

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 729 149**

51 Int. Cl.:

B32B 3/04 (2006.01)

B64C 1/06 (2006.01)

B29C 67/00 (2007.01)

B29D 99/00 (2010.01)

B29C 70/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.09.2015 E 15186156 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2019 EP 3028845**

54 Título: **Protección de borde de larguero de pala de material compuesto e indicación de daños visuales**

30 Prioridad:

04.12.2014 US 201414560533

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

30.10.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**KORENAGA, BRIAN H.;
ALBERS, ROBERT G.;
BURTORD, IAN C.;
SAMPEDRO-THOMPSON, WILLIAM M. y
EVANS, DAVID W.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 729 149 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

Protección de borde de larguero de pala de material compuesto e indicación de daños visuales

Antecedentes

5 Los largueros de pala de material compuesto se usan a menudo en aviones y otros vehículos y estructuras. Los largueros de pala pueden crearse al unir dos cargas en ángulo, una carga base en la parte inferior y un relleno en el espacio creado entre las cargas en ángulo y la carga base juntas. Las cargas en ángulo se crean con capas de pliegues sucesivos de material compuesto. El alma y las bridas de base resultantes de un larguero de pala de material compuesto incluyen múltiples capas de material unidas entre sí. Cuando se somete al impacto de un objeto con suficiente energía como para provocar daños por impacto apenas visibles (BVID), las capas pueden dividirse o
10 deslaminarse parcialmente. Este daño puede llevar a una reducción de la resistencia de deformación del larguero bajo cargas compresivas, ya que el área deslaminada no puede distribuir adecuadamente las fuerzas de compresión en el área dañada.

Es con respecto a estas consideraciones y otras que se presenta la divulgación realizada en el presente documento.

15 El documento de Estados Unidos 2008/087768 A1 desvela un larguero de aeronave de material compuesto que tiene un protector de superficie de extremo, en el que el larguero se compone de un número de pliegues de materiales laminados. Se colocan un número de parches preimpregnados unidireccionales sobre una superficie de extremo del larguero para formar el protector de superficie de extremo. Se realiza un proceso de curado. El proceso de curado une de manera adhesiva los parches preimpregnados al larguero y también los endurece. Como resultado, los parches preimpregnados definen una superficie deflectora que protege la superficie de extremo de los
20 impactos directos y de la deslaminación resultante de la estructura laminada de material compuesto.

El documento de Estados Unidos 2000128430 A1 desvela una junta de borde para un borde de corte de una fibra de carbono reforzado con laminado de polímero, mientras que dos partes de sello de borde semicuradas o por etapas B se envuelven alrededor del borde de un larguero de manera superpuesta.

Sumario

25 La invención se define por las reivindicaciones independientes 1 y 11.

Debería apreciarse que este Sumario se proporciona para introducir una selección de conceptos en una forma simplificada que se describen adicionalmente más adelante en la descripción detallada. Este Sumario no pretende usarse para limitar el alcance de la materia reclamada.

30 Los sistemas y métodos descritos en el presente documento proporcionan una protección de borde y una indicación de daños visuales de un larguero de pala de material compuesto. De acuerdo con un aspecto, se proporciona un sistema de protección de borde e indicación visual. El sistema incluye un larguero de pala de material compuesto que tiene una base y un alma. El alma se extiende lejos de la base y define un borde exterior opuesto a la base. Un tratamiento de borde incluye un número de capas de material que abarcan el borde exterior del alma y que se extienden desde una primera superficie del alma hasta una segunda superficie del alma.

35 De acuerdo con la divulgación un método para proporcionar protección de borde de larguero de pala de material compuesto y una indicación de daños visuales puede incluir la aplicación de un tratamiento de borde a un borde exterior de un alma de un larguero de pala de material compuesto. El tratamiento de borde incluye al menos dos capas de material y abarca el borde exterior del alma, que se extiende desde una primera superficie del alma hasta una segunda superficie del alma.

40 El sistema de protección de borde e indicación de daños visuales para un larguero de pala de material compuesto incluye dos ángulos precurados. Un primer ángulo precurado tiene un primer segmento vertical y un primer segmento horizontal. Un segundo ángulo precurado tiene un segundo segmento vertical y un segundo segmento horizontal. Cada uno de los segmentos horizontales primero y segundo tiene un tamaño de una longitud que permite superponerse entre sí sobre un intervalo de anchuras de un alma del larguero de material compuesto. Cuando se
45 ensambla, el primer segmento vertical se configura para apoyarse en una primera superficie del alma, el segundo segmento vertical se configura para apoyarse en una segunda superficie del alma opuesta a la primera superficie, y los segmentos horizontales primero y segundo se superponen y se apoyan en un borde exterior del alma.

Las características, funciones y ventajas que se han tratado pueden combinarse en otras realizaciones más, detalles adicionales de las cuales pueden verse haciendo referencia a la siguiente descripción y dibujos.

50

Breve descripción de los dibujos

La FIGURA 1A es una vista en perspectiva de un larguero de pala de material compuesto convencional con daños por impacto en el alma del larguero de pala de material compuesto;

5 la FIGURA 1B es una vista en sección transversal del larguero de pala de material compuesto convencional tomada a lo largo de la línea A-A en la FIGURA 1A;

la FIGURA 1C es una vista en perspectiva de una deformación de larguero de pala de material compuesto convencional bajo una carga de compresión debido al daño por impacto en el alma del larguero de pala de material compuesto;

10 la FIGURA 2 es una vista en perspectiva de un sistema de protección de borde e indicación de daños visuales que muestra un larguero de pala de material compuesto que tiene un tratamiento de borde de acuerdo con diversas realizaciones presentadas en el presente documento;

la FIGURA 3A es una vista en sección transversal del larguero de pala de material compuesto con un tratamiento de borde tomada a lo largo de la línea B-B en la FIGURA 2 de acuerdo con diversas realizaciones presentadas en el presente documento;

15 la FIGURA 3B es una vista ampliada de un borde del larguero de pala de material compuesto de la FIGURA 3A que muestra los componentes del tratamiento de borde de acuerdo con diversas realizaciones presentadas en el presente documento;

20 la FIGURA 4A es una vista en sección transversal del larguero de pala de material compuesto con tratamiento de borde tomada a lo largo de la línea B-B en la FIGURA 2 de acuerdo con las realizaciones alternativas presentadas en el presente documento;

la FIGURA 4B es una vista ampliada de un borde del larguero de pala de material compuesto de la FIGURA 4A que muestra los componentes del tratamiento de borde de acuerdo con las realizaciones alternativas presentadas en el presente documento;

25 la FIGURA 5 es una vista en perspectiva de un sistema de protección de borde e indicación de daños visuales que muestra un larguero de pala de material compuesto que tiene un tratamiento de borde de acuerdo con las realizaciones alternativas presentadas en el presente documento;

la FIGURA 6 es una vista en sección transversal ampliada del larguero de pala de material compuesto con tratamiento de borde tomada a lo largo de la línea C-C en la FIGURA 5 de acuerdo con las realizaciones alternativas presentadas en el presente documento;

30 la FIGURA 7 es un diagrama de flujo que muestra un método para proporcionar protección de borde e indicación de daños visuales para un larguero de pala de material compuesto de acuerdo con varias realizaciones presentadas en el presente documento; y

35 la FIGURA 8 es un diagrama de flujo que muestra un método para proporcionar una configuración alternativa de una protección de borde y una indicación de daños visuales para un larguero de pala de material compuesto de acuerdo con varias realizaciones presentadas en el presente documento.

