

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 743 781**

51 Int. Cl.:

B64D 45/02 (2006.01)

B29C 70/88 (2006.01)

H01B 1/04 (2006.01)

H01B 1/08 (2006.01)

H01B 1/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.09.2015** **E 15186152 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2019** **EP 3000736**

54 Título: **Método para mitigar el brillo de borde y la estructura compuesta resultante**

30 Prioridad:

26.09.2014 US 201414497576

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

20.02.2020

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**NGUYEN LE, QUYNH GIAO y
GREGOR, ROBERT B.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 743 781 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

Método para mitigar el brillo de borde y la estructura compuesta resultante

Campo técnico

5 Esta divulgación se refiere en general a la protección contra rayos en estructuras hechas de materiales compuestos y, más particularmente, a un método para mitigar el brillo de borde, un fenómeno inducido por rayos que generalmente se observa en los extremos expuestos de las fibras de carbono en estructuras hechas de plástico reforzado con fibra de carbono.

Antecedentes

10 El uso de materiales compuestos en estructuras que requieren relaciones de resistencia a peso y resistencia a rigidez superiores ha aumentado. Por ejemplo, en la industria aeroespacial, los materiales compuestos se están utilizando ampliamente para fabricar estructuras aeroespaciales tal como costillas de aeronaves, largueros, paneles, fuselajes, alas, cajas de ala, tanques de combustible y ensamblajes de cola porque son ligeros y resistentes y, por lo tanto, proporcionan economía de combustible y otros beneficios.

15 Un tipo de material compuesto comúnmente utilizado en la industria aeroespacial es el plástico reforzado con fibra de carbono ("CFRP"). El CFRP generalmente comprende una o más capas o plegamientos compuestos laminados juntos para formar una hoja, laminado o disposición. Cada una de las capas o plegamientos compuestos comprende un material de refuerzo y un material de matriz. El material de matriz rodea, une y soporta el material de refuerzo. El material de refuerzo proporciona resistencia estructural al material de matriz y al CFRP. El material de matriz es generalmente un polímero no conductor tal como una resina epoxi. El material de refuerzo generalmente consiste en hebras de fibra de carbono, que son eléctricamente conductoras.

20 Como se usa en este documento, el término "estructura compuesta" significa una estructura que se manufactura, fabrica o ensambla, total o parcialmente, a partir de uno o más componentes hechos de CFRP (es decir, componentes de CFRP) que incluyen, sin limitación, estructuras aeroespaciales, tal como costillas de aeronaves, largueros, paneles, fuselajes, alas, cajas de ala, tanques de combustible y ensamblajes de cola. Con el fin de manufacturar, ensamblar, formar o fabricar una estructura compuesta, láminas, laminados o disposiciones de CFRP se pueden cortar o recortar a una forma o tamaño deseados después de que las capas o plegamientos compuestos se depositen, se laminen y se curen para formar componentes de CFRP.

25 El corte de láminas, laminados y disposiciones de CFRP típicos da como resultado puntas o extremos del material de refuerzo, es decir, las fibras de carbono conductoras, en cada una de las capas compuestas que se exponen al medio ambiente en los bordes cortados o recortados. Puntas o extremos del material de refuerzo también pueden exponerse al medio ambiente en caídas externas o superficies superiores inclinadas de un componente de CFRP. Por ejemplo, los componentes de CFRP pueden formarse con un primer extremo que tiene un primer grosor y un segundo extremo que tiene un segundo grosor más pequeño que el primer grosor, y que tiene un área de transición entre el primer extremo y el segundo extremo con una superficie superior inclinada. Dicho espesor variable puede formarse durante el proceso de laminación colocando capas compuestas con longitudes progresivamente más pequeñas una encima de la otra, de modo que los extremos de las capas compuestas de longitud progresivamente más pequeña forman la superficie superior inclinada que tiene una pendiente o caída descendente. Tales caídas pueden colocarse en cualquier ubicación a lo largo de la longitud de un componente de CFRP. Los extremos de las capas compuestas que forman la caída pueden no estar cubiertos por material de matriz, dejando las puntas o extremos del material de refuerzo, es decir, las fibras de carbono conductoras, expuestas al medio ambiente. Los bordes cortados o recortados y las caídas no cubiertas por el material de matriz se denominan colectivamente en este documento "superficies de fibra expuestas".

