo conductor de escamas de plata, que ilustra una morfología laminar adoptada por las escamas de plata;

La Figura 4B es una micrografía SEM de una superficie de fractura de una película de protección superficial formada a partir de una forma de realización de la composición polimérica eléctricamente conductora que comprende escamas de plata;

30 La Figura 5A es una gráfica de la resistividad en función del aditivo conductor para las películas de protección superficiales formadas a partir de las formas de realización de la composición termoestable eléctricamente conductora;

35 La Figura 5B es una gráfica de la resistividad en función de la concentración para las películas de protección superficiales formadas a partir de las formas de realización de la composición termoestable eléctricamente conductora que incluye negro de humo y nanofibras de carbono conductoras;

La Figura 6 es una gráfica de la resistividad en función de la concentración de dos escamas de plata diferentes para las películas de protección superficiales formadas a partir de las formas de realización de la composición termoestable eléctricamente conductora;

40 La Figura 7 es una gráfica de la resistividad en función de la concentración de escamas de plata, junto con otros aditivos conductores (nanohilo de plata, los nanotubos de carbono y microesferas recubiertas con metal) para las películas de protección superficiales formadas a partir de las formas de realización de la composición termoestable eléctricamente conductora;

45 Las Figuras 8A-8B son imágenes de la vista frontal de paneles compuestos que incorporan películas de protección superficiales después del ensayo de impacto del rayo de la Zona 1A; (A) película de protección superficial de control sin pintar; (B) película de protección superficial sin pintar que contiene escamas de plata;

Las Figuras 9A-9B son imágenes de la vista frontal de paneles compuestos que incorporan películas de protección superficiales después del ensayo de impacto del rayo de la Zona 1A; (A) película de protección superficial de control pintada; (B) película de protección superficial pintada que contiene escamas de plata; y

Las Figuras 10A-10B son imágenes de la vista frontal de paneles compuestos que incorporan películas de protección superficiales después del ensayo de impacto del rayo de la Zona 2A; (A) película de protección superficial sin pintar que contiene escamas de plata; (B) película de protección superficial pintada que contiene escamas de plata.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

5 Los términos "aproximadamente", "aproximadamente" y "en esencia" según se utilizan en la presente memoria representan una cantidad cercana a la cantidad indicada que todavía realiza una función deseada o logra un resultado deseado. Por ejemplo, los términos "aproximadamente", "aproximadamente" y " en esencia" pueden referirse a una cantidad que está dentro de menos del 10% de, dentro de menos del 5% de, dentro de menos del 1% de, dentro de menos del 0,1% de y dentro de menos del 0,01% de la cantidad declarada.

10 El término "temperatura ambiente" según se utiliza en la presente memoria tiene su significado normal según es conocido por los expertos en la técnica y puede incluir temperaturas dentro del intervalo de aproximadamente 16 °C (60 °F) a 32 °C (90 °F).

15 El término "fibra" según se utiliza en la presente memoria tiene su significado común según es conocido por los expertos en la técnica y puede incluir uno o más materiales fibrosos adaptados para el refuerzo de materiales compuestos. Las fibras pueden adoptar la forma de whiskers, fibras cortas, fibras continuas, filamentos, fibras no trenzadas, haces, hojas, capas y combinaciones de las mismas. Las fibras continuas pueden adoptar adicionalmente cualesquiera de las configuraciones unidireccionales, multidimensionales (por ejemplo, dos o tres dimensiones), no tejidas, tejidas, tricotadas, cosidas, bobinadas y trenzadas, así como estructuras de manta de fibra de vidrio (mat) con fibras en remolino, fieltro y cortadas. Las estructuras de fibras tejidas pueden comprender varias fibras no
20 trenzadas tejidas que tienen menos de aproximadamente 1.000 filamentos, menos de aproximadamente 3.000 filamentos, menos de aproximadamente 6.000 filamentos, menos de aproximadamente 12.000 filamentos, menos de aproximadamente 24.000 filamentos, menos de aproximadamente 48.000 filamentos, menos de aproximadamente 56.000 filamentos, y menos de aproximadamente 125.000 filamentos. En formas de realización adicionales, las fibras no trenzadas pueden mantenerse en posición mediante puntadas de fibras no trenzadas cruzadas, puntadas
25 de punto de inserción de trama o una pequeña cantidad de resina, tal como una resina termoplástica.

La composición de las fibras puede variarse, según sea necesario. Las formas de realización de la composición de fibra pueden incluir, pero no se limitan a, el vidrio, el carbono, la aramida, el cuarzo, el polietileno, el poliéster, el poli-p-fenileno-benzobixazol (PBO), el boro, la poliamida, el carbono y el grafito, el carburo de silicio, el nitruro de silicio, el Astroquartz®, el Tyranno®, el Nextel® y el Nicalon® y combinaciones de los mismos.

30 El término "resina" según se utiliza en la presente memoria tiene su significado común según es conocido por los expertos en la técnica y puede incluir uno o más compuestos que comprenden materiales termoestables y/o termoplásticos. Los ejemplos pueden incluir, pero no se limitan a, las resinas epoxi, los agentes de curado epoxídicos, fenólicos, los fenoles, los ésteres cianato, las poliimidias (por ejemplo, bismaleimida (BMI) y polieterimidias), los poliésteres, las benzoxazinas, las polibenzoxazinas, los polienoxazonas, los polibenzimidazoles,
35 los polibenzotiazoles, las poliamidas, las poliamidimidias, las polisulfonas, las poliéter sulfonas, los policarbonatos, los tereftalatos de polietileno, los cianatos, los ésteres de cianato y los poliéter cetona (por ejemplo, el poliéter cetona (PEK), el poliéter éter cetona (PEEK), el poliéter cetona cetona (PEKK) y similares), combinaciones de las mismos y precursores de las mismos.

40 Las resinas epoxi pueden incluir además poliepóxidos que tienen al menos aproximadamente dos grupos epoxi por molécula. Los poliepóxidos pueden ser saturados, insaturados, cíclicos o acíclicos, alifáticos, alicíclicos, aromáticos o heterocíclicos. Los ejemplos de los poliepóxidos adecuados incluyen los éteres poliglicidílicos, que se preparan por reacción de epiclorhidrina o epibromohidrina con un polifenol en presencia de álcali. Por tanto, los polifenoles adecuados son, por ejemplo, el resorcinol, el pirocatecol, la hidroquinona, el bisfenol A (bis (4-hidroxifenil)-2,2-propano), el bisfenol F (bis (4-hidroxifenil) metano), bis (4-hidroxifenil)-1,1-isobutano, 4,4'-dihidroxibenzofenona, bis
45 (4-hidroxifenil)-1,1-etano y 1,5-hidroxinaftaleno. Otros polifenoles adecuados como base para los éteres poliglicidílicos son los productos de condensación conocidos del fenol y el formaldehído o acetaldehído del tipo la resina novolac.

Otros poliepóxidos pueden incluir los éteres poliglicidílicos de polialcoholes o diaminas. Dichos éteres poliglicidílicos se obtienen de polialcoholes, tales como el etilenglicol, el dietilenglicol, el trietilenglicol, el 1,2-propilenglicol, el 1,4-butilenglicol, el trietilenglicol, el 1,5-pentanodiol, el 1,6-hexanodiol o el trimetilolpropano.

Los poliepóxidos adicionales pueden incluir ésteres de poliglicidilo de ácidos policarboxílicos, por ejemplo, los productos de reacción del glicidol o epiclorhidrina con los ácidos policarboxílicos alifáticos o aromáticos, tales como el ácido oxálico, el ácido succínico, el ácido glutárico, el ácido tereftálico o un ácido graso dimérico.

Otros epóxidos pueden incluir los obtenidos de los productos de epoxidación de los compuestos cicloalifáticos olefínicamente insaturados o de los aceites y grasas naturales.

Otros epóxidos pueden incluir resinas epoxi líquidas obtenidas por reacción del bisfenol A o bisfenol F y la epíclorhidrina. Las resinas epoxi que son líquidas a temperatura ambiente generalmente tienen pesos equivalentes de epoxi desde 150 a aproximadamente 480.

5 Las resinas epoxi que son sólidas a temperatura ambiente también pueden, o alternativamente, utilizarse y obtenerse asimismo a partir de polifenoles y epíclorhidrina, por ejemplo, aquéllas basadas en el bisfenol A o bisfenol F que tienen un punto de fusión de 45 a 130 °C, preferiblemente desde 50 °C a 80 °C. Éstas difieren de las resinas epoxi líquidas, en esencia, por el peso molecular más alto de las mismas, como resultado de lo cual se vuelven sólidas a temperatura ambiente. Las resinas epoxi sólidas tienen generalmente un peso equivalente epoxi superior o igual a 400.

10 Los términos "curar" y "curado" según se utilizan en la presente memoria tienen su significado común según es conocido por los expertos en la técnica y pueden incluir procesos de polimerización y/o reticulación. El curado puede realizarse mediante procesos que incluyen, pero no se limitan a, el calentamiento, la exposición a luz ultravioleta y la exposición a radiación. En determinadas formas de realización, el curado puede tener lugar dentro de la matriz. Antes de curar, la matriz puede comprender adicionalmente uno o más compuestos que son, a aproximadamente
15 temperatura ambiente, líquidos, semisólidos, sólidos cristalinos y combinaciones de los mismos. En formas de realización adicionales, la matriz dentro de un material preimpregnado puede curarse parcialmente con el fin de exhibir una pegajosidad o adherencia seleccionada. En determinadas formas de realización, la consolidación y el curado pueden realizarse en un solo proceso.

20 El término "consolidación" según se utiliza en la presente memoria tiene su significado común según es conocido por los expertos en la técnica y puede incluir procesos en los que la resina o material matriz fluye para desplazar el espacio vacío dentro y adyacente a las fibras. Por ejemplo, la "consolidación" puede incluir, pero no se limita a, el flujo de matriz en los espacios vacíos entre y dentro de las fibras y materiales preimpregnados y similares. La "consolidación" puede tener lugar adicionalmente bajo la acción de uno o más de calor, vacío y presión aplicada.

25 El término "impregnar" según se utiliza en la presente memoria tiene su significado común según es conocido por los expertos en la técnica y puede incluir la introducción de un material matriz entre o adyacente a una o más fibras. La matriz puede tomar la forma de películas, polvos, líquidos y combinaciones de los mismos. La impregnación puede facilitarse mediante la aplicación de uno o más de calor, presión y disolventes.

30 El término "preimpregnado" según se utiliza en la presente memoria tiene su significado común según es conocido por los expertos en la técnica y puede incluir hojas o lámina de fibras que han sido impregnadas con un material matriz. La matriz también puede estar presente en un estado parcialmente curado.

35 Los términos "laminado" y "laminado de material preimpregnado" según se utilizan en la presente memoria tienen su significado común según es conocido por los expertos en la técnica y pueden incluir una o más capas preimpregnadas que se colocan adyacentes entre sí. En determinadas formas de realización, las capas preimpregnadas dentro del laminado pueden colocarse en una orientación seleccionada una con respecto a la otra. Por ejemplo, los laminados de material preimpregnado pueden comprender capas preimpregnadas que tienen
40 arquitecturas de fibras unidireccionales, con las fibras orientadas a 0°, 90°, un ángulo seleccionado θ y combinaciones de los mismos, con respecto a la dimensión más grande del laminado, tal como la longitud. Puede entenderse adicionalmente que, en determinadas formas de realización, los materiales preimpregnados que tienen cualquier combinación de arquitecturas de fibras, tales como unidireccionales y multidimensionales, pueden combinarse para formar el laminado de material preimpregnado.

En formas de realización adicionales, las capas preimpregnadas pueden coserse opcionalmente junto con un material de enhebrado con el fin de dificultar su movimiento relativo de una orientación seleccionada. Los laminados pueden fabricarse mediante técnicas que pueden incluir, pero no se limitan a, el laminado manual, el laminado con cinta automatizado (ATL), la colocación avanzada de fibras (AFP) y el devanado de filamentos.

45 Las formas de realización de la presente descripción presentan composiciones termoestables eléctricamente conductoras para su utilización en películas y adhesivos de protección superficial, así como los métodos de fabricación correspondientes. Las películas de protección superficiales formadas a partir de la composición poseen una conductividad eléctrica mejorada, comparable a los metales, sin la utilización de rejillas o láminas metálicas incorporadas. Dichas películas de protección superficiales pueden incorporarse en estructuras de material
50 compuesto (por ejemplo, materiales preimpregnados, cintas y tejidos), por ejemplo, mediante el cocurado, como una capa superficial más exterior. De esta manera, las películas de protección superficiales como una capa conductora más exterior pueden proporcionar protección contra el rayo (LSP) y blindaje contra las interferencias electromagnéticas (EMI) cuando se utilizan en aplicaciones tales como los componentes de aeronaves.

55 En determinadas formas de realización, la conductividad eléctrica mejorada de las películas de protección superficiales puede lograrse mediante la combinación de polímeros termoestables con aditivos eléctricamente conductores, tales como las escamas metálicas y/o nanopartículas conductoras dispersadas, en esencia, de manera uniforme por toda o sobre la película. Ventajosamente, estas composiciones pueden reducir considerablemente la necesidad de utilizar rejillas metálicas relativamente pesadas que mejoren la conductividad eléctrica de las películas

de protección superficiales, lo que proporciona reducciones considerables de peso. Por ejemplo, pueden lograrse ahorros de peso de aproximadamente el 50 al 80% en comparación con las películas de protección superficiales conductoras con rejillas metálicas incorporadas. La ausencia de dichas rejillas y láminas en las formas de realización de las películas de protección superficiales descritas en la presente memoria puede facilitar adicionalmente la facilidad de fabricación y reducir el coste de los componentes de materiales compuestos formados con estas películas de protección superficiales.

En particular, se ha descubierto que las formas de realización de composiciones poliméricas que comprenden aditivos conductores de escamas de plata presentan una conductividad significativamente mejorada. Según se describe más adelante, sin estar limitado por la teoría, se cree que, en las concentraciones seleccionadas, por ejemplo, mayor que aproximadamente el 35% en peso, la escama de plata adopta una configuración laminar considerablemente interconectada en toda la composición. Esta configuración laminar proporciona a la película de protección superficial una trayectoria conductora continua considerablemente uniforme y una relativamente alta conductividad/baja resistividad. Por ejemplo, pueden lograrse películas de protección superficiales que tienen valores de resistividad del orden de aproximadamente 10 a 50 mΩ/sq en el plano. La resistividad de estas películas de protección superficiales puede reducirse adicionalmente a valores del orden de aproximadamente 0,2 a 15 mΩ/sq mediante la adición de otros aditivos conductores, tales como los nanohilos de plata. En particular, estas resistividades son comparables a metales tales como el aluminio (por ejemplo, aproximadamente 0,2 mΩ/sq), lo que indica la viabilidad de reemplazar las películas de protección superficial pesadas que contienen rejillas formadas a partir de las formas de realización de las composiciones conductoras descritas en la presente memoria.

Las formas de realización de la composición conductora también pueden adaptarse para satisfacer los requisitos de diversas aplicaciones ajustando el tipo y/o la cantidad de los aditivos conductores. Por ejemplo, la protección contra descargas electrostáticas (ESD) puede mejorarse si se proporcionan los aditivos conductores en una concentración suficiente para proporcionar a la composición una resistividad superficial dentro del intervalo de aproximadamente 1 Ω/sq a 1×10^8 Ω/sq. En otro ejemplo, la protección de blindaje contra las interferencias electromagnéticas (EMI) puede mejorarse si se proporcionan los aditivos conductores en una concentración suficiente para proporcionar a la composición una resistividad superficial dentro del intervalo de aproximadamente 1×10^{-6} a 1×10^4 Ω/sq. En un ejemplo adicional, la protección contra rayos (LSP) puede mejorarse si los aditivos conductores se proporcionan en una concentración suficiente para proporcionar a la composición una resistividad superficial dentro del intervalo de aproximadamente 1×10^{-6} a 1×10^{-3} Ω/sq.

En formas de realización adicionales, las películas de protección superficiales también pueden incorporarse en materiales compuestos. Por ejemplo, las películas de protección superficiales en los materiales compuestos pueden incorporarse mediante el cocurado con materiales preimpregnados, tales como materiales preimpregnados de curado a aproximadamente 121 °C (250 °F) y 177 °C (350 °F), para proporcionar estructuras de material compuesto con un buen acabado superficial y alta conductividad. En formas de realización alternativas, las películas de protección superficiales pueden unirse secundariamente con materiales compuestos que ya han sido curados a temperaturas que oscilan entre aproximadamente 71 °C (160 °F) y 177 °C (350 °F). Ventajosamente, esta flexibilidad en la fabricación puede permitir que las películas de protección superficiales se incorporen en las estructuras de material compuesto durante o después de la fabricación del material compuesto. La temperatura de curado de las formas de realización de las películas de protección superficiales también puede adaptarse para temperaturas bajas, materiales preimpregnados de curado fuera de la autoclave, dentro del intervalo de aproximadamente 284 °C (140 °F) y 680 °C (360 °F). Estas y otras ventajas de las formas de realización descritas se describen en detalle a continuación.

