

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 599 399**

51 Int. Cl.:

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: **03.02.2014** **E 14153701 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.09.2016** **EP 2764987**

54 Título: **Método y sistema para hacer estructuras compuestas que tienen rellenos de huecos con material de fibra cortada**

30 Prioridad:

07.02.2013 US 201313762339

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

01.02.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**VETTER DEREK P;
GRAVES MICHAEL J y
GRIESS KENNETH H**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 599 399 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 y sistema para hacer estructuras compuestas que tienen rellenos de huecos con material de fibra cortada

5 **Antecedentes****1) Campo de la descripción**

- 10 La divulgación se refiere en general a métodos y a sistemas de realización de estructuras compuestas, y más específicamente, a métodos y sistemas de realización de estructuras compuestas que tienen rellenos de huecos, tales como estructuras compuestas de largueros en alas de aeronaves.

2) Descripción de la técnica relacionada

- 15 Las estructuras compuestas se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo en la fabricación de aeronaves, naves espaciales, helicópteros, embarcaciones, automóviles, camiones y otros vehículos y estructuras, debido a sus altas relaciones resistencia-peso, resistencia a la corrosión, y otras propiedades favorables. En la construcción de aeronaves, las estructuras compuestas se utilizan en cantidades cada vez mayores para formar las alas, fuselaje, secciones de cola, y otros componentes.

- 20 Por ejemplo, las alas de las aeronaves pueden estar formadas de estructuras de paneles rigidizados compuestos que comprenden paneles de revestimiento compuestos o refuerzos a los que los rigidizadores de refuerzo o "largueros" pueden estar unidos o pegados para mejorar la resistencia, la rigidez, la resistencia al pandeo, y la estabilidad de los paneles de revestimiento compuesto o refuerzos. Los largueros unidos o pegados a los paneles compuestos de revestimiento o los refuerzos pueden ser configurados para llevar varias cargas y se pueden proporcionar en una variedad de diferentes formas de sección transversal, tales como rigidizadores en T, rigidizadores en J, y vigas en I.

- 30 Los largueros conocidos que se encuentran en las estructuras de ala de compuestos para aeronaves pueden tener una baja resistencia al desprendimiento. En consecuencia, tales largueros no se pueden cargar a través de una porción de cuchilla del larguero. Esto puede requerir que se perforen orificios en el revestimiento del ala y que los elementos de sujeción se unan a través del revestimiento de ala para fijar, por ejemplo, accesorios de costilla de ala al revestimiento del ala. Sin embargo, esto puede crear en la aeronave áreas adicionales sujetas a posibles fugas de combustible o problemas de fabricación y complicaciones. Además, tales elementos de fijación pueden necesitar ser tratados y ser triplemente protegidos con protección ante los rayos, y tales orificios de sujeción pueden requerir sellado estanco a los líquidos para que no estén sujetos a fugas de combustible. Por ejemplo, tales elementos de sujeción que sobresalen en una celda de combustible en el ala pueden necesitar ser avellanados, recubiertos en el exterior con un tapón aislante, revestidos en el interior con un sellante aislante, y conectados a tierra para evitar las chispas en el interior de la celda de combustible. El tiempo requerido para la instalación de tales elementos de fijación se puede aumentar, lo que, a su vez, puede aumentar la complejidad de fabricación y el coste. Además, la presencia de elementos de fijación adicionales puede añadir peso a la aeronave, lo que, a su vez, puede reducir la capacidad de carga útil de la aeronave y puede aumentar el consumo de combustible, lo que puede provocar un aumento de los costes de combustible.

- 45 Los huecos o regiones vacías se pueden formar por el radio de las porciones curvadas de los largueros cuando están unidos o pegados perpendicularmente a los paneles del revestimiento compuesto o refuerzos. Tales huecos o regiones vacías pueden típicamente ser referidas como "regiones de relleno de huecos o del radio" o "regiones de fideos". Tales huecos o regiones de relleno del radio o regiones de fideos dentro de los largueros pueden ser propensas al agrietamiento ya que pueden ser limitadas en tres dimensiones. Los rellenos de huecos o del radio o "fideos" hechos de material compuesto o material adhesivo/epoxi y que tienen una sección transversal generalmente triangular se pueden usar para llenar las regiones de relleno de huecos o del radio o regiones de fideos con el fin de proporcionar un refuerzo estructural adicional a tales regiones. Sin embargo, rellenos de huecos o del radio o rellenos conocidos pueden estar hechos de un material que es diferente de o no compatible con el material de la estructura compuesta que rodea al relleno de huecos o el radio o fideos. Esto puede dar lugar a diferentes propiedades de los materiales que pueden, a su vez, requerir modificaciones para ciclos de curado, temperaturas y presiones de procesamiento, y/o cantidades relativas de las fibras y las matrices de resina. Tales modificaciones pueden aumentar el tiempo de fabricación, trabajo y costes.

- 60 Además, los rellenos conocidos de huecos o de radios o fideos pueden ser muy largos de longitud (por ejemplo, 18 m a 24 m (60 a 80 pies) de largo), delgados y frágiles. En consecuencia, tales rellenos de huecos o del radio o fideos pueden ser difíciles de almacenar y de transportar y pueden requerir el aumento de trabajo y medios de almacenamiento y transporte costosos para evitar o minimizar el daño a tales rellenos de huecos o del radio o fideos.

- 65 Además, los rellenos de huecos conocidos o de radios unidireccionales/laminados o fideos pueden tener puntas romas relativamente en las tres esquinas del relleno de huecos o del radio o fideo. Una hoja de grado cero (0°)

preimpregnada (es decir, fibras de refuerzo impregnadas con un material de resina) se puede plegar sobre sí misma varias veces para formar un relleno de huecos circular o del radio o fideos. El relleno de huecos o del radio o de fideos puede entonces ser conformados en una forma triangular bajo calor y vacío. La punta roma de los fideos puede crear bolsillos ricos de resina en la punta del relleno de huecos o del radio o fideos y esas regiones pueden ser susceptibles a la iniciación de la propagación de grietas. La grieta se puede propagar entre hojas de compuesto y la grieta puede causar problemas de resistencia de desprendimiento prematuro del larguero. Una baja resistencia al desprendimiento puede impedir que los refuerzos sean utilizados como puntos de fijación estructurales dentro de la caja del ala. Esto, a su vez, puede requerir, como se discutió anteriormente, que los orificios se perforen en el revestimiento del ala y que los elementos de sujeción puedan unirse a través del revestimiento de ala para fijar accesorios de costilla del ala al revestimiento del ala.

Por consiguiente, existe una necesidad en la técnica de mejorar los métodos y sistemas de realización de estructuras compuestas que tienen rellenos de huecos o del radio o fideos que proporcionan ventajas sobre los métodos, sistemas y estructuras conocidos.

El documento CN101445663B divulga un método de fabricación de una estructura compuesta que comprende las etapas de aplicar material de fibra cortada en diferentes espesores sobre una primera superficie de hojas de una primera carga compuesta para formar una carga compuesta en capas, el ensamblado de una segunda carga compuesta y la carga compuesta en capas para formar una estructura compuesta, el material de fibra cortada formando un relleno de huecos en la estructura compuesta, el relleno de huecos conformando una forma de la estructura compuesta que rodea el relleno de huecos; y procesar la estructura compuesta.

Sumario

Esta necesidad de mejorar los métodos y sistemas de realización de estructuras compuestas que tienen rellenos de huecos o del radio o fideos es satisfecho. Como se discute en la siguiente descripción detallada, las realizaciones de los métodos y sistemas mejorados de realización de estructuras compuestas que tienen rellenos de huecos o del radio o fideos pueden proporcionar ventajas significativas sobre métodos, sistemas y estructuras conocidas.

En una realización de la divulgación, se proporciona un método de fabricación de una estructura compuesta. El método comprende la etapa de aplicar un material de fibra cortada en diferentes espesores sobre una primera superficie de hoja de una primera carga compuesta para formar una carga compuesta en capas. El método comprende además la etapa de plegado de la carga compuesta en capas. El método comprende además la etapa de ensamblado de una segunda carga compuesta y la carga compuesta en capas plegada para formar una estructura compuesta. El material de fibra cortada se forma un material de relleno de huecos en la estructura compuesta. El relleno de huecos se ajusta a una forma de la estructura compuesta que rodea el relleno de huecos. El método comprende además la etapa de procesamiento de la estructura compuesta.

En otra realización de la divulgación, se proporciona un método de fabricación de una estructura compuesta que tiene uno o más rellenos de huecos y una o más capas interlaminares. El método comprende la etapa de aplicar una capa de relleno de huecos de fibras cortadas que comprende material de fibra cortada en diferentes espesores sobre una primera capa de soporte que comprende una tela de compuesto. El método comprende además la etapa de formar una carga compuesta en capas por el apilamiento de la primera capa de soporte con una pluralidad de capas de compuesto para obtener una primera carga compuesta, la primera capa de soporte está situada entre la capa de relleno de huecos de fibras cortadas y la primera carga compuesta. El método comprende además la etapa de apilar una segunda capa de soporte que comprende un tejido compuesto de una pluralidad de capas de compuesto para obtener una segunda carga compuesta. El método comprende además la etapa de ensamblado de la carga compuesta en capas y la segunda carga compuesta para formar una estructura compuesta. Los materiales de fibras cortadas forman en la estructura compuesta uno o más rellenos de huecos y una o más capas interlaminares. El material de fibra cortada comprende un mismo material que un material que comprende la estructura compuesta o comprende un material compatible con el material que comprende la estructura compuesta. El método comprende además la etapa de procesamiento de la estructura compuesta.

En otra realización de la descripción, se proporciona un sistema para la fabricación de una estructura compuesta. El sistema comprende una carga compuesta en capas. La carga compuesta en capas comprende una primera carga compuesta que comprende una pluralidad de primeras hojas de compuesto apiladas y que tiene una primera superficie de hoja. La capa de relleno en capas comprende además una capa de relleno de huecos de fibras cortadas aplicada a la primera superficie de hoja. La capa de relleno de huecos de fibra cortada comprende material de fibra cortada en diferentes espesores. El sistema comprende además un conjunto de procesamiento de material compuesto adaptado para plegar la carga compuesta en capas. El sistema comprende además una segunda carga compuesta que comprende una pluralidad de segundas hojas de compuesto apiladas. La segunda carga compuesta se ensambla con la carga compuesta en capas plegada para formar una estructura compuesta. El sistema comprende además al menos un relleno de huecos formado en la estructura compuesta. El relleno de huecos está formado del material de fibra cortada que comprende un mismo material o de un material compatible con un material que comprende la estructura compuesta que rodea el relleno de huecos. El relleno de huecos es casi isotrópico y se ajusta a una forma de la estructura compuesta que rodea el relleno de huecos. El sistema comprende además al

menos una capa interlaminar formada en la estructura compuesta. La capa interlaminar se forma del material de fibra cortada. El sistema comprende además un conjunto de bolsa de vacío y un aparato de curado para el procesamiento de la estructura compuesta.

5 Según un aspecto de la presente descripción, se proporciona, un método de fabricación de una estructura compuesta que tiene uno o más rellenos de huecos y una o más capas interlaminares, comprendiendo el método las etapas de: aplicar una capa de relleno de huecos de fibras cortadas que comprende material de fibra cortada en diferentes espesores sobre una primera capa de soporte que comprende una tela de compuesto; formar una carga compuesta por capas apilando la primera capa de soporte con una pluralidad de hojas de compuesto para obtener una primera carga compuesta, la primera capa de soporte colocándose entre la capa de relleno de huecos de fibras cortadas y la primera carga compuesta; apilar una segunda capa de soporte que comprende un tejido compuesto de una pluralidad de hojas de compuesto para obtener una segunda carga compuesta; ensamblar de la carga compuesta en capas y la segunda carga compuesta para formar una estructura compuesta, el material de fibra cortada formando en la estructura compuesta de uno o más rellenos de huecos y una o más capas interlaminares, el material de fibra cortada comprendiendo un mismo material que un material que comprende la estructura compuesta o comprendiendo un material compatible con el material que comprende la estructura compuesta; y, procesar las estructuras compuestas

20 Ventajosamente, el procedimiento comprende además aplicar una capa de relleno de huecos de fibras cortadas en la segunda capa de soporte antes de apilar la segunda capa de soporte.

Más ventajosamente, el método anterior donde la aplicación de la capa de relleno de huecos de fibras cortadas a la primera capa de soporte y a la segunda capa de soporte comprende dirigir el material de fibra cortada en la primera capa de soporte y sobre la segunda capa de soporte, de manera que un número sustancial de fibras discontinuas del material de fibras cortadas es dirigido en una orientación de fibra deseada.

30 Ventajosamente, la etapa de montaje comprende plegar la carga compuesta en capas con un conjunto de procesamiento de compuesto y calentar la carga compuesta en capas cuando la carga compuesta en capas se pliega por el conjunto de procesamiento de compuesto.

Las características, funciones y ventajas que se han discutido se pueden conseguir independientemente en varias realizaciones de la descripción o se pueden combinar en otras realizaciones de las cuales se pueden ver más detalles con referencia a la siguiente descripción y los dibujos.

35 Breve descripción de los dibujos

La divulgación puede entenderse mejor con referencia a la siguiente descripción detallada tomada en conjunción con los dibujos adjuntos que ilustran realizaciones preferidas y ejemplares, pero que no están necesariamente dibujados a escala, en los que:

40 La figura 1 es una ilustración de una vista en perspectiva de una aeronave a modo de ejemplo que puede incorporar una o más estructuras compuestas que tienen un relleno de huecos que se puede hacer con una o más realizaciones de un sistema y un método de la invención;

45 La figura 2 es una ilustración de un diagrama de flujo de una producción de aeronaves y un método de servicio;

La figura 3 es una ilustración de un diagrama de bloques funcional de una aeronave;

La figura 4A es una ilustración de una vista frontal esquemática de una carga compuesta en capas que puede utilizarse en una de las realizaciones de un sistema y un método de la invención;

50 La figura 4B es una ilustración de una vista en sección parcial frontal de una realización de una carga compuesta en capas que puede utilizarse en una de las realizaciones de un sistema y un método de la divulgación y que muestra la carga compuesta en capas colocada debajo de un conjunto de herramientas de formación de la forma;

La figura 4C es una ilustración de una vista ampliada del material de fibra cortada que se muestra en el círculo 4C de la figura 4B;

55 La figura 4D es una ilustración de una vista en sección parcial frontal de otra realización de una carga compuesta en capas con una capa de soporte que puede utilizarse en una de las realizaciones de un sistema y un método de la invención;

La figura 5 es una ilustración de una vista en sección parcial esquemática frontal de una carga compuesta en capas que puede utilizarse en una de las realizaciones de un sistema y un método de la divulgación y que muestra la carga compuesta en capas siendo plegada con una porción macho de un conjunto de herramientas de formando de forma;

60 La figura 6 es una ilustración de una vista en sección parcial esquemática frontal de una carga compuesta en capas plegada que puede ser utilizada en una de las realizaciones de un sistema y un método de la divulgación y que muestra una porción macho de un conjunto de herramientas de formación de forma retirada después del plegado;

65 La figura 7A es una ilustración de una vista en sección parcial frontal de una carga compuesta en capas plegada ensamblada con una segunda carga compuesta para formar una realización de una estructura compuesta que

pueda hacerse con una de las realizaciones de un sistema y un método de la invención;

La figura 7B es una ilustración de una vista en sección parcial frontal de una carga compuesta en capas plegada ensamblada con una segunda carga compuesta y una capa de soporte para formar otra realización de una estructura compuesta que pueda hacerse con una de las realizaciones de un sistema y un método de la divulgación;

La figura 8 es una ilustración de una vista en sección frontal de una realización de una estructura compuesta que pueda hacerse con una de las realizaciones de un sistema y un método de la invención;

La figura 9 es una ilustración de una vista en perspectiva de otra realización de una estructura compuesta que pueda hacerse con una de las realizaciones de un sistema y un método de la invención;

La figura 10A es una ilustración de una vista en sección frontal de una realización de un larguero en forma de J que se puede hacer con una de las realizaciones de un sistema y un método de la invención;

La figura 10B es una ilustración de una vista en sección frontal de una realización de un larguero en forma de I que puede hacerse con una de las realizaciones de un sistema y un método de la invención;

La figura 10C es una ilustración de una vista en sección frontal de una realización de un larguero en forma de bulbo que puede hacerse con una de las realizaciones de un sistema y un método de la invención;

La figura 11 es una ilustración de una vista en sección parcial frontal de un larguero en forma de bulbo que puede hacerse con una de las realizaciones de un sistema y un método de la divulgación y que muestra una capa interlaminar;

La figura 12 es una ilustración de una vista en sección parcial frontal de una realización de un conjunto de panel de núcleo en sándwich que tiene un material de relleno del radio que puede hacerse con una de las realizaciones de un sistema y un método de la invención;

La figura 13 es una ilustración de un diagrama de bloques funcional de una realización ejemplar de un sistema de la invención; y,

La figura 14 es una ilustración de un diagrama de flujo de una realización ejemplar de un método de la descripción.