35 Las fibras de carbono generalmente tienen más resistencia a la electricidad que los materiales estructurales tradicionalmente utilizados en la industria aeroespacial, tal como el aluminio. Por lo tanto, las estructuras compuestas hechas con componentes de CFRP son más susceptibles al daño por un rayo que las estructuras hechas de materiales tradicionalmente usados porque el CFRP no conduce y disipa fácilmente las corrientes eléctricas en el rango de 200 kA generado por un rayo. Entre los fenómenos físicos observados a partir de los rayos se encuentra un fenómeno conocido como "brillo de borde", que describe la condición en donde aparece un brillo de luz combinado con eyecciones de partículas o plasma en las puntas o extremos de las fibras de carbono en las superficies de fibras expuestas de los componentes de CFRP en una estructura compuesta. El brillo de borde es causado por las diferencias de voltaje entre las capas conductoras y compuestas del CFRP, y generalmente ocurre en áreas de alta densidad de corriente como resultado de un rayo, donde el potencial de voltaje está en su máximo, tal como las superficies de fibra expuestas. El brillo de borde es una fuente potencial de ignición de combustible cuando se produce en áreas que contienen combustible o vapor de combustible, tal como en los tanques de combustible o cerca de líneas de combustible (a las que se hace referencia en conjunto como "un ambiente de combustible").

55 El enfoque de diseño general en la industria aeroespacial para evitar que el brillo de borde encienda el combustible o el vapor de combustible en un ambiente de combustible es enmascarar o sellar todas las superficies de fibra expuestas que están expuestas a un ambiente de combustible, enmascarando así cualquier brillo de borde en las superficies de

5 fibra expuestas. Un método es sellar las superficies de fibra expuestas con un material no conductor o aislante, tal como un sellador de polisulfuro, que inhibe la transmisión del brillo de luz y/o físicamente contiene partículas expulsadas que resultan del brillo de borde lejos del ambiente del combustible. Es decir, el material aislante evita que el brillo de borde penetre a través del material aislante y en el ambiente de combustible. Dichos materiales aislantes se aplican típicamente en dos capas a mano hasta un espesor total de aproximadamente 0,3302 a 0,635 cm [0,130 a 0,250 pulgadas]. Se aplica una primera capa de sellador de polisulfuro de baja viscosidad, de aproximadamente 0,00508 cm [0,002 pulgadas] de espesor, y se deja curar. Posteriormente, una segunda capa, de aproximadamente 0,3302 a 0,635 cm [0,130 a 0,250 pulgadas] de espesor, de un sellador que tiene una química similar al sellante en la primera capa se aplica sobre la primera capa. Las dos capas se combinan para enmascarar cualquier brillo de borde.

10 Otro método conocido para protegerse contra el brillo de borde, las chispas y las descargas de plasma alrededor de las juntas sujetadas en una estructura compuesta y los bordes recortados de un componente de CFRP es colocar una tapa aislante sobre el borde cortado o las juntas sujetadas.

15 Los métodos anteriores solo enmascaran o protegen el brillo de borde en las superficies expuestas de la fibra y no evitan, reducen o eliminan el brillo de borde. Además, estos métodos requieren mucha mano de obra y requieren un tiempo de flujo de producción excesivo debido a la cantidad de trabajo necesario para preparar las superficies de fibra expuestas para una adhesión exitosa del sellador y los largos tiempos de curado asociados con los selladores. Estos métodos también agregan un peso significativo a una estructura compuesta debido al espesor requerido y/o las múltiples capas de los selladores, que, en la industria aeroespacial, aumenta el consumo de combustible de las aeronaves y reduce la carga útil.

20 CA 2 885 204 A1 divulga un método para mitigar el brillo de borde de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

Por lo tanto, se desea tener un método para mitigar el brillo de borde que requiera menos mano de obra, consuma menos tiempo y proporcione un ahorro de peso. Como se usa en este documento, el término "brillo atenuante del borde" significa reducir la intensidad del brillo de borde o eliminar la intensidad de brillo de borde.

25 Resumen

La invención se define en las reivindicaciones independientes 1 y 6.

