

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 599 452**

51 Int. Cl.:

**B29D 99/00** (2010.01)

**B29C 70/44** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.11.2011 PCT/US2011/061279**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.07.2012 WO12094063**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.11.2011 E 11791706 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.10.2016 EP 2661359**

54 Título: **Método y dispositivo para comprimir un radio de material compuesto**

30 Prioridad:

**03.01.2011 US 983337**

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:

**KENNEDY, THOMAS, J. y  
FUCCI, DAVID, A.**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 599 452 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 dispositivo para comprimir un radio de material compuesto

**5 Campo técnico**

Esta divulgación se refiere, en general, a métodos y equipos para fabricar laminados de resina reforzados con fibras, y se ocupa más específicamente de un método y un dispositivo para comprimir un radio en el laminado.

**10 Antecedentes**

Los laminados de resina reforzados con fibras pueden consolidarse antes de y/o durante el curado con el fin de eliminar huecos y otras inconsistencias en la pieza curada. La consolidación puede lograrse aplicando presión al laminado sin curar usando procesos de embolsado de vacío y/o de autoclave. En algunos casos, se coloca una placa de revestimiento entre la bolsa de vacío y ciertas zonas del laminado tal como un radio, con el fin de garantizar que la presión aplicada se distribuye uniformemente sobre estas zonas. En algunas geometrías de piezas, las regiones de baja presión pueden existir sobre la pieza por cualquiera de una variedad de razones, tales como el entrecruzado de la bolsa de vacío sobre ciertas características de la pieza. Estas zonas de baja presión pueden resultar en una "onda frontal" que se genera en las capas exteriores del laminado, en el que una onda fuera del plano de las capas se fuerza desde las regiones de alta presión a las regiones de baja presión mencionadas anteriormente. Las ondas frontales son indeseables debido a que dan lugar a distorsiones de fibra fuera del plano que pueden provocar huecos en el laminado.

El documento de Musch G et al "Tooling with reinforced elastomeric materials" Fabricación de material compuesto, Butterworth Scientific, Guildford, Surrey, GB, vol. 3., n.º 2, 1 de enero de 1992, páginas 101-111 divulga un intensificador complejo para su uso que pretende proporcionar un refuerzo preimpregnado de material compuesto continuo para dar un efecto de placa de revestimiento.

El documento EP0368734 divulga un dispositivo para realizar el moldeo de paneles auto-reforzados de material compuesto con una matriz termocurable. El dispositivo comprende un bloque, una bolsa de sellado cuyo borde periférico está conectado al bloque por un cordón de sellado y unos componentes de calibración sólidos y no deformables. El panel se coloca en un volumen sellado definido entre el bloque y la bolsa, mientras que los componentes se colocan en el exterior de este volumen, por encima de la bolsa y entre los refuerzos del panel. Los componentes de calibración se unen por una estructura rígida. Por lo tanto, cuando el volumen se coloca al vacío y cuando el dispositivo se coloca en un horno o en un autoclave, se aplica una presión uniforme al panel por la bolsa y los componentes para garantizar el mantenimiento de la geometría de los refuerzos.

Por consiguiente, existe una necesidad de un método y un dispositivo para reducir las ondas frontales en los laminados de resina de fibra reforzada durante la consolidación, específicamente en los que pueden producirse cerca del borde de un radio en el laminado. También hay una necesidad de reducir las zonas de regiones de baja presión sobre el laminado provocadas por un entrecruzado de una bolsa de vacío.

**Sumario**

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método y un dispositivo para reducir una onda frontal producida en una región de baja presión de compactación de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas.

El método y el dispositivo divulgados reducen las ondas frontales en las capas de laminado provocadas por un entrecruzado de una bolsa de vacío usada para consolidar el laminado. El dispositivo es de construcción relativamente simple, puede reutilizarse y es de fácil instalación. El dispositivo se usa para comprimir una región de una zona de baja presión en el laminado, tal como un borde de un radio, provocada por el entrecruzado de la bolsa sobre el borde de radio. El dispositivo incluye un primer revestimiento que cubre el radio, y un segundo revestimiento que cubre la primera pieza y el borde de radio. El segundo revestimiento también se superpone a un segundo laminado de tal manera que la presión de consolidación aplicada al segundo laminado se transfiere a través del segundo revestimiento sobre el borde de radio. En una disposición, los revestimientos primero y segundo pueden estar integrados para formar una sola unidad. En otras realizaciones, pueden unirse múltiples dispositivos entre sí unos junto a otros. Las realizaciones divulgadas pueden reducir las ondas frontales en los laminados durante el proceso de consolidación, lo que resulta en piezas curadas que pueden presentar huecos e inconsistencias reducidas, y propiedades mecánicas deseadas.