Descripción detallada

La siguiente descripción detallada se dirige a un sistema de protección de borde e indicación de daños visuales y el método correspondiente que utiliza un tratamiento de borde en un borde exterior de un alma de un larguero de pala de material compuesto. Como se ha tratado anteriormente, los largueros de pala de material compuesto tradicionales están expuestos a daños debidos a los impactos con objetos a lo largo de un borde exterior del alma del larguero. Un impacto en el borde del alma puede provocar la deslaminación entre las capas del material compuesto, que si no se detecta, podría crear una deformación cuando el larguero experimente cargas de compresión. La indicación visual del daño provocado por los impactos puede ser difícil de detectar. Las diferentes realizaciones descritas a continuación pueden aplicarse a los bordes recortados de los largueros que tienen otras configuraciones tales como, por ejemplo y sin limitación, las configuraciones en sección transversal I, J y Z. Los largueros que tienen configuraciones de sección transversal I, J y Z son bien conocidos en la técnica por tener secciones transversales que tienen la forma de parecerse aproximadamente a las letras mayúsculas "I", "J" y "Z", respectivamente.

Utilizando los conceptos y tecnologías descritas en el presente documento, se aplica un tratamiento de borde a un borde exterior de un alma de un larguero de pala de material compuesto. El tratamiento de borde proporciona protección en el alma de larguero al reducir la cantidad de daño provocado por los impactos y al mismo tiempo al disminuir el riesgo de daño no detectado provocado por estos tipos de impactos. De acuerdo con diversas realizaciones, pueden aplicarse múltiples capas de tejido de fibra de vidrio en el alma a través de una capa adhesiva. La fibra de vidrio proporciona protección contra el daño provocado por los impactos en el alma, así como que inhibe o retrasa la aparición de la deformación posterior bajo una carga de compresión que podría resultar a partir de cualquier daño sufrido por el alma. De acuerdo con una realización, puede aplicarse una capa de contraste de color debajo o entre las capas de tejido de fibra de vidrio para complementar las propiedades protectoras de la fibra de vidrio mientras que se proporciona un contraste visual con la fibra de vidrio con el fin de facilitar la detección visual de posibles daños por impacto.

La capa de contraste de color puede ser una cinta de plástico reforzado de fibra de carbono (CFRP). La cinta de CFRP puede ser de color negro, mientras que las capas de tejido de fibra de vidrio que la recubren son de color más claro. Un impacto en el tratamiento de borde puede provocar una deslaminación localizada entre la cinta de CFRP y el tejido de fibra de vidrio o grietas capilares de resina epoxi, que se visualiza fácilmente debido a los colores contrastantes entre las capas. Esta visualización proporciona una indicación del daño potencial en el alma del larguero, lo que sería más difícil con los largueros de pala de material compuesto de CFRP convencionales que no tienen tratamiento en los bordes, lo que también resultaría en un mayor daño en el alma. El tratamiento de borde sirve para el fin adicional de aumentar la resistencia residual de los largueros después del impacto. La detección temprana de daños potenciales permite reparaciones o monitorización que, en última instancia, podrían evitar la deformación y el fallo del larguero. Además, al reforzar y soportar el alma de larguero de material compuesto, de acuerdo con la divulgación proporcionada en el presente documento, el larguero de material compuesto puede fabricarse con una forma más pequeña o con menos material, lo que disminuye el peso de todo el larguero y del vehículo en general.

En la siguiente descripción detallada, se hacen referencias a los dibujos adjuntos que forman una parte de la misma, y que se muestran a modo de ilustración, realizaciones específicas, o ejemplos. Haciendo referencia ahora a los dibujos, en los que los números similares representan elementos similares a través de las diversas figuras, se describirá un sistema de protección de borde e indicación de daños visuales y un método para emplear los mismos de acuerdo con las diversas realizaciones.

La FIGURA 1A muestra una vista en perspectiva de un larguero de pala de material compuesto convencional 100 que ha experimentado un impacto con un objeto en la localización 106. El larguero de pala de material compuesto convencional 100 incluye un alma 102 y una base 104. Como se ve en la FIGURA 1B, el larguero de pala de material compuesto convencional 100 incluye dos cargas en ángulo 110A y 110B (general y colectivamente denominadas como 110). Las partes verticales de las cargas en ángulo 110 se unen entre sí para crear el alma 102, mientras que la base 104 se crea uniendo las partes horizontales que se extienden desde el alma 102 hasta un material de base de larguero 112 (o un revestimiento de aeronave) con un relleno 114 entre las mismas. Como se ha mencionado anteriormente, las cargas en ángulo 110 se crean normalmente con un número de capas 108 de material compuesto.

En cuanto a la FIGURA 1C, pueden visualizarse los posibles resultados del impacto en la posición 106 en un larguero de pala de material compuesto convencional 100. El impacto en la localización 106 puede provocar la deslaminación entre las capas de material 108 del alma 102, lo que puede ser difícil de detectar sin las realizaciones descritas a continuación. Cuando el larguero dañado se somete a fuerzas de compresión, como se indica por las flechas abiertas en la FIGURA 1C, la parte dañada del alma 102 en la localización 106 puede deformarse, separando las capas del material compuesto y provocando el fallo.

La FIGURA 2 muestra un sistema de protección de borde e indicación de daños visuales 200. En consecuencia, un larguero de pala de material compuesto 204 incluye un alma 102 que se extiende lejos de una base 104, similar al larguero de pala de material compuesto convencional 100 descrito anteriormente. Sin embargo, un borde exterior 206 del alma 102 opuesto a la base 104 está abarcado por un tratamiento de borde 202.

El tratamiento de borde 202 proporciona múltiples beneficios sobre un borde exterior sin protección convencional 206 de un larguero de pala de material compuesto convencional 100. En primer lugar, el tratamiento de borde 202 proporciona protección para el borde exterior 206 del alma 102 absorbiendo y distribuyendo las fuerzas de un impacto con un objeto. Esta protección inhibe la separación o el daño de las capas 108 del larguero de pala de material compuesto 204, o mitiga el daño si el impacto es de una fuerza suficiente para provocar daño en el alma 102 debajo del tratamiento de borde 202.

En segundo lugar, el tratamiento de los bordes proporciona soporte al alma 102 si un impacto daña el larguero. Al extenderse desde una primera superficie 208 del alma 102 hasta una segunda superficie 210 del alma 102 y abarcar el borde exterior 206 entre las superficies opuestas, el tratamiento de borde 202 actúa para mantener juntas las capas 108 del alma 102 si se introducen fuerzas de compresión que de otro modo crearían una deformación en la

localización 106 de las capas separadas 108. Finalmente, el tratamiento de borde 202 crea una indicación visual 212 en respuesta a un impacto con un objeto. Como se explicará con más detalle a continuación, la indicación visual 212 se crea debido a la separación de una capa de contraste de color con una capa adyacente del tratamiento de borde 202 o de las grietas capilares de resina epoxi dentro de la capa adyacente. Esta indicación visual 212 proporciona una notificación visual a un técnico o a otro usuario de que se ha producido un impacto y que es necesaria una inspección adicional para determinar si se ha provocado o no algún daño al larguero de pala de material compuesto subyacente 204.