La Figura 1 ilustra una forma de realización de un método 100 de fabricación de un material compuesto que incorpora una película de protección superficial que comprende una composición polimérica termoestable eléctricamente conductora. El método 100 incluye las operaciones de añadir una o más resinas capaces de formar un polímero termoestable a un recipiente de mezcla en el bloque 102, añadir uno o más aditivos conductores al recipiente de mezcla en el bloque 104, añadir uno o más materiales de carga no conductores, agentes de control de flujo, agentes de extensión de cadena y/o pigmentos al recipiente de mezcla en el bloque 106, añadir uno o más estabilizadores UV al recipiente de mezcla en el bloque 110, añadir uno o más agentes de curado y/o catalizadores para las resinas en el recipiente de mezcla en el bloque 112 y colar y quitar el aire a la composición en el bloque 114. El método 100 puede comprender adicionalmente formar la composición dentro de una película de protección superficial en el bloque 116 o adhesivo en el bloque 120. El método 100 puede comprender adicionalmente incorporar la película de protección superficial dentro de un material compuesto en el bloque 122.

Según se describe en detalle a continuación, en el método 100, los componentes de la composición pueden añadirse a un recipiente de mezcla equipado para mezclar, calentar y/o enfriar los componentes. Además, según sea necesario, también pueden añadirse a la mezcla uno o más disolventes para favorecer la mezcla de los componentes. Los ejemplos de dichos disolventes pueden incluir, pero no se limitan a, la metilacetona (MEK), la acetona, la dimetilacetamida (DMAc) y la N-Metilpirrolidona (NMP). Puede entenderse que el método 100 puede incluir etapas mayores o menores y que las etapas del método 100 pueden realizarse en cualquier orden, según sea necesario.

Según se ilustra en la Figura 1, las resinas termoestables se añaden al recipiente de mezcla en el bloque 102. Las formas de realización de las resinas termoestables pueden incluir, pero no se limitan a, resinas tales como las descritas anteriormente. En formas de realización preferidas, las resinas termoestables pueden incluir uno o más de los epóxidos, las bismaleimidias (BMI), los ésteres de cianato, los fenólicos, las benzoxazinas y las poliamidas. En otras formas de realización, la resina termoestable puede incluir el éter diglicidílico de bisfenol A, el éter diglicidílico de terabromo bisfenol A y el éter teraglicidílico de metilendianilina, la 4-glicidiloxi-N, la N'-diglicidianilina y las combinaciones de los mismos. Las resinas termoestables incluyen adicionalmente agentes de extensión de cadena y endurecedores. En una forma de realización, las resinas termoestables pueden estar presentes en una concentración que oscila entre aproximadamente el 5 y el 95% en peso, sobre la base del peso total de la composición. En otras formas de realización, las resinas termoestables pueden estar presentes en una concentración que oscila entre aproximadamente el 20 y el 70% en peso.

También pueden añadirse resinas termoestables adicionales al recipiente de mezcla para ajustar la pegajosidad y la cobertura de la composición. Las formas de realización de dichas resinas pueden incluir, pero no se limitan a, las resinas epoxi multifuncionales. Los ejemplos de las resinas epoxi difuncionales y multifuncionales pueden incluir, pero no se limitan a, las resinas comercialmente disponibles tales como las comercializadas con los nombres comerciales MY 0510, MY 9655, Tactix 721, Epalloy 5000, MX 120, MX 156. Las resinas epoxi adicionales pueden estar presentes en una cantidad que oscila entre aproximadamente el 0 y el 20% en peso, sobre la base del peso total de la composición.

Después de añadir las resinas o polímeros termoestables al recipiente de mezcla, puede permitirse que la mezcla se mezcle utilizando un mezclador de cizallamiento de alta velocidad. El mezclado puede realizarse hasta que las resinas termoestables se mezclen; en esencia, de manera uniforme. Por ejemplo, en una forma de realización, la mezcla puede dejarse mezclar durante aproximadamente 50 a 70 minutos a una velocidad de aproximadamente 1.000 a 5.000 rpm.

De acuerdo con la invención, se añaden también agentes endurecedores a la composición en el bloque 102 para ajustar la rigidez de la película y la dureza superficial de la película de protección superficial. En determinadas formas de realización, los agentes endurecedores pueden ser de carácter polimérico u oligomérico, tener temperaturas de transición vítrea inferiores a 20 °C, (más preferiblemente por debajo de 0 °C o por debajo de -30 °C o por debajo de -50 °C), y/o tienen grupos funcionales tales como los grupos epoxi, los grupos de ácido carboxílico, los grupos amino y/o los grupos hidroxilo capaces de reaccionar con los otros componentes de las composiciones de la presente invención cuando la composición se cura mediante calentamiento. En determinada forma de realización, los agentes endurecedores pueden comprender agentes endurecedores elastoméricos. En otras formas de realización, los agentes endurecedores pueden comprender envoltura del núcleo de partículas de caucho o cauchos líquidos. Los ejemplos de los agentes endurecedores pueden encontrarse en la patente de Estados Unidos No. 4.980.234, la publicación de la solicitud de patente de Estados Unidos No. 2008/0188609 y la publicación de la solicitud de patente internacional No. WO/2008/087467. La concentración de los agentes endurecedores puede oscilar entre aproximadamente el 5 y 40% en peso, sobre la base del peso total de la composición. La concentración del agente endurecedor puede oscilar adicionalmente entre aproximadamente el 1 y el 30% en peso.

Los ejemplos adicionales de agentes endurecedores elastoméricos pueden incluir, pero no se limitan a, los nitrilos carboxilados (por ejemplo el Nipol 1472, el Zeon Chemical), el acrilonitrilo butadieno terminado en carboxilo (CTBN), el polibutadieno terminado en carboxilo (CTB), el poliéter sulfona (por ejemplo el KM 180 PES de Cytec), el PEEK, el termoplástico PEKK y las partículas de la envoltura del núcleo de caucho (por ejemplo, las resinas MX 120, MX 156 y otras resinas MX de Kaneka con la envoltura del núcleo predispersada de nanopartículas de caucho).

En el bloque 104, pueden añadirse aditivos conductores al recipiente de mezcla. Las formas de realización de los aditivos conductores pueden incluir, pero no se limitan a, los metales y las aleaciones metálicas, las partículas recubiertas con metal, los metales funcionalizados superficialmente, los velos conductores, los no metales, los polímeros y los materiales de nanoescala. La morfología de los aditivos conductores puede incluir uno o más de las escamas, los polvos, las partículas, las fibras y similares. En una forma de realización, la concentración total de todos los aditivos conductores puede oscilar entre aproximadamente el 0,1 y 80% en peso, sobre la base del peso total de la composición. En formas de realización alternativas, la concentración de todos los aditivos conductores puede oscilar entre aproximadamente el 0,5 y el 70% en peso.

Los metales y sus aleaciones pueden emplearse como aditivos conductores eficaces, debido a su conductividad eléctrica relativamente alta. Los ejemplos de los metales y aleaciones para utilizar con las formas de realización de la presente descripción pueden incluir, pero no se limitan a, la plata, el oro, el níquel, el cobre, el aluminio y aleaciones y mezclas de los mismos. En determinadas formas de realización, la morfología de los aditivos metálicos conductores puede incluir uno o más de las escamas, los polvos, las fibras, los alambres, las microesferas y las nanoesferas, individualmente o en combinación.

En determinadas formas de realización, pueden emplearse metales preciosos, tales como oro y plata, debido a su estabilidad (por ejemplo, la resistencia a la oxidación) y eficacia. En otras formas de realización, la plata puede emplearse en lugar del oro, debido a su menor coste. Sin embargo, puede entenderse que en los sistemas en los que la migración de plata puede ser problemática, puede emplearse alternativamente el oro. Ventajosamente, según

se describe más adelante, es posible que las resinas epoxis rellenas de plata y oro logren resistividades inferiores a aproximadamente 20 mΩ/sq.

5 En otras formas de realización, los aditivos conductores pueden comprender partículas recubiertas de metal. Los ejemplos de las partículas recubiertas con metal pueden incluir las microesferas de cristal recubiertas con metal, el grafito recubierto con metal y las fibras recubiertas de metal. Los ejemplos de los metales que pueden utilizarse como sustratos o recubrimientos pueden incluir, pero no se limitan a, la plata, el oro, el níquel, el cobre, el aluminio y las mezclas de los mismos.

10 En formas de realización adicionales, los aditivos conductores pueden comprender velos conductores. Los ejemplos de dichos velos conductores pueden incluir, pero no se limitan a, los velos no tejidos recubiertos con metales, las rejillas/láminas metálicas, el mat de carbono o el mat de carbono recubierto con metal. Los ejemplos de los metales que pueden utilizarse pueden incluir, pero no se limitan a, la plata, el oro, el níquel, el cobre, el aluminio y mezclas de los mismos.

15 Las formas de realización de no metales adecuados para utilizar como aditivos conductores con las formas de realización de la presente descripción pueden incluir, pero no se limitan a, el negro de humo conductor, el grafito, el óxido de antimonio, la fibra de carbono.

20 Las formas de realización de los nanomateriales adecuados para utilizar como aditivos conductores con las formas de realización de la presente descripción pueden incluir los nanotubos de carbono, las nanofibras de carbono, las nanofibras de carbono recubiertas con metal, los nanohilos metálicos, las nanopartículas metálicas, el grafito (por ejemplo, las nanoplacas de grafito) y las nanohebras. En determinadas formas de realización, la dimensión mayor de los nanomateriales puede ser menor que 100 nm.

25 Los nanotubos de carbono pueden incluir los nanotubos de carbono de una sola pared (SWNT), los nanotubos de carbono de doble pared (DNT) y los nanotubos de carbono de paredes múltiples (MWNT). Los nanotubos de carbono, opcionalmente, también pueden ser funcionalizados superficialmente. Los ejemplos de los grupos funcionales que pueden emplearse para la funcionalización de los nanotubos de carbono pueden incluir, pero no se limitan a, los grupos funcionales hidroxilo, epoxi y amina. Ejemplos adicionales de los nanotubos de carbono funcionalizados pueden incluir, la Nano-In-Resin de Nanoleedge, un concentrado CNT/epoxi con CNT predispersado en una matriz de resina epoxi.

30 Los ejemplos de las nanofibras de carbono adecuadas para su utilización como aditivos conductores con las formas de realización de la presente descripción pueden incluir las nanofibras de carbono desnudas (CNF), las CNF recubiertas con metal y el NanoBlack II (de Columbian Chemical, Inc.). Los recubrimientos metálicos pueden incluir, pero no se limitan a, el cobre, el aluminio, la plata, el níquel, el hierro y sus aleaciones.

35 Los ejemplos de los nanohilos adecuados para su utilización como aditivos conductores con las formas de realización de la presente descripción pueden incluir, pero no se limitan a, el níquel, el hierro, la plata, el cobre, el aluminio y sus aleaciones. La longitud de los nanohilos puede ser mayor que aproximadamente 1 μm, mayor que aproximadamente 5 μm, mayor que aproximadamente 10 μm y aproximadamente 10 a 25 nm. El diámetro de los nanohilos puede ser mayor que aproximadamente 10 nm, mayor que aproximadamente 40 nm, mayor que aproximadamente 70 nm, mayor que aproximadamente 150 nm, mayor que aproximadamente 300 nm, mayor que aproximadamente 500 nm, mayor que aproximadamente 700 nm y mayor que aproximadamente 900 nm. Los ejemplos de los nanohilos de plata pueden incluir el SNW-A60, el SNW-A90, el SNW-A300 y el SNW-A900 de Filigree Nanotech, Inc.

45 De acuerdo con la invención, el aditivo conductor comprende escamas de plata. Según se describe con detalle a continuación, se ha identificado que la utilización de escamas de plata y en particular de las escamas de plata en combinación con los nanohilos de plata, aumenta significativamente la conductividad eléctrica de composiciones termoestables a niveles que son aproximadamente iguales o mayores que los de los metales. Además, las escamas de plata pueden combinarse con otros aditivos conductores según se describe en la presente memoria para mejorar adicionalmente la conductividad de la composición termoestable. Los ejemplos incluyen, pero no se limitan a, los nanohilos (por ejemplo, los nanohilos de plata), los nanotubos de carbono, las microesferas de cristal recubiertas con metal (por ejemplo, las microesferas de cristal recubiertas con plata).

50 Por ejemplo, las formas de realización de la composición que incluyen las escamas de plata pueden oscilar en resistividad desde tan bajo como aproximadamente 0,2 mΩ/sq con aproximadamente una carga del 63% en peso sobre la base del peso total de la composición (con adiciones de aproximadamente el 3% en peso de nano hilos de plata) hasta mayor que aproximadamente 4.500 mΩ/sq con aproximadamente el 18% en peso solo en escamas de plata. La capacidad de adaptar la resistividad de la composición dentro de un intervalo amplio de este tipo es significativa, ya que la fracción de carga de aditivos conductores dentro de la composición puede ajustarse para cualquiera de las aplicaciones ESD, EMI, y LSP.

55 Las Figuras 4A-4B presentan micrografías SEM que examinan la sección transversal pulida y superficies de fractura de las películas de protección superficiales que contienen las formas de realización de las películas de protección superficiales que comprenden escamas de plata (regiones claras, Figura 4A) en una matriz de resina epoxi. Puede

observarse a partir del examen de la Figura 4A que las escamas de plata son generalmente alargadas en sección transversal, con una alta relación de aspecto y están, en esencia, distribuidas de manera uniforme por toda la composición. Las escamas de plata están, además, en contacto entre sí, formando una red, en esencia, continua. Esta estructura de forma laminar interconectada se confirmó mediante el examen de las superficies de fractura de la película de protección superficial (Figura 4B). Esta micrografía representativa muestra las escamas de plata presentes en, o que sobresalen hacia fuera de, la superficie de fractura, en esencia, por toda la superficie de fractura.

En determinadas formas de realización, descritas en detalle a continuación en los ejemplos, esta morfología de forma laminar puede lograrse con la escama de plata con un tamaño promedio de aproximadamente 3 μm a 36 μm en concentraciones mayores que aproximadamente 30% en peso, por ejemplo, aproximadamente del 39 al 65% en peso. Sin estar limitado por la teoría, esta trayectoria conductora se cree que es responsable de la considerablemente uniforme de alta conductividad lograda en estas películas de protección superficiales conductoras. El gran tamaño de escama, de hasta aproximadamente 30 μm , y la relativamente gran área superficial de la escama de plata proporcionan suficiente contacto de área superficial para una buena conductividad eléctrica continua por toda la composición en ambas direcciones X-Y y Z.

Tanto la configuración laminar de la escama de plata como la extremadamente buena conductividad eléctrica fueron inesperadas. La conductividad como los metales asegura el buen desempeño de la composición termoestable conductora para la utilización en aplicaciones tales como películas de protección superficiales para la protección contra el rayo, según se describe en los ejemplos a continuación.

En el bloque 106, los materiales de carga no conductores pueden añadirse al recipiente de mezcla. En determinadas formas de realización, la dimensión mayor de los materiales de carga puede oscilar entre aproximadamente 12 a 150 μm . Los materiales de carga pueden estar adicionalmente presentes en una cantidad que oscila entre aproximadamente el 0% al 40% en peso, sobre la base del peso total de la composición. En otras formas de realización, los materiales de carga pueden estar presentes en una concentración que oscila entre aproximadamente el 5 al 30% en peso.

Los ejemplos de los materiales de carga no conductores pueden incluir las calizas naturales o precipitadas, el polvo de cuarzo, el óxido de aluminio, la dolomita, las fibras de vidrio, las fibras poliméricas, el dióxido de titanio, la sílice fundida, el óxido de calcio, los carbonatos de calcio y magnesio, la barita y, especialmente, los materiales de carga en forma de silicatos del tipo silicato de aluminio. Puede encontrarse una descripción adicional de los materiales de carga en la patente de Estados Unidos No. 4.980.234.

En otras formas de realización, los materiales de carga no conductores pueden incluir, pero no se limitan a, las microesferas cerámicas (por ejemplo, las Zeesheres de 3M), las microesferas de cristal (por ejemplo, el iM30K, A16, H20 de 3M Corp.; el SID-230Z-S2 de Emersion & Cummings) y la sílice de combustión. Los materiales de carga pueden ser sólidos y proporcionados en forma de escamas, polvos, fibras, microesferas o microesferas de vidrio y pueden ser estructuras macizas o huecas, según sea necesario. En una forma de realización, los materiales de carga pueden incluir las esferas ZEESPHERES 200™, huecas, de pared gruesa de una composición cerámica de sílice y alúmina.