30 Los propósitos anteriores, así como otros que serán evidentes, se logran generalmente aplicando una o más capas delgadas de material de recubrimiento conductor sobre una superficie de fibra expuesta (es decir, un borde cortado o una caída) de un componente plástico reforzado con fibra de carbono en una estructura compuesta para reducir cualquier potencial de voltaje entre pliegue que pueda existir entre las capas compuestas del plástico reforzado con fibra de carbono durante un rayo. Las una o más capas de material de recubrimiento conductor se aplican a un grosor total de aproximadamente 0,00254 cm [.001 pulgada] a 0,00762 cm [.003 pulgada] para proporcionar una cobertura continua sobre los bordes cortados o recortados y las caídas, que a menudo no son suaves. El material de recubrimiento conductor tiene una conductividad de al menos 10^4 Siemens/metro para eliminar la intensidad del brillo de borde. El material de recubrimiento conductor es una mezcla que comprende un material dopante conductor disperso en un medio portador. El material dopante conductor puede ser un sólido, un sólido suspendido en un líquido o un líquido. Otros objetos, características y ventajas de la presente divulgación serán evidentes cuando la descripción detallada se considere junto con los siguientes dibujos.

Breve descripción de los dibujos

40 A continuación, se describirán diversas realizaciones con referencia a los dibujos con el fin de ilustrar lo anterior y otros aspectos de la divulgación.

La Figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra los pasos de un método para fabricar una estructura compuesta.

La Figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra los pasos de un método para mitigar el brillo de borde.

45 La Figura 3 es una vista en sección transversal de un componente de plástico reforzado con fibra de carbono que tiene un borde cortado cubierto por una capa de material de recubrimiento conductor.

La Figura 4 es una vista en sección transversal de un componente de plástico reforzado con fibra de carbono que tiene una caída cubierta por una capa de material de recubrimiento conductor.

La Figura 5 es una ilustración de una estructura compuesta.

Descripción detallada

50 En la siguiente descripción detallada, se describen diversas formas de realización de un método para mitigar el brillo de borde en una estructura compuesta que comprende componentes de plástico (CFRP) reforzado con fibra de carbono que tienen una superficie de fibra expuesta, es decir, un borde cortado o una caída, para ilustrar los principios generales de la presente divulgación. Un experto en la técnica reconocerá que la presente divulgación puede ponerse en práctica en otras aplicaciones o ambientes análogos y/o con otras variaciones análogas o equivalentes de las

realizaciones ilustrativas. Por ejemplo, el método se puede usar con cualquier tipo de material compuesto que presente el riesgo de brillo de borde, y se puede usar cualquier tipo de material de recubrimiento conductor para proporcionar la conductividad deseada entre las capas compuestas de material compuesto, siempre que el material de recubrimiento conductor cumpla la conductividad eléctrica y otras propiedades deseadas para las aplicaciones previstas. También se debe tener en cuenta que los métodos, procedimientos, componentes o funciones que son comúnmente conocidos por personas con experiencia ordinaria en el campo de la divulgación no se describen detalladamente en este documento.

En el método divulgado, una o más capas de material de recubrimiento conductor, preferiblemente una capa delgada única, se aplica sobre una superficie de fibra expuesta del componente de CFRP. Las una o más capas de material de recubrimiento conductor se aplican a un espesor total de aproximadamente 0,00254 cm [0,001 pulgadas] a 0,00762 cm [0,003 pulgadas], preferiblemente 0,00508 cm [0,002 pulgadas], para proporcionar una cobertura continua sobre las superficies de fibra expuestas, que a menudo no son suaves. La una o más capas de material de recubrimiento conductor tiene una conductividad de al menos 10^4 Siemens/metro para eliminar la intensidad del brillo de borde.

El material de recubrimiento conductor forma un puente en las superficies expuestas de la fibra para conectar eléctricamente las puntas o extremos de las fibras de carbono en cada una de las capas o plegamientos compuestas del componente de CFRP. Este puente promueve el flujo de corriente eléctrica entre las capas compuestas y disminuye el potencial de voltaje entre las capas compuestas, lo que mitiga el brillo de borde. La intensidad del brillo de borde puede reducirse aún más al aumentar la conductividad del material de recubrimiento conductor. Un material de recubrimiento conductor con una conductividad de 10^4 Siemens/metro alcanzaría aproximadamente el nivel de conductividad de las fibras de carbono en el componente de CFRP y, por lo tanto, reduciría el potencial de voltaje entre pliegues entre capas compuestas a un nivel que eliminaría sustancialmente la intensidad de brillo de borde. Los materiales de recubrimiento conductor que tienen una conductividad superior a 10^4 Siemens/metro se utilizan para reducir aún más el potencial de voltaje entre capas compuestas. Por lo tanto, en lugar del actual enfoque de sellado no conductor de dos capas para enmascarar físicamente el brillo de borde, el método divulgado permite mejorar el rendimiento del diseño al mitigar el brillo de borde para reducir significativamente o eliminar la posibilidad de causar ignición al combustible o al vapor de combustible en un ambiente de combustible, mientras que, al mismo tiempo, se logra ventajosamente la fabricación y la eficiencia de costes, y la reducción de peso.