Descripción detallada

Se describirán ahora realizaciones descritas más completamente con referencia a los dibujos adjuntos, en los que algunas, pero no todas de las realizaciones descritas se muestran. De hecho, varias realizaciones diferentes pueden proporcionarse y no deben interpretarse como limitadas a las realizaciones expuestas en el presente documento. Más bien, estas realizaciones se proporcionan para que esta descripción sea minuciosa y transmita completamente el alcance de la descripción para los expertos en la materia.

Con referencia ahora a las figuras, la figura 1 es una ilustración de una vista en perspectiva de una aeronave a modo de ejemplo 10 que puede incorporar una o más estructuras compuestas 26 que tiene un relleno de huecos 124 (véase la figura 8) con el material de fibra cortada 72 (véase la figura 4A) que puede ser hecho con una o más realizaciones de un sistema 68 (véase la figura 13) y un método 200 (véase la figura 14) descritos en este documento. Como se muestra en la figura 1, la aeronave 10 incluye un fuselaje 12, una nariz 14, una cabina 16, unas alas 18, una o más unidades de propulsión 20, una porción de cola vertical 22, y porciones de cola horizontales 24. Como se muestra en la figura 1, las estructuras compuestas 26 pueden comprender largueros 28 en las alas 18. Aunque la aeronave 10 que se muestra en la figura 1 es generalmente representativa de una aeronave comercial de pasajeros que tiene una o más estructuras compuestas 26, las divulgaciones de las realizaciones descritas pueden aplicarse a otras aeronaves de pasajeros, aeronaves de carga, aeronaves militares, helicópteros, y otros tipos de aeronaves o vehículos aéreos, así como vehículos aeroespaciales, satélites, lanzaderas espaciales, cohetes y otros vehículos aeroespaciales, así como barcos y otras embarcaciones, trenes, automóviles, camiones, autobuses, u otras estructuras adecuadas que tienen uno o más estructuras compuestas 26 que tiene un relleno de huecos 124 (véase la figura 8) con material de fibra cortada 72 (véase la figura 4A) y que se pueden hacer con una o más realizaciones del sistema 68 (véase la figura 13) y el método 200 (véase la figura 14) descritos en este documento.

La figura 2 es una ilustración de un diagrama de flujo de métodos de producción de aeronaves y servicios 30. La figura 3 es una ilustración de un diagrama de bloques funcional de una aeronave 50. Haciendo referencia a las figuras 2 y 3, realizaciones de la descripción pueden ser descritas en el contexto del método de fabricación y servicio de aeronave 30 como se muestra en la figura 2 y la aeronave 50 como se muestra en la figura 3. Durante la pre-producción, un método ejemplar 30 puede incluir la especificación y diseño 32 de la aeronave 50 y el material de adquisiciones 34. Durante la producción, se lleva a cabo la fabricación de componentes y el subensamblado 36 y la integración del sistema 38 de la aeronave 50. A partir de entonces, la aeronave 50 puede ir a través de la certificación y entrega 40 con el fin de ser puesta en servicio 42. Mientras que en el servicio 42 de un cliente, la aeronave 50 puede ser programada para el mantenimiento y el servicio 44 de rutina (que también puede incluir la modificación, la reconfiguración, la remodelación, y otros servicios adecuados).

Cada uno de los procesos de método 30 se puede realizar o ser llevado a cabo por un integrador de sistemas, un tercero, y/o un operador (por ejemplo, un cliente). A los efectos de esta descripción, un integrador de sistema puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas importantes del sistema; un tercero puede incluir, sin limitación, cualquier número de proveedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una línea aérea, compañía de arrendamiento, entidad militar, organización de servicio, y otros operadores

adecuados.

Como se muestra en la figura 3, la aeronave 50 producida por el método a modo de ejemplo 30 puede incluir un fuselaje 52 con una pluralidad de sistemas 54 y un interior 56. Ejemplos de sistemas de alto nivel 54 pueden incluir uno o más de un sistema de propulsión 58, un sistema eléctrico 60, un sistema hidráulico 62, y un sistema ambiental 64. Cualquier número de otros sistemas pueden ser incluidos. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la invención pueden ser aplicados a otras industrias, como la industria del automóvil.

Los métodos y sistemas incorporados en el presente documento pueden emplearse durante una cualquiera o más de las etapas del método de producción y el servicio 30. Por, ejemplo, los componentes o subconjuntos correspondientes a los componentes y la fabricación de subconjunto 36 puede fabricarse o manufacturarse de una manera similar a los componentes o subconjuntos producidos mientras la aeronave 50 está en servicio. Además, las realizaciones uno o más aparatos, realizaciones del método, o una combinación de los mismos, se pueden utilizar durante la fabricación del componente y el subconjunto 36 y la integración del sistema 38, por ejemplo, sustancialmente mediante la aceleración del ensamblado de o reduciendo el coste de la aeronave 50. Del mismo modo, uno o más de realizaciones del aparato, realizaciones del método, o una combinación de las mismas, se pueden utilizar mientras la aeronave 50 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, para el mantenimiento y el servicio 44.

En una realización de la divulgación, se proporciona un sistema 68 para fabricar una estructura compuesta 26 (véase la figura 1, la figura 8, la figura 13) que tiene un relleno de huecos 124 (véase la figura 8) formado con material de fibra cortada 72 (véase la figura 4A). La figura 13 es una ilustración de un diagrama de bloques funcional de una realización ejemplar del sistema 68 de la descripción.

En otra realización de la descripción, se proporciona un método 200 de fabricación de una estructura compuesta 26 (véase la figura 1, la figura 8 y la figura 13) que tiene un relleno de huecos 124 (véase la figura 8 y la figura 13) formado con material de fibra cortada 72 (véase la figura 4A). La figura 14 es una ilustración de un diagrama de flujo de una realización ejemplar del método 200 de la divulgación.

Como se muestra en las figuras 4A y 13, el sistema 68 comprende una carga compuesta en capas 90. La figura 4A es una ilustración de una vista frontal esquemática de la carga compuesta en capas 90 que puede utilizarse en una de las realizaciones del sistema 68 y el método 200 de la divulgación. La carga compuesta en capas 90 comprende una primera carga compuesta 80 (véase la figura 4A). La primera carga compuesta 80 se hace preferentemente de un compuesto 82 (véase las figuras 4B y 13) y, preferentemente, comprende una pluralidad de hojas de compuesto 82a (véase la figura 13), tal como una pluralidad de primeras hojas de compuesto apiladas que pueden ser apiladas o colocadas usando un aparato de moldeado 83 (véase la figura 13). La primera carga compuesta 80 comprende además una primera capa de compuesto 82b (véase la figura 13) que tiene una primera superficie de hojas 84a (véase la figura 4A). La primera carga compuesta 80 comprende además una segunda superficie 84b (véase la figura 4A). La primera carga compuesta 80 comprende preferentemente una carga de larguero 80a (véase las figuras 4B, 4D).

La pluralidad de hojas de compuesto 82a (véase la figura 13) puede estar formada preferentemente de un material de refuerzo rodeado y soportado dentro de un material de matriz, tal como, por ejemplo, un material de impregnado previamente. El material de refuerzo puede comprender fibras de alta resistencia, tales como fibras de vidrio o de carbono, grafito, fibra de poliamida aromática, fibra de vidrio, u otro material de refuerzo adecuado. El material de matriz puede comprender resinas poliméricas termoplásticas o termoestables. Resinas termoestables ejemplares pueden incluir alilos, poliésteres alquídicos, bismaleimidas (BMI), resinas epoxi, resinas fenólicas, poliésteres, poliuretanos (PUR), de poliurea formaldehído, éster de cianato, y resina de éster de vinilo. Resinas termoplásticas ejemplares pueden incluir materiales cerámicos; polímeros de cristal líquido (LCP); plásticos fluorados, incluyendo politetrafluoroetileno (PTFE), etileno propileno fluorado (FEP), resina perfluoroalcoxi (PFA), policlorotrifluoroetileno (PCTFE), y politetrafluoroetileno perfluorometilviniléter (MFA); resinas a base de cetonas, incluyendo polieteretercetona; poliamidas tales como nylon 6/6, 30 % de fibra de vidrio; polietersulfonas (PES); poliamidaimidas (PAIS), polietilenos (PE); termoplásticos de poliéster, incluyendo tereftalato de polibutileno (PBT), tereftalato de polietileno (PET), y poli (tereftalatos de fenileno); polisulfonas (PSU); o (sulfuros de fenileno) poli (PPS).

En la presente memoria, “impregnado previamente” significa una tela tejida o trenzada o material de cinta similar a la tela, por ejemplo, fibra de vidrio o fibras de carbono, que han sido impregnadas con una resina sin curar o parcialmente curada, que es lo suficientemente flexible para ser formada en una forma deseada, a continuación, “curado”, por ejemplo, mediante la aplicación de calor en un horno o un autoclave, para endurecer la resina en una estructura fuerte, rígida, reforzada con fibras. La pluralidad de hojas de compuesto 82a puede estar en la forma de una cinta impregnado previamente unidireccional, una cinta de fibra unidireccional, una cinta de plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP), u otra cinta adecuada; un tejido de plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP), un tejido impregnado previamente, una tela tejida que incluye una tela de fibra de carbono, u otro tejido adecuado; una combinación de una cinta o una tela de la misma; o de otro compuesto adecuado. Las realizaciones del relleno de huecos 124 aumentan preferentemente una carga de desprendimiento y mejorar una resistencia de desprendimiento. En la presente memoria, “desprendimiento de carga” significa una carga de cizallamiento y/o

momento de fuerza aplicada a una estructura compuesta, tal como un larguero, en los lugares donde se une o se pega a otra estructura compuesta de la estructura compuesta, tal como un panel de revestimiento compuesto o refuerzo, de manera que la carga de cizallamiento y/o momento de fuerza pueden causar la delaminación o separación del rigidizador de refuerzo de la estructura compuesta adjunta.

5 Los materiales utilizados para la estructura compuesta 26 se pueden seleccionar, por lo menos en parte, de acuerdo con el uso pretendido de la estructura compuesta 26, tal como un panel estructural para una aeronave 10, u otras estructuras aeroespaciales, automóviles, vehículos marinos, otros vehículos, edificios y otras estructuras, y similares.

10 Como se muestra además en las figuras 4A y 13, la carga compuesta en capas 90 comprende además una capa de relleno de huecos de fibras cortadas 70 se aplica a la primera superficie de hoja 84a. Como se muestra en la figura 4A, la capa de relleno de huecos de fibra cortada 70 tiene una primera superficie 76a y una segunda superficie 76b. La capa de relleno de huecos de fibras cortadas 70 comprende preferentemente material de fibra cortada 72 (véase la figura 4A), tal como un material de fibra de carbono cortada. El material de fibra cortada 72 puede comprender
15 más preferentemente un material de fibra de carbono impregnado previamente con fibras largas de cortado, elementos escamas delgadas de diferentes tamaños y formas. El material de fibra cortada puede ser impregnado previamente con un material de resina termoestable que interactúa bien con materiales de carga del larguero y del panel de superficie de carga, o puede ser utilizado con una resina termoplástica adecuada.

20 El material de fibra cortada 72 crea un relleno de huecos 124 (véase la figura 8) que es un material cuasi-isotrópico 75 (véase la figura 9). Preferiblemente, el material de fibras cortadas 72 se aplica a la primera superficie de hoja 84a en espesores variables, como el espesor t_1 (véase la figura 4B) y el espesor t_2 (véase la figura 4B) u otro espesor variado o variable adecuado. El material de fibra cortada 72 comprende preferentemente fibras discontinuas 74 (véase la figura 4C). La figura 4C es una ilustración de una vista ampliada del material de fibra cortada 72 que se
25 muestra en el círculo 4C de la figura 4B. El material de fibra cortada 72 es dirigido preferentemente sobre la primera superficie de hoja 84a de la primera carga compuesta 80, de manera que un número sustancial de fibras discontinuas 74 (véase la figura 4C) del material de fibras cortadas 72 se dirigen en una orientación de las fibras deseada 88 (véase la figuras 4C y la figura 13). La orientación de las fibras deseada 88 puede comprender una dirección ventajosa en cualquier eje, por ejemplo, las fibras pueden estar orientadas en una dirección del eje x, en
30 una dirección del eje y, o en una dirección del eje z, tal como una orientación longitudinal, una orientación perpendicular a la longitud en que cuando se forma el larguero 28 se puede plegar sobre las porciones del radio 126 del relleno del radio 124a o fideos. La orientación del material de fibra discontinua cortada 72 puede ser más fácilmente dirigida o controlada que las fibras continuas o el material de fibra continua.

35 El material de fibra cortada 72 se puede aplicar preferentemente a la primera superficie de hoja 84a de la primera carga compuesta 80 a través de un proceso de aplicación de fibras cortadas 86 (véase la figura 4A y la figura 13). El proceso de aplicación de fibras cortadas 86 puede comprender un proceso de aplicación automatizada 86a (véase la figura 13), tal como un proceso de aplicación automatizada usando un brazo robótico, un dispositivo de pulverización a presión automatizado, u otro dispositivo o aparato adecuado, que tiene la capacidad de depositar o
40 pulverizar el material de fibra cortada 72 a lo largo de la longitud de la primera superficie de hoja 84a de la primera carga compuesta 80 en diferentes espesores. El proceso de aplicación de fibras cortadas 86 puede comprender además un proceso de aplicación manual 86b (véase la figura 13), tal como un operador de la aplicación del material de fibras cortadas 72 a mano, con una pistola cortadora, o a través de otro dispositivo de accionamiento manual adecuado que tiene la capacidad de depositar o pulverizar el material de fibra cortada 72 a lo largo de la longitud de
45 la primera superficie de hoja 84a de la primera carga compuesta 80 en diferentes espesores. La figura 4A muestra el material de fibra cortada 72 se aplica o se deposita a través del proceso de solicitud de fibra cortada 86 sobre la primera capa de la superficie 84a de la primera carga compuesta 80. La primera carga compuesta 80 es preferentemente sustancialmente plana cuando se aplica el material de fibra cortada 72.