La FIGURA 3A muestra una vista en sección transversal del larguero de pala de material compuesto 204 tomada a lo largo de la línea B-B en la FIGURA 2, mientras que la FIGURA 3B muestra una vista ampliada del borde exterior 206 del alma 102 del larguero de pala de material compuesto 204. En cuanto a las FIGURAS 3A y 3B, junto con la clave 310, puede verse que la configuración 202A del tratamiento de borde 202 incluye un número de capas de material 320. De acuerdo con la configuración 202A, las capas de material 320 comprenden cuatro capas, que incluyen una capa adhesiva 304, dispuesta secuencialmente desde el borde exterior 206 del alma 102 hacia fuera. La capa adhesiva 304 se aplica a la superficie exterior del alma 102 del larguero de pala de material compuesto 204, o a la capa de contraste de color adyacente 306 para acoplar la capa de contraste de color 306 al alma 102. La capa adhesiva 304 puede incluir, pero no se limita a, diversos tipos de películas, pastas o líquidos de epoxi de una y dos partes; siliconas de una parte y dos partes; y otras químicas, tal como poliésteres, uretanos y acrílicos.

Una capa de contraste de color 306, se coloca sobre la capa adhesiva 304. La capa de contraste de color puede tener cualquier color que, cuando se separa o se deslaminada de una capa adyacente, proporcionará un contraste de color visual de las zonas deslaminadas circundantes entre las capas adyacentes o a partir de grietas capilares de resina epoxi dentro de otras capas. De acuerdo con una realización, la capa de contraste de color 306 incluye una capa de cinta de material compuesto que es de color negro para contrastar con la capa de fibra de vidrio adyacente 308 tratada a continuación. La capa de contraste de color puede incluir, pero no se limita a, cintas y tejidos de plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP); tejidos y cintas de plástico reforzado con fibra de vidrio teñido (GFRP); tejidos y cintas de plástico reforzado con fibra de aramida teñida; y los híbridos de estos materiales. La capa de contraste de color también puede incluir, pero no se limita a, cualquier otro método para impartir contraste de color entre la capa adhesiva 304 y las capas adyacentes.

De acuerdo con este ejemplo, el tratamiento de borde 202 incluye dos capas de fibra de vidrio 308 en la parte superior de la capa de contraste de color 306. Cada capa de fibra de vidrio 308 puede incluir un tejido de fibra de vidrio. Las capas de fibra de vidrio 308 proporcionan protección contra los impactos, al tiempo que también proporcionan un contraste de color cuando se aplican a la capa de contraste de color 306. Debería apreciarse que la divulgación en el presente documento no se limita a las configuraciones precisas que se muestran en los dibujos y que se describen en el presente documento. Por ejemplo, aunque el tratamiento de borde 202 mostrado en las FIGURAS 3A y 3B incluye 4 capas de material 320, y específicamente dos capas de fibra de vidrio 308, puede usarse cualquier número de capas de material 320 sin alejarse del alcance de esta divulgación. En este ejemplo, dos capas de fibra de vidrio 308 y una única capa de contraste de color 306 proporcionan una protección adecuada contra impactos mientras minimizan el peso; sin embargo, pueden usarse otros materiales si proporcionan el mismo comportamiento aproximado y puede usarse cualquier número de capas de fibra de vidrio 308 y/o capas de contraste de color 306.

El tratamiento de borde 202 se envuelve alrededor del borde exterior 206 del alma 102 del larguero de pala de material compuesto 204. En consecuencia, el tratamiento de borde 202 comienza a una distancia D desde el borde exterior 206 en la primera superficie 208 del alma 102. A continuación, el tratamiento de borde 202 se envuelve alrededor del borde exterior 206 y termina a una distancia D del borde en una segunda superficie 210 del alma 102 opuesta a la primera superficie 208. Las distancias D en la primera superficie 208 y en la segunda superficie 210 pueden ser equivalentes, pero no se limitan a ser equivalentes. La distancia D puede incluir cualquier dimensión adecuada para proporcionar las propiedades de protección y estructurales deseadas dada la implementación específica.

Volviendo ahora a las FIGURAS 4A y 4B, son unas vistas en sección transversal y ampliada del larguero de pala de material compuesto 204 tomadas a lo largo de la línea B-B en la FIGURA 2 que muestran la configuración 202B del tratamiento de borde 202. Esta configuración alternativa reemplaza a la capa de contraste de color 306 de configuración 202A de las FIGURAS 3A y 3B con una tercera capa de fibra de vidrio 308. Aunque la configuración 202B no proporciona el mismo nivel de capacidades de indicación visual mejoradas de la configuración 202A, la configuración 202B con tres capas de fibra de vidrio 308 aún proporciona una indicación visual contrastante, protección contra impactos, e inhibe o retrasa el inicio de la deformación posterior de las capas 108 del alma 102.

La FIGURA 5 muestra una vista en perspectiva de un sistema de protección de borde e indicación de daños visuales 200 que muestra un larguero de pala de material compuesto 204 que tiene un tratamiento de borde 202. La FIGURA 6 es una vista en sección transversal ampliada del borde exterior 206 del larguero de pala de material compuesto 204 con tratamiento de borde 202, tomada a lo largo de la línea C-C en la FIGURA 5.

El tratamiento de borde 202 tiene una configuración 202C. La configuración 202C del tratamiento de borde 202 incluye dos ángulos precurados 602, un primer ángulo precurado 602A y un segundo ángulo precurado 602B (general y colectivamente denominados como los ángulos precurados 602). Cuando se instalan, el primer ángulo precurado 602A y el segundo ángulo precurado 602B se unen a la primera superficie 208 del alma 102, al borde exterior 206 del alma 102 y a la segunda superficie 210 del alma 102 para proporcionar protección de una manera similar a los tratamientos de borde 202 de las configuraciones primera y segunda 202A y 202B, respectivamente, descritas anteriormente.

Cada uno de los ángulos precurados 602 se fabrica y se almacena en el inventario, listos para su uso con cualquier larguero de pala de material compuesto 204 que tenga un alma 102 dentro de un intervalo de anchuras de W. Los ángulos precurados 602A y 602B incluyen los segmentos verticales 604A y 604B (general y colectivamente denominados como los segmentos verticales 604), respectivamente, y los segmentos horizontales 606A y 606B (general y colectivamente denominados como los segmentos horizontales 606), respectivamente. Los segmentos verticales 604 y los segmentos horizontales 606 están configurados en un ángulo distinto de cero uno con respecto a otro para crear los ángulos precurados 602. Como se ve en la FIGURA 6, el segundo ángulo precurado 602B puede colocarse contra el borde exterior 206 del alma 102 de un larguero de pala de material compuesto 204 de tal manera que el segmento vertical 604B se apoya en la segunda superficie 210 del alma 102, y el segmento horizontal 606B se apoya en una superficie superior 610 del borde exterior 206. El primer ángulo precurado 602A está configurado de manera similar, de tal manera que el segmento vertical 604A se apoya en la primera superficie 208 del alma 102, y el segmento horizontal 606A podría apoyarse en la superficie superior 610 del borde exterior 206 (aunque en la FIGURA 6, el segmento horizontal 606B del segundo ángulo precurado 602B se coloca entre el segmento horizontal 606A y la superficie superior 610).