El material de recubrimiento conductor es una mezcla compuesta por un material dopante conductor disperso en un medio portador. El medio portador puede ser un líquido, por ejemplo, un sistema de resina, adecuado para la aplicación a un componente de CFRP que está expuesto a un ambiente de combustible. Específicamente, el medio portador no debe degradarse o disolverse en un ambiente de combustible y no debe interactuar con el combustible o los vapores de combustible de una manera que sea perjudicial para el CFRP. Si se utiliza en la industria aeroespacial, el medio portador debe ser de "grado aeroespacial", es decir, debe cumplir con los requisitos de la industria aeroespacial para su uso en estructuras aeroespaciales. Por ejemplo, se puede usar un sellador de grado aeroespacial. El medio portador debe tener una viscosidad de aproximadamente 60 a 90 mPa·s (centipoise). Esto permite que el material de recubrimiento conductor tenga una buena capacidad de procesamiento, es decir, la capacidad de aplicarse a las superficies de fibra expuestas utilizando métodos convencionales de aplicación de recubrimiento en la industria, tal como el cepillado, la pulverización y la inmersión, al tiempo que garantiza un espesor, una adhesión y una cobertura suficientes de las superficies de fibra expuestas. El medio portador también debe poseer las cualidades de dureza mecánica y resistencia al impacto y, en aplicaciones aeroespaciales, resistencia a chorros y fluidos hidráulicos y durabilidad en ambientes de operación aeroespacial que incluyen exposición a elementos corrosivos, ciclos térmicos, de humedad y de altitud.

Ejemplos de medios portadores adecuados son los selladores de polisulfuro comúnmente utilizados en la industria aeroespacial para sellar o enmascarar bordes cortados y caídas, por ejemplo, PR-1776 y PRO-SEAL 870 y 890 de PPG Industries, Inc., Pittsburgh, Pennsylvania. Alternativamente, el medio portador puede ser un recubrimiento epóxico o material adhesivo del tipo comúnmente usado en la industria aeroespacial, tal como sistemas basados en bisfenol-A diglicidil éter, triglicidil-p-aminofenol, N,N,N-tetraglicidil-4,4-metilénbis bencilamina y sistemas de recubrimiento de poliuretano tal como polioles de poliéster curados con poliisocianato.

El material dopante conductor es una sustancia sólida conductora, una sustancia sólida suspendida en una sustancia líquida o una sustancia líquida adecuada para su uso en un ambiente de combustible y, si es necesario, grado aeroespacial. El material dopante conductor debe ser capaz de formar una dispersión estable en el medio portador. Además, el material dopante conductor no debe interferir, degradar o neutralizar ninguna de las propiedades deseadas del medio portador, tal como la resistencia mecánica, la resistencia a los disolventes, la durabilidad y la procesabilidad. El material dopante conductor también debe poseer altas relaciones de aspecto (longitud a diámetro), preferiblemente mayores que 150, de modo que la conductividad eléctrica deseada se pueda lograr a un umbral de percolación inferior y no interfiera con el rendimiento del medio portador. El umbral de percolación representa el límite del contenido crítico de relleno en una matriz de polímero más allá del cual se puede formar una red de conductores para permitir varias órdenes de aumento de magnitud en la conductividad eléctrica.

Los ejemplos de materiales dopante conductores adecuados son soluciones de óxido de indio y estaño, nanotubos de carbono, nanocables metálicos (por ejemplo, plata, níquel y cobre) o semiconductores (por ejemplo, nitruro de silicio y galio), negro de humo, grafeno y polímeros intrínsecamente conductor (por ejemplo, polianilina y poliestireno

sulfonato). El negro de humo es un polvo fino de carbono producido por la combustión de hidrocarburos en aire insuficiente. El grafeno es carbono puro en forma de una lámina muy delgada, casi transparente, con una capa atómica de espesor. Un ejemplo de un polímero intrínsecamente conductor adecuado son los polímeros conductores CLEVIOS™ manufacturados por Heraeus Precious Metals GmbH & Co. KG, Leverkusen, Alemania.

