

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 967 609**

51 Int. Cl.:

B29C 53/04 (2006.01)

C23C 24/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.06.2020** **E 20180711 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.10.2023** **EP 3753704**

54 Título: **Pieza compuesta de moldeo con capa metálica**

30 Prioridad:

18.06.2019 US 201916445102

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
03.05.2024

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
929 Long Bridge Drive
Arlington, VA 22202, US**

72 Inventor/es:

**BRUTON, ERIC A;
CHILDERS, CHRISTOPHER H y
GAYDOS, STEPHEN P**

74 Agente/Representante:

CONTRERAS PÉREZ, Yahel

ES 2 967 609 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

Pieza compuesta de moldeo con capa metálica

5 **DESCRIPCIÓN DETALLADA**

Campo de la descripción

La presente descripción está dirigida a un proceso para moldear una pieza compuesta con una capa metálica.

Antecedentes

La metalización de compuestos planos es una tarea difícil y en el pasado existen limitadas maneras en que se han metalizado compuestos. Las piezas compuestas curvas son todavía más difíciles de metalizar. Esto es especialmente cierto cuando se utiliza un robot ya que el movimiento en el eje Z para adaptarse a la curvatura de la superficie suele ser limitado.

Existe, por lo tanto, una necesidad en la técnica de nuevos materiales y procesos que puedan utilizarse para formar piezas compuestas metalizadas curvas.

US 2011/0135884 A1, de acuerdo con su resumen, indica: "Artículos que comprenden una superficie recubierta con una composición que contiene láminas de grafeno y por lo menos un aglutinante polimérico donde los artículos se han doblado en la superficie recubierta después de aplicar el revestimiento. Procedimientos para fabricar artículos recubiertos que se doblan después del revestimiento."

US 2010/0040902 A1, de acuerdo con su resumen, indica, "... materiales compuestos ligeros que comprenden una capa metálica y una capa polimérica, conteniendo la capa polimérica un polímero termoplástico relleno que incluye un polímero termoplástico y una fibra de metal. Los materiales compuestos... pueden formarse utilizando equipos de estampado convencionales a temperatura ambiente. Los materiales compuestos... también pueden soldarse a otros materiales metálicos utilizando un proceso de soldadura por resistencia, tal como soldadura por puntos".

DESCRIPCIÓN

Se describe aquí un procedimiento para moldear una pieza compuesta metalizada, comprendiendo el procedimiento: introducir partículas de metal en una corriente de gas, en el que las partículas de metal tienen un tamaño entre 1 y 50 micras; dirigir la corriente de gas hacia una superficie de una pieza compuesta termoplástica, pulverizando en frío la pieza compuesta, de este modo, depositando una capa metálica sobre la pieza compuesta para formar una pieza compuesta metalizada; y moldear la pieza compuesta metalizada para introducir una curvatura sin deslaminación de la capa metálica de la pieza compuesta metalizada, en el que el por lo menos un metal se selecciona opcionalmente entre aluminio, cobre, oro y plata; en el que la pieza compuesta termoplástica comprende un termoplástico y uno o más materiales de relleno.

La presente descripción está dirigida a un procedimiento para moldear una pieza compuesta metalizada. El procedimiento comprende: introducir partículas que comprenden por lo menos un metal en una corriente de gas; dirigir la corriente de gas hacia una superficie de una pieza compuesta termoplástica, depositando así una capa metálica sobre la pieza compuesta para formar una pieza compuesta metalizada; y moldear la pieza compuesta metalizada para introducir una curvatura sin deslaminación de la capa metálica de la pieza compuesta metalizada.

La presente descripción también está dirigida a un procedimiento para aplicar resistencia a EMI eléctrica o protección contra rayos a una pieza compuesta termoplástica. El procedimiento comprende: introducir partículas que comprenden por lo menos un metal en una corriente de gas; dirigir la corriente de gas hacia una superficie de una pieza compuesta termoplástica, depositando así una capa metálica sobre la pieza compuesta para formar una pieza compuesta metalizada; y moldear la pieza compuesta metalizada para introducir una curvatura sin deslaminación de la capa metálica de la pieza compuesta metalizada, en el que la capa metálica aplica resistencia a EMI eléctrica o protección contra rayos a la pieza compuesta termoplástica.

La presente descripción se dirige, además, a un artículo recubierto de metal pulverizado en frío. El artículo recubierto de metal pulverizado en frío comprende: una pieza compuesta termoplástica que tiene por lo menos una superficie; y una capa de metal pulverizada en frío presente sobre la pieza compuesta termoplástica, presentando la capa de metal pulverizada en frío una deformación producida al moldear la pieza compuesta termoplástica junto con la capa de metal pulverizada en frío; opcionalmente una capa aislante electroquímica dispuesta entre la pieza compuesta termoplástica y la capa metálica pulverizada en frío; y opcionalmente por lo menos una capa metálica adicional, intercalando la por lo menos una capa metálica adicional por lo menos una parte de la capa metálica entre la por lo

menos una capa metálica adicional y la pieza compuesta termoplástica; presentando el artículo recubierto de metal pulverizado en frío un aumento en una o más propiedades seleccionadas entre resistencia a EMI, protección contra la erosión, protección contra rayos, blindaje contra interferencias electromagnéticas, blindaje contra emisiones electromagnéticas y protección contra rayos en comparación con la misma pieza compuesta termoplástica sin la capa de metal pulverizada en frío.

Debe entenderse que, tanto la descripción general anterior como la siguiente descripción detallada, se dan únicamente a modo de ejemplo y son explicativas y no restrictivas de las presentes enseñanzas, tal como se reivindica.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Los dibujos adjuntos, que se incorporan y forman parte de esta memoria, ilustran unos ejemplos de las presentes enseñanzas y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de las presentes enseñanzas.

La figura 1 es un diagrama de flujo para un proceso de metalización de una pieza compuesta.

La figura 2 ilustra una sección transversal esquemática de una pieza compuesta metalizada antes del moldeo.

La figura 3 ilustra una sección transversal esquemática de una pieza compuesta metalizada antes del moldeo.

La figura 4 ilustra una sección transversal esquemática de una pieza compuesta metalizada antes del moldeo.

La figura 5 ilustra una sección transversal esquemática de una pieza compuesta metalizada antes del moldeo.

La figura 6 ilustra un diagrama de flujo de un proceso de moldeo.

La figura 7 muestra una sección transversal esquemática de una pieza compuesta metalizada después del moldeo.

La figura 8 muestra una sección transversal esquemática de una pieza compuesta metalizada después del moldeo.

La figura 9 muestra una vista en perspectiva de un vehículo aeroespacial que comprende una pieza compuesta metalizada moldeada.

La figura 10 muestra una vista en perspectiva desde arriba de la capa de aluminio pulverizado sobre una superficie principal del panel compuesto antes del moldeo.

La figura 11 muestra una vista superior en perspectiva de la capa de aluminio pulverizado sobre una superficie principal cóncava del panel compuesto de la figura 10 posterior al moldeo.

La figura 12 muestra una vista superior en perspectiva de la capa de aluminio pulverizado sobre una superficie principal convexa del panel compuesto de la figura 10 posterior al moldeo.

La figura 13 muestra una sección transversal esquemática de una pieza compuesta metalizada que tiene una región de deformación después del moldeo.

Cabe señalar que algunos detalles de las figuras se han simplificado y se han dibujado para facilitar la comprensión en lugar de mantener una estricta precisión estructural, detalle, y escala.

DESCRIPCIÓN

Se hará referencia ahora en detalle a las presentes enseñanzas, cuyos ejemplos se ilustran en los dibujos adjuntos. En los dibujos, se han utilizado los mismos números de referencia para designar elementos idénticos. En la siguiente descripción, se hace referencia a los dibujos adjuntos que forman parte de la misma, y en los cuales se muestran a modo de ilustración unos ejemplos específicos de la práctica de las presentes enseñanzas. Por lo tanto, la siguiente descripción es meramente de ejemplo.

La presente descripción está dirigida a un proceso para metalizar una superficie plana de una pieza compuesta y después moldearla para introducir una curvatura en la pieza compuesta sin deslaminación del metal. El proceso permite la producción de piezas compuestas metalizadas de manera económica. Es posible formar piezas compuestas termoplásticas metalizadas con geometría o curvatura complejas.

La presente descripción también está dirigida a un proceso para aplicar, a una superficie de una pieza compuesta, blindaje contra interferencias electromagnéticas, blindaje contra emisiones electromagnéticas, protección contra rayos, resistencia a interacciones electroquímicas, o combinaciones de los mismos.