50 La figura 4B es una ilustración de una vista en sección parcial frontal de una realización de la carga compuesta en capas 90 que puede utilizarse en una de las realizaciones del sistema 68 y el método 200 de la divulgación y que muestra la carga compuesta en capas 90 colocado debajo de un conjunto de tratamiento de compuesto 100, como en la forma de un conjunto de herramientas de formación de la forma 102. Como se muestra en la figura 4A, el material de fibra cortada 72 se aplica preferentemente o deposita sobre la primera superficie de hoja 84a de la
55 primera carga compuesta 80 en al menos dos porciones de montículos 78 (véase también la figura 4A). Cada porción montículo 78 es preferentemente de un espesor suficiente t_2 para formar el relleno de huecos 124 (véase la figura 7A) y para rellenar una región de relleno de huecos 122 (véase la figura 8) de la estructura compuesta 26.

60 Como se muestra en la figura 4B, la primera carga compuesta 80, como en la forma de una carga de larguero 80a, tendrá preferentemente el material de fibra cortada 72, tal como en la forma de material de fibra de carbono cortada, aplicado a la primera superficie de hoja 84a de la primera carga compuesta 80, en diferentes espesores usando un proceso de aplicación de fibras cortadas 86 (véase la figura 4A), como una técnica de pulverización, antes de formar la estructura compuesta 26, tales como el larguero 28 (véase la figura 1). Un proceso de aplicación automatizado 86a (véase la figura 13), tales como el uso de un robot y un brazo robótico puede ser utilizado para aplicar el
65 material de fibra cortada 72. El robot proporciona preferentemente una aleatoriedad de fibra consistente y un control de espesor del material de fibra cortada 72 adecuado a través de la primera carga compuesta 80. El material de fibra

cortada 72, como en la forma de material impregnado previamente de fibra de carbono cortada, se aplica preferentemente con un espesor suficiente a la región de relleno de huecos 122 (véase la figura 8) de la estructura compuesta 26 para ser relleno una vez que el material de fibra cortada 72 se calienta y se conforma en la forma de la estructura compuesta 26, tal como la forma del larguero 28. Una capa delgada de material de fibras cortadas 72, tal como en forma de material de fibra de carbono cortada, se usa preferentemente a lo largo de la primera carga compuesta 80, tales como la carga de larguero 80a (véase la figura 4B), a fin de no crear porciones de punta dura 129 (véase la figura 8) para el relleno de huecos 124 una vez que se forma la carga compuesta en capas 90 (véase la figura 4B).

La figura 4D es una ilustración de una vista en sección parcial frontal de otra realización de una de carga compuesta en capas 90a con una capa de soporte 92, o capa de velo, que se puede usar en una de las realizaciones del sistema 68 y el método 200 de la divulgación. Como se muestra en la figura 4D, la capa de soporte 92 puede comprender una primera superficie 96a y una segunda superficie 96b. La capa de soporte 92 comprende preferentemente una tela de compuesto 82c (véase la figura 13), tal como una tela de fibra de carbono tejida suelta, que se puede usar en las superficies de interfaz entre la primera carga compuesta 80 y la capa de relleno de huecos de fibras cortadas 70. Esto permite una transición de superficie consistente desde la parte posterior del material de fibra cortada 72 a un material de cinta.

Como se muestra además en la figura 4D, la capa de soporte 92, tal como en la forma de una primera capa de soporte 92a (véase la figura 4D), puede estar situado entre la primera superficie de hoja 84a de la primera carga compuesta 80 y la segunda superficie 76b de la capa de relleno de huecos de fibras cortadas 70. La primera superficie 96a de la capa de soporte 92, tal como en forma de la primera capa de soporte 92a, puede interactuar con la segunda superficie 76b de la capa de relleno de huecos de fibra cortada 70, y la segunda superficie 96b de la capa de soporte 92, tal como en forma de primera capa de soporte 92a, puede interconectarse con la primera superficie de hoja 84a de la primera carga compuesta 80.

En una realización, el material de fibra cortada 72 se puede aplicar a la capa de soporte 92 (véase la figura 4D), tal como en la forma de una primera capa de soporte 92a (véase la figura 4D), ya sea antes o después de una etapa de posicionamiento de la capa de soporte 92 en la primera superficie de hoja 84a (véase la figura 4D) de la primera carga compuesta 80. Por ejemplo, la capa de soporte 92 puede estar situada en la primera superficie de hoja 84a de la primera carga compuesta 80 y luego el material de fibra cortada 72 se puede aplicar a la capa de soporte 92.

En otra realización, el material de fibra cortada 72 se puede aplicar a la capa de soporte 92 en lugar de o en vez de la primera carga compuesta 80, incluyendo la primera superficie de hoja 84a de la primera carga compuesta 80. Por ejemplo, el material de fibra cortada 72 se puede aplicar a la capa de soporte 92 en un lugar separado y luego la capa de soporte 92 con el material de fibra cortada 72 puede ser transportado o transferido a la primera carga compuesta 80 y colocarse sobre la primera superficie de la hoja 84a de la primera carga compuesta 80. En esta realización, el material de fibra cortada 72 se puede aplicar a la capa de soporte 92 para formar una capa de soporte en capas que puede entonces ser plegada, ensamblada con la segunda carga compuesta 98 para formar la estructura compuesta 26, y luego procesada.

En otra realización de la descripción, la capa de relleno de huecos de fibra cortada 70 se puede aplicar sobre la primera capa de soporte 92a (véase la figura 4D). La primera capa de soporte 92a puede entonces ser apilada con una pluralidad de hojas de compuesto 82a (véase la figura 13) para obtener la primera carga compuesta 80, con la capa de soporte 92a estando situada entre la capa de relleno de huecos de fibra cortada 70 y la primera carga compuesta 80.

Como se muestra en las figuras 5 y 13, el sistema 68 comprende además un conjunto de procesamiento de material compuesto 100 adaptado para plegar la carga compuesta en capas 90. La figura 5 es una ilustración de una vista en sección parcial esquemática frontal de la carga compuesta en capas 90 que puede utilizarse en una de las realizaciones del sistema 68 (véase la figura 13) y el método 200 (véase la figura 14) de la divulgación y que muestra la carga compuesta en capas 90 siendo plegada con una porción macho 102a de un conjunto de herramientas de formación de forma 102. Preferiblemente, la carga compuesta en capas 90 se calienta con un dispositivo de calentamiento 103 (véase la figura 13) cuando la carga compuesta en capas 90 se pliega mediante el conjunto de procesamiento de material compuesto 100.

El conjunto de procesamiento de material compuesto 100 (véase las figuras 5 y 13) puede comprender un conjunto de herramientas de formación de forma 102 (véase la figura 5), un conjunto de proceso de extrusión inversa 142 (véase la figura 13), un conjunto de proceso de extrusión 144 (véase la figura 13), un conjunto de prensa de moldeo 145 (véase la figura 13), u otro conjunto de tratamiento de material compuesto adecuado. Como se muestra en la figura 5, el conjunto de herramientas de formación de forma 102 puede comprender una porción macho 102a y una porción hembra 102b. Como se muestra además en la figura 5, la porción macho 102a puede tener una configuración en forma de T 104 y una parte longitudinal 106 diseñada para ponerse en contacto con una superficie 108a de la carga compuesta en capas 90 y ejercer una fuerza contra el área 108a en una dirección descendente d_1 . Como se muestra en la figura 5, tal fuerza hacia abajo ejercida por la porción macho 102a contra el área 108a insta a las áreas 108b de la carga compuesta en capas 90 hacia la parte longitudinal 106 de la porción macho 102a del

conjunto de herramientas de formación de forma 102 e insta a las porciones de esquina 110, compuestas por el material de fibra cortada 72, juntos y hacia la porción longitudinal 106 de la porción macho 102a. Como se muestra en la figura 5, las áreas 108c de la carga compuesta en capas 90 son adyacentes a las porciones hembra 102b del conjunto de herramientas de formación de forma 102.

5 Como se muestra en la figura 6, el conjunto de procesamiento de material compuesto 100, como en la forma del conjunto de herramientas de formación de forma 102, crea una porción plegada 113 que tiene una porción de plano de separación interior 112, y forma la carga compuesta en capas plegada 91. La figura 6 es una ilustración de una vista en sección parcial esquemática frontal de la carga compuesta en capas plegada 91 que se puede usar en una de las realizaciones del sistema 68 (véase la figura 13) y el método 200 (véase la figura 14) de la divulgación y que muestra la porción macho 102a del conjunto de herramientas de formación de forma 102 retirada de la parte plegada 113 después del plegado de la carga compuesta en capas 90 para formar la carga compuesta en capas plegada 91. Como se muestra en la figura 6, las porciones hembra 102b del conjunto de herramientas de formación de forma 102 se instan interiormente en direcciones d_3 y d_4 para empujar aún más las porciones de esquina 110 juntas.

15 Como se muestra en las figuras 7A - 7B, el sistema 68 comprende además una segunda carga compuesta 98 que comprende una pluralidad de hojas de compuesto 82a, como en la forma de una pluralidad de segundas capas de compuesto apiladas. La figura 7A es una ilustración de una vista en sección parcial frontal de la carga compuesta en capas plegada 91 ensamblada con una segunda carga compuesta 98 para formar una realización de la estructura compuesta 26, como en la forma de un larguero 28, que puede estar hecho con una sola de las realizaciones del sistema 68 (véase la figura 13) y el método 200 (véase la figura 14) de la descripción. La figura 7B es una ilustración de una vista en sección parcial frontal de la carga compuesta en capas plegada 91 ensamblada con la segunda carga compuesta 98 y una capa de soporte 92, tal como en la forma de una segunda capa de soporte 92b, para formar otra realización de la estructura compuesta 26 que puede estar hecha con una de las realizaciones del sistema 68 (véase la figura 13) y el método 200 (véase la figura 14) de la descripción.

20 Como se muestra en las figuras 7A y 7B, la segunda carga compuesta 98 se ensambla con la carga compuesta en capas plegada 91 para formar la estructura compuesta 26, tal como en forma de larguero 28. Como se muestra en la figura 7A, la estructura compuesta 26 comprende una sección en T 114 que tiene una parte plegada 113, tal como en forma de refuerzo plegado 116, y que tiene bridas 118. La segunda carga compuesta 98 comprende una primera superficie 99a (véase la figura 7A) y una segunda superficie 99b (véase la figura 7A). Como se muestra en la figura 7A, la primera superficie 99a de la segunda carga compuesta 98 se aplica a o se une al material de fibra cortada 72 que forma el relleno de huecos 124 y además se aplica o une a las bridas 118. Las porciones hembra 102b del conjunto de herramientas de formación de forma 102 se insta interiormente en direcciones d_3 y d_4 con el fin de empujar adicionalmente el material de fibras cortadas 72 junto y acumularlo en la región de relleno de huecos 122 (véase la figura 8) para formar el relleno de huecos 124.

30 La figura 7B muestra la capa de soporte 92, o capa de velo, tal como en forma de segunda capa de soporte 92b que puede ser posicionado entre la segunda carga compuesta 98 y el material de fibra cortada 72 que forma el relleno de huecos 124 de la estructura compuesta 26. En particular, la figura 7B muestra la primera superficie 96a de la capa de soporte 92, tanto como en forma de segunda capa de soporte 92b, adyacente al material de fibra cortada 72 de la capa de relleno de huecos de fibras cortadas 70. La figura 7B muestra además la segunda superficie 96b de la segunda capa de soporte 92b adyacente a la primera superficie 99a de la segunda carga compuesta 98. La capa de soporte 92, tal como en forma de capa de soporte 92b, comprende preferentemente una tela de compuesto 82c (véase la figura 13), tal como una tela tejida de fibra de carbono suelta, que se puede usar en las superficies de interfaz entre la segunda carga compuesta 98 y la capa de relleno de huecos de fibra cortada 70. Esto permite una transición de superficie consistente de la parte posterior del material de fibra cortada 72 a un material de cinta.

40 Como se muestra en las figuras 8 y 9, el sistema 68 comprende además al menos un relleno de huecos 124 formado en la estructura compuesta 26. La figura 8 es una ilustración de una vista en sección frontal de una realización de la estructura compuesta 26, tal como en forma de larguero 28, que puede estar hecho con una de las realizaciones del sistema 68 (véase la figura 13) y el método 200 (véase la figura 14) de la descripción. La figura 9 es una ilustración de una vista en perspectiva de otra realización de la estructura compuesta 26, tal como en forma de larguero 28, que puede estar hecha con una de las realizaciones del sistema 68 (véase la figura 13) y el método 200 (véase la figura 14) de la descripción. La estructura compuesta 26 comprende preferentemente un larguero 28 en una aeronave 10 (véase la figura 1), la primera carga compuesta 80 comprende preferentemente una 80a carga larguero (véase la figura 13), y la segunda carga compuesta 98 comprende preferentemente una carga de tapa de larguero 98a (véase la figura 13) o una carga del panel de revestimiento 98b (véase la figura 13).

50 Como se muestra en las figuras 8 y 9, el relleno de huecos 124 está preferentemente en la forma de un relleno de radio 124a o fideos compuesto de una cantidad suficiente del material de fibra cortada 72 para llenar la región de relleno de huecos 122. Como se muestra además en la figura 8, el relleno de huecos 124 tiene porciones de radio 126 y porciones de punta 129 (véase también la figura 11). El relleno de huecos 124 se forma preferentemente de material de fibra cortada 72 y consta de un mismo material que un material que comprende la estructura compuesta 26 que rodea los rellenos de huecos 124, o comprende un material compatible con un material que comprende la estructura compuesta 26 que rodea el relleno de huecos 124. El relleno de huecos 124 es preferentemente un

material cuasi isotrópico 75 (véase la figura 9) y se ajusta a una forma 133 (véase la figura 9) de la estructura compuesta 26 que rodea el relleno de huecos 124. Más preferentemente, como se muestra en la figura 9, el relleno de huecos 124 tiene porciones del radio 126 que se ajustan a o coinciden sustancialmente con una orientación radial 133a (véase la figura 9) de las capas de hoja impregnadas previamente de fibra continua apiladas adyacentes 132 del refuerzo plegado 116 y las bridas 118 de la estructura compuesta 26.

Como se muestra además en la figura 8, la estructura compuesta 26, tal como en forma de larguero 28 y la sección en T 114, tiene un espesor de la brida t_{brida} , un espesor de refuerzo $t_{refuerzo}$ y un espesor de panel de revestimiento $t_{paneles\ de\ revestimiento}$. La estructura compuesta 26 se muestra en la figura 8 comprende bridas 118 unidas en porciones de unión 120a, 120b a la segunda carga compuesta 98, tal como en la forma de la carga del panel de revestimiento 98b. La estructura compuesta 26 que se muestra en la figura 8 comprende además refuerzos plegados 116 unidos en la porción de unión 120c.