Las longitudes de los segmentos verticales 604A y 604B se dimensionan de acuerdo con la distancia deseada D de la superficie superior 610 para la que el tratamiento de borde 202 se acople al alma 102. De acuerdo con una realización, debido a que el primer ángulo precurado 602A se superpone al segundo ángulo precurado 602B en la superficie superior 610 en lugar de apoyarse directamente en la superficie superior 610, la longitud del segmento vertical 604A puede ser más larga que la longitud del segmento vertical 604B del segundo ángulo precurado 602B con el fin de mantener distancias equivalentes D de la superficie superior 610 tanto en la primera superficie 208 como en la segunda superficie 210 del alma 102. De acuerdo con otras realizaciones, las longitudes de los segmentos verticales 604A y 604B pueden ser equivalentes.

Las longitudes de los segmentos horizontales 606 de los ángulos precurados 602 pueden dimensionarse de acuerdo con el intervalo de anchuras W de los largueros de pala de material compuesto 204 al que se usó el tratamiento de borde 202. De acuerdo con una realización, el segmento horizontal 606A y el segmento horizontal 606B se superponen dentro de un intervalo de anchuras de superposición para crear dos capas de segmentos de ángulos precurados sobre la superficie superior 610. Al superponerse dentro de un intervalo de anchuras de superposición, los ángulos precurados 602A y 602B pueden usarse con largueros de pala de material compuesto variables que tienen almas de espesores o anchuras variables. Además, los ángulos adquiridos 602 pueden ser compatibles con un único larguero de pala de material compuesto que tenga un alma de espesor o anchura variable. En esta implementación, los ángulos precurados 602 pueden formarse de tal manera que se complementen con el espesor de alma variable, o pueden formarse con dimensiones constantes y con unas flechas apropiadas que den cuenta de la anchura variable o los contornos del larguero de pala de material compuesto asociado.

Los ángulos precurados 602 pueden fabricarse a partir de capas de tejido de fibra de vidrio, similares a las capas de fibra de vidrio 308 descritas anteriormente. Como alternativa, los ángulos precurados 602 pueden fabricarse a partir de capas de CFRP u otro material compuesto, similares a las capas de contraste de color 306 descritas anteriormente. Aún más, cada ángulo precurado 602 puede fabricarse a partir de cualquier número de capas, que tengan una combinación de capas de fibra de vidrio 308 y capas de contraste de color 306, similares a la configuración 202A del tratamiento de borde 202 descrito anteriormente con respecto a las FIGURAS 3A y 3B. Puede usarse un adhesivo (no mostrado) para unir los ángulos precurados 602 al alma 102 y entre sí donde se superponen los segmentos horizontales 606A y 606B. De acuerdo con una realización, los ángulos precurados 602 pueden usarse en una zona tal como un tanque de combustible de ala de aeronave que tiene requisitos electrostáticos estrictos. En estos y en entornos similares, los ángulos precurados 602 pueden ser de CFRP.

Volviendo ahora a la FIGURA 7, se proporcionarán detalles adicionales con respecto a las realizaciones presentadas en el presente documento para proporcionar protección de borde de larguero de pala de material compuesto e indicación de daños visuales. Debería apreciarse que pueden realizarse más o menos operaciones de las que se muestran en las figuras y se describen en el presente documento. Estas operaciones también pueden realizarse en paralelo, o en un orden diferente al descrito en el presente documento.

La FIGURA 7 muestra una rutina 700 para proporcionar protección de borde de larguero de pala de material compuesto e indicación de daños visuales. La rutina 700 comienza en la operación 702, donde se aplica una capa adhesiva 304 al borde exterior 206 de un larguero de pala de material compuesto 204. La capa adhesiva 304 puede aplicarse alternativa o adicionalmente a una primera capa de un tratamiento de borde 202 a unir al larguero de pala

de material compuesto 204, o puede omitirse por completo si se cura simultáneamente el tratamiento de borde 202 con el larguero de pala de material compuesto 204. En la operación 704, la rutina 700 continúa de acuerdo con la configuración del tratamiento de borde 202 a aplicar al larguero de pala de material compuesto 204. Específicamente, si se va a usar la configuración 202C que tiene dos ángulos precurados 602, entonces la rutina pasa a la FIGURA 8 y continúa como se describe a continuación con respecto a la rutina 800.

Sin embargo, si va a usarse la configuración 202A que tiene una capa de contraste de color 306, entonces la rutina 700 pasa desde la operación 704 a la operación 706, donde se aplica la capa de contraste de color 306 a la capa adhesiva 304. Como se ha descrito anteriormente, la capa de contraste de color 306 puede incluir una capa de cinta de CFRP. La rutina 700 continúa desde la operación 706 a la operación 708. Regresando a la operación 704, si se desea la configuración 202B descrita anteriormente con respecto a las FIGURAS 4A y 4B, la rutina 700 pasa directamente a la operación 708, sin la aplicación de la capa de contraste de color 306 en la operación 706.

En la operación 708, el número deseado de capas de fibra de vidrio 308 se aplican secuencialmente para completar el tratamiento de borde 202. Como se ha tratado anteriormente, de acuerdo con una realización, la configuración 202A puede incluir una capa de contraste de color 306 y dos capas de fibra de vidrio 308. De acuerdo con otra realización, la configuración 202B puede incluir tres capas de fibra de vidrio 308.

La FIGURA 8 continúa desde la operación 704 cuando se desea la configuración 202C que tiene dos ángulos precurados 602. En la operación 802, se crea el primer ángulo precurado 602A. El primer ángulo precurado 602A puede incluir un tejido de fibra de vidrio, CFRP u otros materiales compuestos. El primer ángulo precurado 602A incluye un primer segmento vertical 604A y un primer segmento horizontal 606A. Las longitudes de los dos segmentos pueden depender de la implementación específica, y específicamente de la distancia deseada D de unión de la superficie superior 610 del borde exterior 206 del alma 102 del larguero de pala de material compuesto 204 y en el intervalo de anchuras W de los largueros de pala de material compuesto 204 en los que se usará el tratamiento de borde 202.