Procedimiento de metalización

La presente descripción está dirigida a un procedimiento para metalizar una pieza compuesta y después moldear la pieza compuesta metalizada. Tal como se muestra en 10 y 20 del diagrama de flujo de la figura 1, el procedimiento comprende introducir partículas que comprenden por lo menos un metal en una corriente de gas y después dirigir la corriente de gas hacia una superficie de una pieza compuesta termoplástica. De esta manera, sobre la pieza compuesta se deposita una capa metálica para formar una pieza compuesta metalizada. En algunos ejemplos, la capa metálica se forma sobre una o más superficies planas de la pieza compuesta. Por ejemplo, la capa metálica puede formarse totalmente sobre una o más superficies planas de la pieza compuesta. En algunos ejemplos, la capa

metálica cubre la totalidad de una superficie plana principal de la pieza compuesta, donde "superficie plana principal" se define como cualquier superficie plana que constituye entre un 20 % y un 50 (o entre aproximadamente un 20 % y aproximadamente un 50 %) del área de la superficie exterior total de la pieza compuesta antes del moldeo. En otros ejemplos, la superficie plana principal puede constituir entre un 30% y un 50% (o entre aproximadamente un 30% y aproximadamente un 50%) del área de la superficie exterior total de la pieza compuesta antes del moldeo. Tal como se muestra en 30 de la figura 1, la pieza compuesta metalizada se moldea para introducir en la misma una curvatura sin deslaminación de la capa metálica de la pieza compuesta metalizada.

En este proceso, las partículas que comprenden por lo menos un metal se proyectan sobre la superficie de una pieza compuesta termoplástica para formar una capa de metal mediante un proceso denominado aquí pulverización en frío. La capa metálica pulverizada en frío resultante tiene una excelente adhesión con la pieza compuesta termoplástica, y aplica a la pieza compuesta termoplástica uno o más de blindaje contra interferencias electromagnéticas, blindaje contra emisiones electromagnéticas, o protección contra rayos. La capa metálica puede ser continua sobre la superficie de la pieza compuesta termoplástica. La capa metálica puede ser semicontinua sobre la superficie de la pieza compuesta termoplástica. La capa metálica puede modelarse sobre la superficie de la pieza compuesta termoplástica utilizando técnicas de enmascaramiento convencionales. Por lo tanto, la pieza compuesta termoplástica con resistencia superficial contra EMI, protección contra la erosión (por ejemplo, por exposición a elementos tales como lluvia, aguanieve, etc.), protección contra rayos o resistencia a la interacción electroquímica se produce utilizando una técnica en la cual se proyectan partículas de metal directamente sobre la superficie de la pieza compuesta termoplástica, y se dispone una capa metálica que presenta una excelente adhesión.

Pieza compuesta termoplástica

La pieza compuesta termoplástica comprende un material termoplástico y uno o más materiales de relleno. Ejemplos de materiales termoplásticos que pueden utilizarse de acuerdo con la presente descripción incluyen materiales termoplásticos que actúan como una matriz en combinación con uno o más tipos de rellenos de fibra. En algunos ejemplos, los materiales útiles para la práctica de la presente descripción incluyen plásticos reforzados con fibras (FRP) que comprenden un material termoplástico en combinación con fibras inorgánicas tales como fibras de carbono, nanotubos de carbono, fibras de grafito, fibras de vidrio tejidas, fibras de vidrio no tejidas, fibras cerámicas, fibras de alúmina, fibras de boro, fibras de metal, tales como fibras de metal elemental o fibras de aleaciones de metal, y fibras metalizadas, tales como fibras de vidrio recubiertas de metal, fibras de alúmina recubiertas de metal, o fibras de boro recubiertas de metal. También pueden emplearse otras partículas que no sean fibras en combinación con cualquiera de las fibras analizadas anteriormente o en lugar de las mismas, tales como partículas de carbono, incluyendo partículas de grafito, partículas de metal, partículas de vidrio, etc. En otros ejemplos, el plástico reforzado con fibras puede comprender fibra orgánica tal como fibra de nailon o fibra de aramida.

Ejemplos de termoplásticos adecuados incluyen polímeros cristalinos, polímeros semicristalinos, polímeros amorfos y mezclas de los mismos. Los polímeros cristalinos proporcionan resistencia a altas temperaturas y resistencia química a los FRP. Los polímeros semicristalinos proporcionan a los FRPs los beneficios de los polímeros cristalinos junto con ductilidad y ventajas de procesamiento. Los polímeros amorfos proporcionan resiliencia, ductilidad y ventajas de procesamiento a los FRPs.

Ejemplos de materiales termoplásticos adecuados incluyen epoxis, fenólicos, poliésteres, poliésteres, ureas, melaminas, poliamidas, poliimidas, poliéter-éter-cetonas (PEEK), poliéter-cetona-cetonas (PEKK), polieterimidias (PEI), poliftalamidas, poliftalatos, polisulfonas, poliuretanos, polímeros clorados, polímeros fluorados, politetrafluoroetileno, policarbonatos, polímeros de cristal líquido, poliésteres aromáticos parcialmente cristalinos y versiones modificadas de los mismos. Cualquiera de estos materiales puede incluir uno o más materiales de relleno o de refuerzo tal como se ha descrito anteriormente.

En algunos ejemplos, la pieza compuesta termoplástica comprende un plástico reforzado con fibra de carbono (PRFC), un plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV), o ambos. Sin embargo, la presente descripción no se limita a estos tipos de materiales, y también pueden utilizarse artículos formados a partir de otros tipos de termoplásticos reforzados en el proceso que se explica ahora en la presente descripción.

Proceso de pulverización en frío

La pieza compuesta termoplástica que se va a pulverizar en frío puede someterse a un tratamiento previo para facilitar la formación de la capa metálica o una capa aislante electroquímica opcional (descrita con mayor detalle a continuación) sobre la superficie de la pieza compuesta termoplástica, por ejemplo, haciendo rugosa la superficie de la pieza compuesta termoplástica para proporcionar una topografía superficial irregular. Una topografía superficial irregular puede resultar de varios procedimientos de pretratamiento de la superficie, tal como abrasión mecánica o decapado. Tales irregularidades superficiales pueden contribuir a una textura superficial que influye en la fuerza de

adherencia entre la capa metálica o la capa aislante electroquímica opcional y la superficie del sustrato. Ejemplos adecuados de hacer rugosa la superficie de la pieza compuesta termoplástica incluyen granallado con partículas finas, donde las partículas finas pueden incluir uno o más materiales de partículas seleccionados entre metales, cerámica y vidrio. Las partículas utilizadas en el granallado pueden ser esféricas (incluso sustancialmente esféricas) o contener bordes. Pueden utilizarse otros procedimientos de rugosidad superficial tal como es conocido en la técnica.

En algunos ejemplos, después de completar este pretratamiento de rugosidad superficial opcional, que puede utilizarse según se desee para hacer rugosa la superficie de la pieza compuesta termoplástica, o la capa aislante electroquímica opcional, se proyectan partículas de metal sobre la superficie de la pieza compuesta termoplástica utilizando un procedimiento de pulverización en frío para así formar una capa de metal sobre la misma. En otros ejemplos, la capa de metal pulverizada en frío se adapta a la rugosidad superficial original de la superficie de la pieza compuesta termoplástica, haciendo que la superficie de la pieza compuesta termoplástica sea susceptible de pintarse y demás. En otros ejemplos, la capa metálica pulverizada en frío se utiliza en materiales compuestos termoplásticos que de otro modo serían difíciles de pintar debido a una mala adhesión de las pinturas a las superficies de los materiales compuestos termoplásticos. La capa de metal pulverizada en frío se adapta a la rugosidad superficial original de la superficie del material compuesto termoplástico, lo que hace que la superficie del compuesto termoplástico pueda pintarse. En otros ejemplos, la capa metálica proporciona protección UV a la pieza compuesta termoplástica.

El procedimiento de pulverización en frío es una técnica en la cual se calientan partículas de metal a una temperatura inferior al punto de fusión o ablandamiento de las partículas de metal y después se pulverizan utilizando un gas propulsante, provocando así que las partículas de metal impacten en el sustrato en estado sólido, formando un revestimiento o capa. Siempre que la velocidad de colisión de las partículas pulverizadas en frío sea mayor que una determinada velocidad fija (la velocidad crítica), la energía cinética de las partículas hace que éstas experimenten una deformación plástica, lo que permite que comience la formación del revestimiento. Esta velocidad crítica varía según el metal o aleación utilizado para las partículas y la temperatura de transición vítrea del sustrato, así como el tamaño de las partículas. En la presente descripción, la presión de pulverización del gas propulsante anterior se selecciona de manera que la velocidad de colisión de las partículas de metal que golpean la pieza compuesta termoplástica alcance una velocidad crítica asociada al metal utilizado y el sustrato de la pieza compuesta termoplástica, y típicamente se establece en un valor que varía entre 100 psi y 400 psi (entre 690 kPa y 2800 kPa) o entre aproximadamente 100 psi y aproximadamente 400 psi (entre aproximadamente 690 kPa y aproximadamente 2800 kPa).

La temperatura de calentamiento del gas propulsante que comprende las partículas de metal normalmente se selecciona apropiadamente de acuerdo con los materiales que se utilizan, y típicamente se establece en un valor que varía entre 100 °C y 500 °C (o entre aproximadamente 100 °C y aproximadamente 500 °C). En algunos ejemplos, el flujo de gas utiliza un gas que tiene una presión que varía entre 100 psi y 400 psi (entre 690 kPa y 2800 kPa) o entre aproximadamente 100 psi y aproximadamente 400 psi (entre aproximadamente 690 kPa y aproximadamente 2800 kPa), para así proporcionar una temperatura por debajo del punto de fusión de las partículas de metal. En algunos ejemplos, la temperatura oscila entre 100 °C y 500 °C (o entre aproximadamente 100 °C y aproximadamente 500 °C). Estas condiciones proporcionan una eficiente aceleración de las partículas de metal y reducen los efectos térmicos y químicos sobre la superficie del sustrato. Por ejemplo, la corriente de gas tiene una temperatura y presión ajustadas para evitar un ablandamiento térmico significativo o una ablación significativa de la superficie del sustrato, cuya superficie puede comprender, por ejemplo, una capa aislante electroquímica o una pieza compuesta termoplástica. El término "significativo" tal como se utiliza aquí en las frases "ablandamiento térmico significativo" y "ablación significativa" se define para referirse a cantidades, o en un grado, que da como resultado una distorsión geométrica de la pieza compuesta o que, de otro modo, afecta indeseablemente a la integridad estructural de la pieza compuesta.