Como se muestra en la figura 9, la estructura compuesta 26, tal como en forma de larguero 28, tiene una altura H1 del refuerzo plegado 116, una anchura W1 del relleno de huecos 124, como en la forma de relleno de radio 124a fideos o, y una longitud L1 de las capas de hojas impregnadas previamente de fibra continua apiladas 132. La estructura compuesta 26 comprende además una abertura 131 que tiene fibras discontinuas 74. Como se muestra en la figura 9, el relleno de huecos 124 comprende material de fibra cortada 72 de fibras discontinuas 74 y que comprende un material cuasi isotrópico 75. El relleno de huecos 124, como se muestra en la figura 9, no solo incluye el relleno del radio 124a o fideos, sino también un relleno plegado 124b que comprende el material de fibras cortadas 72.

Como se muestra en la figura 9, el sistema 68 comprende además al menos una capa interlaminar 128 formada en la estructura compuesta 26. La capa interlaminar 128 se forma del material de fibra cortada 72. La capa interlaminar 128 (véase la figura 11) minimiza preferentemente o elimina la formación de bolsas ricas de resina en porciones de punta 129 (véase la figura 11) del relleno de huecos 124. Tal como se usa en este documento, "rico en resina" significa un área con una cantidad en exceso de resina y que contiene más de un contenido máximo de resina permisible, y puede surgir, por ejemplo, del curado inadecuado o de la compactación o similares, y "ricos resina" significa además una cantidad insuficiente de fibra, tal como se mide por el "volumen de fibra", que puede ser o bien en peso o en volumen. Teniendo en cuenta las diferentes formas (al azar, cortada, cinta y tejida) y las diferentes propiedades de peso de las fibras (vidrio, carbono y aramida), los valores de volumen de fibra pueden variar. En general, los ensayos pueden determinar qué volumen de fibra que es mejor para la forma y el tipo de fibra. Además, como se usa aquí, "deficiente en resina" significa una cantidad en exceso de fibra y una cantidad insuficiente de resina para impregnar el refuerzo por completo, cuando se mide por volumen de fibra que puede ser ya sea en peso o en volumen. Esta falta de unión puede ser evidenciada por, por ejemplo, bajo brillo, manchas secas, o presentación de fibra. La condición de "deficiente en resina" puede ser causada, por ejemplo, mediante la humectación o impregnación inadecuadas, o por presión de moldeo excesiva, o similares. Además, como se usa en este documento, "proporción estándar de fibra a resina" significa una proporción aceptable de fibra a resina o porcentaje de contenido de fibra a resina (por ejemplo, volumen de fibra a volumen de resina, o el peso de la fibra a peso de resina) que pueden producir propiedades mecánicas y físicas óptimas. Por ejemplo, una proporción estándar de fibra a resina para compuestos puede caer dentro de un rango, tal como de 70/30 a 30/70 por ciento en volumen del producto, o puede tener un punto de partida o una relación preferida, tal como, por ejemplo, 60/40 de fibra de carbono a la resina, o 70/30 de fibra a resina preimpregnada.

El sistema 68 comprende además un aparato de compresión 160 (véase la figura 13), una placa 134 (véase la figura 13), placas de prensado 136 (véase la figura 13), un conjunto de bolsa de vacío 138 (véase la figura 13) y un aparato de curado 140 (véase la figura 13) para procesar la estructura compuesta 26. El aparato de curado 140 puede comprender un horno 140a (véase la figura 13), una autoclave 140b (véase la figura 13), u otro aparato o dispositivo de curado adecuado.

La figura 10A es una ilustración de una vista en sección frontal de una realización de un larguero en forma de J 146 que puede estar hecho con una de las realizaciones del sistema 68 (véase la figura 13) y el método 200 (véase la figura 14) de la divulgación. La figura 10A muestra el larguero en forma de J 146 que tiene una porción de bulbo plegada 130a y que comprende las bridas 118, un refuerzo plegado 116, un relleno de huecos 124 en forma de relleno del radio 124a o fideos, y un relleno de huecos 124 en forma de relleno plegado 124b. El larguero en forma de J 146 puede ser utilizado en aeronaves 10 (véase la figura 1) u otros vehículos o estructuras adecuadas.

La figura 10B es una ilustración de una vista en sección frontal de una realización de un larguero en forma de I 148 que puede estar hecho con una de las realizaciones del sistema 68 (véase la figura 13) y el método 200 (véase la figura 14) de la divulgación. La figura 10B muestra el larguero en forma de I 148 que tiene las bridas superior e inferior 148, un refuerzo plegado 116 y rellenos de huecos superior e inferior 124 en forma de rellenos del radio 124a o fideos. El larguero en forma de I-148 puede ser utilizado en aeronaves 10 (véase la figura 1) u otros vehículos o estructuras adecuadas.

La figura 10C es una ilustración de una vista en sección frontal de una realización de un larguero en forma de bulbo 150 que puede estar hecho con una de las realizaciones del sistema 68 (véase la figura 13) y el método 200 (véase

la figura 14) de la divulgación. La figura 10C muestra el larguero en forma de bulbo 150 que tiene una porción de bulbo 130 y que comprende bridas 118, tela plegada 116, relleno de huecos 124 en forma de relleno del radio 124a o fideos, y relleno de huecos 124 en forma de relleno plegado 124b. El larguero en forma de bulbo 150 se puede usar en aeronaves 10 (véase la figura 1) u otros vehículos o estructuras adecuados.

Otros largueros adecuados que se pueden hacer con una de las realizaciones del sistema 68 y el método 200 de la divulgación pueden incluir largueros de sombrero, largueros de cuchilla, largueros en forma de Z, largueros en forma de C, largueros en forma de H, u otras configuraciones o formas de larguero adecuadas.

La figura 11 es una ilustración de una vista en sección parcial frontal de otra realización de una estructura compuesta 26 en forma de un larguero 28, tal como un larguero en forma de bulbo, que pueda hacerse con una de las realizaciones del sistema 68 (véase la figura 13) y el método 200 (véase la figura 14) de la divulgación y que muestra capas interlaminares 128. Como se muestra en la figura 11, el larguero 28 comprende bridas 18, refuerzo plegado 116, relleno de huecos 124 en forma de relleno del radio 124a o fideos, relleno de huecos 124 en forma de relleno plegado 124b, y segunda carga compuesta 98. El relleno de huecos 124, en forma de relleno del radio 124a o fideos, comprende fibras discontinuas 74 y partes de punta 129. El relleno de huecos 124, en forma de relleno del radio 124a, llena la región de relleno de huecos 122. El relleno de huecos 124, en forma de relleno plegado 124b, también se puede llenar con el exceso de fibras discontinuas 74. Las fibras discontinuas 74 pueden ser utilizadas para crear las capas interlaminares 128 para llenar todas las regiones de relleno de huecos 122 o vacíos. Las fibras discontinuas 74 pueden seguir a través de las capas interlaminares 128 para formar un tipo híbrido de estructura compuesta 26.

La figura 12 es una ilustración de una vista en sección parcial frontal de una realización de un conjunto de estructura de panel compuesto de núcleo en sándwich 152 que tiene un relleno del radio 124a o fideos que comprende fibras discontinuas 74 que se pueden hacer con una de las realizaciones del sistema 68 (véase la figura 13) y el método 200 (véase la figura 14) de la divulgación y que se puede utilizar con un material de núcleo de sándwich 156. Preferiblemente, el material de núcleo de sándwich 156 es en forma de un material del núcleo de sándwich de panel 156a. Como se muestra en la figura 12, el conjunto de estructura compuesto de panel de núcleo de sándwich 152 comprende además laminados 154a, 154b en cada lado del material del núcleo de sándwich 156 y en cada lado de del relleno del radio 124a o fideos. La figura 12 muestra además una ubicación despegada 158 en el laminado 154a por encima del relleno del radio 124a o fideos.

El método 200 para hacer la estructura compuesta 26 (véase la figura 1, la figura 8 y la figura 13) que tiene el material de carga hueco 124 (véase la figura 8 y la figura 13) formado con el material de fibra cortada 72 (véase la figura 4A) se muestra en la figura 14. Como se muestra en la figura 14, el método 200 comprende la etapa 202 de aplicación de material de fibra cortada 72 (véase la figura 4A y la figura 13) en diferentes espesores sobre una primera superficie de hoja 84a (véase la figura 4A) de una primera hoja 82b (véase la figura 13) de una primera carga compuesta 80 (véase la figura 4A y la figura 13) para formar una carga compuesta en capas 90 (véase la figura 4A y la figura 13). La etapa de aplicación 202 puede preferentemente comprender dirigir el material de fibra cortada 72 en la primera superficie de hoja 84a de la primera carga compuesta 80, de manera que un número sustancial de fibras discontinuas 74 (véase la figura 4B) del material de fibras cortadas 72 giren en una orientación de las fibras 88 deseada (véase la figura 4B y la figura 13).

La etapa de aplicación 202 puede realizarse a través de un proceso de aplicación de fibras cortadas 86 (véase la figura 4A y la figura 13). El proceso de aplicación de fibras cortadas 86 puede comprender un proceso de aplicación automatizada 86a (véase la figura 13), tal como un proceso de aplicación automatizada usando un brazo robótico, un dispositivo de pulverización a presión automatizado, u otro dispositivo o aparato adecuado, que tiene la capacidad de depositar o pulverizar el material de fibra cortada 72 a lo largo de la longitud de la primera superficie de hoja 84a de la primera carga compuesta 80 en diferentes espesores. El proceso de aplicación de fibras cortadas 86 puede comprender además un proceso de aplicación manual 86b (véase la figura 13), tal como un operador aplicando el material de fibras cortadas 72 a mano, con una pistola cortadora, o a través de otro dispositivo de accionamiento manual adecuado que tiene la capacidad de depositar o pulverizar el material de fibra cortada 72 a lo largo de la longitud de la primera superficie de hoja 84a de la primera carga compuesta 80 en diferentes espesores.

La etapa de aplicación 202 comprende, preferentemente, aplicar un material de fibra cortada 72 que comprende un material de fibra de carbono cortada impregnado previamente sobre la primera superficie de hoja 84a de la primera carga compuesta 80 en al menos dos porciones de montículos 78 (véase la figura 4A). Cada porción de montículo 78 es preferentemente de un espesor suficiente para formar el relleno de huecos 124 (véase la figura 7A) y para rellenar una región de relleno de huecos 122 (véase la figura 8) de la estructura compuesta 26. El material de fibra cortada 72, tal como en la forma del material de fibra de carbono cortada impregnado previamente, preferentemente crea un relleno de huecos 124 que comprende un material cuasi isotrópico 75 (véase la figura 9) que se ajusta a o sustancialmente coincide con una orientación radial 133a (véase la figura 9) de capas de hojas impregnadas previamente de fibra continua apilada adyacente 132 del refuerzo plegado 116 y las bridas 118 de la estructura compuesta 26.

Como se muestra en la figura 14, el método 200 comprende además la etapa 204 de plegado de la carga compuesta en capas 90 (véase la figura 5) para formar una carga compuesta en capas plegada 91. La etapa de plegado 204 comprende, preferentemente, utilizar un conjunto de procesamiento de material compuesto 100 (véase la figura 5) para plegar la carga compuesta en capas 90 (véase la figura 5). La etapa de plegado 204 preferentemente comprende además calentar la carga compuesta en capas 90 con un dispositivo de calentamiento 103 (véase la figura 13) cuando la carga compuesta en capas 90 se pliega por el conjunto de procesamiento de material compuesto 100. El conjunto de procesamiento de material compuesto 100 puede comprender un conjunto de herramientas de formación de forma 102 (véase la figura 5), un conjunto de proceso de extrusión inversa 142 (véase la figura 13), un conjunto de proceso de extrusión 144 (véase la figura 13), un conjunto de prensa de moldeo 145 (véase la figura 13), u otro conjunto de tratamiento de compuesto adecuado. Como se muestra en la figura 5, el conjunto de herramientas de formación de forma 102 puede comprender una porción macho 102a y una porción hembra 102b. Como se muestra además en la figura 5, la porción macho 102a puede tener una configuración en forma de T 104 y una parte longitudinal 106 diseñada para ponerse en contacto con una superficie 108a de la carga compuesta en capas 90 y ejercer una fuerza contra el área 108a en una dirección descendente d_f . Como se muestra en la figura 5, tal fuerza hacia abajo ejercida por la porción macho 102a contra área 108a insta las áreas 108b de la carga compuesta en capas 90 en contra de la porción hembra 102b del conjunto de herramientas de formación de forma 102 y se insta a porciones de esquina de fibra cortada 110 juntas y hacia la parte longitudinal 106 de la porción macho 102a. El conjunto de procesamiento de material compuesto 100, tal como en la forma del conjunto de herramientas de formación de forma 102, crea una porción plegada 113 (véase la figura 6) que tiene una porción de plano de separación interior 112 (véase la figura 6), y forma la carga compuesta en capas plegada 91 (véase la figura 6).

Como se muestra en la figura 14, el método 200 comprende además la etapa 206 de ensamblar una segunda carga compuesta 98 (véase la figura 7A y la figura 13) y la carga compuesta en capas plegada 91 para formar una estructura compuesta 26 (véase la figura 7A). La segunda carga compuesta 98 y la carga compuesta en capas plegada 91 pueden ser presionadas juntas con, por ejemplo, un conjunto de prensa de moldeo 145 (véase la figura 13) para ensamblarse y unirse a la segunda carga compuesta a la carga compuesta en capas plegada 91. Como se muestra en la figura 7A, el material de fibra cortada 72 forma un relleno de huecos 124 en la estructura compuesta 26. Como se muestra en la figura 9, el relleno de huecos 124 se ajusta preferentemente a una forma 133 de la estructura compuesta 26 que rodea el relleno de huecos 124. Más preferentemente, como se muestra en la figura 9, el relleno de huecos 124 tiene porciones del radio 126 que se ajustan a o coinciden sustancialmente con una orientación radial 133a (véase la figura 9) de las capas de hojas impregnadas previamente de fibra continua apiladas adyacentes 132 del refuerzo plegado 116 y las bridas 118 de la estructura compuesta 26.

La etapa de ensamblado 206 puede comprender, además del material de fibras cortadas 72 formando una capa interlaminar 128 (véase la figura 11) que minimiza o elimina la formación de bolsas ricas de resina en partes de punta 129 (véase la figura 11) del relleno de huecos 124. El material de fibra cortada 72 que forma el relleno de huecos 124 comprende preferentemente un mismo material que un material que comprende la estructura compuesta 26 que rodea el relleno de huecos 124, o, preferentemente, comprende un material compatible con el material que comprende la estructura compuesta 26 que rodea el relleno de huecos 124.

Como se muestra en la figura 14, el método 200 comprende además la etapa 208 de procesamiento de la estructura compuesta 26. Tal como se usa en este documento, "procesamiento" significa generalmente formar o manipular el compuesto, tales como la carga de capas de compuesto 91 y la segunda carga compuesta 98, y consolidar el compuesto o estructura compuesta 26, que incluye el curado de la forma o modalidad del compuesto o estructura compuesta 26. La formación o la manipulación de compuesto puede incluir que colocar el material de fibra cortada 72 en una orientación ventajosa y deseada de fibra 88 (véase la figura 13) antes de que se forme la estructura compuesta 26, tales como el larguero 28 (véase la figura 1). La formación o la manipulación puede incluir además precalentar una porción de cada material de fibra cortada 72 de manera que se adhiera y mantenga la parte de cada material de fibra cortada 72 en la orientación de fibra deseada 88 (véase la figura 13), mientras que se apilan y se colocan antes de la formación la estructura compuesta 26, tales como el larguero 28. La consolidación del compuesto implica endurecimiento o templado del compuesto bajo calor y/o presión, y durante la consolidación, el calor y/o presión resultando en el flujo de resina y humectación de las fibras de refuerzo del compuesto.