Desde la operación 802, la rutina 800 continúa a la operación 804, donde se crea el segundo ángulo precurado 602B. El segundo ángulo precurado 602B puede crearse de manera similar al primer ángulo precurado 602A, pero con el segundo segmento horizontal 606B extendiéndose desde el segundo segmento vertical 604B en una dirección opuesta en comparación con el segmento horizontal 606A del primer ángulo precurado 602A. Como se ha descrito anteriormente, si la distancia D en las superficies opuestas del alma 102 debe ser equivalente, entonces las longitudes de los segmentos verticales 604A y 604B pueden ser diferentes de acuerdo con el espesor del segundo segmento horizontal 606B que está entre el primer segmento horizontal 606A y la superficie superior 610 del alma 102. También debería entenderse que, si bien el ejemplo mostrado en la FIGURA 6 anterior describe y muestra el primer ángulo precurado 602A como superpuesto en la parte superior del segundo ángulo precurado 602B, el opuesto también puede ser cierto. En la operación 806, los ángulos precurados 602A y 602B se adhieren al borde exterior 206 del alma 102 del larguero de pala de material compuesto 204, y la rutina 800 termina.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de protección de borde e indicación de daños visuales (200) para un larguero de pala de material compuesto (204), comprendiendo el sistema:
 - 5 el larguero de pala de material compuesto (204) que comprende una base (104) y un alma (102), extendiéndose el alma (102) lejos de la base (104) y definiendo un borde exterior (206) opuesto a la base (104), en el que el alma (102) se crea uniendo entre sí las partes verticales de dos cargas en ángulo del larguero de pala y la base (104) se crea uniendo las partes horizontales que se extienden desde el alma (102) hasta un material de base de larguero (112) con un relleno (114) en el medio; y
 - 10 un tratamiento de borde (202) que comprende una pluralidad de capas de material (320), abarcando el tratamiento de borde el borde exterior (206) del alma, que se extiende desde una primera superficie (208) del alma (102) hasta una segunda superficie (210) del alma (102), en el que la pluralidad de capas de material (320) del tratamiento de borde (202) comprende dos capas configuradas como un primer ángulo precurado (602A) y un segundo ángulo precurado (602B) proporcionado por separado,
 - 15 en el que cada ángulo precurado (602) comprende un segmento vertical (604) configurado para apoyarse en la primera superficie (208) o en la segunda superficie (210) del alma (102), y un segmento horizontal (606) configurado para apoyarse en el borde exterior (206) del alma (102) o en el segmento horizontal (606) del otro ángulo precurado (602) de tal manera que los segmentos horizontales (606) del primer ángulo precurado (602A) y del segundo ángulo precurado (602B) se superpongan sobre el borde exterior (206) del alma (102).
- 20 2. El sistema de protección de borde e indicación de daños visuales (200) de la reivindicación 1, en el que la pluralidad de capas de material del tratamiento de borde (202) comprende una capa adhesiva (304) y una pluralidad de capas de fibra de vidrio (308).
3. El sistema de protección de borde e indicación de daños visuales (200) de la reivindicación 2, en el que la pluralidad de capas de fibra de vidrio (308) comprende tres capas de fibra de vidrio (308).
- 25 4. El sistema de protección de borde e indicación de daños visuales (200) de la reivindicación 2, en el que cada capa de fibra de vidrio (308) comprende un tejido de fibra de vidrio.
5. El sistema de protección de borde e indicación de daños visuales (200) de la reivindicación 1 o 2, en el que la pluralidad de capas de material (320) del tratamiento de borde (202) comprende además una capa de contraste de color (306) colocada entre la capa adhesiva (304) y una capa de fibra de vidrio (308) de la pluralidad de capas de fibra de vidrio (320).
- 30 6. El sistema de protección de borde e indicación de daños visuales (200) de la reivindicación 5, en el que la capa de contraste de color (306) comprende una capa de cinta de material compuesto, en el que la capa de cinta de material compuesto comprende plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP), en el que la pluralidad de capas de fibra de vidrio (320) comprende dos capas de fibra de vidrio (308), y en el que la pluralidad de capas de material (320) comprende una disposición secuencial de la capa adhesiva (304), la capa de cinta de material compuesto y las dos capas de fibra de vidrio (308).
- 35 7. El sistema de protección de borde e indicación de daños visuales (200) de cualquier reivindicación anterior, en el que el tratamiento de borde (202) se extiende una distancia (D) desde el borde exterior (206) del alma (102) hacia la base (104) tanto en la primera superficie (208) como en la segunda superficie (210) del alma.
- 40 8. El sistema de protección de borde e indicación de daños visuales (200) de la reivindicación 1, en el que el primer ángulo precurado (602A) y el segundo ángulo precurado (602B) comprenden cada uno un tejido de fibra de vidrio.
9. El sistema de protección de borde e indicación de daños visuales (200) de la reivindicación 1, en el que el primer ángulo precurado (602A) y el segundo ángulo precurado (602B) comprenden cada uno un plástico reforzado con fibra de carbono.
- 45 10. El sistema de protección de borde e indicación de daños visuales (200) de cualquiera de las reivindicaciones 1, 8 o 9, en el que los segmentos horizontales (606) del primer ángulo precurado (602A) y del segundo ángulo precurado (602B) están dimensionados para superponerse sobre un intervalo de anchuras (W), de tal manera que el primer ángulo precurado (602A) y el segundo ángulo precurado (602B) pueden ser compatibles con el alma (102) que tiene una primera anchura y una segunda alma de una segunda anchura de un segundo larguero de pala de material compuesto (204) o compatibles con un larguero de pala (204) que tiene un alma (102) de espesor variable.
- 50 11. Un método para proporcionar protección de borde de larguero de pala de material compuesto e indicación de daños visuales, comprendiendo el método:

- 5 aplicar un tratamiento de borde (202) a un borde exterior (206) de un alma (102) de un larguero de pala de material compuesto (204) de tal manera que el tratamiento de borde (202) comprenda al menos dos capas de material (320) y abarque el borde exterior (206) del alma (102), que se extiende desde una primera superficie (208) del alma (102) hasta una segunda superficie (210) del alma (102), en el que el alma (102) se crea uniendo entre sí las partes verticales de dos cargas en ángulo del larguero de pala y una base (104) se crea uniendo las partes horizontales que se extienden desde el alma (102) hasta un material de base de larguero (112) con un relleno (114) en el medio, en el que
- 10 la pluralidad de capas de material (320) del tratamiento de borde (202) comprende dos capas configuradas como un primer ángulo precurado (602A) y un segundo ángulo precurado (602B) proporcionado por separado, en el que cada ángulo precurado (602) comprende un segmento vertical (604) configurado para apoyarse en la primera superficie (208) o en la segunda superficie (210) del alma (102), y un segmento horizontal (606) configurado para apoyarse en el borde exterior (206) del alma (102) o en el segmento horizontal (606) del otro ángulo precurado (602), de tal manera que los segmentos horizontales (606) del primer ángulo precurado (602A) y del segundo ángulo precurado (602B) se superponen sobre el borde exterior (206) del alma (102).
- 15 12. El método de la reivindicación 11, en el que la aplicación del tratamiento de borde (202) comprende:
- aplicar una capa adhesiva (304) desde la primera superficie (208) del alma (102), sobre el borde exterior (206) del alma (102), y hasta la segunda superficie (210) del alma (102);
aplicar el segundo ángulo precurado (602B) sobre la capa adhesiva (304); y
aplicar el primer ángulo precurado (602A) sobre el segundo ángulo precurado (602B).