Los agentes de extensión de la cadena se añaden también a la composición para aumentar el peso molecular de la composición. La concentración de los agentes de extensión de cadena puede oscilar entre aproximadamente el 1 al 30% en peso, sobre la base del peso total de la composición. Los ejemplos de los agentes de extensión de cadena pueden incluir el bisfenol A, el tetrabromo bisfenol A (TBBA), el bisfenol Z, el tetrametil bisfenol A (TMBP-A) y otros fluorines bisfenol, según se describe en la patente de Estados Unidos No. 4.983.672.

Los pigmentos pueden añadirse a la composición para ajustar el color y la apariencia de la película de protección superficial. En una forma de realización, los pigmentos pueden incluir dióxido de titanio, negro de humo, pigmento negro y otros tintes de color. Los pigmentos pueden proporcionarse en forma de escamas, polvos, fibras, líquido concentrado de color. La cantidad total de todos los pigmentos puede oscilar entre aproximadamente el 0 al 20% en peso, sobre la base del peso total de la composición.

Los agentes de control de flujo también pueden añadirse al recipiente de mezcla en el bloque 106. Los agentes de control de flujo pueden emplearse para modificar las propiedades reológicas de la composición. Las formas de realización de los agentes de control de flujo pueden incluir, pero no se limitan a, la sílice de combustión, las microesferas y los polvos metálicos. Los agentes de control de flujo pueden proporcionarse en forma de escamas, polvos, fibras, esferas o pellets. La dimensión más grande de los agentes de control de flujo puede oscilar entre aproximadamente 0,5 a 10 μm . Los agentes de control de flujo pueden estar presentes en una cantidad que oscila entre aproximadamente del 0% al 40% en peso. Más preferiblemente, aproximadamente del 0,1 al 10% en peso, sobre la base del peso total de la composición.

Después de la adición de los aditivos conductores, así como cualesquiera de los materiales de carga, los pigmentos, los agentes de extensión de cadena y/o los agentes de control de flujo al recipiente de mezcla, puede permitirse que la mezcla se mezcle con el fin de distribuir, en esencia, estos componentes dentro de la composición. En

determinadas formas de realización, la mezcla puede dejarse mezclar durante aproximadamente 60 a 120 minutos a una velocidad de aproximadamente 500 a 5.000 rpm. Durante el proceso de mezcla, la temperatura de la composición también puede mantenerse a menos de aproximadamente 71 °C (160 °F) o por debajo de la temperatura a la cual pueden producirse reacciones químicas indeseables.

5 En el bloque 110, los estabilizantes de UV pueden añadirse opcionalmente a la mezcla. Las formas de realización de los estabilizadores de UV pueden incluir absorbentes de UV, antioxidantes, pigmentos, agentes de bloqueo y materiales de carga. Los ejemplos de los estabilizadores de UV pueden incluir, pero no se limitan a, el hidroxitolueno butilado (BHT), la 2-hidroxi-4-metoxi-benzofenona (UV-9), la 2,4-bis (2,4-dimetilfenil)-6-(2-hidroxi-4-octiloxifenil)-1,3,5-triazina (absorbente de luz UV-1164 CYASORB®), el 3,5-di-tert-butil-4-hidroxibenzoico, el n-éster hexadecilo (estabilizador de luz UV -2908 CYASORB®), el dióxido de titanio y el negro de humo. Los estabilizadores de UV pueden proporcionarse en forma de sólido o líquido. En una forma de realización, los estabilizadores de UV pueden estar cada uno presente en una cantidad que oscila entre aproximadamente el 0,1 al 5% en peso, sobre la base del peso total de la composición. En otras formas de realización, los estabilizadores de UV pueden estar cada uno presente en una cantidad que oscila entre aproximadamente el 0,5 al 3% en peso, sobre la base del peso total de la composición.

Después de la adición de los modificadores estabilizadores UV al recipiente de mezcla, la mezcla puede dejarse mezclar durante aproximadamente 30 a 60 minutos a una velocidad de aproximadamente 500 a 2.000 rpm. La temperatura de la composición también puede mantenerse menor que aproximadamente 71 °C (160 °F).

20 En el bloque 112, pueden añadirse a la mezcla los agentes de curado y, opcionalmente, los catalizadores. En determinadas formas de realización, los agentes de curado pueden permitir el curado de las resinas epoxi de la composición dentro de un intervalo de temperatura de aproximadamente 121 °C (250 °F) a 177 °C (350 °F). Uno o más agentes de curado pueden estar presentes en una cantidad que oscila entre aproximadamente el 0,1 al 40% en peso. Preferiblemente, aproximadamente el 0,5 al 10% en peso, sobre la base del peso total de la composición.

25 Los ejemplos de los agentes de curado y catalizadores pueden incluir, pero no se limitan a, las aminas alifáticas y aromáticas primarias, las aminas alifáticas y aromáticas terciarias, los complejos de trifluoruro de boro, las guanidinas, y la diciandiamida. Pueden encontrarse ejemplos adicionales de agentes de curado y catalizadores en la patente de Estados Unidos No. 4.980.234 y en la publicación de la solicitud de patente de Estados Unidos No. 2008/0188609.

30 Los ejemplos adicionales de agentes de curado de amina y catalizadores pueden incluir, pero no se limitan a, la diciandiamida, las Bisureas (por ejemplo, la 2,4-tolueno bis-(urea de dimetilo), [el U-24 o CA 150 de Omicure], la 4,4'-bismetileno-(dimetilurea de fenilo), [el U-52 o CA 152 de Omicure] vendidos por CVC Chemicals)), y la 4,4'-diaminodifenilsulfona (4,4-DDS) y el BF₃.

35 En determinadas formas de realización, la temperatura de la composición puede mantenerse por debajo de un valor seleccionado durante la adición de los agentes de curado y catalizadores con el fin de dificultar el avance de resina por la iniciación prematura de la descomposición del catalizador y la reacción con la resina. El nivel seleccionado puede oscilar entre aproximadamente 24 a 66 °C (75 a 150 °F), por ejemplo, por debajo de aproximadamente 54 °C (130 °F). En otras formas de realización, la mezcla de cizallamiento se realiza a una velocidad que oscila entre aproximadamente 500 a 2.000 rpm.

40 La Tabla 1 presenta formas de realización seleccionadas de composiciones poliméricas conductoras, según se describió anteriormente, para su utilización como películas de protección superficiales y adhesivos.

Tabla 1 - Formas de realización de la película de protección superficial conductora y composiciones adhesivas

Componente	Concentración (partes)						
	1	2	3	4	5	6	7
Resinas epoxi							
éter diglicidílico de Bisfenol A (p.e., DER 331, Epon 828)	5-15%	5-15%	5-50%	5-50%	5-50%		5-30%
éter tetraglicidílico methylenedianiline (p.e., MY 9655,9634,721)		1-5%		2-10%			5-15%
éter diglicidílico de Tetrabromo Bis A (p.e.,	5-15%	5-15%	5-15%				

ES 2 635 198 T3

Componente	Concentración (partes)						
	1	2	3	4	5	6	7
Resinas epoxi							
DER 542)							
MY 0510, MX 120, Epalloy 5000				5-15%		10-60%	

Agentes endurecedores							
Elastómero Nipol 1472	0,5-5%	0,5-5%				0,5-5%	0,5-5%
Elastómero CTBN o CTB	0,5-5%	0,5-5%				0,5-5%	0,5-5%
Polímero KM 180 PES			0,5-5%	0,5-5%			0,5-8%

Agentes de extensión de cadena							
Bisfenol A	0,5-5%	0,5-5%	0,5-5%				
Tetrabromo Bisfenol A (TBBA)							
Bisfenol Z							
Tetrametil Bisfenol A (TMBP-A)							

Agentes de curado							
Bisureas (CA 150 or CA 152)	0,5-3%	0,5-3%	0,5-3%			0,5-3%	0,5-3%
BF3					0,5-1%		
Dicy	0,5-5%	0,5-5%	0,5-5%			0,5-5%	0,5-5%
4,4-DDS				5-30%	5-30%		

Materiales de carga							
Microesferas cerámicas (p.e. Zeeosferes)	5-15%	5-15%	5-15%	5-15%	5-15%	5-15%	5-15%

Agentes de control de flujo							
Sílice de combustión	0,5-5%	0,5-5%	0,5-5%	0,5-5%	0,5-5%	0,5-5%	0,5-5%
Aditivos estabilizadores de UV							
Hidroxitolueno butilado (BHT)	0,5-3%	0,5-3%	0,5-3%	0,5-3%	0,5-3%	0,5-3%	0,5-3%
2-hidroxi-4-metoxi-benzofenona (UV-9)	0,5-3%	0,5-3%	0,5-3%	0,5-3%	0,5-3%	0,5-3%	0,5-3%

Materiales de carga conductores (diversos tipos)							
Intervalo concentración 1	35-70%	35-70%	35-70%	35-70%	35-70%	35-70%	35-70%
Intervalo concentración 2	15-65%	15-65%	15-65%	15-65%	15-65%	15-65%	15-65%
Intervalo concentración 3	1-20%	1-20%	1-20%	1-20%	1-20%	1-20%	1-20%

5 En el bloque 114, la composición puede prepararse para su utilización. En una forma de realización, la composición puede colarse con el fin de filtrar cualesquiera impurezas y partículas sobredimensionadas dentro de la composición. En determinadas formas de realización, la composición puede filtrarse a través de una malla con una dimensión de abertura seleccionada con el fin de eliminar los residuos extraños y las partículas sobredimensionadas de la composición.

10 En formas de realización adicionales, puede quitarse el aire a la composición bajo vacío con el fin de, en esencia, eliminar las burbujas de aire que puedan estar incorporadas dentro de la masa de la composición. En una forma de realización, un vacío de aproximadamente 26 a 30 pulgadas de mercurio puede ejercerse sobre la composición. Puede entenderse que una parte seleccionada del contenido volátil de la composición también puede eliminarse durante el proceso de desaireado. En determinadas formas de realización, el desaireado puede realizarse de tal manera que la composición desaireada tenga un contenido de sólidos de aproximadamente el 55 al 100% en peso, sobre la base del volumen total de la composición.

15 La composición preparada puede emplearse posteriormente para una variedad de aplicaciones. Los ejemplos no limitativos pueden incluir las películas de protección superficiales (bloque 116), los materiales compuestos que incorporan películas de protección superficiales (bloque 120) y los adhesivos (bloque 122).

20 En el bloque 114, la composición puede formarse posteriormente en una película de protección superficial. En determinadas formas de realización, la composición puede recubrirse como una película utilizando un recubrimiento de fusión en caliente o procesos de recubrimiento con películas solvatadas. La película resultante puede tener un peso de película que varía entre aproximadamente 0,01 a 0,15 libras por pie cuadrado, por ejemplo, aproximadamente 0,035 libras por pie cuadrado.

25 Las formas de realización de la película de protección superficial pueden aplicarse adicionalmente a una estructura de soporte, tal como un portador para facilitar el manejo de la película de protección superficial. Los ejemplos de las estructuras de soporte pueden incluir las rejillas o láminas metálicas, los mats no tejidos, los mats irregulares, los portadores de punto, los velos de carbono recubiertos de metal y similares. La geometría de la estructura de soporte puede variarse, según sea necesario. Por ejemplo, el espesor de los portadores puede oscilar entre aproximadamente 0,5 a 5 milésimas de pulgada. Otros parámetros con respecto a los portadores, tales como el número de aberturas por unidad de área, el ancho de hebra, y el patrón también pueden variarse, según sea necesario.

30 Los ejemplos de las rejillas o láminas metálicas pueden incluir las rejillas o láminas metálicas expandidas y los velos recubiertos de metal. Dichas rejillas y láminas pueden componerse de cobre, aluminio, plata, níquel y aleaciones de los mismos.

Los ejemplos de los portadores de mat no tejido pueden incluir los mats de carbono, los mats poliméricos y el carbono recubierto con metal, vidrio o velos de vidrio polimérico. Los portadores de mat no tejido pueden recubrirse con cobre, aluminio, plata, níquel y aleaciones y aleaciones de los mismos.

5 La película así formada puede secarse a continuación para eliminar los volátiles. En determinadas formas de realización, el contenido de volátiles de la película puede oscilar entre aproximadamente el 0,1% al 0.99% en peso, sobre la base del peso total de la película. Por ejemplo, el contenido de volátiles de la película de protección superficial después del secado puede ser menor que aproximadamente el 1% en peso.

10 La película de protección superficial así formada también puede almacenarse hasta que se necesite. Por ejemplo, la película de protección superficial puede almacenarse en el almacenamiento en frío con el fin de dificultar el curado de la película de protección superficial, prolongando su vida útil. Las películas o papeles de soporte pueden aplicarse a una o más superficies de la película de protección superficial con el fin de dificultar que la película de protección superficial se fije de forma inadvertida a las superficies antes de su utilización prevista.

15 Las películas de protección superficiales pueden integrarse adicionalmente dentro de una estructura de material compuesto en el bloque 116. Este proceso se describe a continuación con mayor detalle con respecto a las Figuras 2 y 3. La Fig. 2 ilustra una forma de realización de un método 200 de formación de un material compuesto que incluye una forma de realización de una película de protección superficial de la presente descripción. Una ilustración esquemática correspondiente del material compuesto se ilustra en la Figura 3.

20 En el bloque 202, un molde o herramienta 314 (Figura 3) puede prepararse para recibir la película de protección superficial 310 y un laminado de material compuesto preimpregnado 304. El molde 314 puede configurarse con una forma seleccionada y puede comprender adicionalmente texturar y/u otra superficie y a través de las características de espesor, según sea necesario. El laminado de material preimpregnado 304 y/o la película de protección superficial 310 pueden colocarse en contacto con al menos una parte del molde 314 de tal manera que el material compuesto puede curarse con la forma seleccionada del molde 314, según se describe a continuación. Pueden aplicarse los abrasivos a la herramienta para eliminar los residuos de la superficie y dejar una superficie considerablemente lisa. Un agente de desmoldeo puede aplicarse adicionalmente al molde 314 para facilitar la eliminación de la pieza de material compuesto del molde 314 después de que se haya completado el proceso.

30 En el bloque 204, se aplica la película de protección superficial 310 al molde 314. La película de protección superficial 310 puede eliminarse del almacenamiento en frío y se dejar calentarse hasta aproximadamente la temperatura ambiente. La película de protección superficial 310 se corta a continuación a la forma deseada y se retira la película de soporte en el lado rico en resina de la película de protección superficial 310. La película expuesta se aplica posteriormente a la superficie limpia del molde 314, teniendo cuidado de que, en esencia, no haya arrugas o burbujas de aire en la película de protección superficial 310. La aplicación de la película de protección superficial 310 de esta manera puede realizarse mediante mecanismos manuales o automáticos (por ejemplo, el laminado con cinta automatizado (ATL), la colocación automática de fibras (AFP)).

35 En el bloque 206, el laminado de material preimpregnado 304 puede cocurarse con la película de protección superficial con el fin de incorporar la película de protección superficial 310 con el material compuesto. En una forma de realización, una o más capas de material preimpregnado pueden montarse en un laminado de material preimpregnado 304 que se coloca adyacente a la película de protección superficial 310. En formas de realización alternativas, el laminado de material preimpregnado 304 puede montarse y posteriormente colocarse adyacente a la película de protección superficial 310. Los materiales preimpregnados pueden tomar la forma de telas o cintas tejidas, según se desee.

45 Opcionalmente, uno o más núcleos 320 pueden interponerse entre las capas del laminado de material preimpregnado 304. Los núcleos pueden comprender estructuras de espuma, estructuras de panal y similares. Una película adhesiva 326 puede interponerse adicionalmente entre el laminado de material preimpregnado 304 y el núcleo 320 con el fin de facilitar la unión del núcleo 320 al laminado de material preimpregnado 304.

Una película de FEP 330 puede colocarse adicionalmente adyacente a la superficie del laminado de material preimpregnado 304 enfrente de la película de protección superficial 310. La película de FEP 330 proporciona aislamiento y una parte extraíble.

50 Un mat transpirable 332 puede también colocarse adyacente a la superficie de la película de FEP 330. El mat transpirable 332 sirve para absorber al menos una parte del exceso de resina del laminado de material preimpregnado 304. Aunque no se muestra, los tejidos transpirables, según se conoce en la técnica, también pueden añadirse a la estructura montada.

55 El conjunto 308 formado de esta manera puede incorporarse dentro de un material de embolsado capaz de soportar un vacío aplicado y colocado dentro de una envolvente 300 para su utilización en el curado y/o la consolidación de los laminados de material preimpregnado con las formas de realización de la película de protección superficial 310. En determinadas formas de realización, la envolvente 300 puede configurarse para proporcionar calor 308, presión 302, vacío 316 y combinaciones de los mismos, tales como hornos y autoclaves.