El procesamiento puede comprender además la eliminación de la estructura compuesta 26 (véase la figura 7A) del conjunto de procesamiento de material compuesto 100 y colocarla en una placa 134 (véase la figura 13). Las placas de prensado 136 (véase la figura 13) se pueden instalar en el larguero y todo el conjunto puede entonces en una realización del proceso ser embolsado al vacío y colocarse en una autoclave para curar al vacío. La etapa de procesamiento 208 puede comprender además la etapa de aplicar calor y presión a la estructura compuesta 26 bajo un conjunto de bolsa de vacío 138 (véase la figura 13). La etapa de procesamiento 208 puede comprender además la etapa de curar la estructura compuesta 26 en un aparato de curado 140 (véase la figura 13). El aparato de curado 140 puede comprender un horno 140a (véase la figura 13), una autoclave 140b (véase la figura 13), u otro aparato de curado adecuado o dispositivo. El aparato de curado 140 se puede implementar usando cualquier máquina que es capaz de curar estructuras compuestas. Después de que ocurre el curado, la estructura compuesta 26 se retira del aparato de curado 140.

Como se muestra en la figura 14, el método 200 puede comprender además la etapa opcional 210 de la aplicación del material de fibras cortadas 72 a una capa de soporte 92 (véase la figura 4D), tal como en la forma de una primera capa de soporte 92a (véase la figura 4D), ya sea antes o después de una etapa de colocar la capa de soporte 92 en la primera superficie de hoja 84a (véase la figura 4D) de la primera carga compuesta 80, o aplicar el material de fibra cortada 72 a la capa de soporte 92 en lugar de la primera superficie de hoja 84a y la primera carga compuesta 80. Por ejemplo, la capa de soporte 92 puede estar situada en la primera superficie de hoja 84a de la primera carga compuesta 80 y luego el material de fibra cortada 72 se puede aplicar a la capa de soporte 92. Alternativamente, el material de fibras cortadas 72 se puede aplicar a la capa de soporte 92 en un lugar separado y luego la capa de soporte 92 con el material de fibra cortada 72 puede ser situada en la primera superficie de hoja 84a de la primera carga compuesta 80. En otra realización, la capa de soporte 92 se puede usar en lugar de o en vez de la primera carga compuesta 80, incluyendo la primera superficie de hoja 84a de la primera carga compuesta 80. El material de fibra cortada 72 se puede aplicar a la capa de soporte 92 para formar una capa de soporte en capas que puede entonces ser plegada, ensamblada con la segunda carga compuesta 98 para formar la estructura compuesta 26, y luego se procesa.

Como se muestra en la figura 14, el método 200 puede comprender además la etapa opcional 212 de aplicación de una capa de soporte 92, tal como en la forma de una segunda capa de soporte 92b (véase la figura 7B), entre la segunda carga compuesta 98 y el material de fibra cortada 72 que forma el relleno de huecos 124 de la estructura compuesta 26.

En otra realización de la divulgación, se proporciona un método de fabricación de una estructura compuesta 26 (véase las figuras 1, 8) que tiene uno o más rellenos de huecos 124 (véase la figura 8) con el material de fibra cortada 72 (véase la figura 8) y una o más capas interlaminares 128 (véase la figura 11) con material de fibra cortada 72. El método comprende la etapa de aplicar una capa de relleno de huecos de fibras cortadas 70 (véase la figura 4A) que comprende material de fibra cortada 72 en diferentes espesores sobre una primera capa de soporte 92a (véase la figura 4D) que comprende una tela de compuesto 82c (ver la figura 13). El método comprende además la etapa de formar una carga estratificada de compuesto 90 (véase la figura 4A) por el apilamiento de la primera capa de soporte 92a con una pluralidad de hojas de compuesto 82a (véase la figura 13) para obtener una primera carga compuesta 80 (véase la fig. 13), la primera capa de soporte 92a estando situada entre la capa de relleno de huecos de fibra cortada 70 y la primera carga compuesta 80 (véase la figura 4A). El método comprende además la etapa de apilar una segunda capa de soporte 92b (véase la figura 7B) que comprende una tela de compuesto 82c (véase la figura 13) con una pluralidad de hojas de compuesto 82a (véase la figura 13) para obtener una segunda carga compuesta 98 (véase la figura 13). El método comprende además la etapa de ensamblar la carga compuesta en capas 90 y la segunda carga compuesta 98 para formar una estructura compuesta 26 (véase la figura 7B). La estructura compuesta 26 (véase la figura 1) comprende preferentemente una estructura compuesta del larguero 28 (véase la figura 1) en una aeronave 10 (véase la figura 1). La primera carga compuesta 80 comprende preferentemente una carga del larguero 80a (véase la figura 4B y la figura 13). La segunda carga compuesta 98 comprende preferentemente una carga de tapa del larguero 98a (véase la figura 7A y la figura 13) o una carga del panel de revestimiento 98b (véase la figura 8 y la figura 13).

El material de fibra cortada 72 forma en la estructura compuesta 26 uno o más rellenos de huecos 124 y una o más capas interlaminares 128 (véase la figura 11). El material de fibra cortada 124 comprende preferentemente un mismo material que un material que comprende la estructura compuesta 26 o comprende un material compatible con el material que comprende la estructura compuesta 26. El método comprende además la etapa de procesamiento de la estructura compuesta 26. El método comprende además aplicar una capa de relleno de huecos de fibras cortadas 70 sobre la segunda capa de soporte 92b antes de apilar la segunda capa de soporte 92b. Las etapas de aplicación de la capa de relleno de huecos de fibra cortada 70 a la primera capa de soporte 92a y a la segunda capa de soporte 92b preferentemente comprenden dirigir el material de fibra cortada 72 en la primera capa de soporte 92a y en el segundo capa de soporte 92b, de tal manera que un sustancial número de fibras discontinuas 74 (véase la figura 4C) del material de fibras cortadas 72 giren en una orientación de las fibras 88 deseada (véase la figura 4C). La etapa de ensamblado comprende preferentemente plegar la carga compuesta en capas 90 con un conjunto de procesamiento de material compuesto 100 (véase la figura 5) y el calentamiento de la carga de compuesta en capas 90 cuando la carga compuesta en capas 90 se pliega mediante el conjunto de procesamiento de material compuesto 100.

Las realizaciones descritas del sistema 68 (véase la figura 13) y el método 200 (véase la figura 14) que proporcionan las estructuras compuestas 26 (véase la figura 1) que tiene rellenos de huecos 124 y capas interlaminares 128 formadas de material de fibras cortadas 72 donde los rellenos de huecos 124, tal como en la forma de o rellenos del radio 124a o fideos, se crean para llenar la región de relleno de huecos 122 (véase la figura 11) y otros vacíos en la estructura compuesta 26, tales como el larguero 28, durante la formación de la estructura compuesta 26, tales como el larguero 28, en oposición a la creación de una estructura compuesta 26, como el larguero 28, para adaptarse a los rellenos de huecos 124, tales como rellenos del radio 124a o fideos. El uso del material de fibra cortada 72 para formar el uno o más rellenos de huecos 124 permite una interfaz interlaminar más consistente con un riesgo menor de error humano durante el ensamblado.

Además, las realizaciones divulgadas del sistema 68 (véase la figura 13) y el método 200 (véase la figura 14) prevén estructuras compuestas 26 (véase la figura 1) que tienen rellenos de huecos 124 y capas interlaminares 128 formados de material de fibra cortada 72 que tienen un diseño que no proporciona un camino fácil para el crecimiento de grietas dado que la grieta tiene que propagarse a través de un material de fibra cortada con líneas de resina entre fibras inconsistentes, a diferencia de los diseños conocidos de estructuras compuestas con rellenos de huecos que permiten que el crecimiento de la grieta se extienda por toda la pieza de compuesto puesto que las fibras son paralelas a la dirección de la estructura compuesta, tales como el larguero. Además, el material de fibras cortadas 72 no permite la propagación de la grieta en línea recta a través de las fibras discontinuas 74 similares a lo que se exhibe en ciertos rellenos del radio de fibra unidireccional o fideos conocidos.

Además, realizaciones divulgadas del sistema 68 (véase la figura 13) y el método 200 (véase la figura 14) prevén estructuras compuestas 26 (véase la figura 1) que tienen rellenos de huecos 124 y capas interlaminares 128 formados de material de fibra cortada 72 que tienen un diseño con una mejor resistencia al desprendimiento en comparación con diseños de relleno del radio o fideos conocidos debido a que el diseño descrito elimina bolsillos ricos en resina en las porciones de punta 129 (véase la figura 11) del relleno de huecos 124, tales como los de relleno radio 124a o fideos. La capa interlaminar coherente 128 (véase la figura 11) prevé una capa coherente de capa de interfaz a través del larguero 28 entre la carga del larguero 80a (véase la figura 4B) y la carga del panel de revestimiento 98b (véase la figura 8). El material de fibra de carbono cortado preferentemente crea una capa de relleno de huecos de fibras cortadas que tiene un espesor variable que no permite que se formen bolsillos ricos en resina en las partes de punta 129 del relleno de huecos 124. Las fibras discontinuas 74 generalmente contornean para dirigir la carga a través del relleno de huecos 124 y dispersan la carga en el panel del revestimiento. Por lo tanto, el diseño descrito no permite que se formen bolsillos débiles ricos en resina en las porciones de punta del relleno de huecos 124, tales como el relleno del radio 124a.

Con una resistencia al desprendimiento suficientemente mejorada, el larguero 28 puede ser capaz de ser utilizado como un elemento estructural de la costilla de ala, y la costilla de ala puede ser entonces fijada al larguero 28 dentro de la caja de ala. Esto puede resultar en que se utilice un menor número de elementos de fijación, que pueden disminuir el peso de la estructura compuesta, y si la estructura compuesta 26 se utiliza en una aeronave 10 (véase la figura 1), tal disminución en el peso puede resultar en una disminución en el consumo de combustible, que, a su vez, puede resultar en una disminución de los costes de combustible. Además, un menor número de elementos de fijación pueden sobresalir a través del revestimiento de ala, con el consiguiente ahorro de tiempo durante el ensamblado, ayudando a aligerar la protección contra los rayos, y la producción de un menor número de orificios de sujeción o áreas de fugas de combustible.

Además, las realizaciones divulgadas del sistema 68 (véase la figura 13) y el método 200 (véase la figura 14) prevén estructuras compuestas 26 (véase la figura 1) que tienen rellenos de huecos 124 y capas interlaminares 128 formados de material de fibra cortada 72 que permiten la formación del relleno de huecos 124, tales como el relleno del radio 124a o fideos, directamente en la carga compuesta o parte que elimina o minimiza la necesidad de almacenamiento y el transporte del relleno de huecos 124, tal como el material de relleno del radio 124 o fideos, y que, a su vez, puede evitar daños en el material de relleno de huecos 124 que puede resultar de tal almacenamiento o transporte. Además, la fabricación del relleno de huecos 124, tal como el relleno del radio 124 o fideos, puede ser menos intensiva en mano de obra que los diseños de fideos conocidos, y la superficie de unión puede ser más consistente ya que el relleno de huecos 124, tal como el material de relleno del radio 124 o fideos, se ajusta a la forma de la estructura compuesta 26, en oposición a que la estructura compuesta 26 tenga que ajustarse al relleno de huecos 124, tal como el material de relleno del radio 124 o fideos.

Por otra parte, se dan a conocer realizaciones del sistema 68 (véase la figura 13) y el método 200 (véase la figura 14) que proporcionan estructuras compuestas 26 (véase la figura 1) que tienen rellenos de huecos 124 y capas interlaminares 128 formados de material de fibra cortada 72, donde el material de fibras cortadas 72 crea un relleno de huecos casi isotrópico 124, tales como el relleno del radio 124a o fideos, que generalmente sigue la orientación radial 133a de la estructura compuesta 26 de la carga del panel de revestimiento 98b en la carga de larguero 80a. El material de fibra cortada 72 carga preferentemente los elementos de escamas delgadas de diversos tamaños y formas a través de las fibras discontinuas 74 (véase la figura 9). Además, el relleno de huecos 124, tal como el relleno del radio 124a o fideos, se puede formar rápidamente a través de un proceso de aplicación 86a automatizado consistente (véase la figura 13), tal como un proceso robótico. También al esperar para crear el material de relleno de huecos 124, tal como el relleno del radio 124a o fideos, hasta que se forma el larguero 28, el relleno de huecos 124, tal como el relleno del radio 124a o fideos, puede llenar todos los huecos presentes, en comparación con diseños conocidos de fideos que pueden no permitir que las fibras se muevan mucho durante la formación del larguero. Además, los rellenos de huecos formados por material de fibra cortada 72 pueden ser más fáciles de fabricar y al mismo tiempo cumplir con los criterios estructurales de no ser demasiado duros o demasiado blandos.

Muchas modificaciones y otras realizaciones de la descripción vendrán a la mente a un experto en la materia a la que pertenece esta descripción tienen el beneficio de las enseñanzas presentadas en las descripciones anteriores y los dibujos asociados. Las realizaciones descritas en este documento están destinadas a ser ilustrativas y no se pretende que sean limitantes o exhaustivas. Aunque se emplean términos específicos en el presente documento, se utilizan en un sentido genérico y descriptivo y no con fines de limitación.

REIVINDICACIONES

1. Un método de fabricación de una estructura compuesta (26), comprendiendo el método las etapas de:

5 aplicar un material de fibra cortada (72) en diferentes espesores sobre una primera superficie de hoja de una primera carga compuesta (80) para formar una carga compuesta en capas;
 10 plegar la carga compuesta en capas;
 ensamblar una segunda carga compuesta y la carga compuesta en capas plegada para formar una estructura compuesta, formando el material de fibra cortada un relleno de huecos (124) en la estructura compuesta, conformando el relleno de huecos una forma de la estructura compuesta que rodea el relleno de huecos; y, procesar la estructura compuesta.

2. El método de la reivindicación 1, donde la etapa de aplicación comprende, además, una de aplicar el material de fibra cortada (72) a una capa de soporte (92) antes o después de una etapa de colocar la capa de soporte (92) sobre la primera superficie de la hoja (84a) de la primera carga compuesta (80), o la aplicación del material de fibras cortadas a la capa de soporte (92) en lugar de la primera carga compuesta (80), incluyendo la primera superficie de la hoja (84a).

3. El método de cualquier reivindicación anterior, donde la etapa de ensamblado comprende además aplicar una capa de soporte (92) entre la segunda carga compuesta y el material de fibra cortada (72) que forma el relleno de huecos (124) de la estructura compuesta (26).

4. El método de cualquier reivindicación anterior, donde la etapa de aplicación comprende dirigir el material de fibra cortada (72) sobre la primera superficie de la hoja de la primera carga compuesta (80), de manera que un número sustancial de fibras discontinuas de material de fibra cortada (72) es dirigido en una orientación de fibra deseada.

5. El método de cualquier reivindicación anterior, donde la etapa de aplicación se lleva a cabo a través de un proceso de aplicación manual o un proceso de aplicación automatizada.

6. El método de cualquier reivindicación anterior, donde la etapa de aplicación comprende aplicar un material preimpregnado previamente de fibra de carbono cortada sobre la primera superficie de hoja (84a) de la primera carga compuesta (80) en al menos dos porciones de montículos cada una siendo de un espesor suficiente para formar el relleno de huecos (124) y para rellenar una región de relleno de huecos de la estructura compuesta.