Puede utilizarse aire o nitrógeno fácilmente disponible como gas para formar una corriente de gas para reducir los efectos de oxidación y reducir los costes. El aire o el nitrógeno permiten regular la velocidad de las partículas de metal dentro de un rango de velocidad subsónica a supersónica, por ejemplo, entre 300 y 1200 m/s. El control de la velocidad de las partículas puede lograrse calentando el gas y también permite regular la velocidad de las partículas dentro de amplios límites.

Un aparato para llevar a cabo el procedimiento para aplicar un revestimiento puede comprender un alimentador dosificador de polvo que tiene una carcasa que incorpora una tolva para contener las partículas de metal. En algunos ejemplos, la tolva está formada como un tambor que presenta unas depresiones en su superficie cilíndrica para dosificar las partículas de metal y presentar el polvo a una cámara de mezcla provista de una boquilla configurada para acelerar las partículas de metal. Una fuente de gas comprimido está conectada a la cámara de mezcla. Un controlador de flujo de partículas de metal está conectado operativamente a la superficie cilíndrica del tambor, proporcionando un espacio que da como resultado un caudal deseado de las partículas. A la cámara de

mezcla puede conectarse una boquilla intermedia que se comunica, a través de un tubo de entrada, con la fuente de gas comprimido. En algunos ejemplos, se utiliza como aparato de pulverización en frío un sistema CenterLine (Windsor) Limited (Ontario, Canadá), con robótica.

El procedimiento que se describe prevé la aplicación de un revestimiento o capa de metal conductor a la superficie de un compuesto termoplástico, tal como un FRP. Las partículas tienen un tamaño de, por ejemplo, entre 1 y 50 micras en una cantidad que proporciona una densidad de caudal másico de las partículas adecuada para proporcionar sobre la superficie del sustrato una capa metálica continua, discontinua, o con patrón que sea densa y de bajo volumen de micro-huecos para optimizar la conductividad del revestimiento. La capa metálica resultante es uniforme, sin transformaciones de fase, y generalmente conforme a la rugosidad de la superficie del sustrato. Las capas metálicas resultantes resisten el agrietamiento, presentan una microdureza similar a la del metal, y muestran una resistencia cohesiva y adhesiva suficientemente buena para evitar la deslaminación del compuesto termoplástico durante un proceso de moldeo posterior, el cual se describe con mayor detalle a continuación. Un tamaño de partícula inferior a 1 micra no es deseable, ya que puede no ser posible lograr un estado de pulverización estable. Si el tamaño de las partículas supera las 50 micras, entonces la deposición uniforme de las partículas resulta problemática.

En la presente descripción pueden utilizarse como partículas de metal para la pulverización en frío partículas de metal comparativamente blandas (como, por ejemplo, una dureza de Mohs < 4). En algunos ejemplos, las partículas pueden comprender por lo menos un metal seleccionado entre aluminio, cobre, oro y plata. Ejemplos de metales que comprenden aluminio, cobre, oro y plata incluyen cobre elemental, oro elemental, plata elemental, aluminio elemental, o aleaciones de cualquiera de estos metales primarios con uno o más metales de aleación diferentes, tales como Si, Mg, Au, Ag, Cu, Al, y Zn, que son distintos del metal primario seleccionado y donde las aleaciones presentan la dureza y adhesión deseadas a compuestos termoplásticos tales como los FRPs. En algunos ejemplos, se emplea pulverización en frío utilizando aluminio elemental o partículas de aleación de aluminio para formar la capa metálica sobre la pieza compuesta termoplástica. Las aleaciones de aluminio pueden ser cualquier aleación adecuada que proporcione la dureza y adhesión deseadas, incluyendo aleaciones de aluminio que incluyen uno o más elementos elegidos entre Cu, Si, Mg, Au, Ag, y Zn, tales como, por ejemplo, aleaciones de aluminio de las series 1100, 1199, 2000, 6000 y 7000. Para los objetivos de la presente descripción, los términos aluminio elemental, cobre elemental, oro elemental, y plata elemental se definen como que tienen, respectivamente, un contenido de aluminio, cobre, oro o plata que es de un 99% en peso o superior. Por lo tanto, el aluminio elemental se define aquí como entre un 99% y el 100% en peso de aluminio puro.

El grosor de la capa metálica resultante en la pieza compuesta termoplástica puede ser cualquier grosor deseado. En algunos ejemplos, el grosor de la capa metálica puede ser: entre 0,01 milipulgadas y 20 milipulgadas, tal como entre 0,05 milipulgadas y 14 milipulgadas, o entre 0,1 mil y 5 milipulgadas, o entre 0,1 milipulgadas y 2 milipulgadas; o entre aproximadamente 0,01 milipulgadas y aproximadamente 20 milipulgadas, tal como entre aproximadamente 0,05 milipulgadas y aproximadamente 14 milipulgadas, o entre aproximadamente 0,1 milipulgadas y aproximadamente 5 milipulgadas, o entre aproximadamente 0,1 milipulgadas y aproximadamente 2 milipulgadas; o entre 0,25 micras y 510 micras, tal como entre 1,3 micras y 360 micras, o entre 2,5 micras y 130 micras, o entre 2,5 micras y 51 micras; o entre aproximadamente 0,25 micras y aproximadamente 510 micras, tal como entre aproximadamente 1,3 micras y aproximadamente 360 micras, o entre aproximadamente 2,5 micras y aproximadamente 130 micras, o entre aproximadamente 2,5 micras y aproximadamente 51 micras. Un grosor de sólo 0,05 milipulgadas (1,3 micras) permitirá que la pintura se adhiera al compuesto termoplástico metalizado. Un grosor entre aproximadamente 1 milipulgadas (25 micras) y 14 milipulgadas (360 micras) puede proporcionar un nivel deseado de resistencia superficial a EMI o protección contra rayos, blindaje contra interferencias electromagnéticas, blindaje contra emisiones electromagnéticas, o protección contra rayos. En algunos ejemplos en los que la pieza compuesta termoplástica se utiliza como estructura del ala principal de un avión que presenta resistencia a los rayos, el grosor de la capa metálica puede ser, por ejemplo, no menos de 1 milipulgadas (25 micras) y no más de 10 milipulgadas (250 micras), por ejemplo, para no contribuir innecesariamente al peso de la estructura. La capa metálica mantiene la carga eléctrica en la superficie conductora del avión (por ejemplo, en la capa metálica) y alejada de la parte compuesta (por ejemplo, fibra de carbono u otro material) de la pieza compuesta, reduciendo así los problemas de brillo en los bordes. Un brillo reducido o nulo en los bordes reduce en gran medida el peligro de encender el combustible y ayuda a aislar los componentes electrónicos.

La figura 2 ilustra un ejemplo de una pieza compuesta metalizada que comprende una pieza compuesta termoplástica 100 como sustrato y una capa metálica 102. La pieza compuesta termoplástica 100 puede comprender cualquiera de los materiales termoplásticos citados anteriormente que contienen uno o más de los materiales rellenos o de refuerzo citados (por ejemplo, un compuesto termoplástico). La capa metálica 102 puede comprender cualquiera de los metales que se han descrito aquí para pulverización en frío. En algunos ejemplos, la capa metálica 102 es aluminio o una aleación de aluminio. En algunos ejemplos, la pieza compuesta termoplástica 100 es PEKK reforzado con fibra de carbono o fibra de vidrio o PEEK reforzado con fibra de carbono o fibra de vidrio.

Capa metálica adicional

En algunos ejemplos, la presente descripción comprende, además, introducir una capa metálica adicional opcional en por lo menos una parte de la primera capa metálica pulverizada en frío. En algunos ejemplos, la capa metálica adicional tiene una composición de metal distinta a la de la primera capa metálica pulverizada en frío. Por ejemplo, la capa metálica adicional puede ser un revestimiento pulverizado en frío o pulverizado térmicamente sobre por lo menos una parte del primer revestimiento de metal pulverizado en frío. En algunos ejemplos, la capa metálica adicional puede aplicarse utilizando, por ejemplo, deposición química de vapor, deposición de plasma atmosférico, deposición de metal fundido o cualquier otra técnica de deposición adecuada.

La capa metálica adicional puede comprender, por ejemplo, por lo menos un metal seleccionado entre Ag, Al, Au, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Mo, Pd, Pt, Rh, Ru, Sn, Ti, W, Zn, y Zr. Por ejemplo, la capa metálica adicional puede ser metales elementales seleccionados de cualquiera de Ag, Al, Au, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Mo, Pd, Pt, Rh, Ru, Sn, Ti, W, Zn, Zr y aleaciones de los mismos (por ejemplo, mezclas aleadas de dos o más de los metales indicados anteriormente en este párrafo). En algunos ejemplos, la capa metálica adicional comprende níquel elemental o aleación de níquel pulverizado en frío o pulverizado térmicamente.