En las formas de realización donde el conjunto 308 se calienta, la envolvente 300 puede calentarse a una temperatura que oscila entre aproximadamente 82 a 177 °C (180 a 350 °F), preferiblemente, aproximadamente 121 a 177 °C (250 a 350 °F), dependiendo de la temperatura de curado prevista para la resina de preimpregnación utilizada. En determinadas formas de realización, la velocidad de calentamiento puede oscilar entre aproximadamente -17 a -15 °C/min (1 a 5 °F/min).

En formas de realización adicionales, la envolvente 300 puede ser capaz de aplicar un vacío al conjunto 308. Por ejemplo, el material de embolsado 312 puede formar una región aproximadamente hermética al gas en comunicación con una fuente de vacío de la envolvente 300. El nivel de vacío aplicado por la envolvente 300 puede variarse o mantenerse constante durante el curado y/o consolidación. Por ejemplo, puede aplicarse un vacío que oscile entre aproximadamente 40 a 50 psi o inferior al conjunto 308.

En formas de realización adicionales, la envolvente 300 puede ser capaz de aplicar una presión 302 en el conjunto 308. La presión aplicada 302 puede proporcionarse mediante una fuente de presión en comunicación con la envolvente 300. La presión aplicada 302 puede adicionalmente variarse o mantenerse constante durante el curado y/o la consolidación. Por ejemplo, puede aplicarse una presión que oscila aproximadamente de 14 a 100 psi, dependiendo del diseño de la pieza y la integridad estructural.

En el bloque 210, las operaciones de acabado pueden realizarse sobre la película de protección superficial. En un ejemplo, un abrasivo fino (por ejemplo, aproximadamente 240 a 320 grit) puede aplicarse a la película de protección superficial con el fin de eliminar, en esencia, cualquier residuo en la superficie de la película de protección superficial 310 (por ejemplo, el agente de desmoldeo) y proporcionar un grado seleccionado de rugosidad o pulido a la superficie de la película de protección superficial 310. La estructura de material compuesto superficial puede recubrirse con imprimación de pintura y el esmalte de acabado.

Ejemplos

En los siguientes ejemplos, se describen en detalle las películas de protección superficiales formadas a partir de las formas de realización de las composiciones termoestables conductoras de la presente descripción. En particular, la conductividad y/o resistividad de las películas de protección superficiales que tienen diferentes aditivos conductores y el rendimiento de la protección contra el rayo que proporcionan, son investigadas y comparadas con la proporcionada por otros sistemas. En particular, se descubrió que las composiciones que contienen escamas de plata, solas o en combinación con otros aditivos conductores, presentan valores muy bajos de resistividad, comparables a los metales. Estos ejemplos se describen con fines ilustrativos y no se debe interpretar que limitan el alcance de las formas de realización descritas.

Ejemplo 1 - Preparación de la película de protección superficial

Se prepararon las composiciones termoestables conductoras para utilizar en películas de protección superficial a partir de los componentes listados en la Tabla 2 a continuación. Las composiciones constaban cada una de resinas epoxi, endurecedores elastoméricos, aditivos no conductores, agentes de control de flujo, estabilizadores de UV, disolventes y aditivos conductores. Cada uno de los ensayos 1-6 investigó el efecto de un aditivo conductor sobre la resistividad de la película de protección superficial.

Tabla 2 - Composiciones de la película de protección superficial

Componente	Concentración (% en peso)							
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7	Ensayo 8
Resinas epoxi								
éter diglicídico de Bisfenol A (p.e., DER 331, Epon 828)	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
éter tetraglicídico methylenedianiline (p.e., MY 9655,9634,721)	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
éter diglicídico de Tetrabromo Bis A (p.e., DER 542)	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%

ES 2 635 198 T3

Agentes endurecedores								
Elastómero Nipol 1472	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
Elastómero CTBN o CTB	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%

Agentes de curado								
Bisureas (CA 150 o CA 152)	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
Dicy	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%

Materiales de carga								
Microesferas cerámicas (p.e. Zeospheres)	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%
Control de flujo								
Sílice de combustión	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%	1,50%

Aditivos estabilizadores de UV								
Hidroxitolueno butilado (BHT)	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
2-hidroxi-4-metoxi-benzofenona (UV-9)	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%

Materiales de carga conductores								
Escama de plata (AB 0022)	56%							
Escama de plata (EA 0295)		56%						
Cobre recubierto de plata (50% Ag)			56%					
Aluminio recubierto de plata (Conduct-O-Fil)				56%				
Grafito recubierto de níquel					56%			
Níquel recubierto de plata						56%		
Negro de humo							2.5-7.5%	

ES 2 635 198 T3

Materiales de carga conductores								
Nanofibras de carbono								4-16%

Resistividad superficial (mΩ)	12.5	152	4950	4500	3100	6100	17.000-47.000	20.000-200.000
-------------------------------	------	-----	------	------	------	------	---------------	----------------

5 Las películas de protección superficiales conductoras se prepararon añadiendo los componentes descritos anteriormente a un recipiente de mezcla y mezclando los componentes utilizando un mezclador de cizallamiento de alta velocidad de laboratorio. Se añadieron aproximadamente 100 partes en peso de resina epoxi, que incluía una relación de aproximadamente 60:40:10 de éter diglicidílico de Bisfenol A (el DER 331 de Dow Chemical) a éter tetraglicidílico metilendianilina (el MY9655 de Huntsman) a diglicidiléter de tetrabromo bisfenol A (el DER 542 de Dow Chemical), al recipiente de mezcla y se agitó durante aproximadamente 30 minutos a aproximadamente 1000 rpm. Se añadió MEK como un disolvente con las resinas epoxi para ajustar la reología y el contenido de sólidos de la composición, según fue necesario.

10 Posteriormente, se añadieron aproximadamente el 1,5% en peso de los endurecedores elastoméricos Nipol 1472 (Zeon Chemical) y el 1,5% en peso de CTBN (o CTB) tipo elastómero (CTBN 1300X13 de Hycar - Noveon) a las resinas epoxi. Se añadieron materiales de carga conductores también al recipiente de mezcla en una concentración de aproximadamente el 46%-56% en peso. Aproximadamente el 10% en peso de microesferas cerámicas (Zeeospheres G-200 de 3M), aproximadamente el 2% en peso de un agente de control de flujo, sílice de combustión amorfa y aproximadamente el 1% en peso de cada uno de los estabilizadores de UV BHT y 2-hidroxi-4-metoxi-benzofenona se añadió adicionalmente al recipiente de mezcla. Se añadió disolvente MEK, según fue necesario, para controlar la viscosidad de la mezcla anterior hasta aproximadamente el 80% en peso de sólidos y los componentes de la composición se mezclaron durante aproximadamente 50-70 minutos a aproximadamente 1.000-3.000 rpm. La temperatura de la composición se mantuvo por debajo de aproximadamente 71 °C (160 °F). se añadió MEK adicional, según fue necesario, para dificultar que la mezcla remontase el eje de mezcla.

20 La mezcla se enfrió posteriormente por debajo de aproximadamente 49 °C (120 °F) y aproximadamente el 1% en peso de los agentes de curado latentes diciandiamida (Dicy) y Bisurea (basada en toluendiamina (CA-150 - Omicure U24) o CA 152 - Omicure U-52 - CVC Chemical) se añadieron cada uno a la composición. La composición se mezcló a continuación durante unos 5-10 minutos hasta aproximadamente homogénea. La temperatura de la mezcla, durante la adición de los agentes de curado, se mantuvo por debajo de aproximadamente 54 °C (130 °F).

25 Para formar las películas de protección superficial a partir de las composiciones anteriores, cada composición se coló, se le quitó el aire y se depositó como una película. El colado se realizó a través de medios de filtración EP-15. La desaireación se llevó a cabo de tal manera que el contenido de sólidos de la composición fue aproximadamente del 80% en peso. A continuación, se revistió la composición colada y desaireada como una película con un peso película de aproximadamente 0,035 libras por pie cuadrado mediante una máquina aplicadora de película y a continuación se secó a menos de aproximadamente el 1% en peso de volátiles. Un portador no tejido de poliéster o de mat irregular de vidrio seleccionado se presionó contra la película bajo una ligera presión para incorporar el mat a la película.

30 Las piezas de material compuesto que incorporan la película de protección superficial se fabricaron mediante la incorporación de la película de protección superficial sobre una herramienta, seguido del laminado de un material preimpregnado, de acuerdo con las instrucciones del fabricante del material preimpregnado. A continuación, la pieza de material compuesto se curó a una temperatura entre aproximadamente 82 °C (180 °F) y 177 °C (350 °F), durante aproximadamente 60 a 180 minutos, por ejemplo, aproximadamente 90 a 120 minutos, dependiendo de la temperatura de curado prevista del sistema de preimpregnado. Durante un curado bajo condiciones de autoclave, las piezas de material compuesto se expusieron a una presión de aproximadamente 14 a 100 psi, durante aproximadamente 60 a 180 minutos, dependiendo del diseño de la pieza y la densidad estructural.

Ejemplo 2 - medidas de conductividad eléctrica de películas de protección superficiales que comprenden aditivo conductor variado

45 Se cortaron películas de protección superficiales curadas con dos capas para ensayar cupones de aproximadamente 6 x 5 pulgadas y se midió la conductividad eléctrica o la resistividad superficial (en Ω/sq o mΩ/sq) utilizando un ohmetro digital de baja resistividad con sonda de cuatro puntos AVO® Ducter® DLRO10X. La resistividad superficial se midió de acuerdo con la especificación BMS 10-21K (Boeing), con una distancia de aproximadamente 4 pulgadas entre las sondas.

Ensayo 1 - Medidas de conductividad eléctrica de películas de protección superficiales que comprenden escamas de plata como aditivo conductor

5 Se empleó escama de plata (por ejemplo, AB 0022 de Metalor Technologies), como el aditivo conductor en la composición de ensayo 1. La distribución del tamaño de partícula de la escama de plata AB 0022 es: aproximadamente 13,4 μm (D_{50}), aproximadamente 28,5 (D_{90}) y aproximadamente 64,5 (D_{100}). Se encontró que la película de protección superficial conductora preparada a partir de la composición presentaba una resistividad de aproximadamente 12,5 $\text{m}\Omega/\text{sq}$.

Ensayo 2 - Medidas de conductividad eléctrica de películas de protección superficiales que comprenden escamas de plata como aditivo conductor

10 Se empleó escama de plata (por ejemplo, EA 0295 de Metalor Technologies) como el aditivo conductor en la composición de ensayo 2. La distribución del tamaño de partícula de la escama de plata EA 0295 es: aproximadamente 5,2 μm (D_{50}), aproximadamente 13,34 (D_{90}) y aproximadamente 32,5 (D_{100}), que es aproximadamente la mitad del tamaño de la escama de plata AB 0022. Se encontró que la película de protección superficial conductora preparada a partir de la composición presentaba una resistividad de aproximadamente 152 $\text{m}\Omega/\text{sq}$.

Ensayo 3 - Medidas de conductividad eléctrica de películas de protección superficiales que comprenden cobre recubierto de plata como aditivo conductor

20 Se empleó cobre recubierto de plata (Ferro) como el aditivo conductor en la composición de ensayo 3. Las partículas de cobre recubiertas de plata tenían un diámetro promedio de aproximadamente 45 μm . Se encontró que la película de protección superficial conductora preparada a partir de la composición presentaba una resistividad de aproximadamente 125 a 137 $\text{m}\Omega/\text{sq}$.

Ensayo 4 - Medidas de conductividad eléctrica de películas de protección superficiales que comprenden aluminio recubierto de plata como aditivo conductor

25 Se empleó aluminio recubierto de plata (AEE, Micron Metals, Inc.) como el aditivo conductor en la composición de ensayo 4. Se encontró que la película de protección superficial conductora preparada a partir de la composición presentaba una resistividad de 4.500 $\text{m}\Omega/\text{sq}$.

Ensayo 5 - Medidas de conductividad eléctrica de películas de protección superficiales que comprenden grafito recubierto de níquel como aditivo conductor

30 Se empleó grafito recubierto de níquel (AEE, Micron Metals, Inc.) como el aditivo conductor en la composición de ensayo 5. Se encontró que la película de protección superficial conductora preparada a partir de la composición presentaba una resistividad de 3.100 $\text{m}\Omega/\text{sq}$.

Ensayo 6 - Medidas de conductividad eléctrica de películas de protección superficiales que comprenden níquel recubierto de plata como aditivo conductor

35 Se empleó níquel plata recubierto de plata (AEE, Micron Metals, Inc.) como el aditivo conductor en la composición de ensayo 6. Se encontró que la película de protección superficial conductora preparada a partir de la composición presentaba una resistividad de aproximadamente 6.100 $\text{m}\Omega/\text{sq}$.

Ensayo 7 - Medidas de conductividad eléctrica de películas de protección superficiales que comprenden negro de humo como aditivo conductor

40 Se empleó negro de humo conductor (Printex XE2 de Degussa) como el aditivo conductor en la composición de ensayo 7. Se examinaron los niveles de carga que variaban aproximadamente desde el 2,5 al 7,5% en peso. Según se ilustra en la Figura 5B, se encontró que la película de protección superficial conductora preparada a partir de la composición presentaba una resistividad entre aproximadamente 17.000 a 47.000 Ω/sq .

Ensayo 8 - Medidas de conductividad eléctrica de películas de protección superficiales que comprenden nanofibras de carbono como aditivo conductor

45 Se emplearon nanofibras de carbono como aditivo conductor en la composición de ensayo 7. Se examinaron los niveles de carga que variaban aproximadamente desde el 4 al 16% en peso. Según se ilustra en la Figura 5B, se encontró que la película de protección superficial conductora preparada a partir de la composición presentaba una resistividad entre aproximadamente 20.000 a 200.000 Ω/sq .

Resumen del estudio de cribado

50 Las medidas de resistividad para cada composición se resumen en la Figura 6. En particular, las composiciones que incluyen aditivos de escamas de plata (por ejemplo, los ensayos 1 y 2) presentaron valores muy bajos de resistividad, para el mismo nivel de carga de aditivo conductor, en comparación con otros aditivos conductores (por ejemplo, los ensayos 4-8). Estos bajos valores de resistividad son comparables a, o mejores que, los de las películas de protección superficiales que incorporan carenados metálicos de cobre, aproximadamente 15 $\text{m}\Omega/\text{sq}$. Estas composiciones pueden encontrar utilidad en películas de protección superficiales empleadas para la protección contra rayos

Los ensayos 7 y 8, que emplean negro de humo y nanofibras de carbono, mostraron valores de resistividad relativamente altos, en comparación con los ensayos 1-6. Estos aditivos, aunque menos adecuados para las

películas de protección superficiales empleadas para la protección contra el rayo, pueden encontrar utilidad en las aplicaciones ESD y blindaje EMI de protección superficial.

Ejemplo 2 - Efecto de la carga y tipo de escama de plata en la conductividad eléctrica de las películas de protección superficiales

5 Según se muestra en el Ejemplo 1, se encontró que los aditivos conductores que comprendían escamas de plata proporcionaban a las formas de realización de la película de protección superficial muy baja resistividad eléctrica. Con el fin de entender mejor el efecto de las escamas de plata en las propiedades eléctricas, se llevó a cabo un estudio sistemático de la conductividad eléctrica en función de la carga para tres tipos diferentes de escamas de plata (AB 0022 y EA 0295) y una escama de plata-cobre. Las composiciones eran diferentes según se describió
10 anteriormente. Los resultados de conductividad eléctrica obtenidos se resumen en la siguiente Tabla 3.

Tabla 3 - Efecto de la carga y tipo de escama de plata en la conductividad eléctrica de las películas de protección superficiales

TIPO DE PLATA	ESCAMA	CARACTERÍSTICAS ESCAMA METÁLICA	NIVEL DE CARGA (% en peso)	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA [SR; MILLI-OHM/SQ]
Ensayo 9 Escama plata (AB 0022)		Tamaño partícula (µm): D ₅ =5,0, D ₅₀ =13,4, D ₉₀ =28,5 Densidad compactada = 2,2 g/cm ³ ; Densidad aparente = 1,5 g/cm ³ ; Área superficial= 0,63 m ² /g	18%	4.640
			30%	4.430
			39%	462
			46%	53
			56%	13
			63%	10
Ensayo 10 Escama plata (EA 0295)		Tamaño partícula (µm): D ₅ =1,5, D ₅₀ =5,2, D ₉₀ =13,3 µm Densidad compactada = 4,3 g/cm ³ ; Densidad aparente = 2,4 g/cm ³ ; Área superficial = 0,53 m ² /g	56%	152
			63%	27

15 Según se muestra en la Tabla 3 y la Figura 6, la resistividad de la película de protección superficial disminuye significativamente con el aumento de concentración de escamas de plata. Por ejemplo, la resistividad de las composiciones de la película de protección superficial que comprenden la escama de plata AB 0022 se redujo desde aproximadamente 4.640 mΩ con aproximadamente una carga del 18% en peso a aproximadamente 12,5 mΩ con aproximadamente una carga del 56% en peso, a aproximadamente 10 mΩ con aproximadamente una carga del 63%
20 en peso. Del mismo modo, la resistividad de las composiciones de la película de protección superficial que comprenden la escama de plata EA 0295 se redujo desde aproximadamente 152 a 27 mΩ cuando la concentración de escamas de plata aumentó desde aproximadamente una carga del 56% al 63% en peso.