5 El material de recubrimiento conductor puede prepararse seleccionando un medio portador adecuado y un material dopante conductor adecuado, la adición controlada de las cantidades requeridas del medio portador y material dopante conductor, y luego mezclando o combinándolos para producir el material de recubrimiento conductor. La cantidad de material dopante conductor agregado al medio portador debe ser menor que aproximadamente 1% a 2% en peso del medio portador, y la mezcla debe tener una gravedad específica de no más de aproximadamente 1.65. El material
10 dopante conductor y el medio portador se combinan utilizando métodos generalmente utilizados en la industria para preparar materiales de recubrimiento. Se pueden agregar otras sustancias al material de recubrimiento conductor dependiendo del uso o aplicación final deseado, siempre que las otras sustancias no reduzcan sustancialmente ni interfieran con la conductividad, resistencia, resistencia a los disolventes, durabilidad y procesabilidad deseadas.

15 Una vez que se ha preparado o seleccionado el material de recubrimiento conductor apropiado, la superficie de fibra expuesta de un componente de CFRP se prepara para la aplicación del recubrimiento conductor utilizando métodos conocidos en la industria. Típicamente, las superficies expuestas de las fibras se lijan y se limpian con un solvente. Una vez que se hayan preparado las superficies expuestas de la fibra, se pueden aplicar manualmente una o más capas delgadas de material de recubrimiento conductor con un cepillo o rodillo hasta un espesor total de aproximadamente 0,00254 a 0,00762 cm [0,001 a 0,003 pulgadas]. Se prefiere una capa para minimizar el trabajo involucrado. Alternativamente, el material de recubrimiento conductor puede aplicarse mediante métodos
20 automatizados generalmente conocidos en la industria, tal como pulverización o inmersión.

En el caso de un tipo de caída de la superficie de la fibra expuesta, el material de recubrimiento conductor se aplica a la caída después de que las capas de material compuesto se hayan laminado juntas para crear un componente de CFRP que tenga una caída. En cuanto a los tipos de borde cortado de las superficies de fibra expuestas, el material
25 de recubrimiento conductor se puede aplicar a los bordes cortados después de que se haya formado la hoja CFRP, minado o disposición se ha formado y cortado o recortado al tamaño o forma deseados para formar el componente de CFRP. Una vez que el material de recubrimiento conductor que se aplicó a las superficies de las fibras expuestas se haya curado, el componente de CFRP está listo para los siguientes pasos de procesamiento, tal como pruebas, ensamblaje o fabricación en una estructura compuesta. Por ejemplo, uno o más componentes CFRP se pueden
30 ensamblar juntos para formar una estructura compuesta que define un ambiente de combustible, tal como un tanque de combustible de aeronave o una caja de ala que contiene líneas de combustible.

Alternativamente, el material de recubrimiento conductor puede aplicarse a superficies de fibra expuestas después del ensamblaje o fabricación de una estructura compuesta. Por ejemplo, en una realización de un método para fabricar una estructura compuesta (ver, Figura 1), al menos una hoja, laminado o disposición de CFRP se recorta para formar
35 un componente de CFRP con al menos un borde cortado en el paso 100 (paso 100: formando al menos un componente de plástico reforzado con fibra de carbono con al menos un borde cortado). La estructura compuesta se forma en el paso 102 (paso 102: formando una estructura compuesta de al menos un componente de plástico reforzado con fibra de carbono) a partir de al menos un componente de CFRP y se aplica un material de recubrimiento conductor en el paso 104 (paso 104: aplicando un material de recubrimiento conductor al borde cortado) al borde cortado.

40 En otra realización, se ilustra un método para mitigar el brillo de borde en una estructura compuesta hecha de al menos un componente de CFRP que tiene una superficie de fibra expuesta en la FIG. 2. Se selecciona un medio portador en el paso 200 (paso 200: selección de un medio portador) y se selecciona un material dopante conductor en el paso 202 (paso 202: selección de un material dopante conductor). El medio portador y el material dopante se combinan para formar un material de recubrimiento conductor en el paso 204 (paso 204: combinando el medio portador y el material
45 dopante conductor para formar un material de recubrimiento conductor) y se aplican sobre la superficie de fibra expuesta en el paso 206 (paso 206: aplicación del material de recubrimiento conductor sobre una superficie de fibra expuesta de un componente de plástico reforzado con fibra de carbono). Como se explicó anteriormente, el material de recubrimiento conductor puede aplicarse a la superficie de la fibra expuesta antes de que la estructura compuesta (por ejemplo, un ala o tanque de combustible) sea ensamblada o se fabrique, o el material de recubrimiento conductor se puede aplicar a la superficie de la fibra expuesta después del ensamblaje o fabricación de la estructura compuesta.
50