De acuerdo con una realización divulgada, se proporciona un método de reducir una onda frontal en una pieza laminada de material compuesto durante la consolidación. El método comprende transmitir unas cargas de presión atmosférica a una región de la pieza que tiene una baja presión de compactación debido al entrecruzado de una bolsa de vacío en un borde de la pieza. La región de baja presión puede estar localizada en un borde de un radio en la pieza. Transmitir unas cargas de presión atmosférica puede incluir aplicar las cargas transmitidas al borde de radio usando un revestimiento en la pieza en la región de baja presión.

De acuerdo con otra realización, se proporciona un método para reducir una onda frontal producida en una región de baja presión de compactación de una primera pieza de material compuesto no curado durante la consolidación en una bolsa de vacío con una segunda pieza de material compuesto. El método comprende colocar un dispositivo de revestimiento sobre las piezas primera y segunda que cubra la región de baja presión, y usar el revestimiento para aplicar las cargas de presión atmosférica a la región de baja presión de la primera pieza. La región de baja presión puede estar a lo largo de un borde de un radio en la primera pieza. Colocar el revestimiento incluye colocar un primer revestimiento sobre el radio y el borde de radio en la primera pieza, y colocar un segundo revestimiento en la segunda pieza superponiéndose al primer revestimiento. Usar el revestimiento para aplicar una presión incluye usar el segundo revestimiento para aplicar una presión al primer revestimiento en la región de baja presión.

De acuerdo con una disposición adicional, se proporciona un método de compresión de una sección de radio de una pieza de laminado de fibra reforzada durante la consolidación. El método comprende formar un gran radio en la pieza adyacente a la sección de radio, y aplicar una presión de compactación a la pieza, que incluye aplicar una tensión en las fibras en la sección de radio que comprime las fibras en el gran radio. Formar el gran radio en la pieza incluye formar un ala curvada en exceso en la pieza.

De acuerdo con aún otra realización, se proporciona un dispositivo para reducir una onda frontal en un borde de una pieza laminada de material compuesto durante la consolidación. El dispositivo comprende un revestimiento configurado para adaptarse sustancialmente a la forma de y aplicar una presión de compactación al borde. El borde puede estar localizado a lo largo de un radio en la pieza, y el revestimiento incluye una primera pieza adaptada para colocarse en y aplicar una presión al radio, y una segunda pieza que tiene un extremo que se superpone a la primera pieza y al borde de la pieza. En otra disposición, las piezas primera y segunda del revestimiento pueden ser integrales entre sí.

En aún otra disposición, se proporciona un aparato para tensar las fibras en un radio de una pieza laminada de material compuesto reforzada de fibra durante la consolidación. El aparato comprende un mandril que tiene un gran radio en una zona de ala en exceso del mandril, donde el gran radio tiene un radio de curvatura mayor que el radio de la pieza.

En otra realización, se proporciona un dispositivo para reducir una onda frontal generada en un radio de una pieza laminada de material compuesto durante la consolidación. El dispositivo comprende un revestimiento para aplicar una presión al radio de la pieza. El revestimiento incluye un primer revestimiento adaptado para cubrir el radio y un borde contiguo al radio en el que se genera una onda frontal en la pieza.

El revestimiento incluye además un segundo revestimiento que se superpone a la primera pieza y al borde de la pieza para aplicar una presión al borde de la pieza a través de la segunda pieza del revestimiento.

Un método de reducir una onda frontal en una pieza laminada de material compuesto durante la consolidación, que incluye transmitir las cargas de presión atmosférica a una región de la pieza que tiene una baja presión de compactación debido al entrecruzado de una bolsa de vacío en un borde de la pieza. La región de baja presión se localiza en un borde de un radio en la pieza, y transmitir las cargas de presión atmosférica incluye aplicar las cargas de presión transmitidas en el borde del radio.