Además, a niveles de carga equivalentes, se encontró que la escama de plata AB 0022 presentaba valores de conductividad inferiores a los de EA 0295. Sin estar limitado por la teoría, esta observación puede explicarse por la distribución del tamaño de partícula y la diferencia de área superficial de las dos escamas. La escama de plata AB
25 0022 presenta una mayor distribución del tamaño de partícula de la EA 0295, lo que puede permitir una mayor eficiencia del embalaje, lo que facilita el contacto entre las escamas de plata

También puede observarse que hay una disminución pronunciada en la resistividad de la composición cuando la concentración de escamas de plata AB 0022 excediese de aproximadamente el 40% en peso. Según se describe más adelante, este resultado se cree que es debido a la formación de una red laminar, interconectada, en esencia,

continua de escamas de plata. Estos resultados sugieren adicionalmente que, en determinadas formas de realización, la concentración de escamas de plata dentro de la composición puede exceder aproximadamente el 40% en peso. En otras formas de realización preferidas, la concentración de escamas de plata puede exceder aproximadamente el 46% a fin de proporcionar películas de protección superficiales que tienen niveles de resistividad comparables a los metales.

Ejemplo 4 – Estudio de la microestructura de la película de protección superficial utilizando SEM

Adicionalmente, se examinó la microestructura de las películas de protección superficiales de materiales compuestos que contienen escamas de plata (AB 0022) para comprender mejor el papel de la escama de plata en la conductividad de la película de protección superficial. Los materiales compuestos se fabricaron por la especificación Boeing BMS 8-341 para películas de protección superficiales. A fin de examinar la microestructura de los laminados de material compuesto preparados de esta manera, se cortaron muestras de pequeño tamaño, aproximadamente 10 mm x 20 mm, y se montaron en un sistema de resina epoxi. La superficie para examen se pulió en una secuencia de tamaño abrasivo en disminución, aproximadamente 320 grit/ aproximadamente 1.200 grit/ aproximadamente 0,3 µm de mezcla espesa de alúmina/ aproximadamente 0,05 µm de mezcla espesa de alúmina, utilizando un molino/pulidora Buehler Metaserv 2000. Para el examen de la microestructura de la película, la superficie se recubrió con platino y se analizó utilizando un microscopio electrónico de barrido (SEM) Hitachi S-2700, según se ilustra en la Figura 4

El examen SEM de esas películas de protección superficiales altamente conductoras revela la formación de una estructura de trayectoria conductora laminar interconectada de forma continua compuesta de escamas finas de plata dispersadas aleatoriamente en la matriz epoxi (regiones claras, Figura 4A). Se cree que esta trayectoria conductora es responsable de la considerablemente alta conductividad uniforme de estas películas de protección superficiales conductoras. El gran tamaño de escama, de hasta aproximadamente 30 µm, y la relativamente grande área superficial de la escama de plata AB 0022 proporcionan el contacto suficiente de área superficial para una buena conductividad eléctrica continua por toda la matriz. En la matriz, las escamas metálicas se compactan cerca unas de otras con una orientación, en esencia, paralela, que facilite el paso de electrones.

Ejemplo 6 - Composiciones de la película de protección superficial que incorporan escamas de plata y otros aditivos conductores

Debido a la alta conductividad medida en las formas de realización de la composición que contienen escamas de plata, se llevaron a cabo estudios adicionales de conductividad para examinar el rendimiento de las escamas de plata en combinación con otros aditivos conductores para mejorar adicionalmente la conductividad de la composición de la película de protección superficial. Con la excepción de los nuevos aditivos conductores, estas composiciones aproximadamente no cambiaron de las descritas anteriormente con respecto a la Tabla 1. La Tabla 4 resume los aditivos conductores que contienen escamas de plata y otros aditivos conductores: escamas de plata solas (línea de base), escamas de plata y nanohilos de plata, escamas de plata y nanotubos de carbono y escamas de plata y microesferas de vidrio recubiertas de plata.

Tabla 4 - Composiciones de la película de protección superficial que contiene escamas de plata

TIPO ESCAMA DE PLATA	CONCENTRACIÓN PLATA CARGA (% en peso)	CONCENTRACIÓN OTROS ADITIVOS (% en peso)	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA [MΩ/SQ)
<u>Ensayo 11</u> <i>Silver Flake (AB 0022)</i>	18%		4.640
	30%		4.430
	39%		462
	46%		53
	56%		13
	63%		10
<u>Ensayo 12</u> <i>Escamas De plata y nanohilos de plata (SF + SNW)</i>	46%	3%	15
	51%	3%	5
	56%	3%	0.2
<u>Ensayo 13</u> <i>Escamas De plata y nanotubos de carbono (SF + CNT)</i>	51%	0.3%	50
	56%	0.7%	20
	56%	1.2%	15
<u>Ensayo 14</u> <i>Escamas De plata / y microesferas de vidrio recubiertas de plata (SF + B)</i>	51%	5%	60
	56%	5%	20

- 5 *Ensayo 12 - Medidas de conductividad eléctrica de películas de protección superficiales que comprenden escamas de plata y nanohilos de plata (SNW) como aditivos conductores*
Se emplearon escamas de plata (AB 0022) y nanohilos de plata (SNW-A30, SNW-A60, SNW-A300, SNW-A900 de Filigree Nanotech, Inc.) como los aditivos conductores en la composición de ensayo 9. La longitud y el diámetro de los nanohilos de plata era aproximadamente de 1 a 25 μm y de 30 a 900 nm, dependiendo del tamaño y tipo de SNW seleccionado. La concentración de nanohilos de plata se mantuvo adicionalmente constante a aproximadamente el 3% en peso, al tiempo que la concentración de escamas de plata se varió entre aproximadamente el 46 al 56% en peso. Se observó que la resistividad de la composición disminuyó significativamente con el aumento del contenido de escamas de plata, desde aproximadamente 15 mΩ/sq con una concentración de aproximadamente 46% en peso hasta aproximadamente 0,2 mΩ/sq con una concentración de aproximadamente 56% en peso.
- 10
- 15 *Ensayo 13 - Medidas de conductividad eléctrica de películas de protección superficiales que comprenden escamas de plata y nanotubos de carbono como aditivos conductores*
Se emplearon escamas de plata (por ejemplo, AB 0022) y nanotubos de carbono (concentrado CNT/epoxi NP-W1M2, NP-A1M2, NP-A3M2 o NP-A2M2 de Nanoledge) como los aditivos conductores en la composición de ensayo 10. La longitud y diámetro de la CNTS varió, dependiendo de la CNT empleada. Se variaron cada una de la concentración de escamas de plata de y de CNTS en el ensayo 10, variando la concentración de CNT entre aproximadamente el 0,3 al 1,2% en peso, mientras que se varió la concentración de escamas de plata aproximadamente del 51 al 56% en peso. Se observó que la resistividad de la composición se redujo al aumentar el contenido de escamas de plata, desde aproximadamente 50 mΩ/sq con una concentración de aproximadamente el 51% en peso hasta aproximadamente 15 mΩ/sq con una concentración de aproximadamente el 56% en peso.
- 20
- 25 *Ensayo 14 - Medidas de conductividad eléctrica de películas de protección superficiales que comprenden escamas de plata y microesferas de vidrio recubiertas de plata como aditivos conductores*
Se emplearon escamas de plata (por ejemplo, AB 0022) y microesferas de vidrio recubiertos de plata (concentrado CNT/epoxi NP-W1M2, NP-A1M2, NP-A3M2 o NP-A2M2 de Nanoledge) como los aditivos conductores en la composición de ensayo 11. Adicionalmente, se mantuvo constante la concentración de microesferas de vidrio recubiertas de plata en aproximadamente el 5% en peso, mientras que se varió la concentración de escamas de plata entre aproximadamente el 51 al 56% en peso. Se observó que la resistividad de la composición se redujo al
- 30

aumentar el contenido escamas de plata, desde aproximadamente 60 mΩ/sq con una concentración de aproximadamente el 51% en peso hasta aproximadamente 15 mΩ/sq con una concentración de aproximadamente el 20% en peso.

Resumen de composiciones que contienen escamas de plata y otros aditivos conductores

5 Las medidas de resistividad para cada composición se comparan una contra la otra en la Figura 7. En un aspecto, las composiciones que contienen escamas de plata presentaron cada disminución de la resistividad con el incremento de la concentración de escamas de plata. Adicionalmente, al comparar el rendimiento de las composiciones unas contra otras, las composiciones que incluían escamas de plata y nanohilos de plata presentaron el mejor rendimiento, seguido por las escamas de plata solas y las escamas de plata y los CNTS (carga del 1,2% en peso) sobre la base de la resistividad más baja para una carga escamas de plata determinada. Además, la resistividad de las composiciones de la película de protección superficial no excedió de aproximadamente 60 mΩ/sq, que todavía es comparable a la de los metales.

Ejemplo 7 - Protección contra el rayo

15 La alta conductividad, similar al metal presentada por las formas de realización de las películas de protección superficiales descritas en la presente memoria, lograda sin la utilización de rejillas o láminas metálicas, las hace adecuadas para la utilización en aplicaciones de protección contra el rayo (LSP). Para evaluar el rendimiento de estas películas superficiales de protección para LSP de materiales compuestos, se realizaron ensayos de impacto del rayo en materiales compuestos que incorporaban películas de protección superficiales formadas a partir de composiciones conductoras que incluían escamas de plata (por ejemplo, la composición de ensayo 1) con cargas que variaban entre aproximadamente el 56-63% en peso. El rendimiento de este sistema para LSP se comparó con el de un control que incluía el mismo compuesto y una película de protección superficial que comprendía una rejilla metálica incorporada dentro de una composición polimérica,

25 Los paneles de ensayo de material compuesto se fabricaron con entre 6 a 9 capas de materiales preimpregnados con un laminado multiangular, según se describió anteriormente, con las películas de protección superficiales conductoras como la capa más exterior. Los laminados y las películas de protección superficiales se cocuraron a continuación en una autoclave para incorporar las películas de protección superficiales dentro de los materiales compuestos. Los paneles se revistieron adicionalmente con un recubrimiento superior de pintura de imprimación y esmalte antes del ensayo de impacto del rayo.

30 se emplearon los ensayos de efecto directo del rayo para evaluar el rendimiento de los materiales compuestos utilizados en diferentes zonas de la aeronave. Los ensayos de impacto del rayo se realizan de acuerdo con RTCA/DO-160F, "Condiciones Ambientales y Procedimientos de ensayo para equipo aerotransportado" de la Comisión Técnica de Radio para la Aeronáutica. En resumen, un panel laminado/película de protección superficial se fija en posición y se coloca en contacto eléctrico con los elementos de retorno de la corriente. Se coloca un electrodo aproximadamente en el centro y adyacente al panel de ensayo. Un hilo de iniciación se extiende desde el electrodo hasta el punto de impacto de rayo incipiente en la superficie de la muestra.

40 Se realizaron ensayos para simular un impacto de rayo sobre la Zona 1A de una aeronave, la cúpula de radar y la Zona 2A de una aeronave, la mayoría de las secciones del fuselaje. Los ensayos simulan rayos sometiendo los paneles de ensayo a formas de onda de ensayo de alta corriente descritas a continuación en la Tabla 5. Según se muestra en la Tabla 5, la forma de onda aplicada puede incluir varios componentes, que varían dependiendo de la sección de la aeronave que el panel está destinado a representar.

Tabla 5 - Formas de onda empleadas en el ensayo LSP

Forma de onda	Peak Current Amplitude [kA]	Amplitud corriente promedio [kA]	Acción Integral [A ² s]	Transfer. carga [C]	Zona Aplicada
Componente A	200 +/- 20		$2 \times 10^6 \pm 0.4 \times 10^6$		1A
Componente B		2 +/- 0.4		10 +/- 0.1	1A 2A
Componente C		≥ 0.4		18 +/- 3.6	1A 2A
Componente D	100 +/- 10		$0.25 \times 10^6 \pm 0.05 \times 10^6$		2A

5 Por ejemplo, un ensayo que simula un rayo de la Zona 1A emplearía una forma de onda que incluyese los componentes A, B, y C, mientras que un ensayo que simula un rayo de la Zona 2A emplearía una forma de onda que incluyese los componentes B, C, y D.

10 Las Figuras 8A-8B ilustran paneles de materiales compuestos sin pintar que incorporan la película de protección superficial de control incorporada con la rejilla de cobre y una forma de realización de una escama de plata que contiene la película de protección superficial de la presente descripción después del ensayo de impacto del rayo que simula la Zona 1A, respectivamente. Las Figuras 9A-9B ilustran el rendimiento de la Zona 1A de paneles de materiales compuestos similares probados cuando se pintan antes del ensayo. Las Figuras 10A-10B ilustran paneles materiales compuestos pintados y sin pintar que incorporan una forma de realización de una escama de plata que contiene la película de protección superficial de la presente descripción después del ensayo de impacto del rayo que simula la Zona 2A, respectivamente

15 En general, la escama de plata que contiene los paneles laminados de material compuesto/película presentaron una protección contra el rayo comparable con el rendimiento del panel de control que tiene una rejilla de cobre metálica, sin evidencia de perforación a través. Además, el daño superficial fue muy limitado.

20 El daño superficial observado para los paneles de ensayo pintados y sin pintar fue variado, oscilando desde las quemaduras de malla, el moteado de la superficie y la deslaminación de la capa superficial a la rotura de fibras. Para la misma configuración de la película de protección superficial/material compuesto, los paneles pintados generalmente presentaron más daño que los paneles sin pintar. Esta diferencia se debe a la reducción del número de sitios de dispersión de arco y la concentración del impacto en las áreas locales en los paneles pintados.

25 Estos resultados indican que las formas de realización de la escama de plata que contiene la película de protección superficial/paneles laminados de materiales compuestos poseen la funcionalidad de protección contra el rayo significativa y pasaron el ensayo de efecto directo de impacto del rayo, tanto en zona 1A como 2A. Ventajosamente, la película de protección superficial/paneles laminados de material compuesto muestra la LSP comparable a un panel de control con una rejilla metálica, proporcionando la LSP comparable con un ahorro de peso de hasta alrededor del 50%.

Ejemplo 8 – Ensayo del adhesivo

30 Las formas de realización de las composiciones conductoras termoestables también se sometieron a ensayo para evaluar su rendimiento en las aplicaciones adhesivas. Los ensayos realizados incluyeron el ensayo para determinar la resistencia al cizallamiento de toda el área de solapado y el ensayo de resistencia al desprendimiento con rodillo flotante.

35 El ensayo de resistencia al cizallamiento del solapado proporciona información con respecto a la resistencia al cizallamiento de un adhesivo cuando los adherentes unidos por el adhesivo son sometidos a tensión. El ensayo de resistencia al cizallamiento de toda el área de solapado se realizó de acuerdo con ASTM 3165, "Método de ensayo estándar para las propiedades de resistencia de adhesivos en cizallamiento por carga de tensión de conjuntos laminados con una sola junta solapada" a aproximadamente la temperatura ambiente, 107 °C (180 °F) y 121 °C (250 °F).

5 El ensayo de resistencia al desprendimiento con rodillo flotante proporciona información con respecto a la resistencia de un adhesivo cuando un adherente es flexible y se desprende con un ángulo aproximadamente constante de otro adherente que es rígido. El ensayo de resistencia al desprendimiento con rodillo flotante se realizó de acuerdo con D3167 de ASTM, "Método de ensayo estándar de la resistencia al desprendimiento de adhesivos con rodillo flotante a aproximadamente temperatura ambiente, 107 °C (225 °F) y 121 °C (250 °F).

10 Se evaluó la composición de ensayo 1, que empleaba escamas de plata en una concentración de aproximadamente 42% en peso. La composición, según se describió anteriormente, se mezcló, se le quitó el aire y posteriormente se recubrió como una película de fusión en caliente con un peso de película de aproximadamente 0,06 libras por pie cuadrado. Un portador de mat irregular, no tejido se presionó contra la película bajo una ligera presión para adherir el mat a la película. Las composiciones conductoras se combinaron tanto con el velo de carbono no tejido como con la rejilla de aluminio.