Un ejemplo de un componente 300 de CFRP que tiene un tipo de borde 302 cortado de superficie 303 de fibra expuesta y superficies 304, 306 opuestas se muestra en la FIG. 3. El material 308 de recubrimiento conductor que comprende un material 310 dopante conductor en un medio 312 portador se aplica al borde 302 cortado y al menos una porción de cada una de las superficies 304, 306 opuestas adyacentes al borde 302 cortado de manera que el material 308 de
55 recubrimiento conductor cubre el borde 302 cortado y se superpone al menos una porción de cada una de las superficies 304, 306 opuestas adyacentes al borde 302 cortado. Específicamente, el material 308 de recubrimiento conductor incluye porciones 308a y 308b superpuestas. El ancho X, X' de las porciones 308a y 308b superpuestas depende de la aplicación particular y de las dimensiones del borde 302 cortado, pero debe ser suficiente para asegurar la adhesión y cobertura del borde 302 cortado por el material 308 de recubrimiento conductor. El material 308 de recubrimiento conductor y las porciones 308a y 308b superpuestas del material 308 de recubrimiento conductor tienen
60 un grosor de aproximadamente 0,00254 cm [0,001 pulgadas] a 0,00762 cm [0,003 pulgadas], preferiblemente 0,00508

cm [0,002 pulgadas]. El grosor mínimo garantiza una cobertura suficiente, mientras que el grosor máximo evita el material de recubrimiento excesivamente grueso que puede resultar en estrés e imponer penalizaciones por peso.

5 Un ejemplo de un componente 400 de CFRP que tiene un tipo de caída 402 de superficie 303 de fibra expuesta que comprende una superficie 404 inclinada entre una superficie 406 superior y una superficie 408 inferior se muestra en la FIG. 4. El material 308 de recubrimiento conductor que comprende un material 310 dopante conductor en un medio 312 portador se aplica a la superficie 404 inclinada, al menos una porción de la superficie 406 superior y al menos una porción de la superficie 408 inferior de modo que el material 308 de recubrimiento conductor cubre la superficie 404 inclinada y se solapa con al menos una porción de la superficie 406 superior y la superficie 408 inferior que son adyacentes a la superficie 404 de pendiente. Similar al material 308 de recubrimiento conductor en la FIG. 3, el material 10 308 de recubrimiento conductor de la fig. 4 incluye porciones 308c y 308d superpuestas en la superficie 406 superior y la superficie 408 inferior, respectivamente. Mientras que la superficie superior de la porción 308c superpuesta se muestra con una forma redondeada, la superficie superior también puede ser plana o cualquier otra forma, dependiendo de la aplicación particular y las dimensiones de la caída. Preferiblemente, la forma de la superficie superior no tiene puntas o transiciones agudas. El ancho Y, Y' de las porciones 308c y 308d superpuestas depende 15 de la aplicación particular y las dimensiones de la caída 402, pero debe ser suficiente para asegurar la adhesión y cobertura de la caída por el material 308 de recubrimiento conductor. El material 308 de recubrimiento conductor y las porciones 308c y 308d superpuestas tienen un espesor de aproximadamente 0,00254 a 0,00762 cm [0,001 a 0,003 pulgadas], preferiblemente 0,00508 cm [0,002 pulgadas].

20 En la Figura 5 se muestra un ejemplo de una estructura 500 compuesta hecha de componentes 502 de CFRP con tipos de borde 504 de corte y caída 506 de superficies de fibra expuestas. El material 308 de recubrimiento conductor se aplica sobre las superficies de fibra expuestas.

A diferencia de los métodos existentes para proteger las estructuras compuestas del peligro que supone el brillo de borde, el método divulgado consume menos tiempo y requiere menos mano de obra, ya que solo requiere la aplicación de una capa delgada, preferiblemente de una sola capa de material de recubrimiento conductor, como opuesto a las 25 múltiples capas más gruesas requeridas por los métodos existentes y reduce la cantidad de peso agregado a una estructura compuesta. Esto es particularmente ventajoso en la industria aeroespacial ya que menos peso significa menos consumo de combustible y más carga útil. Si bien el método divulgado es particularmente útil en la industria aeroespacial, también puede ser útil en otras industrias que hacen uso de estructuras compuestas que deben protegerse contra el peligro que supone el brillo de borde.