7. El método de cualquier reivindicación anterior, donde la etapa de plegado comprende utilizar un conjunto de procesamiento de material compuesto para plegar la carga compuesta en capas y para calentar la carga compuesta en capas cuando la carga compuesta en capas se pliega por el conjunto de procesamiento de material compuesto.

8. El método de la reivindicación 7, donde el conjunto de procesamiento de material compuesto comprende una de un conjunto de herramientas de formación de la forma, un conjunto de proceso de extrusión inversa, un conjunto de proceso de extrusión y un conjunto de prensa de molde.

9. El método de cualquier reivindicación anterior, donde la etapa de montaje comprende el material de fibras cortadas (72) formando una capa interlaminar que minimiza o elimina la formación de bolsillos ricos de resina en porciones de la punta del relleno de huecos (124).

10. El método de cualquier reivindicación anterior, donde el material de fibra cortada (72) que forma el relleno de huecos comprende un material igual que el material que comprende la estructura compuesta que rodea el relleno de huecos (124), o comprende un material compatible con el material que comprende la estructura compuesta que rodea el relleno de huecos (124).

11. El método de cualquier reivindicación anterior, donde la etapa de procesamiento comprende las etapas de:

55 aplicar calor y presión a la estructura compuesta en virtud de un conjunto de bolsa de vacío; y, curar la estructura compuesta en un aparato de curado.

12. El método de cualquier reivindicación anterior, donde la estructura compuesta comprende una estructura compuesta del larguero en una aeronave, la primera carga compuesta (80) comprende una carga de larguero (80a) y la segunda carga compuesta (98) comprende una carga de tapa del larguero o una carga del panel de revestimiento.

13. Un sistema para la fabricación de una estructura compuesta (26), comprendiendo el sistema:

65 una carga compuesta en capas que comprende:

una primera carga compuesta (80) que comprende una pluralidad de primeras hojas de compuesto apiladas

(82a) y que tiene una primera superficie de hoja (84a); y,
una capa de relleno de huecos (124) de fibra cortada (72) aplicada a la primera superficie de hoja, comprendiendo la capa de relleno de huecos de fibra cortada material de fibra cortada en diferentes espesores;

- 5 un conjunto de procesamiento de material compuesto adaptado para plegar la carga compuesta en capas;
una segunda carga compuesta (98) que comprende una pluralidad de segundas hojas de compuesto apiladas, la segunda carga compuesta (98) siendo ensamblada con la carga compuesta en capas plegada para formar una estructura compuesta;
- 10 al menos un relleno de huecos (124) formado en la estructura compuesta, el relleno de huecos formado del material de fibra cortada (72) que comprende un material igual que o de un material compatible con un material que comprende la estructura compuesta que rodea el relleno de huecos (124), y el relleno de huecos (124) siendo casi isotrópico y conforme a una forma de la estructura compuesta que rodea el relleno de huecos (124);
- 15 al menos una capa interlaminar (128) formada en la estructura compuesta, estando la capa interlaminar formada del material de fibra cortada; y,
un conjunto de bolsa de vacío y un aparato de curado para el procesamiento de la estructura compuesta.

14. El sistema de la reivindicación 13, que comprende además uno o más de una capa de soporte dispuesta entre la capa de relleno de huecos de fibra cortada (124) y la primera carga compuesta (80), y una capa de soporte (92) situada entre la segunda carga compuesta (98) y el material de fibras cortadas (72) que forma el relleno de huecos de la estructura compuesta.

15. El sistema de la reivindicación 13 o 14, donde la estructura compuesta comprende una estructura compuesta del larguero en una aeronave, la primera carga compuesta (80) comprende una carga del larguero y la segunda carga compuesta (98) comprende una carga de tapa del larguero (98a) o una carga del panel de revestimiento (98b).