Se preparó una muestra de control con la misma composición de una manera similar, con la excepción de que se omitió el aditivo conductor. La muestra de control incluía adicionalmente la rejilla de aluminio. Los resultados de ensayo para cada adhesivo se ilustran a continuación en la Tabla 6.

15 **Tabla 6 – Rendimiento adhesivo de las composiciones conductoras**

TIPO ESCAMA DE PLATA	<u>Ensayo 15</u> Adhesivo conductor	<u>Ensayo 16</u> Adhesivo conductor	<u>Ensayo 17</u> Adhesivo conductor
<i>Portador de adhesivo</i>	<i>Mat de carbono 0,06 psf</i>	<i>Rejilla aluminio 0,016 0,06 psf</i>	<i>Rejilla aluminio 0,016 0,06 psf</i>
<i>cizalladura de toda el área de solapado (psi, RT)</i>	3.074	3.318	4.375
<i>cizalladura de toda el área de solapado (psi, 82 °C (180 °F))</i>	3.286	3.714	4.813
<i>cizalladura de toda el área de solapado (psi, 121 °C (250 °F))</i>	3.000	3.078	4.130
<i>desprendimiento con rodillo flotante (psi, RT)</i>	26	26	23
<i>desprendimiento con rodillo flotante (psi, 82 °C (225 °F))</i>	26	26	No ensayado
<i>desprendimiento con rodillo flotante (psi, 121 °C (250 °F))</i>	27	27	No ensayado
<i>Resistividad (mΩ/sq)</i>	250	250	Alta No.conductor

Ensayo 15 - Medidas de las propiedades adhesivas de la película adhesiva que comprende escama de plata como aditivo conductor en el mat de carbono

20 Examinando los resultados de la Tabla 6, puede observarse que la resistencia adhesiva de la composición de ensayo 15, medida mediante cizalladura de toda el área de solapado y desprendimiento con rodillo flotante, es aproximadamente constante en los intervalos de temperatura estudiados. En un ejemplo, en un intervalo de temperatura de más de 200 °F, desde aproximadamente la temperatura ambiente hasta aproximadamente 121 °C (250 °F), la resistencia al cizallamiento del solapado solamente varía aproximadamente el 10%, entre aproximadamente 3.000 y 3.286 psi. Durante aproximadamente la misma temperatura, la resistencia al desprendimiento varía menos del 5%, entre aproximadamente 26 a 27 pli.

Ensayo 16- Medidas de las propiedades adhesivas de la película adhesiva que comprende escama de plata como aditivo conductor en la rejilla de aluminio incorporada

30 Examinando los resultados de la Tabla 6, puede observarse que la resistencia adhesiva de la composición de ensayo 16, medida mediante cizalladura de toda el área de solapado y desprendimiento con rodillo flotante, muestra poca variación en los intervalos de temperatura estudiados. En un ejemplo, desde aproximadamente la temperatura ambiente hasta aproximadamente 121 °C (250 °F), la resistencia al cizallamiento del solapado varía

aproximadamente el 20%, entre aproximadamente 3.078 hasta 3.714 psi. Durante aproximadamente la misma temperatura, la resistencia al desprendimiento varía menos de aproximadamente 5 pli.

Ensayo 17 - Medidas de las propiedades adhesivas de la película adhesiva de control en rejilla de aluminio

5 Examinando los resultados de la Tabla 6, puede observarse que la resistencia adhesiva de la composición de ensayo 17, medida mediante cizalladura de toda el área de solapado y desprendimiento con rodillo flotante, muestra poca variación en los intervalos de temperatura estudiados. En un ejemplo, desde aproximadamente la temperatura ambiente hasta aproximadamente 121 °C (250 °F), la resistencia al cizallamiento del solapado varía aproximadamente el 20%, entre aproximadamente 4.130 hasta 4.813 psi. Durante aproximadamente la misma temperatura, resistencia al desprendimiento varía.

10 *Resumen - El ensayo del adhesivo*

Comparando los resultados de los ensayos 12-14, la escama de plata que contiene adhesivos conductores de los ensayos 15-16 presentó tanto buena conductividad, aproximadamente 250 mΩ/sq como buenas propiedades adhesivas, medidas mediante cizalladura del área de solapado y desprendimiento con rodillo flotante. En particular, las propiedades adhesivas son comparables a las del adhesivo de control no conductor, lo que indica que la conductividad puede lograrse con la composición sin sacrificar la resistencia adhesiva. Estos resultados demuestran adicionalmente la adecuación potencial de los adhesivos conductores para determinadas aplicaciones aeroespaciales EME, tales como la reparación de la superficie LS, como trayectoria para la corriente de retorno o los elementos de fijación conductores para reducir los potenciales capacitivos.

REIVINDICACIONES

1. Una película de protección superficial conductora de la electricidad adecuada para una capa conductora más exterior para proporcionar protección contra el rayo y blindaje contra las interferencias electromagnéticas en los componentes de aeronaves, comprendiendo la película de protección superficial:

una composición polimérica termoestable que comprende:

5 al menos una resina termoestable;

al menos un aditivo conductor que comprende más de aproximadamente el 35% en peso de escamas de plata, sobre la base del peso total de la composición; y

agentes de extensión de cadena y endurecedores;

en donde la resistividad de la película de protección superficial es menor que aproximadamente 500 mΩ/sq.

10 2. La película de protección superficial de la reivindicación 1, en donde la resina termoestable se selecciona del grupo que consta de las resinas epoxi, bismaleimidas, ésteres de cianato, fenólicas, benzoxazinas, y poliimidas funcionalizadas.

3. La película de protección superficial de cualesquiera de las reivindicaciones 1-2, en donde la resina termoestable está presente en una concentración que varía entre aproximadamente 10-60% en peso.

15 4. La película de protección superficial de cualesquiera de las reivindicaciones 2-3, en donde las resinas epoxi comprenden Diglicidiléter de Bisfenol A, Tetraglicidiléter de metilendianilina, Diglicidiléter de tetrabromo Bis A y combinaciones de los mismos.

5. La película de protección superficial de cualesquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde la escama de plata adopta una configuración laminar dentro de la composición.

20 6. La película de protección superficial de cualesquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde la composición polimérica termoestable comprende más de aproximadamente el 55% en peso de escamas de plata y la resistividad de la película de protección superficial es menor que 15 mΩ/sq.

25 7. La película de protección superficial de cualesquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde la composición polimérica termoestable comprende más de aproximadamente el 60% en peso de escamas de plata y la resistividad de la película de protección superficial es menor o igual que 10 mΩ/sq.

8. Un material compuesto que comprende la película de protección superficial de cualesquiera de las reivindicaciones 1-7.

9. Un método de formación de composiciones termoestables, eléctricamente conductoras y artículos de la mismas que comprende las etapas:

30 a. añadir resina/polímero termoestable al recipiente de mezcla y añadir agentes endurecedores a la composición;

b. añadir aditivos conductores al recipiente de mezcla, en donde el aditivo conductor comprende escamas de plata;

c. añadir materiales de carga no conductores, agentes de extensión de cadena, agentes de control de flujo, pigmentos al recipiente de mezcla;

d. opcionalmente añadir estabilizadores de UV al recipiente de mezcla;

35 e. añadir agentes de curado y catalizadores al recipiente de mezcla;

f. colar y quitar el aire a la composición; y

g. tanto:

i. preparar el adhesivo de la composición, o

40 ii. preparar la película de protección superficial a partir de la composición e incorporar la película de protección superficial dentro del material compuesto.

10. La utilización de una película de protección superficial de acuerdo con una cualesquiera de las reivindicaciones 1-7 como una capa conductora más exterior para proporcionar protección contra el rayo (LSP) y blindaje contra las interferencias electromagnéticas (EMI) cuando se utiliza en componentes de aeronaves.

11. Un método de formación de un material compuesto que comprende el cocurar la película de protección superficial de cualesquiera de las reivindicaciones 1-7 con un material compuesto preimpregnado.