REIVINDICACIONES

1. Un método para mitigar el brillo de borde en una superficie (303) de fibra expuesta en un componente (300; 400; 500) de plástico reforzado con fibra de carbono de una estructura compuesta, el método comprende: aplicar un material (308) de recubrimiento conductor sobre la superficie (303) de fibra expuesta, caracterizado porque el material (308) de recubrimiento conductor tiene una conductividad de al menos 10^4 Siemens/metro, y el material (308) de recubrimiento conductor se aplica en una o más capas que tienen un espesor total de 0.00254 a 0.00762 cm.
5
2. El método de cualquier reivindicación precedente, en donde el material (308) de recubrimiento conductor se aplica en una capa que tiene un espesor de aproximadamente 0,00508 cm.
3. El método de cualquier reivindicación precedente, en donde el material (308) de recubrimiento conductor comprende un material (310) dopante conductor y un medio (312) portador.
10
4. El método de la reivindicación 3, en donde el material (310) dopante conductor es un material seleccionado del grupo que consiste en soluciones de óxido de estaño e indio, nanotubos de carbono, nanocables metálicos, nanocables semiconductores, negro de humo, grafeno y polímeros intrínsecamente conductores.
5. El método de la reivindicación 3, que comprende además los pasos de:
15
seleccionar el medio (312) portador;
seleccionar el material (310) dopante conductor;
combinar el medio portador y el material dopante para formar el material (308) de recubrimiento conductor.
6. Una estructura compuesta que comprende componentes plásticos reforzados con fibra de carbono que tienen al menos una superficie (303) de fibra expuesta, y un material (308) de recubrimiento conductor aplicado sobre la al menos una superficie (303) de fibra expuesta, caracterizado porque el material (308) de recubrimiento conductor tiene una conductividad de al menos aproximadamente 10^4 Siemens/metro, y el material (308) de recubrimiento conductor se aplica en una o más capas que tienen un espesor total de 0,00254 a 0,00762 cm.
20
7. La estructura compuesta de la reivindicación 6, en donde el material (308) de recubrimiento conductor comprende un material (310) dopante conductor y un medio (312) portador, el material dopante conductor se selecciona del grupo que consiste en soluciones de óxido de estaño e indio, nanotubos de carbono, nanocables metálicos, nanocables semiconductores, negro de carbono, grafeno y polímeros intrínsecamente conductores.
25