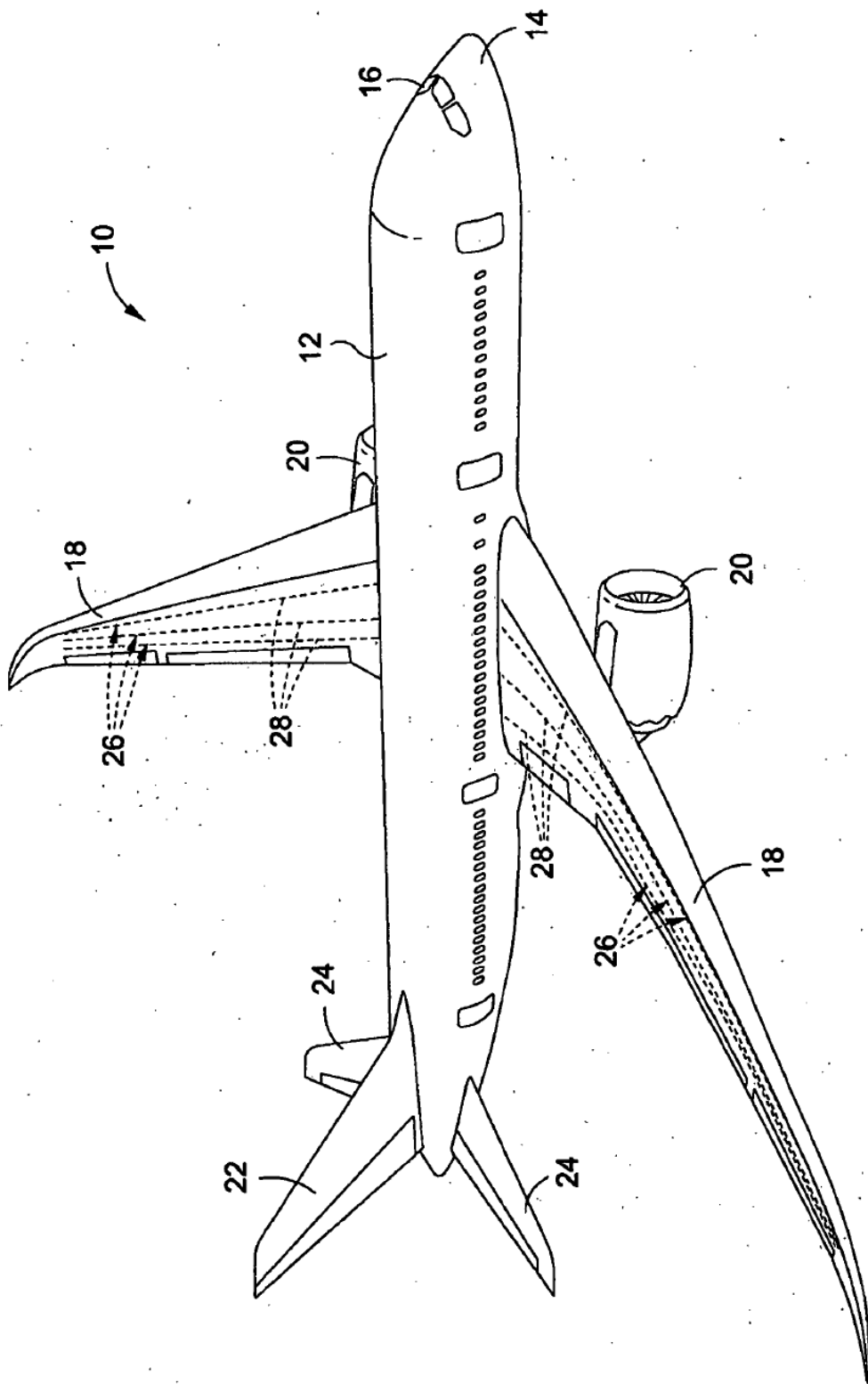


FIG. 1

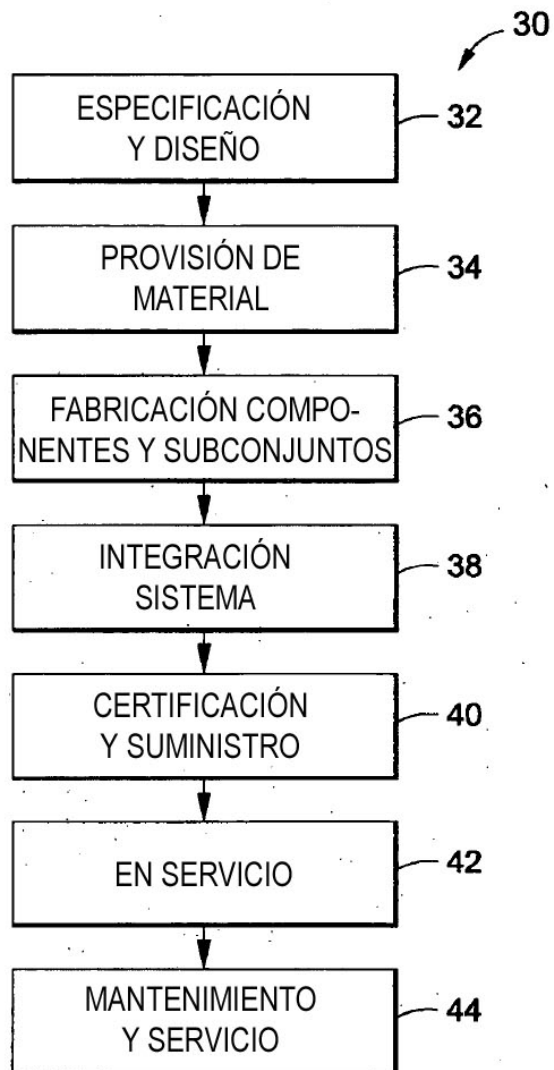


FIG. 2

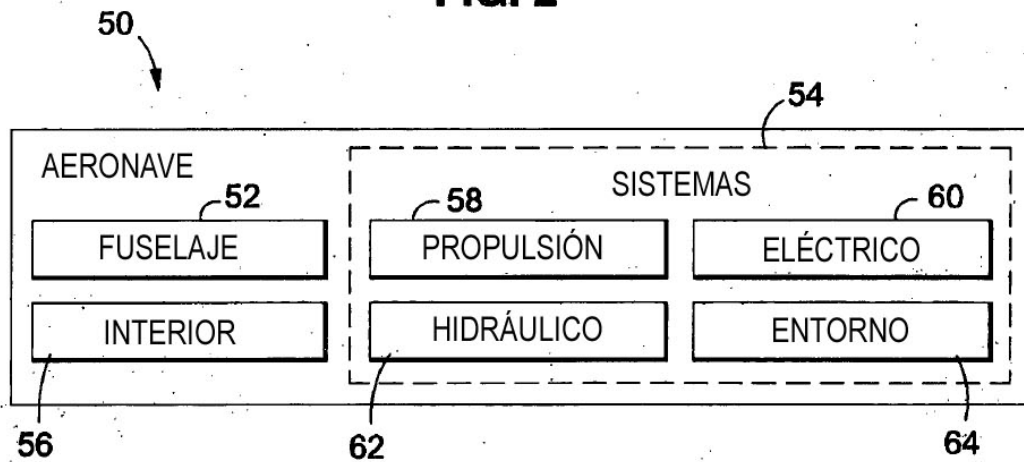


FIG. 3

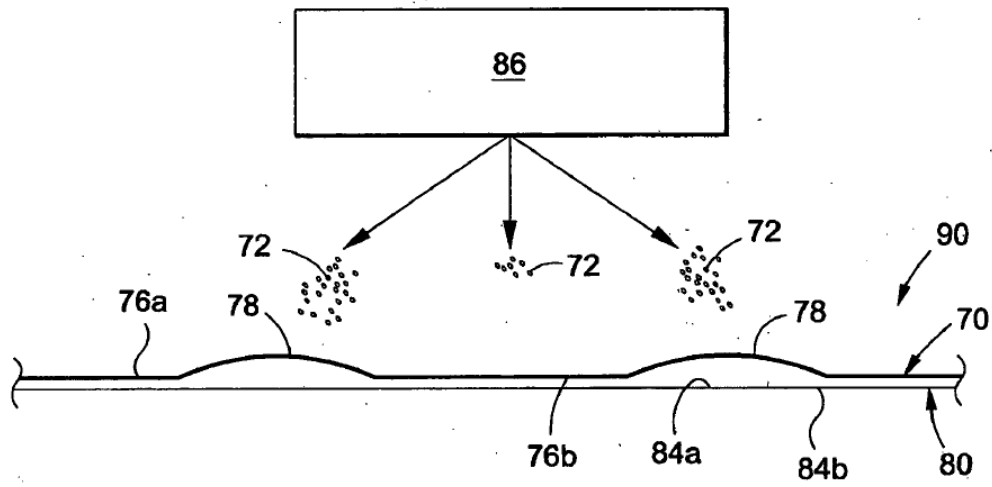


FIG. 4A

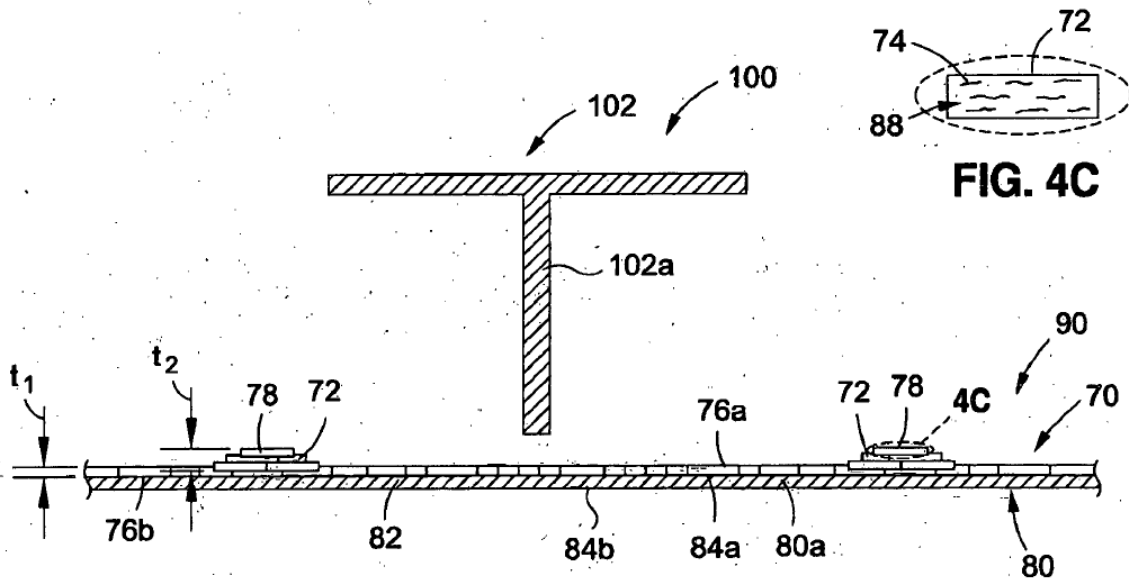


FIG. 4B

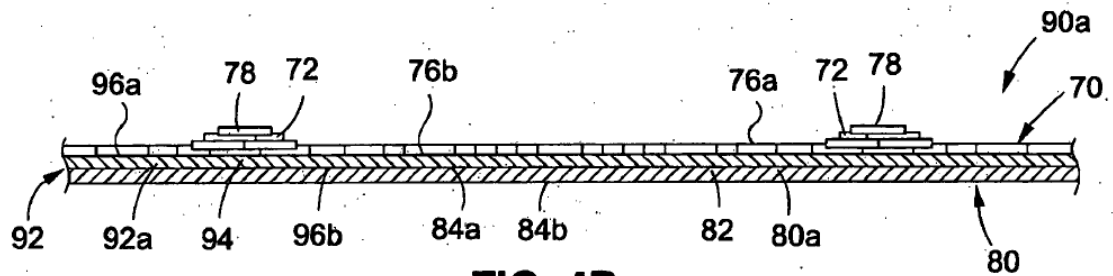


FIG. 4D

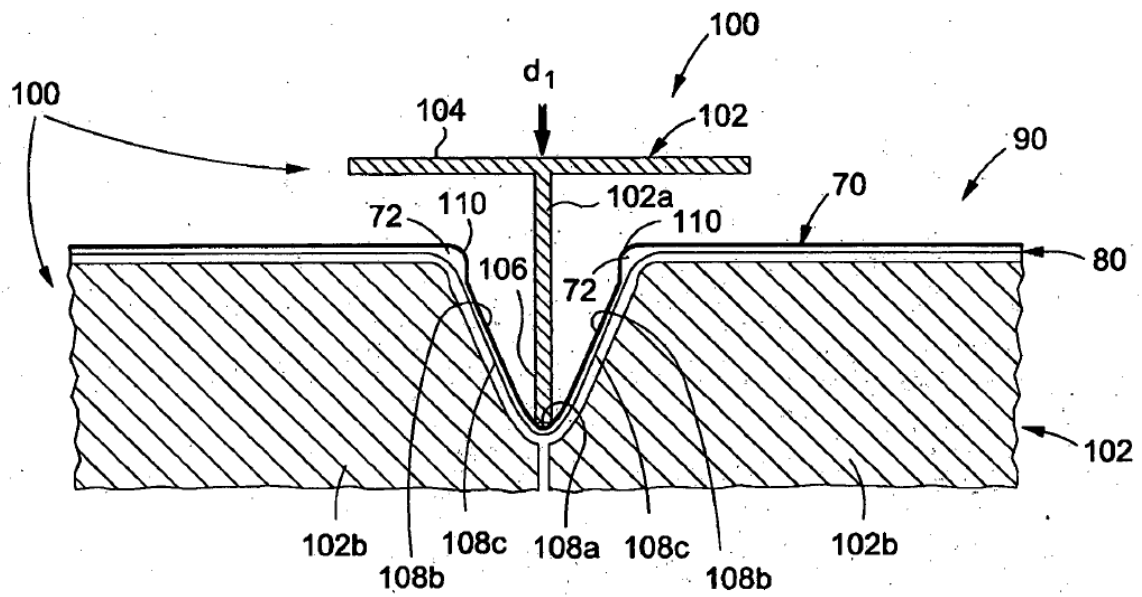


FIG. 5

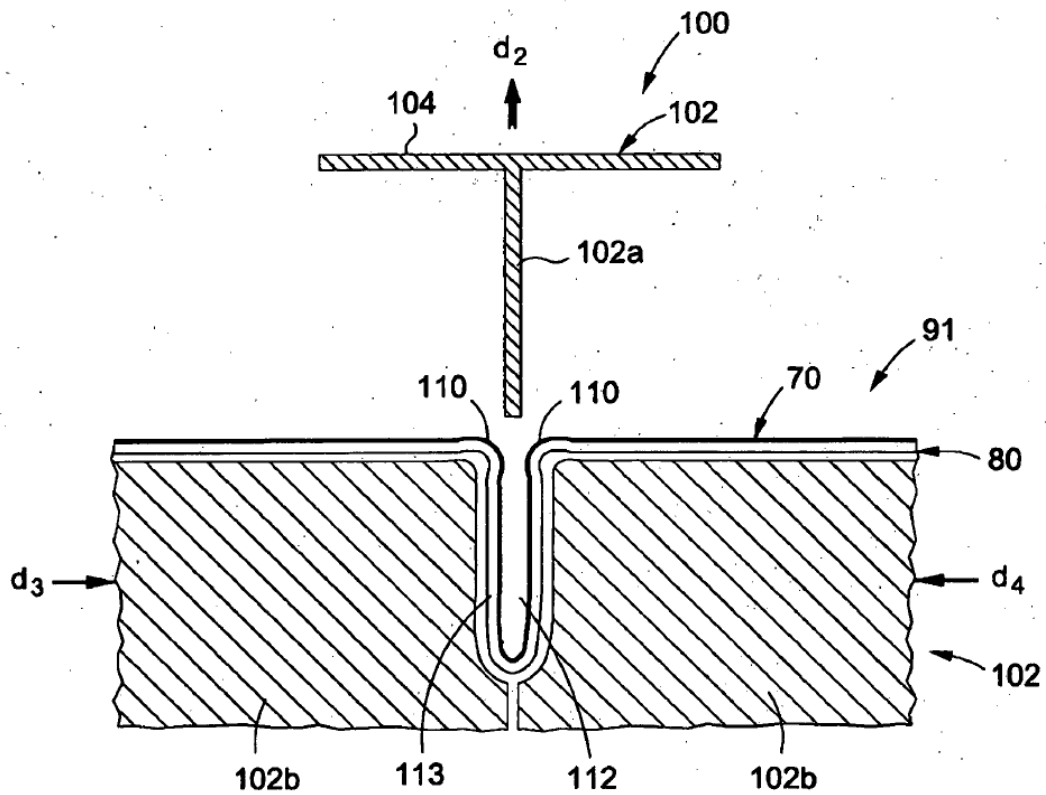


FIG. 6

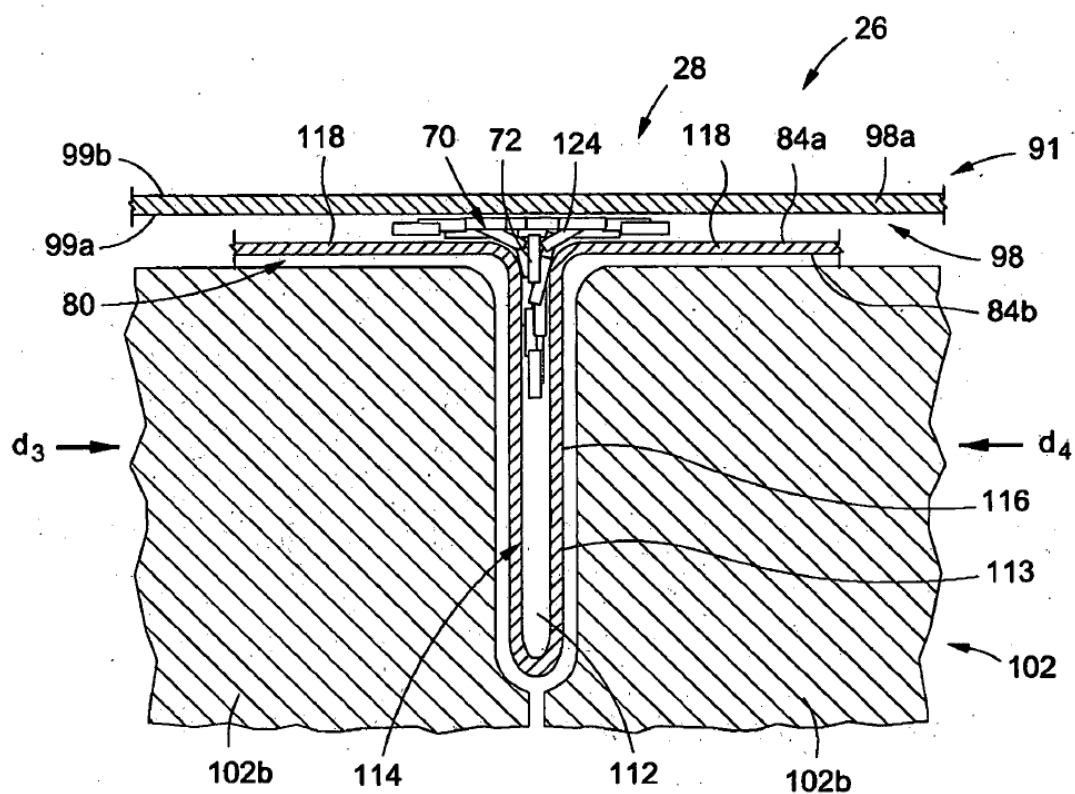