La figura 3 muestra una vista en sección transversal de una pieza compuesta metalizada que comprende una pieza compuesta termoplástica 100 que tiene una capa metálica 102 y una capa metálica adicional 104. La capa metálica 102 y la capa metálica adicional 104 pueden comprender cualquiera de los metales indicados anteriormente para cada una de esas capas. En algunos ejemplos, la capa metálica 102 es aluminio o una aleación de aluminio y la capa metálica adicional 104 es níquel. La pieza compuesta termoplástica puede comprender cualquiera de los materiales descritos aquí para utilizarse como compuesto termoplástico. En algunos ejemplos, la pieza compuesta termoplástica 100 es PEKK reforzado con fibra de carbono o fibra de vidrio o PEEK reforzado con fibra de carbono o fibra de vidrio.

Capa aislante electroquímica

En cualquiera de los ejemplos descritos aquí, puede proporcionarse opcionalmente una capa aislante electroquímica entre la superficie de la pieza compuesta termoplástica y la capa metálica depositada por pulverización en frío. Materiales de ejemplo de la capa aislante electroquímica incluyen materiales no conductores, tales como fibra de vidrio, polímeros y cerámicas. Materiales de ejemplo de la capa aislante electroquímica incluyen, entre otros: polímeros no conductores (por ejemplo, PEEK o PEKK) con o sin rellenos; tejidos, polímeros, y termofraguados impregnados con fibras no conductoras; o revestimientos que contienen materiales reforzados con fibras no conductores, tales como compuestos termoplásticos que comprenden cualquiera de los materiales termoplásticos descritos aquí como material de matriz y que tienen materiales reforzados con fibras eléctricamente no conductores dispuestos en el material de matriz. En algunos ejemplos, la capa aislante electroquímica está impregnada de fibra de vidrio (Si_xO_y). En otros ejemplos, la capa aislante electroquímica es un compuesto de metal-óxido de metal, tal como aluminio-óxido de aluminio ($\text{Al-Al}_2\text{O}_3$), o es óxido de titanio (TiO_2), oxicarbono de silicio (SiO_xC_y) y similares. En otros ejemplos, la capa aislante electroquímica es una aleación de carburo cementado, tal como una aleación de carburo de tungsteno y cobalto níquel (WC-Co-Ni). En algunos ejemplos, la capa aislante electroquímica puede aplicarse a la superficie de la pieza compuesta termoplástica utilizando, por ejemplo, deposición química de vapor, deposición de plasma atmosférico, deposición de metal fundido, o mediante fibra de vidrio curable u otras pinturas termoestables reforzadas con fibra no conductora, o revestimientos, o mediante cualquier otra técnica de deposición adecuada.

La figura 4 muestra una vista en sección transversal de un compuesto termoplástico metalizado que comprende una parte de compuesto termoplástico 100 que tiene una capa aislante electroquímica 106 dispuesta sobre la misma. La capa aislante electroquímica 106 puede comprender cualquiera de los materiales aislantes electroquímicos descritos aquí. Sobre la capa aislante electroquímica 106 se dispone una capa metálica 102. La capa metálica 102 puede comprender cualquiera de los metales descritos aquí para su deposición mediante técnicas de pulverización en frío. La pieza compuesta termoplástica 100 puede comprender cualquiera de los materiales compuestos termoplásticos descritos aquí. En algunos ejemplos, la pieza compuesta termoplástica 100 comprende PEKK reforzado con fibra de carbono o fibra de vidrio o PEEK reforzado con fibra de carbono o fibra de vidrio, la capa aislante electroquímica 106 es una fibra de vidrio (o un termofraguado reforzado con fibra de vidrio curable), o pintura, y la capa metálica 102 es aluminio elemental o aleación de aluminio.

La figura 5 muestra una vista en sección transversal de un compuesto termoplástico metalizado que comprende una parte compuesta termoplástica 100, una capa aislante electroquímica 106, una capa metálica pulverizada en frío 102 y una capa metálica adicional 104. Puede emplearse cualquiera de los materiales descritos aquí para utilizarse como pieza compuesta termoplástica 100, capa aislante electroquímica 106, capa metálica pulverizada en frío 102, y capa metálica adicional 104. En algunos ejemplos, la pieza compuesta termoplástica 100 es PEKK reforzado con fibra o PEEK reforzado con fibra, la capa aislante electroquímica 106 es fibra de vidrio, la capa metálica 102 es aluminio

elemental o aleación de aluminio y la capa metálica adicional 104 es níquel. En otros ejemplos, la parte compuesta termoplástica 100 es PEKK reforzado con fibra de carbono o fibra de vidrio o PEEK reforzado con fibra de carbono o fibra de vidrio, la capa aislante electroquímica 106 es un tejido de fibra de vidrio (o termofraguado reforzado con fibra de vidrio curable), fibra de carbono o de vidrio impregnada con epoxi, o pintura no conductora, la capa metálica 102 es aluminio elemental o aleación de aluminio, y la capa metálica adicional 104 es níquel.

Después de metalizar la pieza compuesta, tal como se muestra, por ejemplo, en las figuras 2 a 5, el proceso de la presente descripción incluye moldear la pieza compuesta metalizada para introducir una curvatura, tal como se muestra en 30 de la figura 1. Haciendo referencia a 40 en la figura 6, el proceso de moldeo incluye calentar la pieza compuesta metalizada para ablandar el compuesto termoplástico y opcionalmente aumentar la ductilidad de la capa metálica pulverizada en frío y/o la capa metálica adicional antes del moldeo. Después se da forma a la pieza compuesta, por ejemplo, mediante moldeo por compresión (denominado a veces estampado por compresión) para introducir la curvatura, tal como se muestra en 50 en la figura 6. Podrían emplearse otras técnicas para dar forma al compuesto.

En algunos ejemplos, el calentamiento de la pieza compuesta termoplástica metalizada puede llevarse a cabo a cualquier temperatura que permita un ablandamiento suficiente de la pieza compuesta para el moldeo, sin degradar significativamente el compuesto termoplástico. El calentamiento también puede emplearse a una temperatura suficientemente elevada y durante un período de tiempo suficientemente largo para aumentar la ductilidad de la capa metálica en comparación con la ductilidad de la capa metálica antes del recocido. De esta manera, puede reducirse o eliminarse el agrietamiento de la capa metálica durante el moldeo. Como ejemplo, el calentamiento puede llevarse a cabo a una temperatura de recocido que varía entre 315 °C y aproximadamente 400 °C (o entre aproximadamente 315 °C y aproximadamente 400 °C), tal como entre 345 °C y 390 °C (o entre aproximadamente 345 °C y aproximadamente 390 °C), o entre 360 °C y 380 °C (o entre aproximadamente 360 °C y aproximadamente 380 °C). Pueden emplearse temperaturas superiores a 400 °C si el material termoplástico puede soportar las temperaturas sin degradarse. La temperatura de recocido para calentar la pieza compuesta metalizada se mantiene durante un período de tiempo que varía entre 30 segundos y 30 minutos (o entre aproximadamente 30 segundos y aproximadamente 30 minutos), tal como entre 1 minuto y 20 minutos (o entre aproximadamente 1 minuto y aproximadamente 20 minutos) o entre 2 minutos y 10 minutos (o entre aproximadamente 2 minutos y aproximadamente 10 minutos). El calentamiento puede llevarse a cabo utilizando cualquier técnica de calentamiento adecuada, tal como, por ejemplo, utilizando un horno (por ejemplo, un horno de infrarrojos u otro), utilizando un láser o calentamiento por inducción.

También pueden emplearse otros procedimientos para aumentar la ductilidad de la capa metálica y/o para evitar de otro modo el agrietamiento de la capa metálica durante el proceso de moldeo. Por ejemplo, el procedimiento puede comprender, además, calentar las partículas que comprenden por lo menos un metal (denominadas a veces aquí "partículas de metal") que se utilizan para el proceso de pulverización en frío antes del depósito de la capa metálica 102. El calentamiento de las partículas de metal puede tener lugar a cualquier temperatura, lo que aumentará la ductilidad del metal. Ejemplos de dichas temperaturas de recocido varían entre 315 °C y 500 °C (o entre aproximadamente 315 °C y aproximadamente 500 °C), tal como entre 340 °C y 450 °C (o entre aproximadamente 340 °C y aproximadamente 450 °C), o entre 350 °C y 400 °C (o entre aproximadamente 350 °C y aproximadamente 400 °C) durante un período de tiempo que varía entre 30 segundos y 30 minutos (o entre aproximadamente 30 segundos y aproximadamente 30 minutos), tal como entre 1 minuto y 20 minutos (o entre aproximadamente 1 minuto y aproximadamente 20 minutos) o entre 2 minutos y 10 minutos (o entre aproximadamente 2 minutos y aproximadamente 10 minutos). Todavía otros procedimientos para prevenir o reparar el agrietamiento de la capa metálica 102 pueden incluir recocido posterior del metal después del moldeo, elegir metales suficientemente dúctiles para las partículas de metal, ajustar el grosor de la capa metálica para tener en cuenta el adelgazamiento de la capa metálica durante el moldeo, emplear un proceso de moldeo menos agresivo y/o aumentar el radio de curvatura de una curva obtenida durante el moldeo de la pieza resultante, etc.