20

100

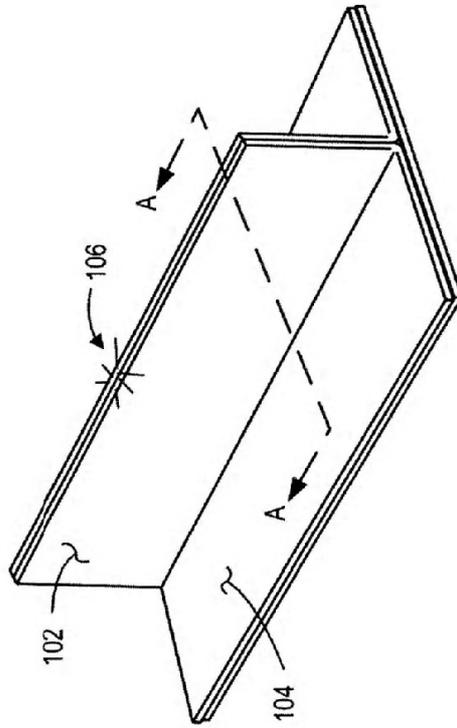


FIG. 1A

(TÉCNICA ANTERIOR)

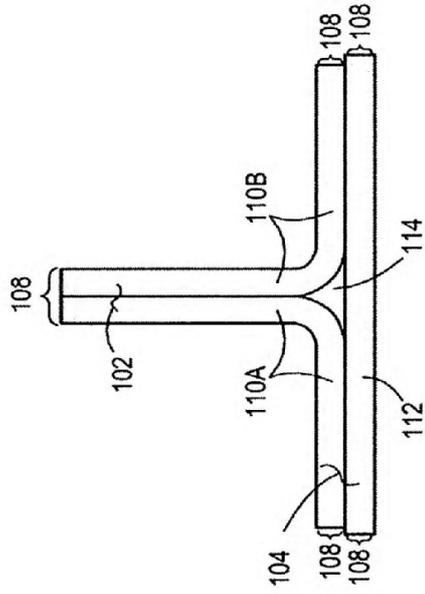


FIG. 1B

(TÉCNICA ANTERIOR)

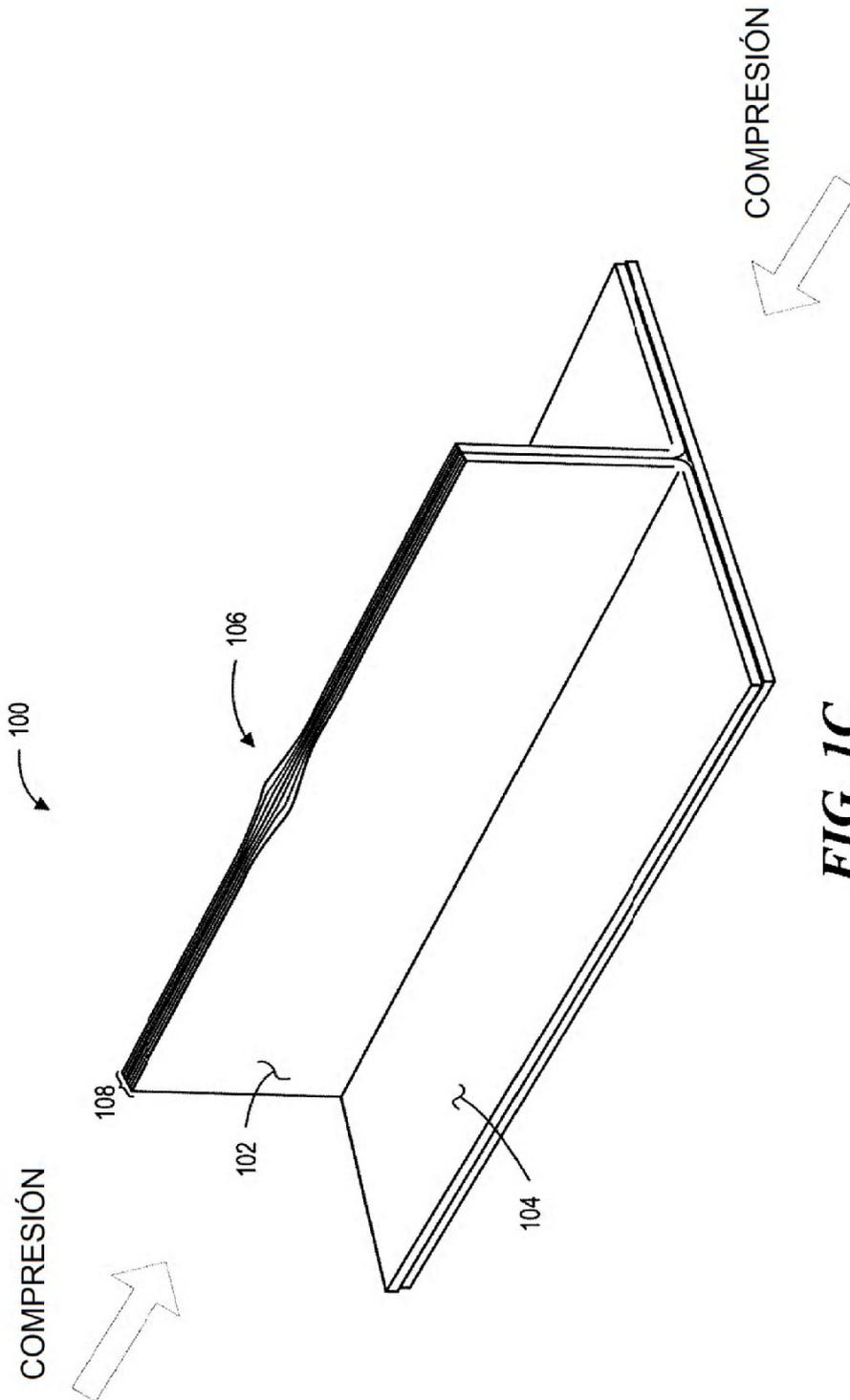


FIG. 1C
(TÉCNICA ANTERIOR)