El método donde transmitir las cargas de presión atmosférica incluye colocar un revestimiento sobre la pieza en la región de baja presión de compactación.

Un método de reducir una onda frontal producida en una región de baja presión de compactación de una primera pieza de material compuesto no curado durante la consolidación en una bolsa de vacío con una segunda pieza de material compuesto, que incluye colocar un dispositivo de revestimiento sobre las piezas primera y segunda que cubren la baja región de presión; y usar el dispositivo de revestimiento para aplicar las cargas de presión atmosférica a la región de baja presión de la primera pieza. La región de baja presión está a lo largo de un borde de un radio en la primera pieza, y colocar el dispositivo de revestimiento incluye: colocar un primer revestimiento sobre el radio y el borde del radio en la primera pieza, y colocar un segundo revestimiento en la segunda pieza superponiéndose al primer revestimiento.

El método donde el uso del dispositivo de revestimiento para aplicar las cargas de presión atmosférica incluye usar el segundo revestimiento para aplicar una presión al primer revestimiento en la región de baja presión.

El método donde aplicar la presión de compactación incluye:

- colocar una bolsa de vacío sobre la pieza,
- colocar la pieza embolsada al vacío en un autoclave,
- hacer el vacío en la bolsa, y
- aplicar una presión a la bolsa usando el autoclave.

Un dispositivo para reducir una onda frontal en un borde de un radio en una pieza laminada de material compuesto durante la consolidación, que incluye un revestimiento configurado para adaptarse sustancialmente a la forma del radio y aplicar una presión de compactación a la pieza en el borde del radio.

- 5 El dispositivo donde el revestimiento incluye: un primer revestimiento adaptado para colocarse en, y aplicar una presión al radio, y una segunda pieza que tiene un extremo que se superpone a la primera pieza y al borde del radio.

Otro dispositivo para reducir una onda frontal generada en un borde de un radio de una pieza laminada de material compuesto durante la consolidación, que incluye un revestimiento para aplicar una presión al radio de la pieza, 10 incluyendo el revestimiento un primer revestimiento adaptado para cubrir el radio y el borde de radio, y un segundo revestimiento que se superpone a la primera pieza y al borde de radio para aplicar una presión al borde de radio a través de la segunda pieza del revestimiento.

15 El primer revestimiento puede ahusarse en el espesor alrededor del radio.

El segundo revestimiento puede superponerse a la primera pieza del revestimiento y al borde del radio.

Sin embargo, otro dispositivo para reducir una onda frontal generada a lo largo de un borde de un radio de un larguero laminado de material compuesto está unido a un refuerzo que tiene unas alas inferiores adyacentes al 20 borde de radio durante la consolidación, que incluyen un primer revestimiento curvado para aplicar una presión al borde de radio y que tiene un espesor que se ahúsa a lo largo de su curvatura; y un segundo revestimiento formado integral con el primer revestimiento, teniendo el segundo unas alas que se extienden lateralmente superponiéndose respectivamente a las alas inferiores del refuerzo y teniendo un extremo que se superpone al borde de radio para transmitir una presión de consolidación desde las alas del refuerzo al borde de radio a través del primer 25 revestimiento, incluyendo además el segundo revestimiento una alma adaptada para enfundarse sobre el refuerzo.

Otro método más de fabricación de un conjunto de estructura de material compuesto que incluye un larguero laminado unido a un refuerzo, que incluye formar y precurar el refuerzo; poner el larguero laminado sobre un mandril que tiene un radio; ensamblar el refuerzo precurado con el larguero, que incluye colocar una capa de adhesivo entre 30 un ala inferior del refuerzo y una alma del larguero; instalar un dispositivo de revestimiento en el conjunto, que incluye moldear una primera pieza del dispositivo de revestimiento con un extremo del refuerzo superponiéndose un ala inferior en el refuerzo, y moldear una segunda pieza del dispositivo de revestimiento integral con la primera pieza, incluyendo moldear la segunda pieza para conformarse con un radio formado en el larguero; embolsar al vacío el conjunto; colocar el conjunto en un autoclave; y usar una presión de autoclave para consolidar el conjunto, 35 incluyendo usar el dispositivo de revestimiento para transmitir una presión desde el ala inferior a un borde del radio formado en el larguero.