Las figuras 7 y 8 muestran unos ejemplos de piezas compuestas metalizadas 130 después de que se ha producido el moldeo. El proceso de moldeo puede aplicar una curva a la pieza compuesta que presenta cualquier radio de curvatura deseado, R , donde el radio de curvatura para cualquier pieza compuesta metalizada moldeada 130 se mide en un punto determinado en la superficie de la pieza compuesta metalizada moldeada 130 con el radio de curvatura más pequeño en el que se forma la capa metálica 102, definiéndose el radio de curvatura, R , como el radio de un círculo que toca la superficie de la pieza compuesta metalizada moldeada 130 en el punto determinado y tiene la misma tangente y curvatura en ese punto. Rangos de ejemplo para un radio de curvatura incluyen entre 100 metros y 1 mm, o entre 50 metros y 0,5 cm, o entre 10 metros y 1 cm, o entre 5 metros y 1 cm. En algunos casos, puede ser deseable elegir un radio de curvatura mayor para evitar la formación de defectos en la capa metálica 102 durante el moldeo. Por ejemplo, puede ser deseable un radio de curvatura que oscile entre 100 m y 0,5 cm (o entre aproximadamente 100 m y aproximadamente 0,5 cm), o entre 100 m y 1 cm (o entre aproximadamente 100 m y aproximadamente 1 cm), o entre 100 m y 2 cm (o entre aproximadamente 100 m y aproximadamente 2 cm), o entre 100 m y aproximadamente 4 cm (o entre aproximadamente 100 m y aproximadamente 4 cm). La superficie curva

puede incluir un único radio de curvatura o ser más compleja, tal como una superficie que incluya muchas curvaturas con muchos radios de curvatura diferentes.

La pieza compuesta metalizada puede moldearse para incluir una curvatura de cualquier ángulo deseado, Θ , en el que el ángulo se mide respecto a dos puntos en la superficie de la pieza compuesta metalizada moldeada 130 en los que las líneas tangentes a esos puntos tienen el ángulo de intersección más pequeño para la pieza compuesta metalizada moldeada 130. Ejemplos de dichas líneas tangentes se muestran como líneas discontinuas que son tangentes en los puntos X e Y de las figuras 7 y 8, donde las posiciones de X e Y se eligen puesto que dan lugar al valor más pequeño para Θ . El ángulo, Θ , puede oscilar, por ejemplo, entre 0° y menos de 180° ; o entre 5° y 175° , o entre 15° y 165° , o entre 30° y 150° , o entre 45° y 135° , o entre 60° y 120° ; o entre aproximadamente 5° y aproximadamente 175° , o entre aproximadamente 15° y aproximadamente 165° , o entre aproximadamente 30° y aproximadamente 150° , o entre aproximadamente 45° y aproximadamente 135° , o entre aproximadamente 60° y aproximadamente 120° .

Un ejemplo de la presente descripción va dirigido a un artículo moldeado recubierto de metal pulverizado en frío, tal como los ilustrados en las figuras 7 y 8. El artículo comprende una pieza compuesta termoplástica 100 que tiene por lo menos una superficie. Sobre la pieza compuesta termoplástica 100 hay presente una capa metálica 102, la cual se ha depositado mediante un proceso de pulverización en frío. La capa metálica 102 puede tener una deformación 150 (figura 13), tal como una variación en el grosor de la capa en la curvatura, o un aumento o una disminución del grosor de la capa metálica producido al moldear la pieza compuesta termoplástica 100 junto con la capa metálica 102. Por ejemplo, el grosor, Tx, de la capa metálica 102 en la deformación 150 producida durante el moldeo puede ser menor que el grosor de la capa metálica 102 en ese mismo punto antes del moldeo. El grosor, Tx, en la curvatura también puede ser diferente (por ejemplo, más delgado o más grueso) que en partes de la capa metálica que no se doblan durante el moldeo, tal como también puede apreciarse en la figura 13.

Opcionalmente, entre la parte compuesta termoplástica 100 y la capa metálica 102 se dispone una capa aislante electroquímica, tal como se ha descrito anteriormente aquí. El artículo también incluye opcionalmente por lo menos una capa metálica adicional, tal como también se ha descrito anteriormente, donde por lo menos una parte de la capa metálica 102 queda intercalada entre por lo menos una capa metálica adicional y la pieza compuesta termoplástica 100. El artículo recubierto de metal pulverizado en frío tiene un aumento en una o más propiedades seleccionadas entre resistencia a EMI, protección contra la erosión, protección contra rayos, blindaje contra interferencias electromagnéticas, blindaje contra emisión electromagnética, y protección contra rayos en comparación con la misma pieza compuesta termoplástica sin la capa de metal pulverizada en frío.

En algunos ejemplos, la pieza compuesta termoplástica tal como se describe aquí es un componente o parte de un vehículo aeroespacial. En algunos ejemplos, la aplicación del proceso actualmente descrito está dirigida a una superficie externa de un vehículo aeroespacial. Con referencia a la figura 9, se muestra una aplicación del procedimiento actualmente descrito en un vehículo aeroespacial 200, mediante el cual una superficie de sustrato de vehículo compuesta por una pieza compuesta termoplástica tal como, por ejemplo, FRP, se somete al procedimiento actualmente descrito. Se muestra una vista en despiece 9A que tiene una superficie de sustrato de vehículo 210 con una capa aislante electroquímica 106 y un revestimiento o capa metálica 102 dispuesta sobre una pieza compuesta termoplástica 100 para aplicar resistencia eléctrica a EMI o protección contra rayos, protección contra la erosión, protección contra interferencias electromagnéticas, blindaje contra emisiones electromagnéticas, o protección contra rayos en la superficie del polímero, así como resistencia a la interacción galvánica y electroquímica entre el metal pulverizado en frío y la pieza compuesta termoplástica. Alternativamente, podría emplearse cualquiera de las combinaciones de capas descritas para las figuras 2, 3 y 5 en lugar de las capas ilustradas en la vista en despiece 9A.

El proceso y los compuestos resultantes de la presente descripción no se limitan a aplicaciones aeroespaciales. Más bien, el proceso y los compuestos pueden utilizarse en cualquier otra aplicación para la que puedan emplearse piezas compuestas metalizadas. Ejemplos de aplicaciones incluyen piezas para automóviles, trenes y vehículos marinos (por ejemplo, piezas compuestas para barcos y cascos de barcos).

Ejemplos

Ejemplo 1: Panel pulverizado en frío con estampado por compresión

Se pulverizó en frío aluminio sobre un panel compuesto termoplástico plano de 2 pies por 1 pie (61 cm por 30 cm) utilizando las condiciones establecidas en la siguiente Tabla 1. El panel compuesto termoplástico incluía 2 láminas de fibra de vidrio PEKK BMS8-399 y BMS8-429. En ambos lados del panel se depositó una capa metálica 102 de aluminio que tenía un área de 4 pulgadas por 6 pulgadas (10 cm por 15 cm), o aproximadamente 4 pulgadas por aproximadamente 6 pulgadas (aproximadamente 10 cm por aproximadamente 15 cm), mediante el proceso de pulverización en frío. La figura 10 muestra la capa de aluminio pulverizado en un lado del panel compuesto.

Tabla 1 - Condiciones utilizadas para pulverizar frío Al en panel

Modelo y número de serie de equipo de polvo	Modelo AT-1200, número de serie RPFT 100493
Suministro de gas a alimentador de polvo	Aire entre 90 y 100 psig (entre 620 kPa y 690 kPa)
Presión alimentador de polvo	80 psig (550 kPa)
Caudal de gas alimentador de polvo	22 SCFH a 80 psig (550 kPa)
Tamaño de la rueda de polvo	320 orificios
Velocidad de alimentación de polvo	% alimentación tolva SST nº 3 = 20 % (10 % = 2,0 rpm/2,1 gpm, 15 % = 4,7 rpm/4 gpm, 20 % = 7,4 rpm/8,7 gpm)
Configuración pistola pulverizadora SST	Centerline SST
Boquilla de pistola pulverizadora	Boquilla de acero inoxidable
Tipo de pistola (manual o robot)	Pistola robot
Distancia de boquilla de pistola pulverizadora	Entre 0,5 y 1,0 pulgadas (entre 1,3 y 2,5 cm)
Velocidad de desplazamiento	100 mm/seg
Incremento de paso	2 mm
Suministro de gas a pistola pulverizadora	Aire de túnel de viento
Presión de pistola	200 psig (1400 kPa)
Temperatura de pistola	350 °C
Procedimiento de precalentamiento	Ninguno
Grosor de depósito objetivo	~2-4 milipulgadas (~51-102 micras)
Número de pasadas	una según sea necesario para obtener el grosor del depósito
Procedimiento de enfriamiento	Ninguno

5 El panel con una capa metálica 102 que comprende aluminio elemental en ambas superficies principales pasó por un ciclo de 8 minutos en un horno de infrarrojos (IR), pero sólo habrían pasado 2,5 minutos (o aproximadamente 2,5 minutos) en la zona de fusión de 360-380 °C. Después se transfirió a una herramienta a 240 °C en la que se estampó por compresión. El estampado por compresión incluyó mantenerlo durante 4 minutos a 600 psi (4100 kPa).