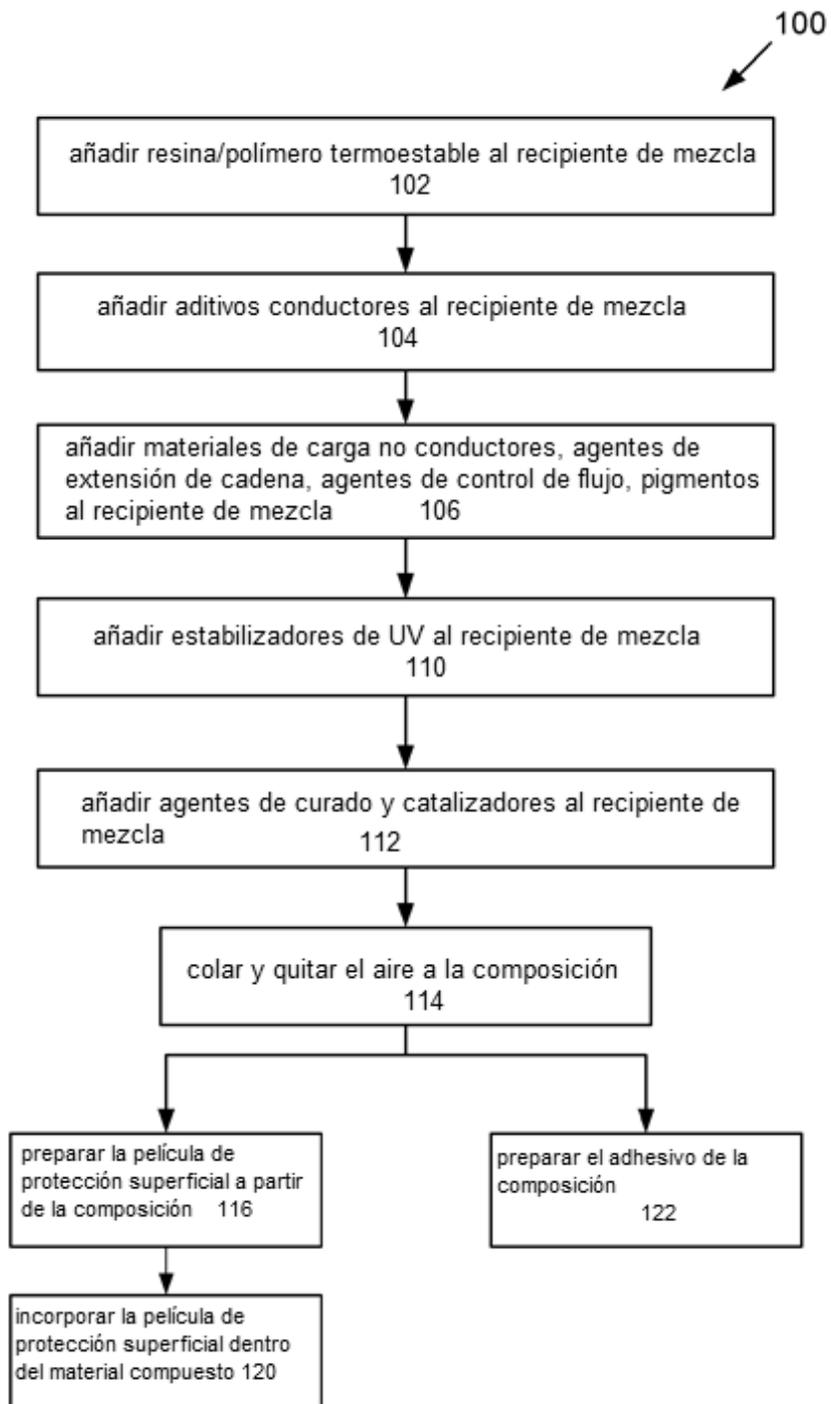


FIG. 1

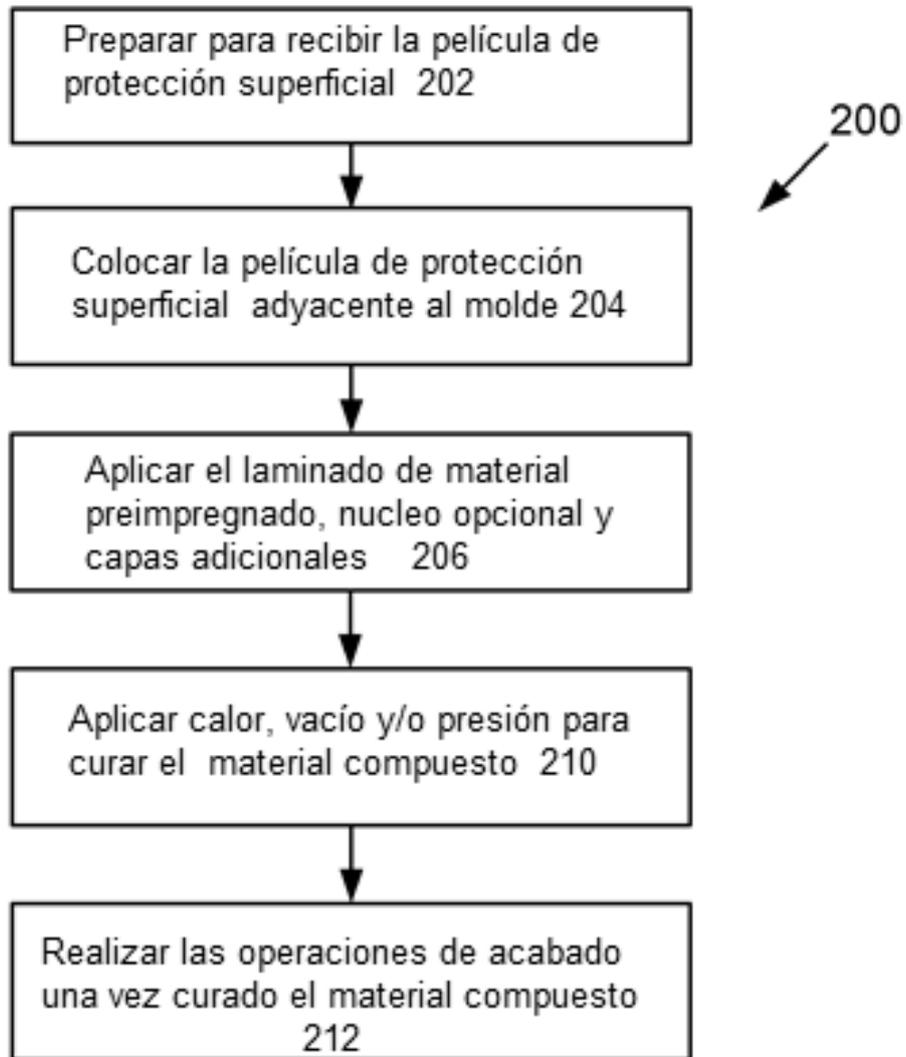


FIG. 2

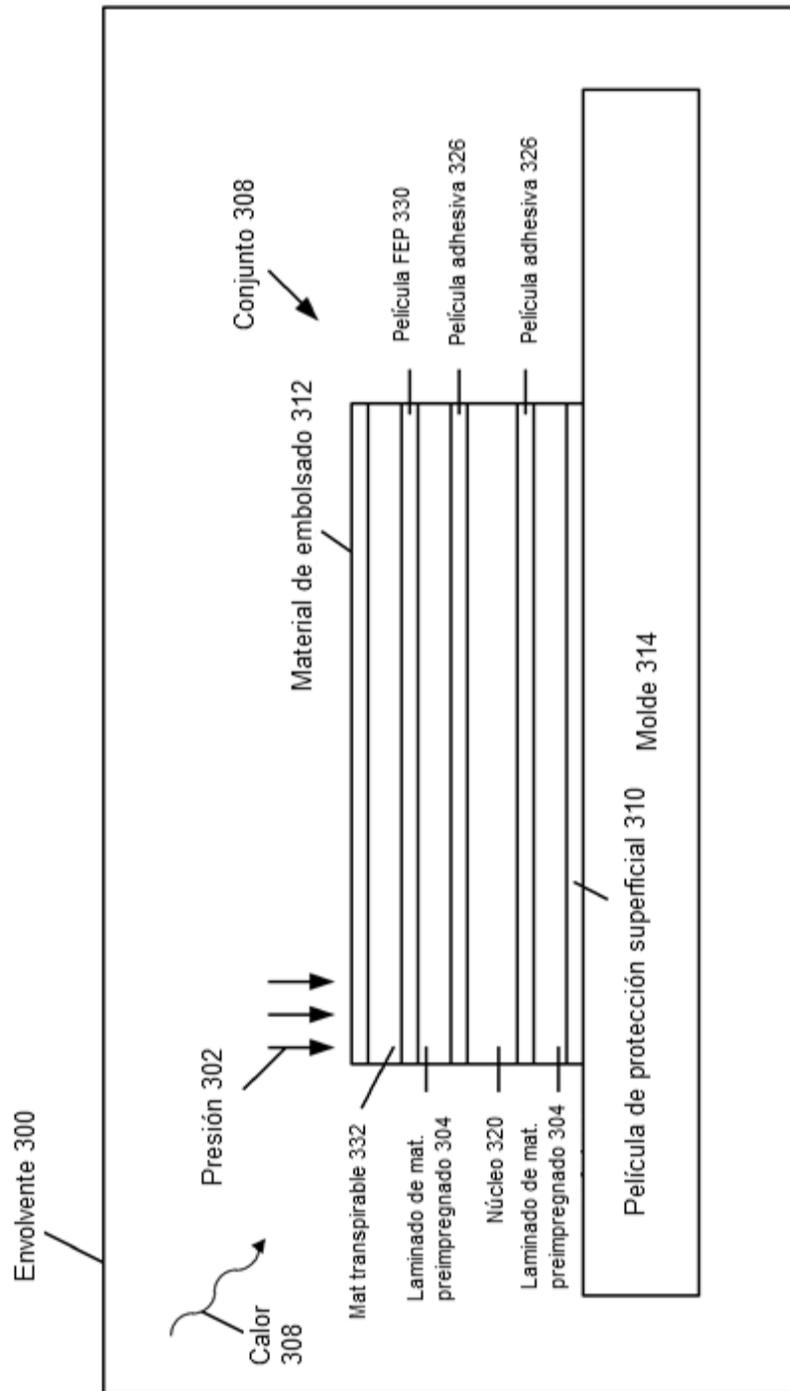


FIG. 3

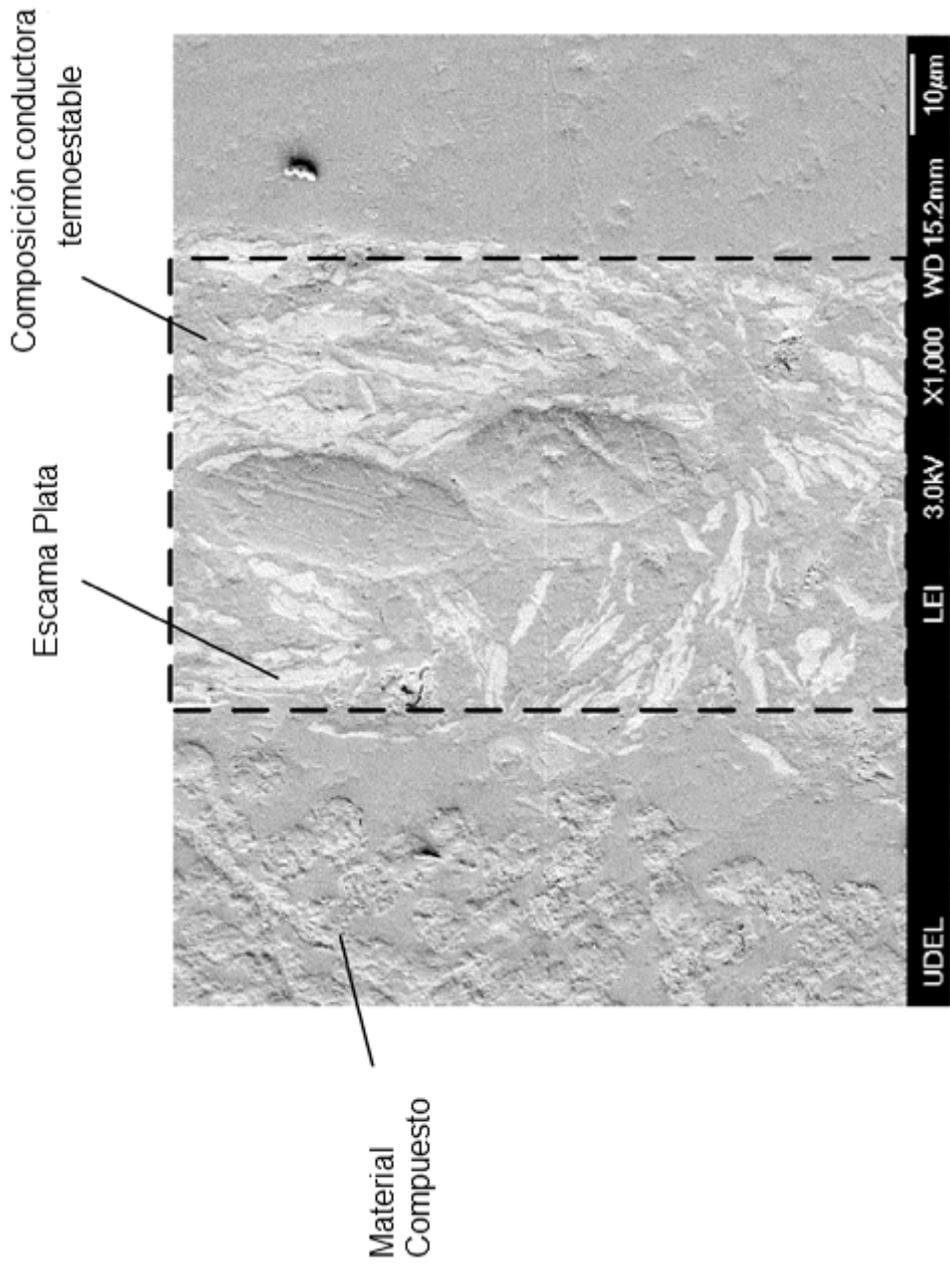


FIG. 4A

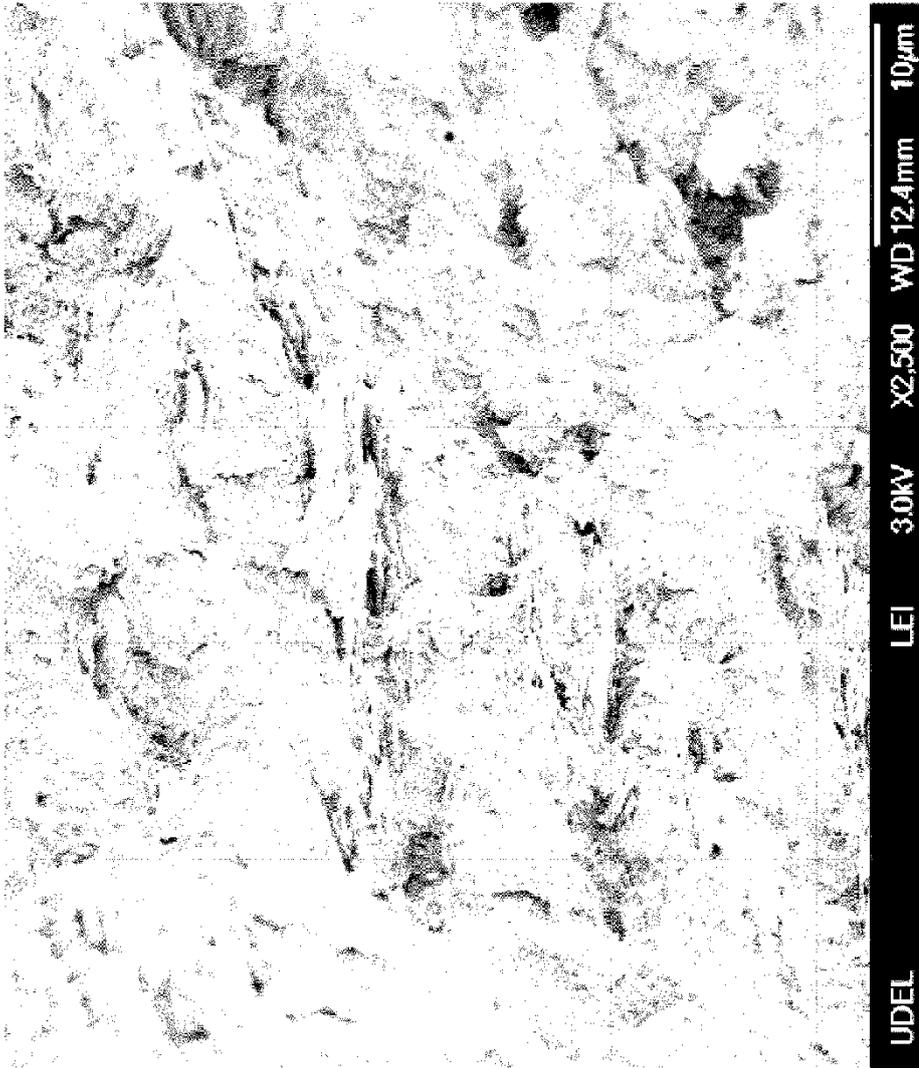


FIG. 4B

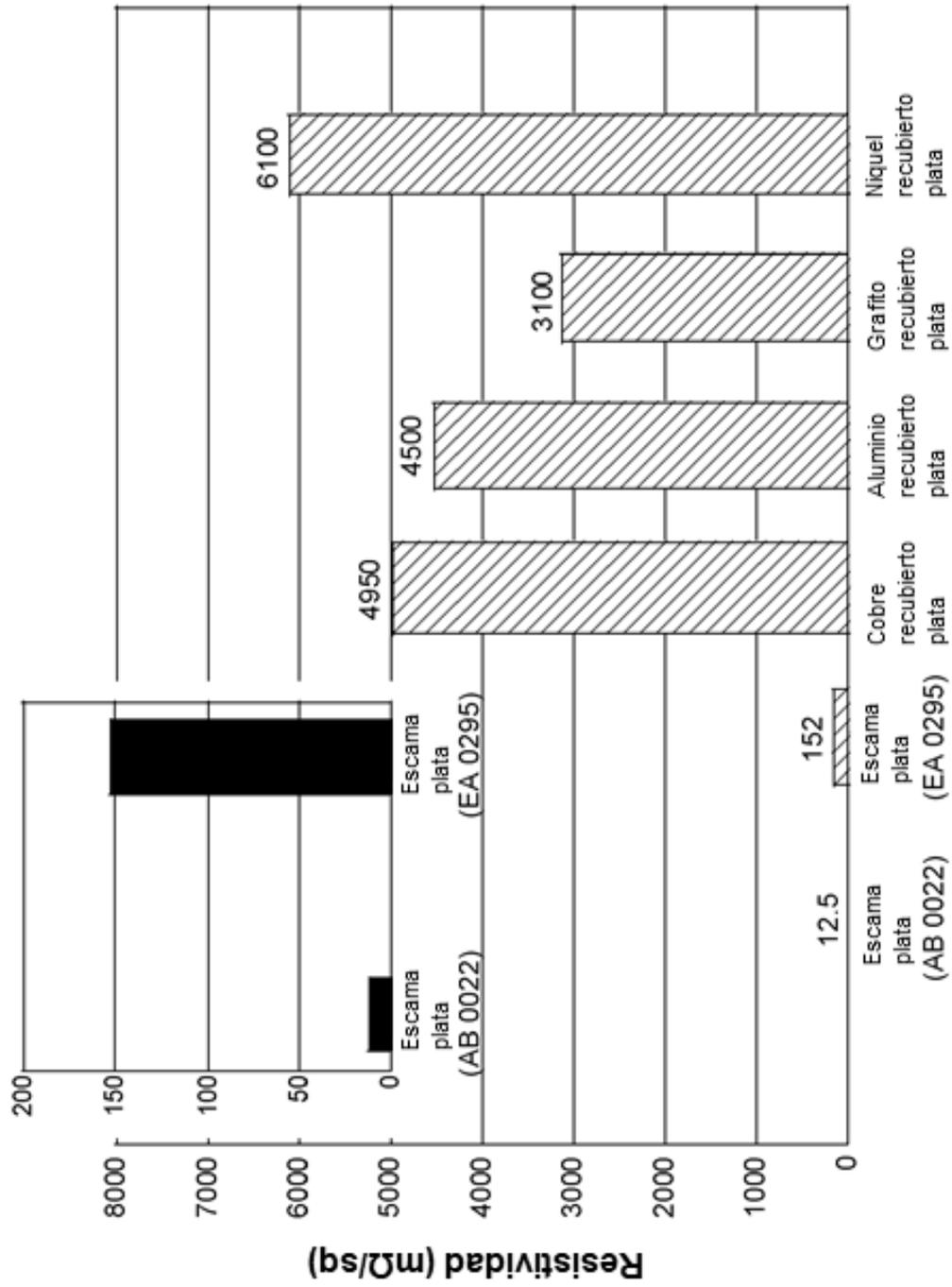


FIG. 5A

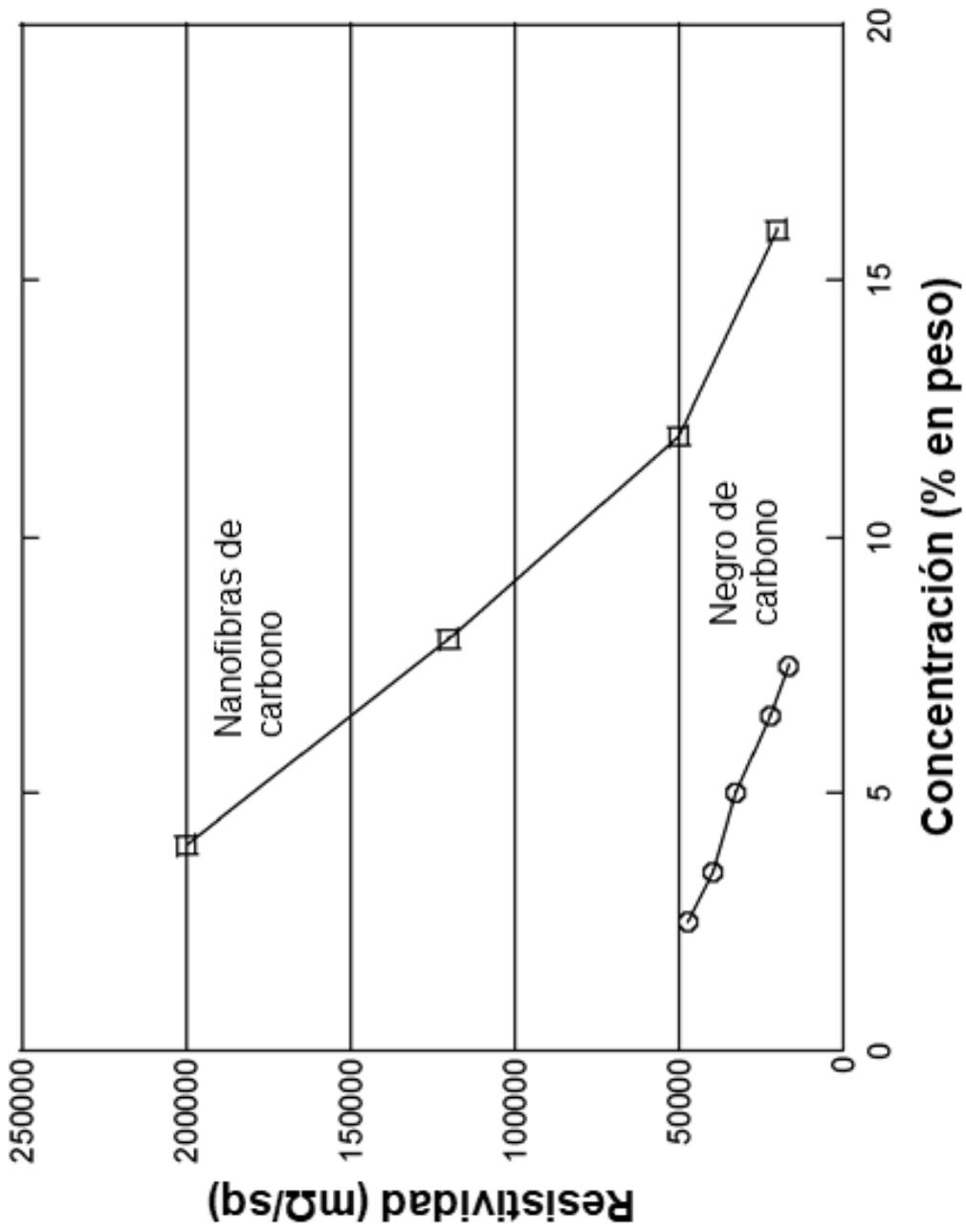


FIG. 5B

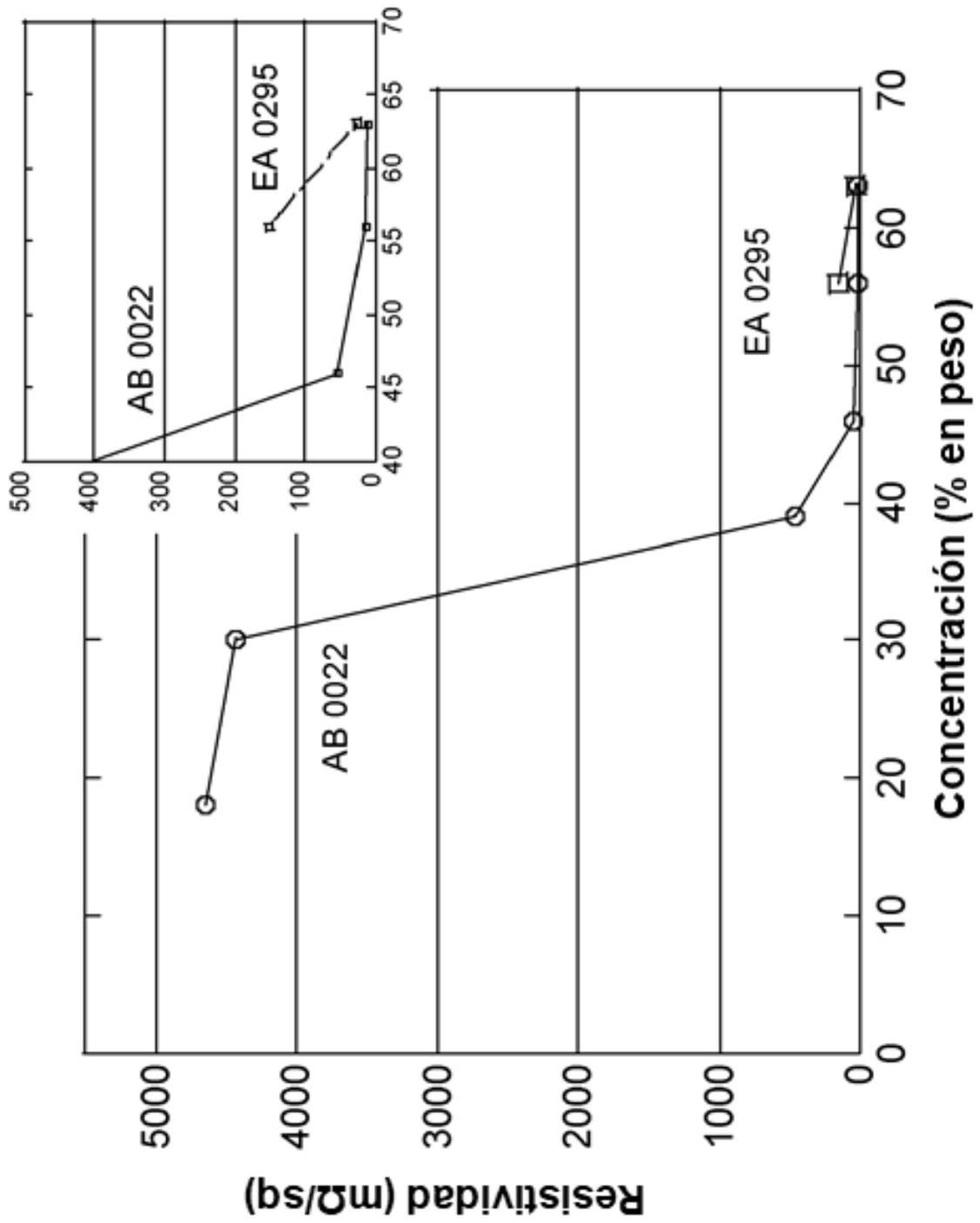


FIG. 6