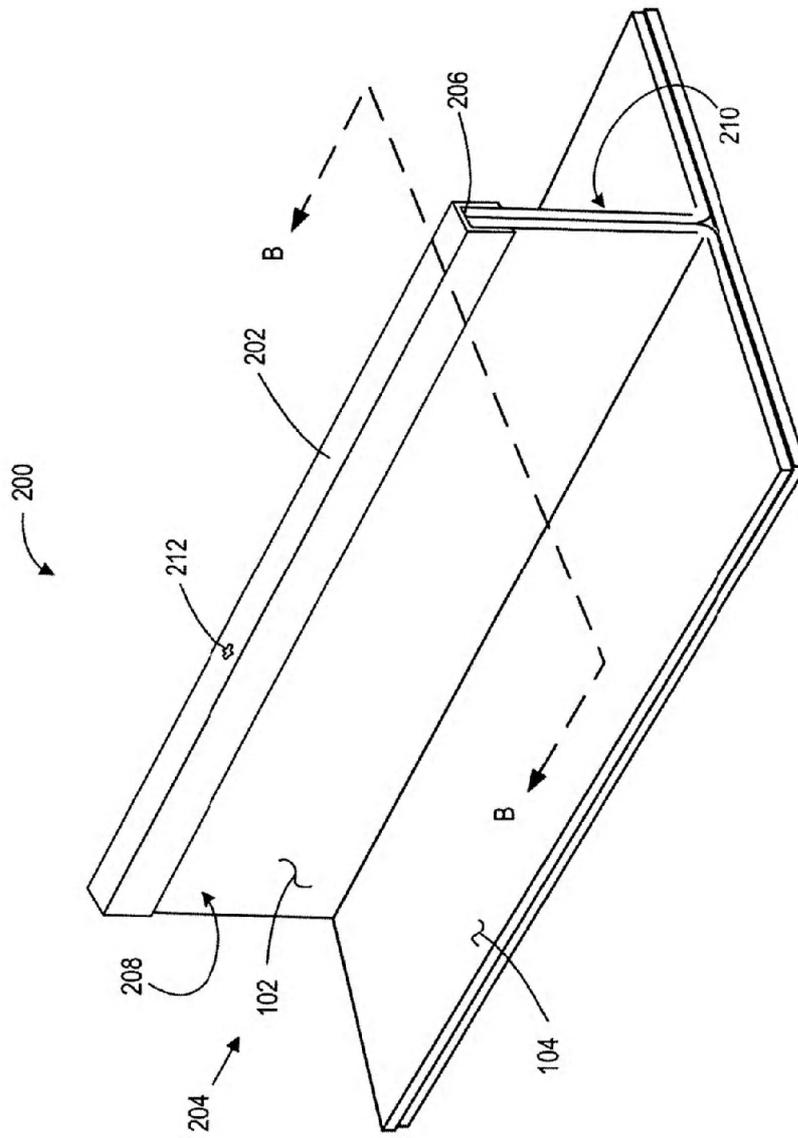


FIG. 2

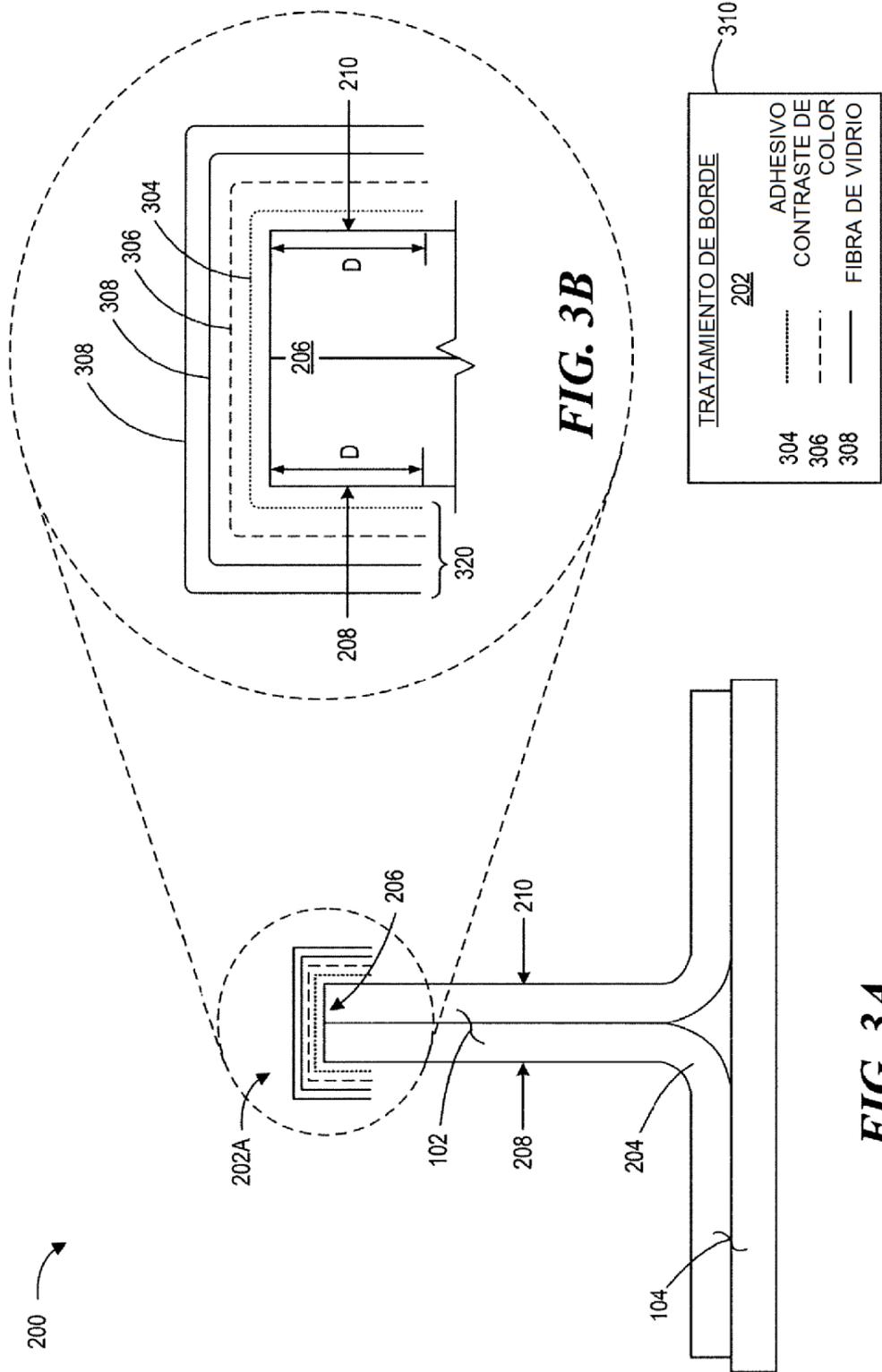


FIG. 3A

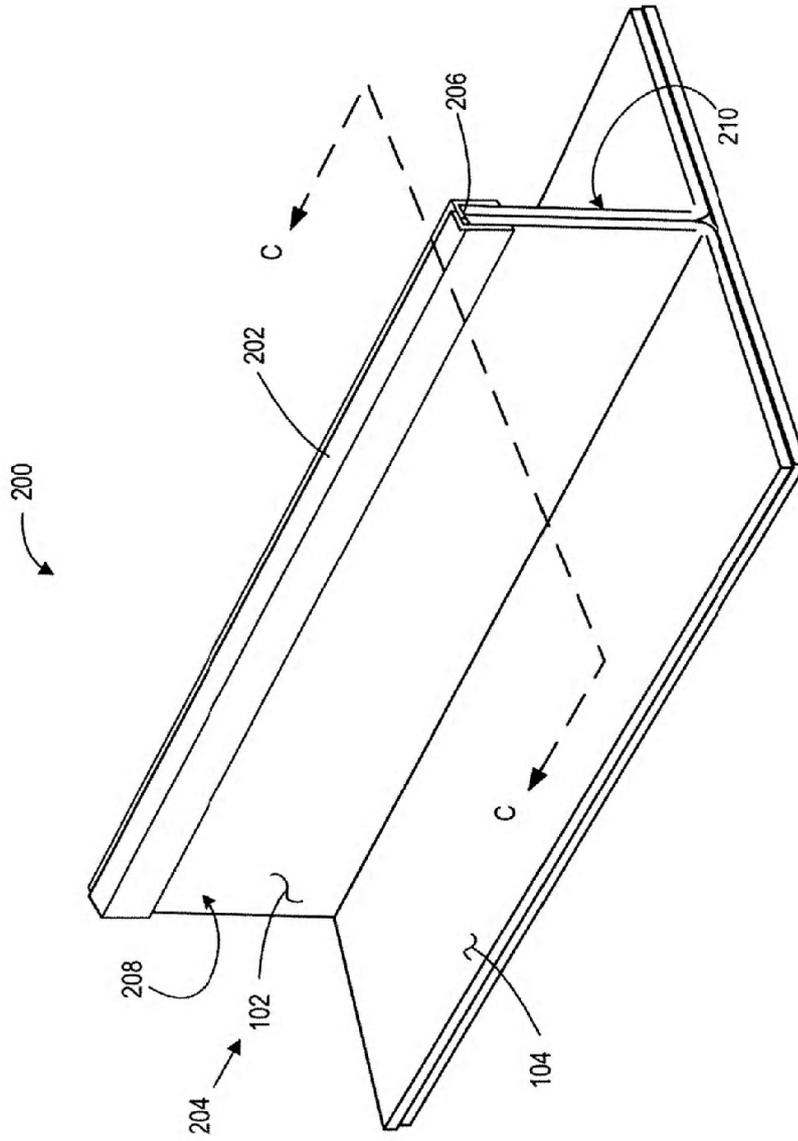


FIG. 5