10 En las figuras 11 y 12 se muestra el panel estampado resultante. Tal como se muestra en la figura 11, la capa metálica 102 en el interior de la curvatura no mostró signos de defectos, aglomeraciones o desprendimientos, lo cual es notable. Tal como se muestra en la figura 12, la capa metálica 102 en el exterior de la curvatura mostró grietas por separación 220 debido al alargamiento del metal sobre un radio de curvatura ajustado, pero no se produjo deslaminación del metal. Con una mayor optimización de las condiciones del molde o técnicas de recocido para mejorar la ductilidad del aluminio, podría hacerse que el revestimiento metálico en el exterior de la curvatura permita
15 que el metal se estire con el compuesto termoplástico sin agrietarse. Además, sería mucho más fácil que el metal perdure en el exterior de la curvatura con una curva de mayor radio.

La capacidad para moldear un material compuesto con un revestimiento de metal puro o de aleación de metal es significativa. A menudo, los materiales diferentes pierden su unión entre sí o se rompen durante dichos procesos de
20 moldeo. Es notable que el revestimiento de metal perdurara sin deslaminación.

Se presenta un procedimiento para moldear una pieza compuesta metalizada, comprendiendo el procedimiento: introducir partículas que comprenden por lo menos un metal en una corriente de gas; dirigir la corriente de gas hacia una superficie de una pieza compuesta termoplástica, depositando así una capa metálica sobre la pieza compuesta
25 para formar una pieza compuesta metalizada; y moldear la pieza compuesta metalizada para introducir una curvatura sin deslaminación de la capa metálica de la pieza compuesta metalizada.

Puede seleccionarse por lo menos un metal entre aluminio, cobre, oro y plata.

30 La pieza compuesta termoplástica puede comprender un termoplástico y uno o más materiales de relleno. El uno o más materiales de relleno pueden elegirse entre nanotubos de carbono, fibras inorgánicas, fibras de carbono, fibras de grafito, fibras de vidrio tejidas, fibras de vidrio no tejidas, fibras cerámicas, fibras de alúmina, fibras de boro, fibras de metal, fibras metalizadas, fibras de vidrio recubiertas de metal, fibras de alúmina recubiertas de metal, fibras de boro recubiertas de metal, partículas de carbono, partículas de grafito, partículas de metal, partículas de vidrio, fibras
35 orgánicas y combinaciones de las mismas.

La capa metálica puede aplicar resistencia eléctrica a EMI o protección contra rayos, protección contra erosión, blindaje contra interferencias electromagnéticas, blindaje contra emisiones electromagnéticas, o protección contra rayos a la parte compuesta metalizada.
40

El procedimiento puede comprender, además, calentar la capa metálica a una temperatura de recocido que varía entre 315 °C y 400 °C o entre aproximadamente 315 °C y aproximadamente 400 °C. El calentamiento puede producirse antes del moldeo de la capa metálica y/o la temperatura de recocido puede mantenerse durante un período de tiempo que varía entre 30 segundos y 30 minutos entre aproximadamente 30 segundos y aproximadamente 30 minutos.

El procedimiento puede comprender, además, calentar las partículas antes del depósito de la capa metálica a una temperatura de recocido que oscila entre 315 °C y 400 °C o entre aproximadamente 315 °C y aproximadamente 400 °C para aumentar la ductilidad de la capa metálica.

La capa metálica puede tener un grosor que varía entre 0,01 milipulgadas y 20 milipulgadas (entre 0,25 micras y 510 micras) o entre aproximadamente 0,01 milipulgadas y aproximadamente 20 milipulgadas (entre aproximadamente 0,25 micras y aproximadamente 510 micras).

La capa metálica puede permitir que el compuesto pueda pintarse.

La capa metálica puede proporcionar a la pieza compuesta termoplástica protección a UV.

El procedimiento puede comprender, además, recubrir por pulverización en frío o recubrir por pulverización térmica sobre la capa metálica por lo menos una capa metálica adicional distinta de la capa metálica. La por lo menos una capa metálica adicional puede comprender por lo menos un metal seleccionado entre Ag, Al, Au, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Mo, Pd, Pt, Rh, Ru, Sn, Ti, W, Zn, y Zr.

Entre la pieza compuesta termoplástica y la capa metálica puede disponerse una capa aislante electroquímica. La corriente de gas puede tener una temperatura y una presión ajustadas para evitar un ablandamiento térmico significativo o una ablación significativa de la superficie de la capa aislante electroquímica.

Sin perjuicio de que los rangos numéricos y los parámetros que establecen el amplio alcance de la descripción son aproximaciones, los valores numéricos indicados en los ejemplos específicos se presentan con la mayor precisión posible. Cualquier valor numérico, sin embargo, contiene inherentemente ciertos errores que necesariamente resultan de la desviación estándar que se produce en sus respectivas mediciones de prueba. Además, debe entenderse que todos los rangos descritos aquí abarcan todos y cada uno de los subrangos contenidos en los mismos.

Si bien las presentes enseñanzas se han ilustrado respecto a uno o más ejemplos, pueden realizarse alteraciones y/o modificaciones en los ejemplos ilustrados sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Además, aunque una característica particular de las presentes enseñanzas pueda haberse descrito respecto a sólo uno de varios ejemplos, dicha característica puede combinarse con una o más características de los otros ejemplos según se desee y sea ventajoso para cualquier función determinada o particular. Además, en la medida en que los términos "incluyendo", "incluye", "presentando", "presenta", "con", o variantes de los mismos, se utilizan en la descripción detallada y en las reivindicaciones, se pretende que dichos términos sean inclusivos de una manera similar al término "comprendiendo". Además, en la descripción y las reivindicaciones aquí contenidas, el término "aproximadamente" indica que el valor enumerado puede modificarse en cierta medida, siempre y cuando la alteración no dé como resultado una no conformidad del proceso o estructura con el propósito previsto descrito aquí. Finalmente, "de ejemplo" indica que la descripción se utiliza como ejemplo, en lugar de implicar que se trata de un ideal.

Se apreciará que pueden combinarse variantes de las características y funciones descritas anteriormente y otras, o alternativas de las mismas, en muchos otros sistemas o aplicaciones diferentes. Los expertos en la materia pueden realizar posteriormente varias alternativas, modificaciones, variaciones, o mejoras actualmente imprevistas o inesperadas que también se pretende que queden incluidas en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para moldear una pieza compuesta metalizada (130), comprendiendo el procedimiento:

- 5 introducir partículas de metal en una corriente de gas, donde las partículas de metal tienen un tamaño entre 1 y 50 micras;
dirigir la corriente de gas hacia una superficie de una pieza compuesta termoplástica (100), pulverizando en frío, de este modo, la pieza compuesta (100) depositando una capa metálica (102) sobre la pieza compuesta (100) para formar una pieza compuesta metalizada (130); y
- 10 moldear la pieza compuesta metalizada (130) para introducir una curvatura sin deslaminación de la capa metálica (102) de la pieza compuesta metalizada (130), en el que el por lo menos un metal se selecciona opcionalmente entre aluminio, cobre, oro y plata;
en el que la pieza compuesta termoplástica (100) comprende un termoplástico y uno o más materiales de relleno.
- 15 2. Procedimiento de la reivindicación 1, en el que uno o más materiales de relleno se seleccionan entre nanotubos de carbono, fibras inorgánicas, fibras de carbono, fibras de grafito, fibras de vidrio tejidas, fibras de vidrio no tejidas, fibras cerámicas, fibras de alúmina, fibras de boro, fibras de metal, fibras metalizadas, fibras de vidrio recubiertas de metal, fibras de alúmina recubiertas de metal, fibras de boro recubiertas de metal, partículas de carbono, partículas de grafito, partículas de metal, partículas de vidrio, fibras orgánicas y combinaciones de las mismas.
- 20 3. Procedimiento de la reivindicación 1 o 2, que comprende, además, calentar la capa metálica (102) a una temperatura de recocido que oscila entre aproximadamente 315 °C y aproximadamente 400 °C.
- 25 4. Procedimiento de la reivindicación 3, en el que la temperatura de recocido oscila entre aproximadamente 345 °C y aproximadamente 400 °C.
5. Procedimiento de la reivindicación 3 o 4, en el que el calentamiento se produce antes del moldeo de la capa metálica (102).
- 30 6. Procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que la temperatura de recocido se mantiene durante un período de tiempo que oscila entre aproximadamente 30 segundos y aproximadamente 30 minutos.
7. Procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1-6, que comprende, además, calentar las partículas antes de depositar la capa metálica (102) a una temperatura de recocido que oscila entre aproximadamente 315 °C y aproximadamente 400 °C para aumentar la ductilidad de la capa metálica (102).
- 35 8. Procedimiento de la reivindicación 7, en el que la temperatura de recocido oscila entre aproximadamente 345 °C y aproximadamente 400 °C.
- 40 9. Procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que la capa metálica (102) tiene un grosor que oscila entre aproximadamente 0,01 milipulgadas y aproximadamente 20 mil (entre aproximadamente 0,25 micras y aproximadamente 510 micras).
- 45 10. Procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1-9, que comprende, además, recubrir por pulverización en frío o recubrir por pulverización térmica sobre la capa metálica (102) por lo menos una capa metálica adicional (104) distinta de la capa metálica (102).
- 50 11. Procedimiento de la reivindicación 10, en el que la por lo menos una capa metálica adicional (104) comprende por lo menos un metal seleccionado entre Ag, Al, Au, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Mo, Pd, Pt, Rh, Ru, Sn, Ti, W, Zn y Zr.
- 55 12. Procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en el que, entre la pieza compuesta termoplástica (100) y la capa metálica (102), se dispone una capa aislante electroquímica (106), en el que la corriente de gas tiene una temperatura y una presión preferiblemente ajustadas para evitar un ablandamiento térmico significativo o una ablación significativa de la superficie de la capa aislante electroquímica (106).
- 60 13. Procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1-12, en el que la pieza compuesta metalizada (130) es una pieza de avión.
14. Procedimiento de la reivindicación 13, en el que la pieza de avión forma una superficie externa de un avión.
15. Procedimiento para aplicar resistencia a EMI eléctrica o protección contra rayos a una pieza compuesta termoplástica (100), que comprende el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en el que la capa metálica (102) aplica a la pieza compuesta termoplástica (100) resistencia a EMI eléctrica o protección contra rayos.