FIG. 7A

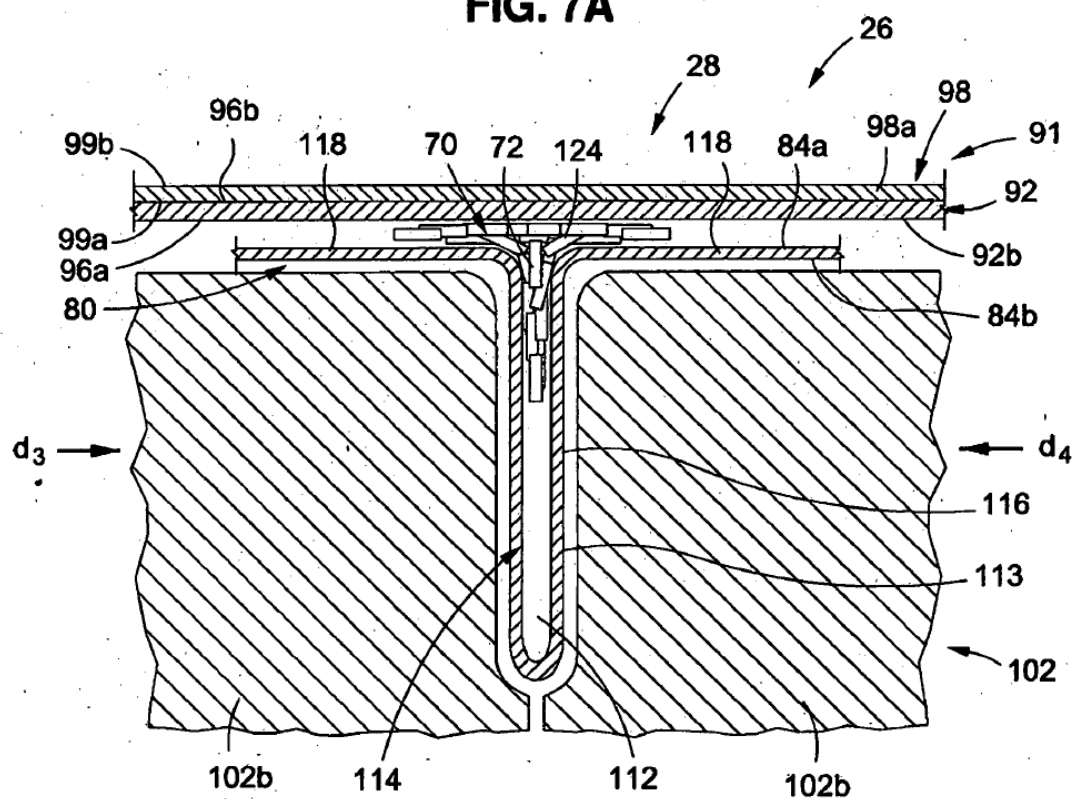


FIG. 7B

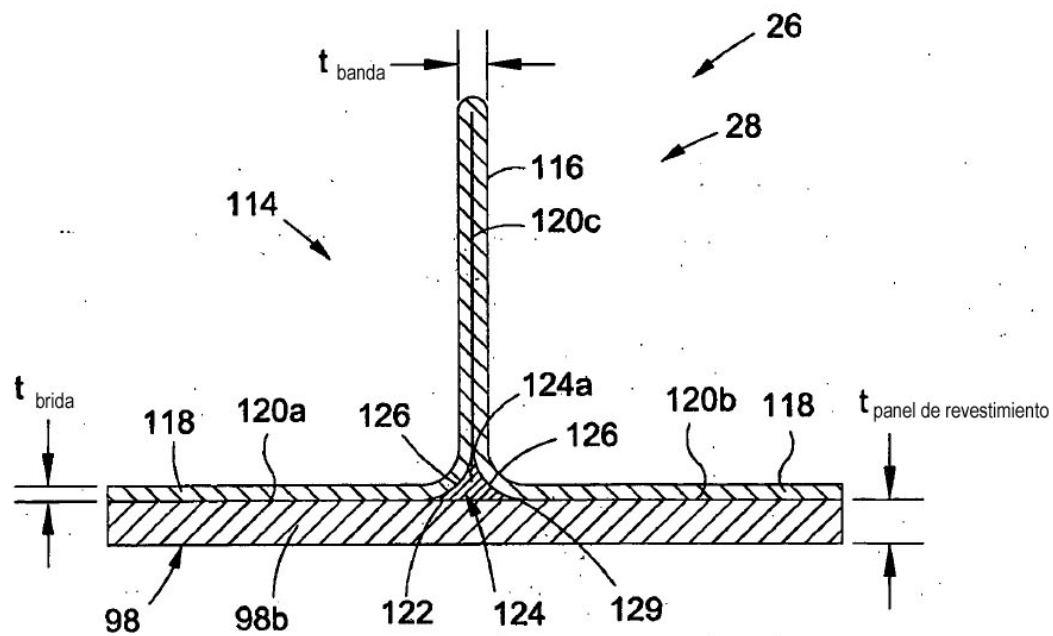


FIG. 8

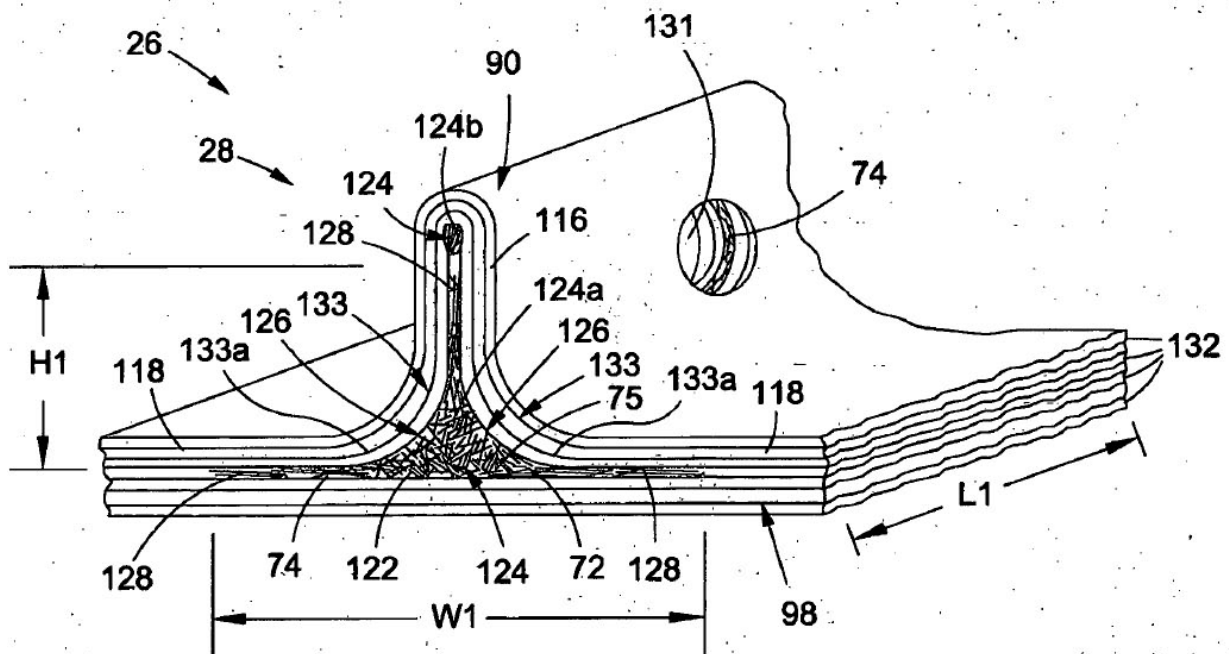


FIG. 9

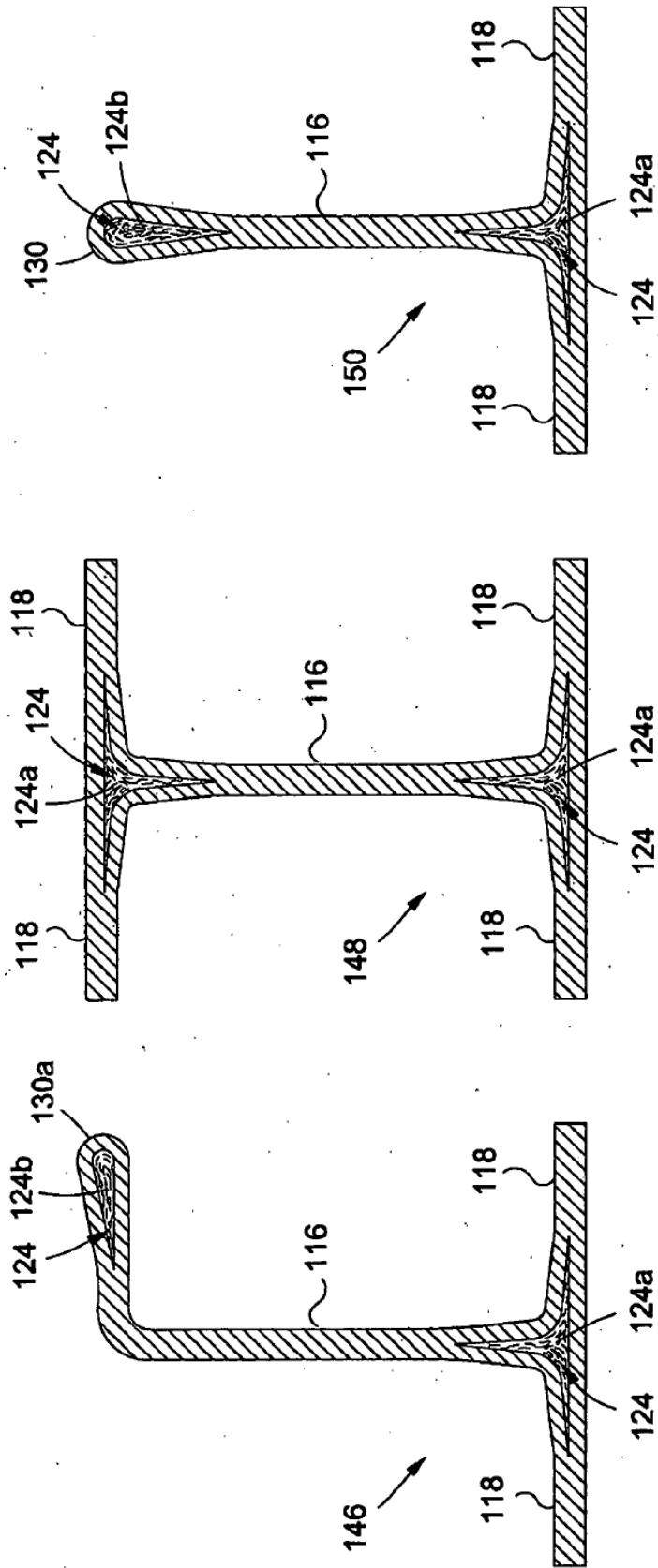


FIG. 10C

FIG. 10B

FIG. 10A

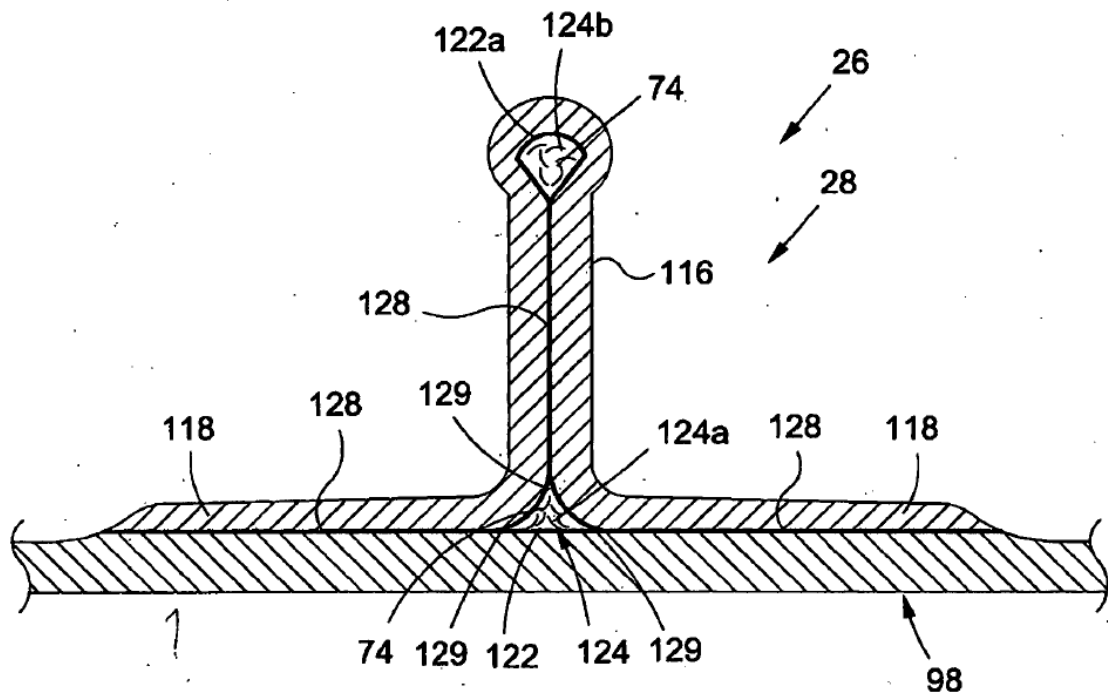


FIG. 11

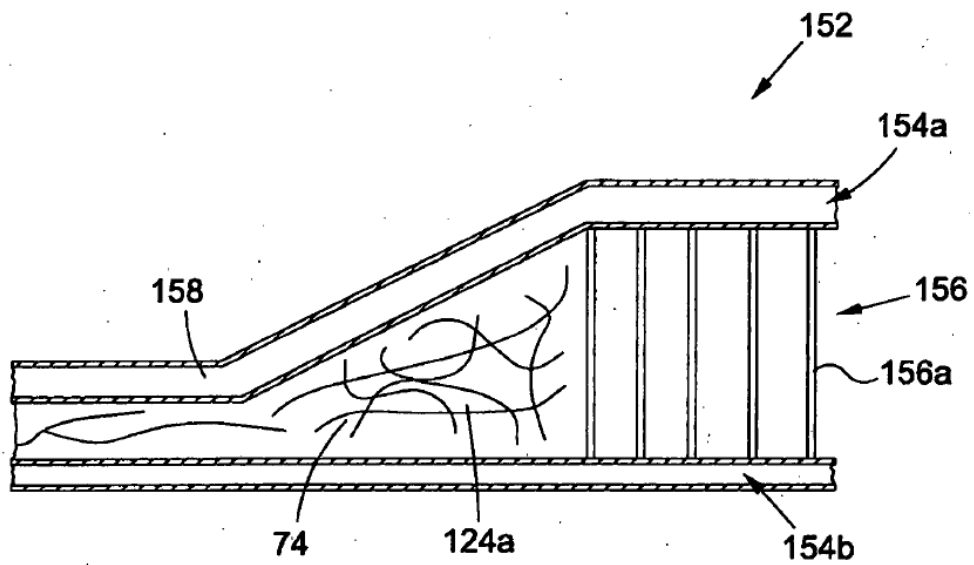


FIG. 12

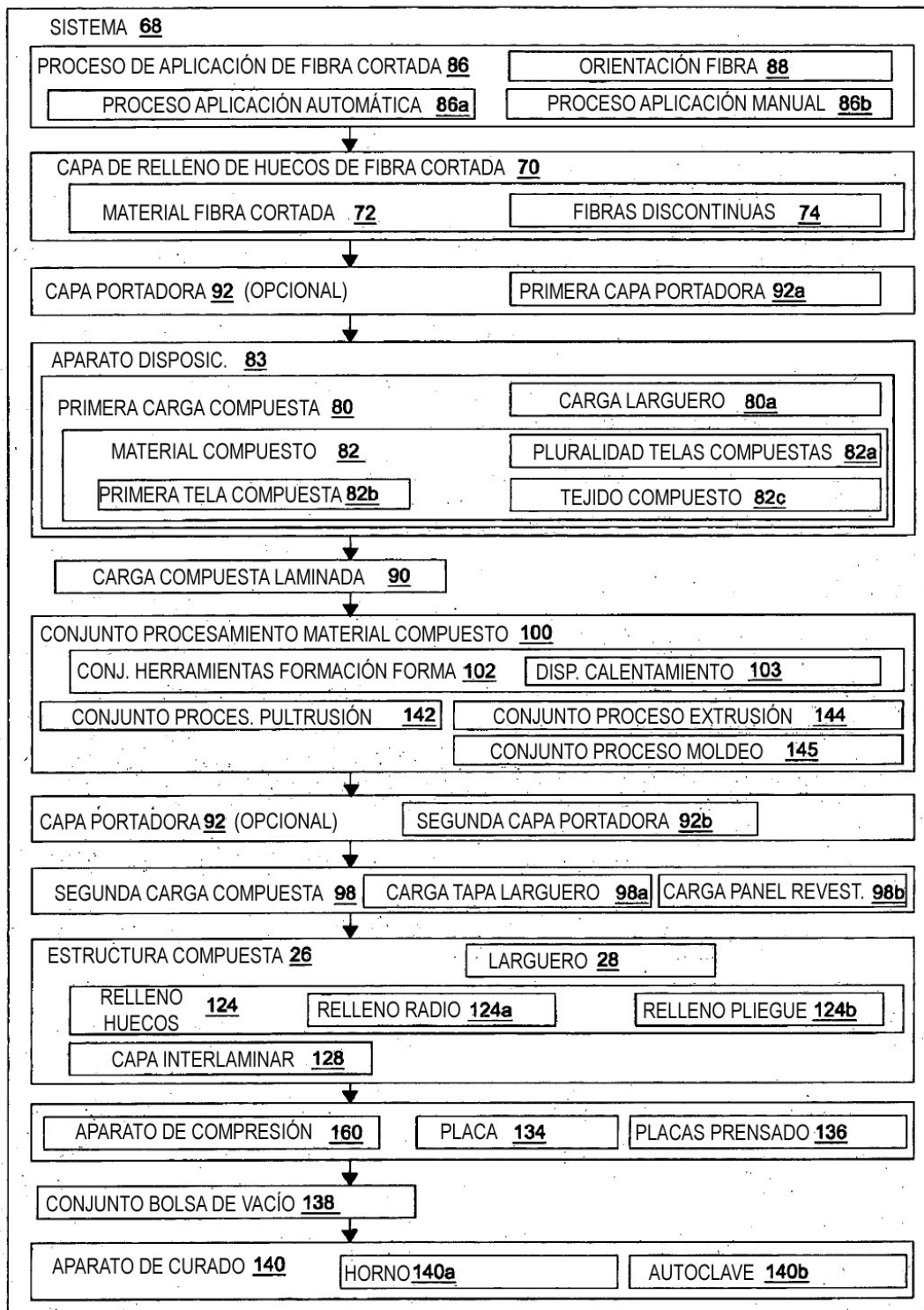


FIG. 13

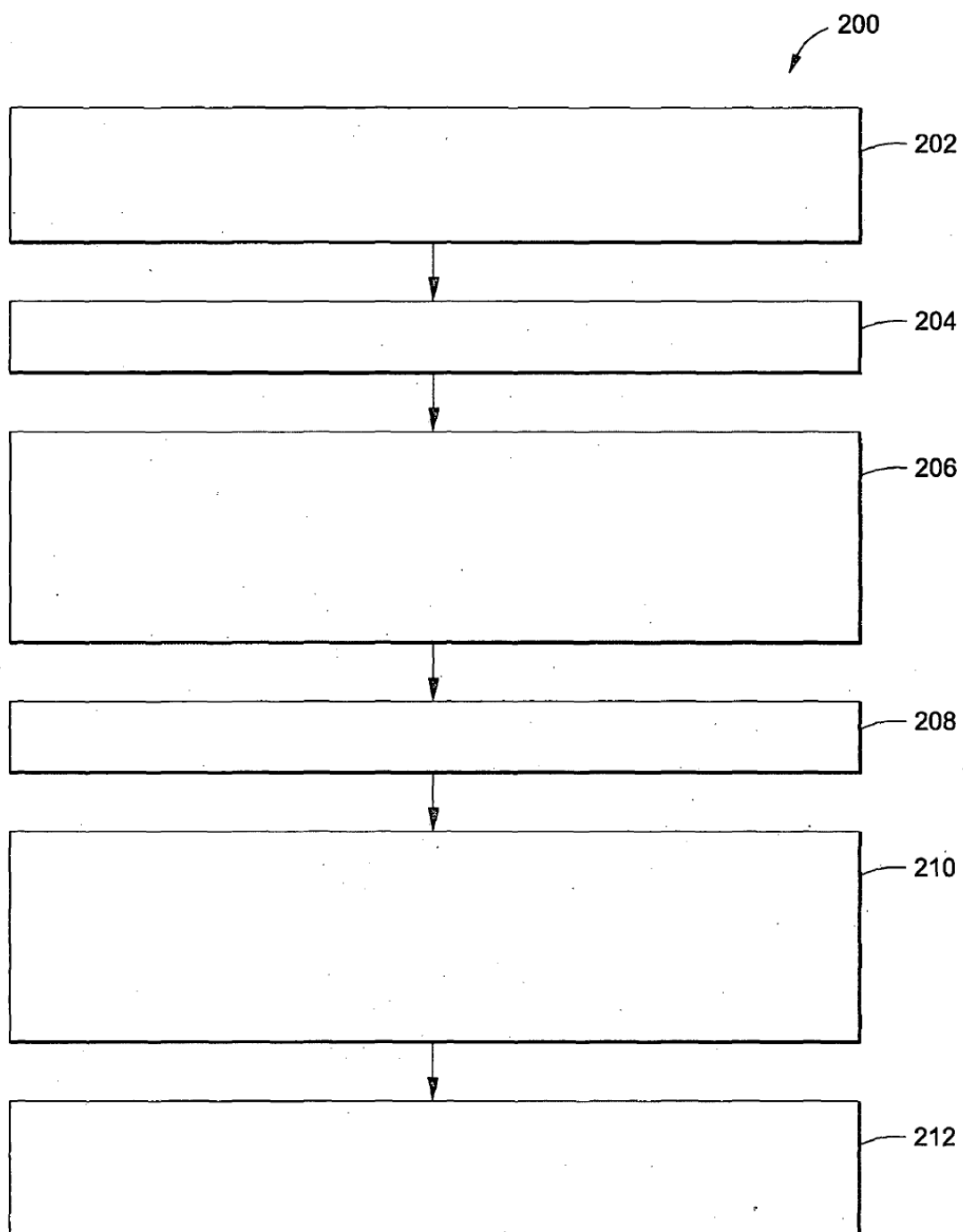


FIG. 14