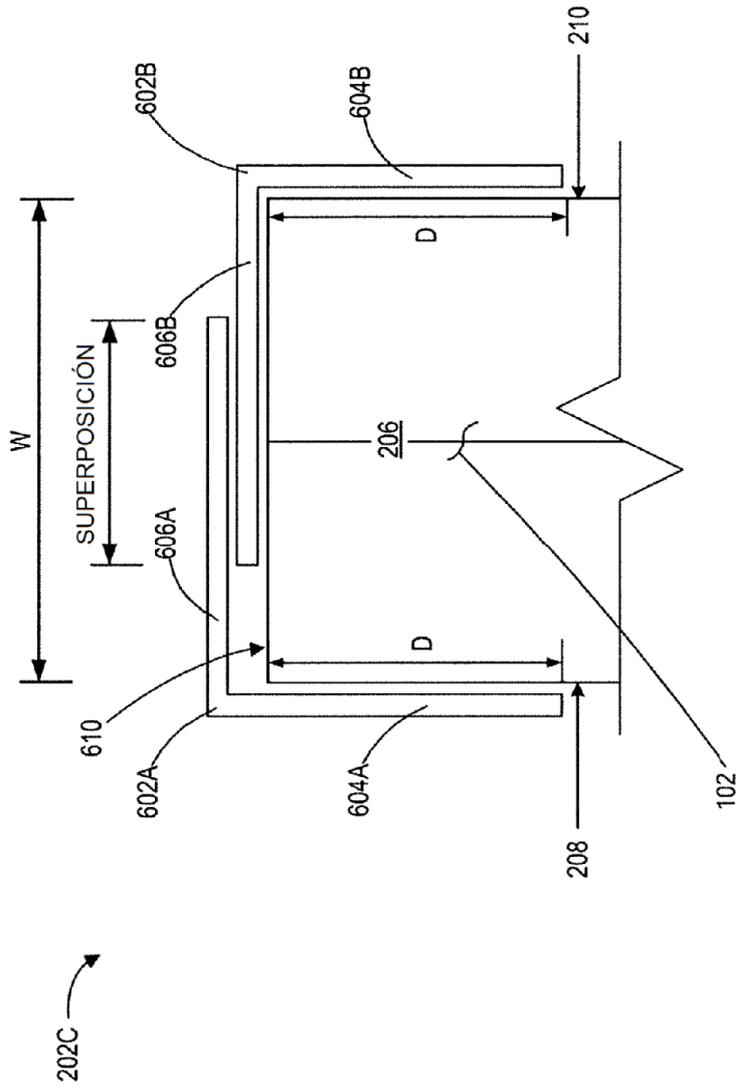


FIG. 6

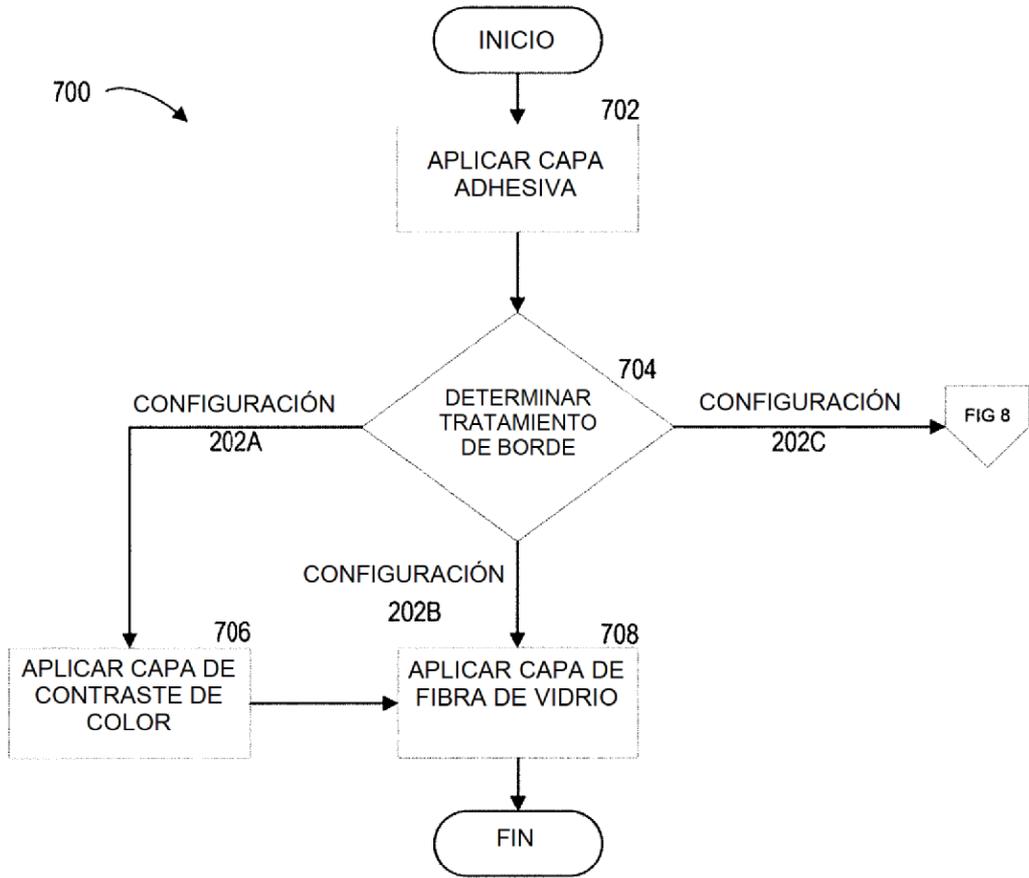


FIG. 7

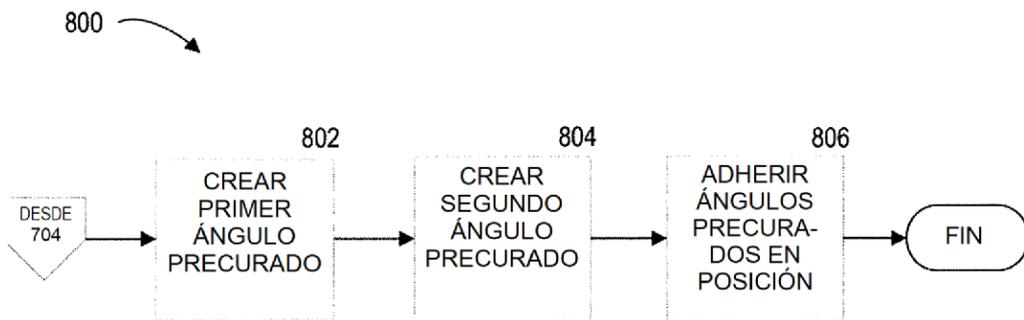


FIG. 8