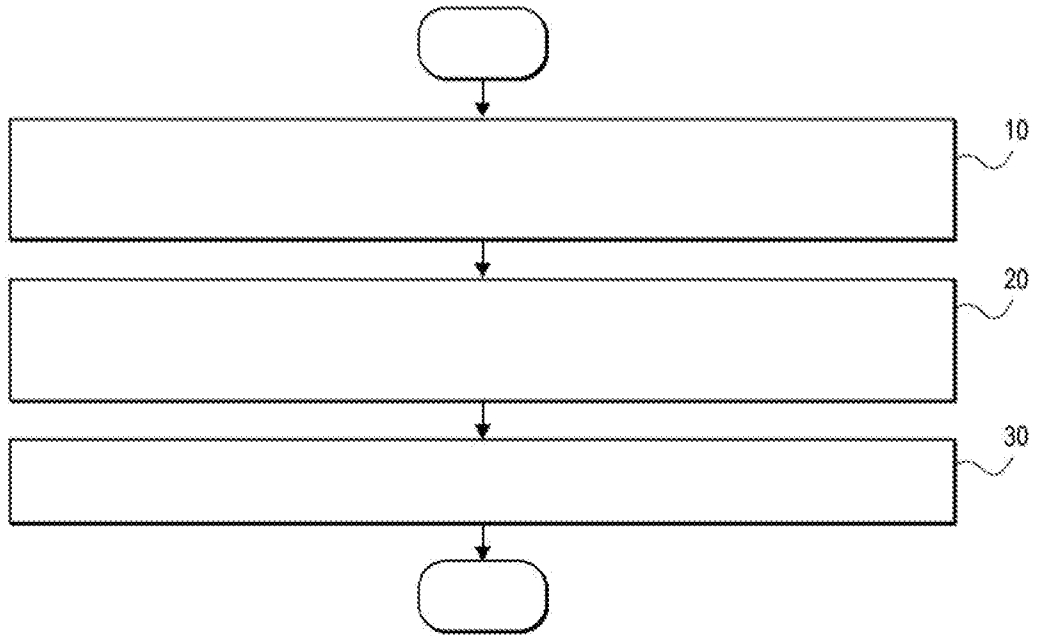


FIG. 1

FIG. 2

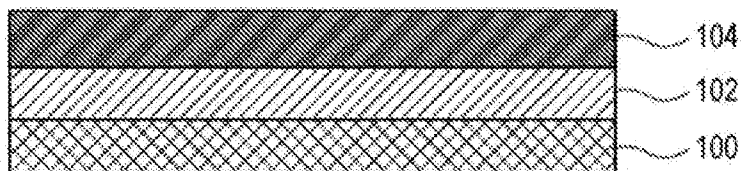


FIG. 3

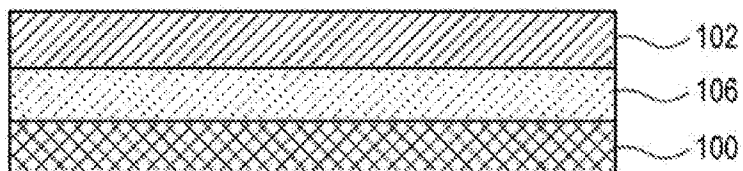


FIG. 4

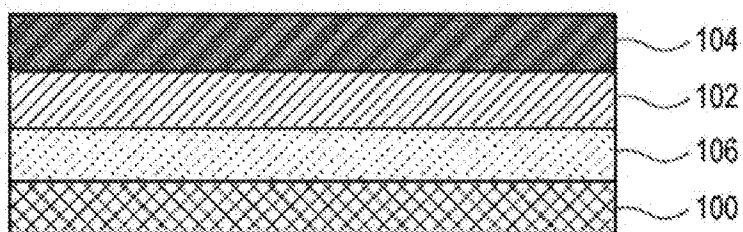


FIG. 5

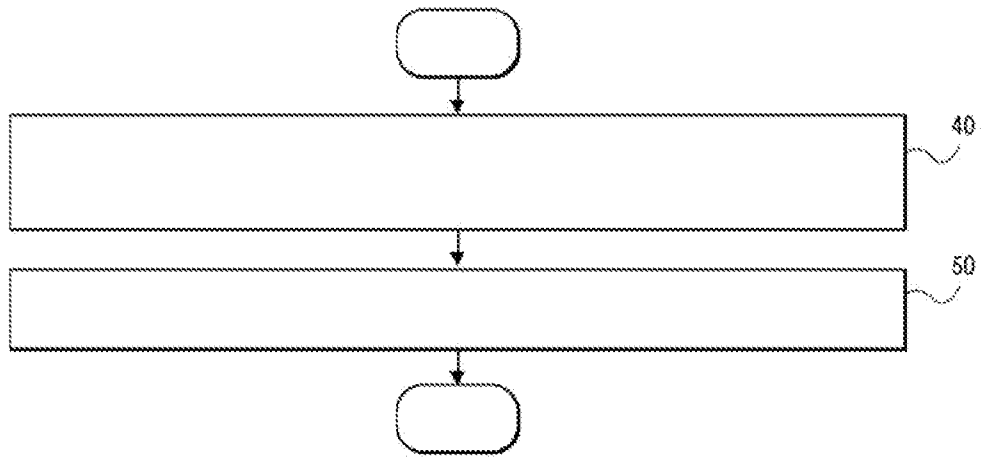


FIG. 6

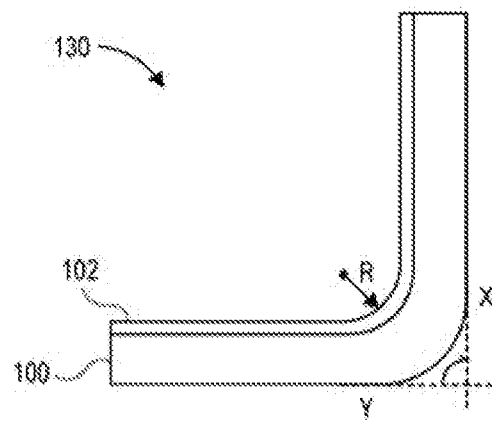


FIG. 7