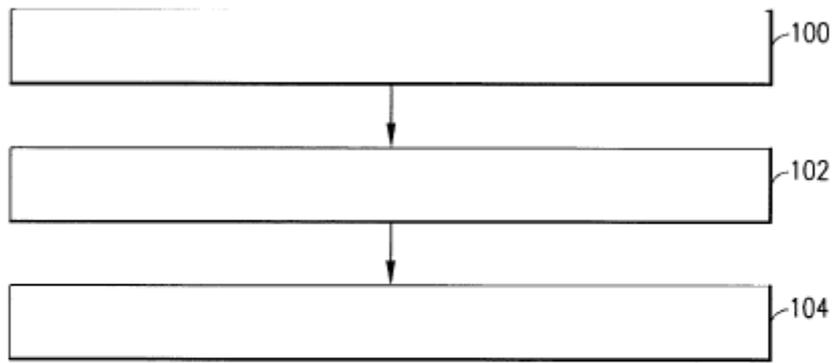


FIG. 1

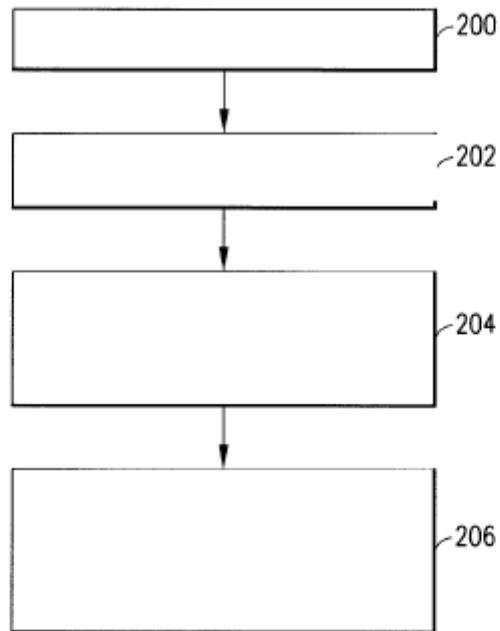


FIG. 2

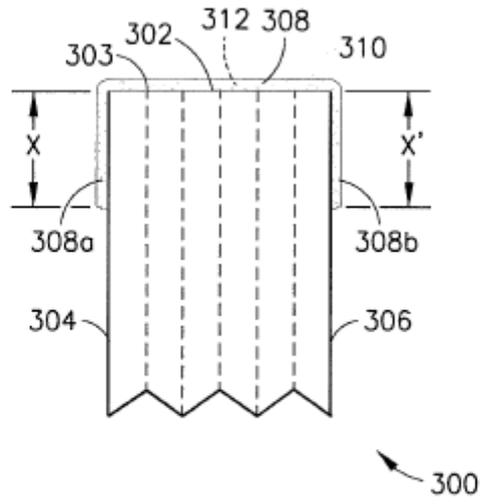


FIG. 3

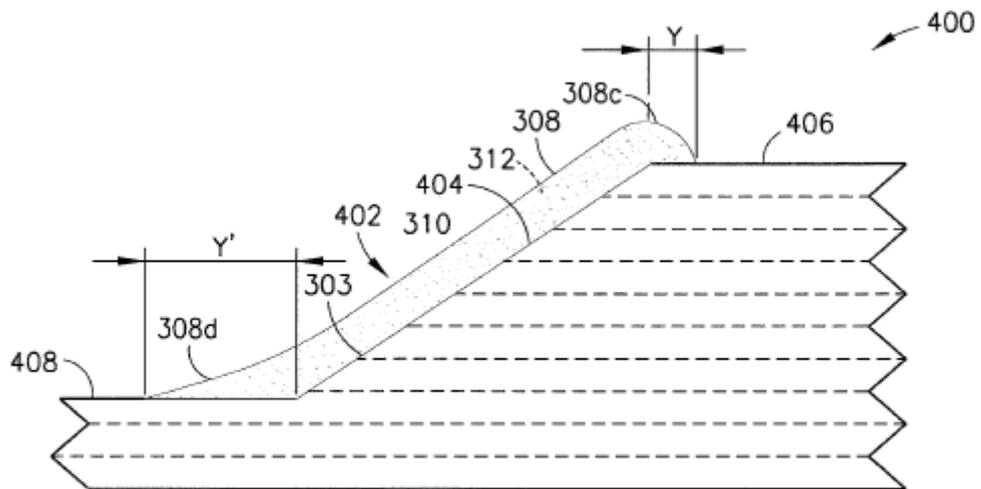


FIG. 4

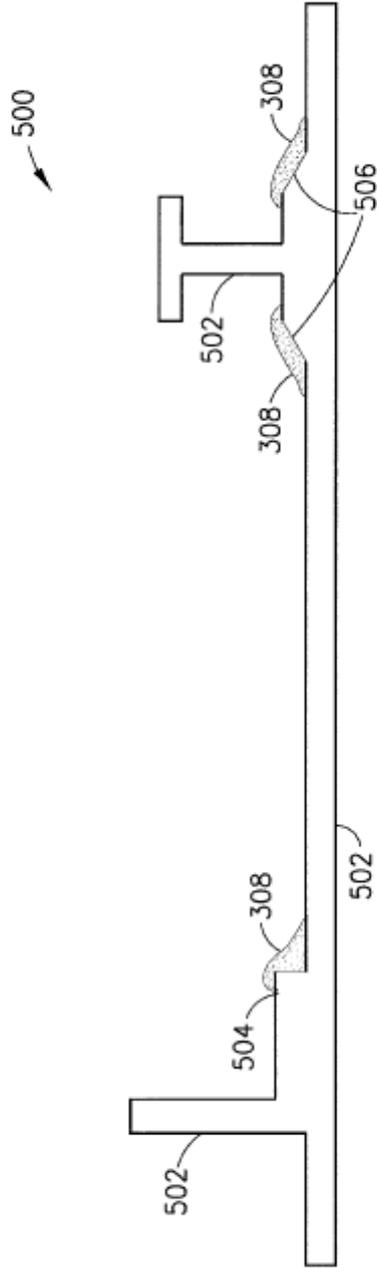


FIG. 5