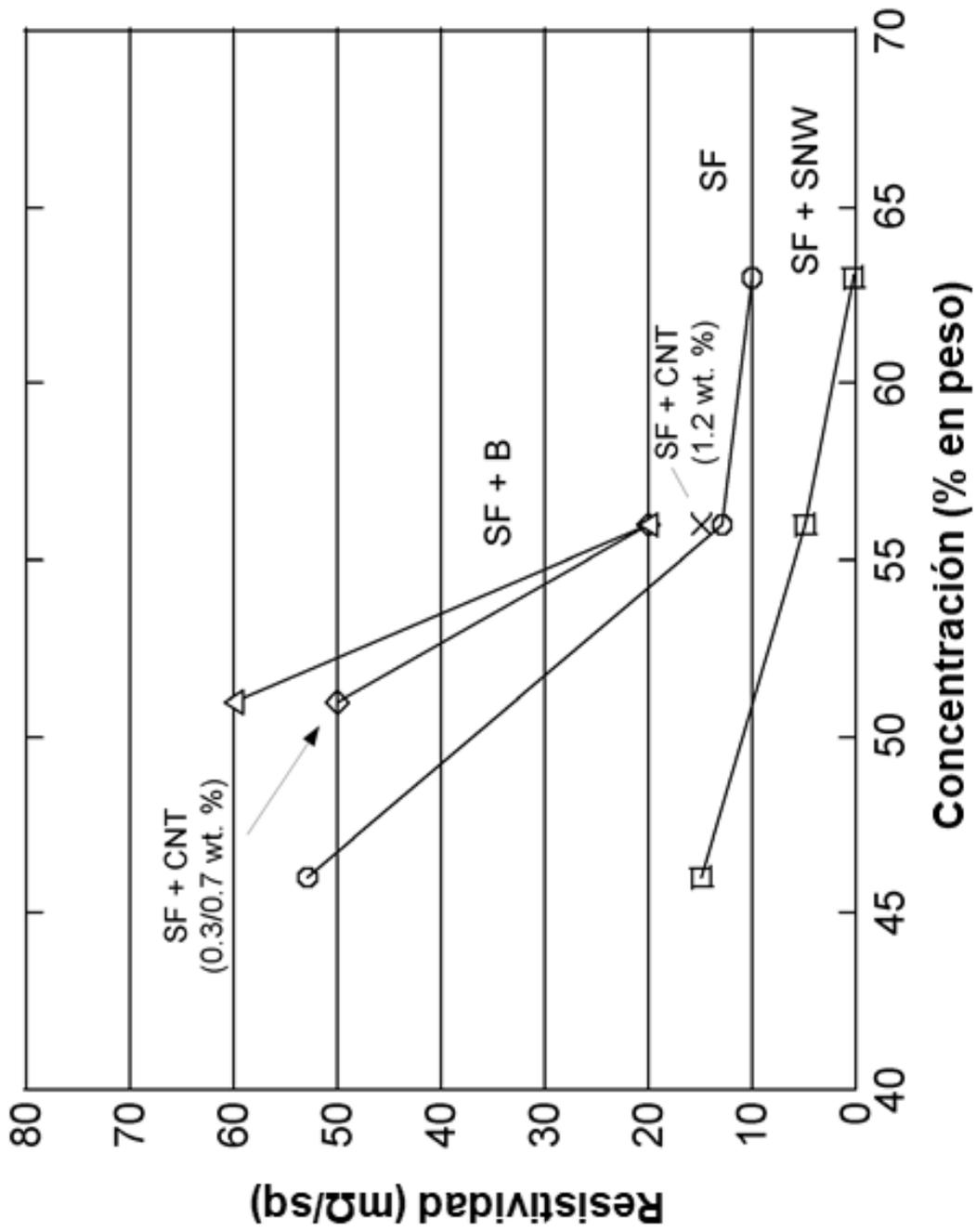


FIG. 7

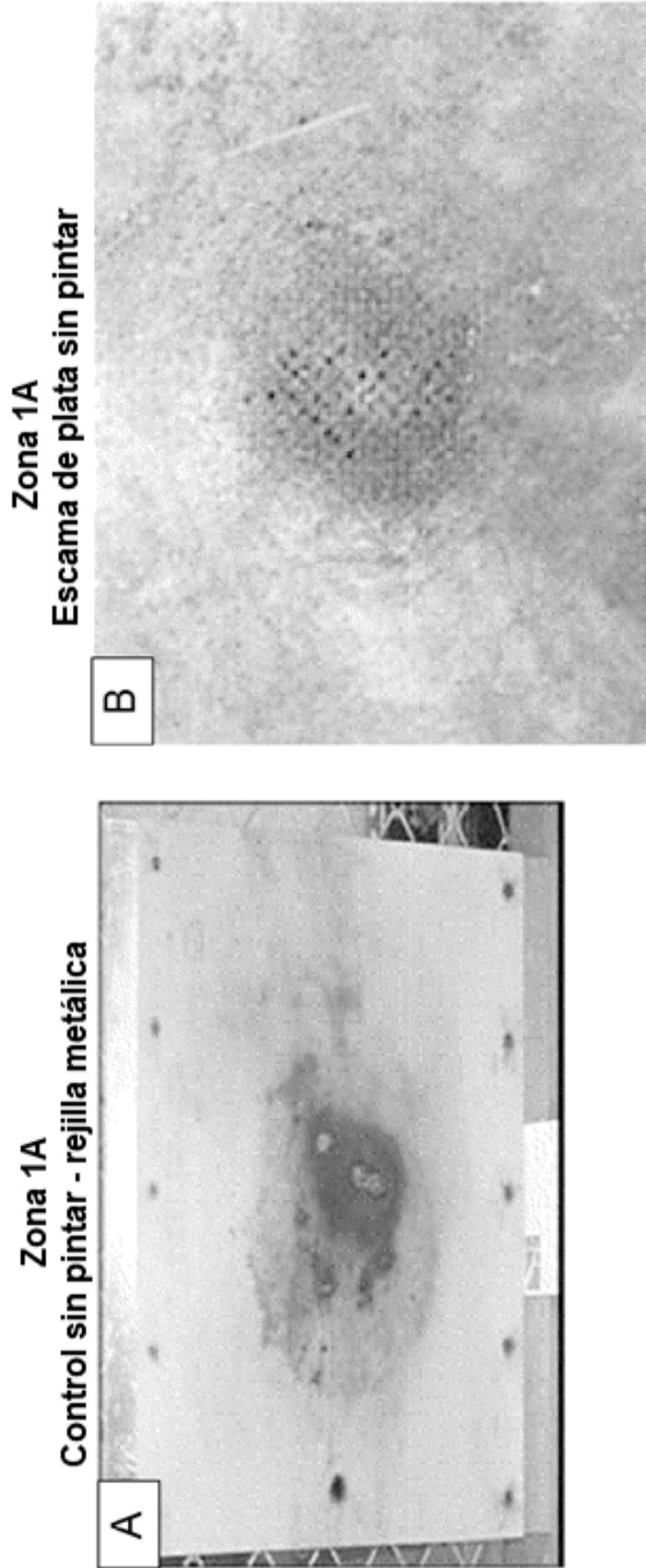
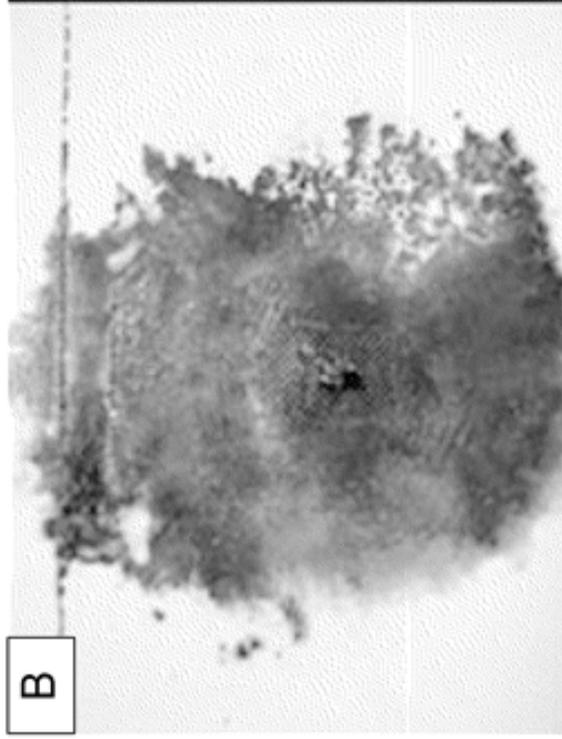


FIG. 8

Zona 1A
Escama plata pintada



Zona 1A
Control pintado - rejilla metálica

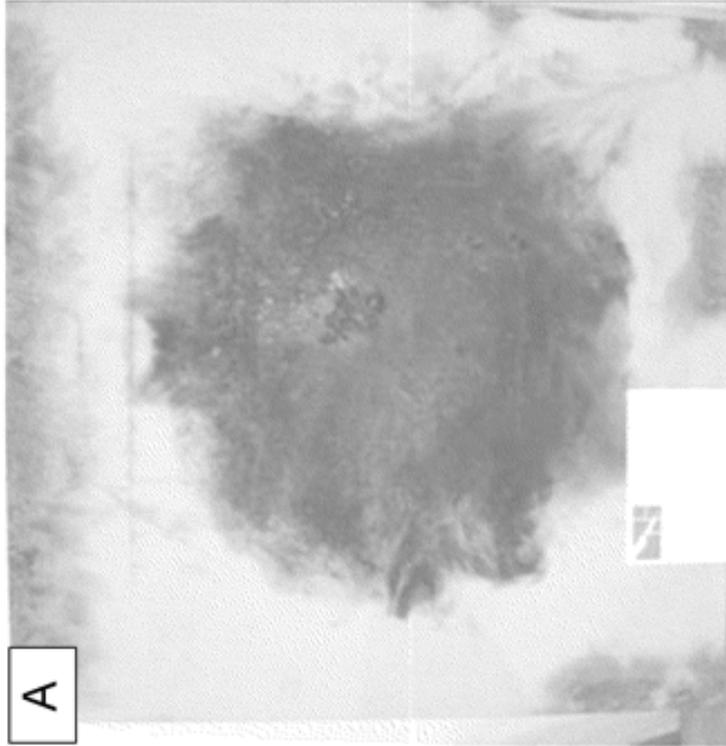
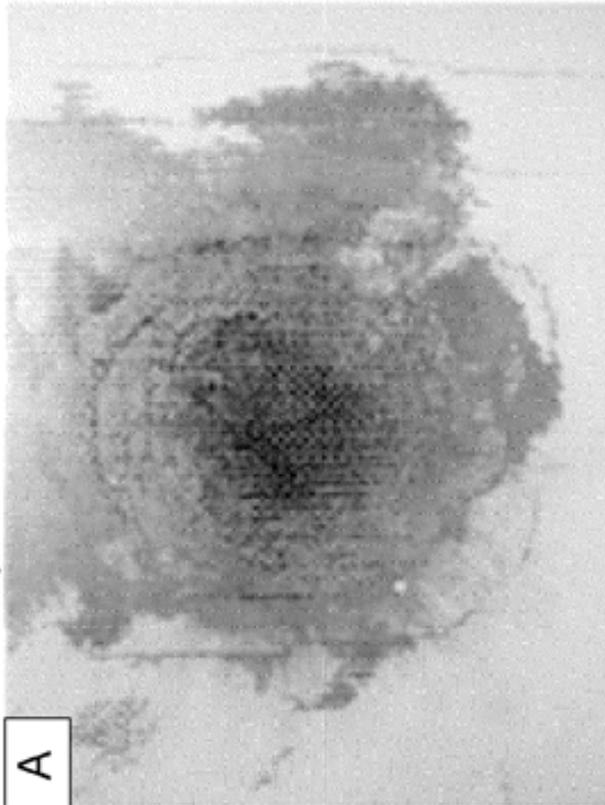


FIG. 9

Zona 2A
Control pintado - rejilla metálica



Zona 2A
Escama plata pintada

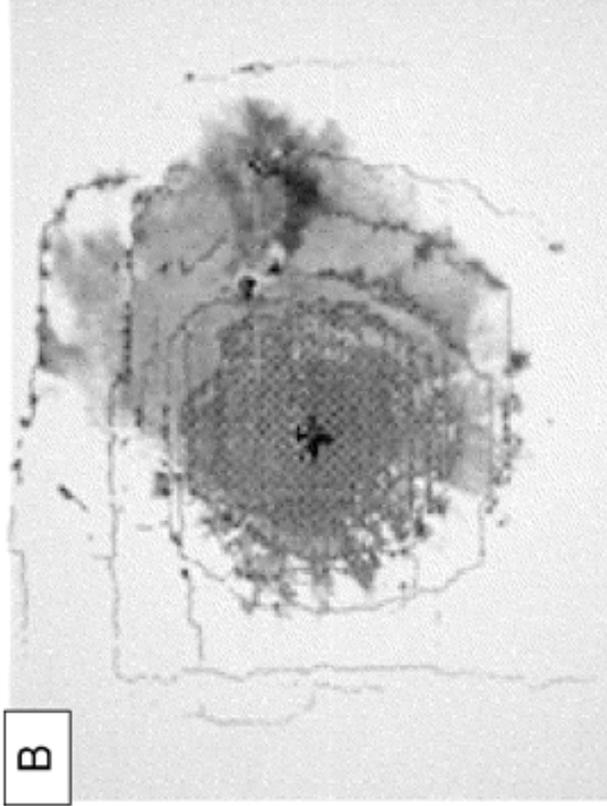


FIG. 10