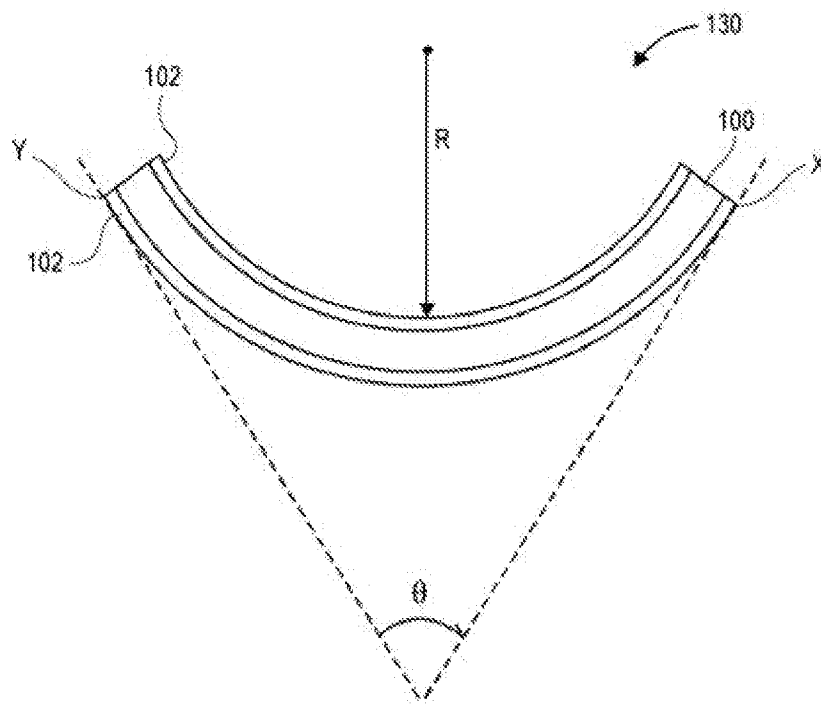


FIG. 8

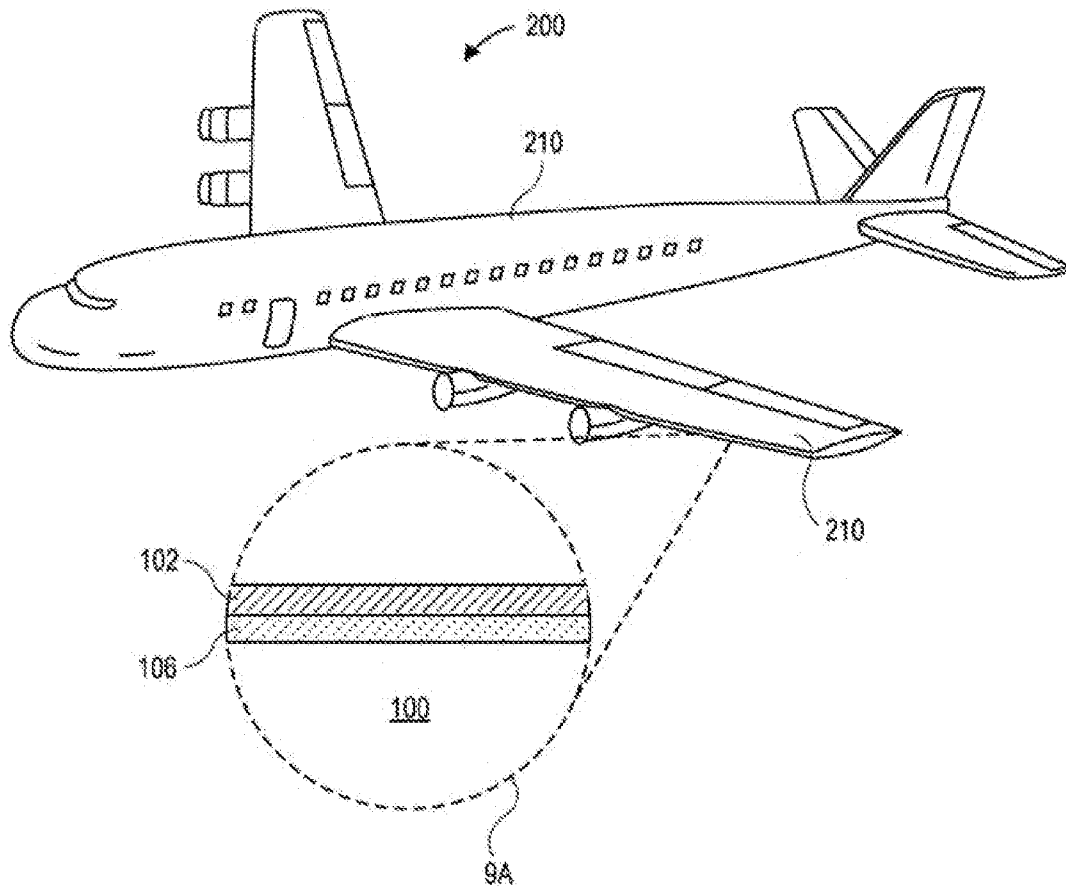


FIG. 9

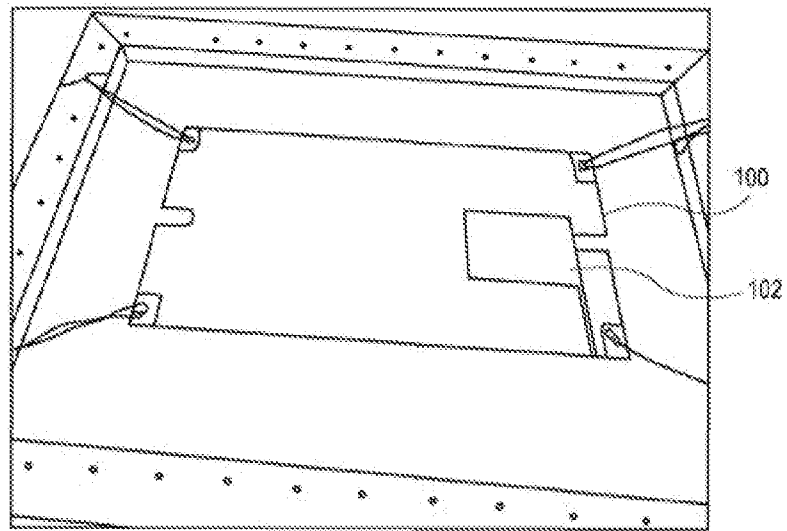


FIG. 10

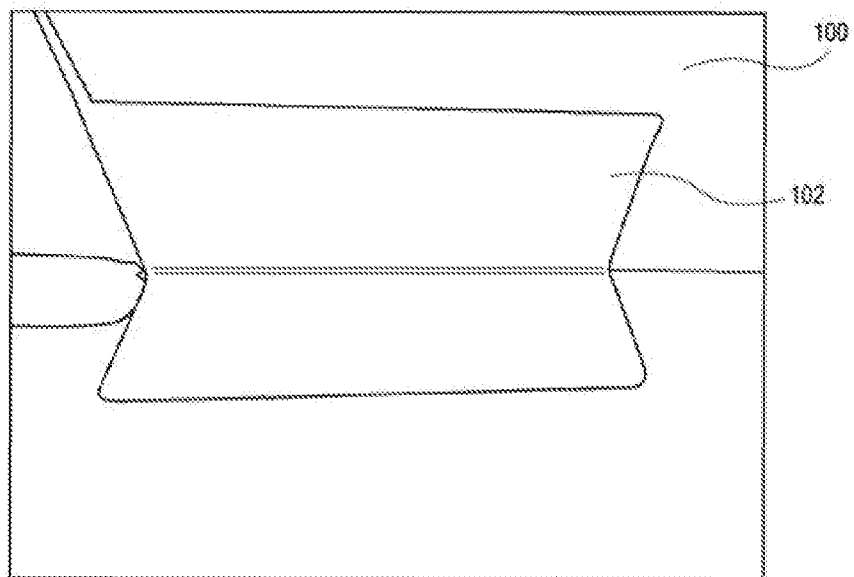


FIG. 11

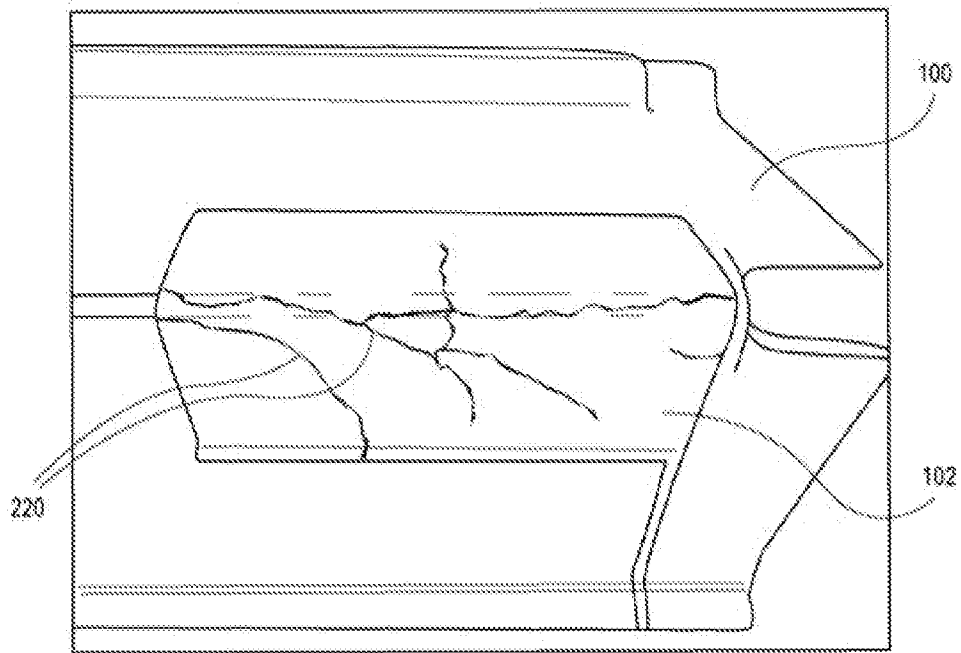


FIG. 12

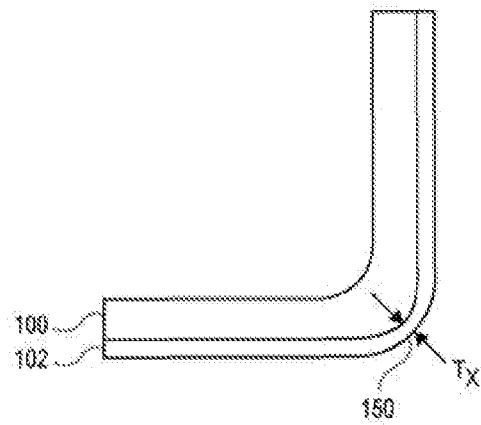


FIG. 13