#### Breve descripción de las ilustraciones

- 40 La figura 1 es una ilustración de una vista lateral de un conjunto de estructura de material compuesto.  
La figura 2 es una ilustración de una vista lateral tomada en la dirección '2' en la figura 1.  
La figura 3 es una ilustración de una vista en sección ampliada que muestra la formación de una onda frontal en las capas superiores del larguero en el extremo del refuerzo.  
La figura 4 es una ilustración de una vista en sección del conjunto de estructura de material compuesto, que 45 muestra el uso de un dispositivo de revestimiento para reducir la onda frontal mostrada en la figura 3.  
La figura 5 es una ilustración de una vista en sección de un primer revestimiento que forma parte del dispositivo de revestimiento mostrado en la figura 4.  
La figura 6 es una ilustración de una vista de extremo de un segundo revestimiento que forma parte del dispositivo mostrado en la figura 4.  
50 La figura 7 es una ilustración de una vista en perspectiva del segundo revestimiento.  
La figura 8 es una ilustración de una vista en perspectiva de un lateral del refuerzo mostrado en las figuras 1-4 que tiene el segundo revestimiento instalado en el mismo.  
La figura 9 es una ilustración de una vista isométrica de otra forma del dispositivo de revestimiento que está instalado en el refuerzo.  
55 La figura 10 es una ilustración de una vista en perspectiva de un lado de otra realización del dispositivo de revestimiento.  
La figura 11 es una ilustración de una vista isométrica del lado opuesto del dispositivo de revestimiento mostrado en la figura 10.  
La figura 12 es una ilustración del dispositivo de revestimiento mostrado en las figuras 10 y 11 instalado en un par de refuerzos.  
60 La figura 13 es una ilustración de una vista en sección de un conjunto laminado que muestra un método alternativo de reducir las ondas frontales.  
La figura 14 es un diagrama de flujo simplificado que ilustra un método para reducir una onda frontal.  
La figura 15 es una ilustración de un método alternativo para reducir una onda frontal.  
65 La figura 16 es una ilustración de un diagrama de flujo de la producción de aeronaves y la metodología de servicio.

La figura 17 es una ilustración de un diagrama de bloques de una aeronave.

**Descripción detallada**

5 Haciendo referencia primero a las figuras 1 y 2, un conjunto de estructura de material compuesto 20 comprende un refuerzo 21, también denominado algunas veces como una primera pieza, y un larguero 22 también denominado algunas veces en el presente documento como una segunda pieza. El refuerzo 21 está unido a un larguero 22 por una capa de adhesivo 40. El refuerzo 21 puede comprender un material compuesto de resina reforzado con fibra, y en el ejemplo ilustrado, tiene una sección transversal en forma de I formada por I alas superior e inferior 24, 26  
 10 unidas entre sí por un alma 28. Si bien se muestra una sección transversal en forma de I en las figuras, el refuerzo 21 puede tener otras formas de sección transversal, tales como, sin limitación, C, J, Z, L y las formas de U invertida. El larguero 22 comprende un laminado de resina reforzada con fibra que tiene un alma 30 y un ala 32 que forma una sección transversal en forma de L, sin embargo, son posibles otras geometrías de sección transversal, tales como, sin limitación, una sección en "C". El larguero 22 puede formar, por ejemplo y sin limitación, parte del fuselaje de un  
 15 vehículo aeroespacial (no mostrado) tal como un ala o un estabilizador (no mostrado).

El alma 30 transiciona al ala 32 a través de un radio 34 definido entre unos puntos de tangencia indicados por las líneas de rotura 36 en la figura 1. Como se ve mejor en la figura 2, el ala inferior 26 del refuerzo 21 se superpone y se une a la superficie superior 35 del alma 32. La figura 1 ilustra un mandril 38 para soportar el larguero 22 durante la consolidación y el curado del larguero 22. En el ejemplo ilustrado, el refuerzo 21 es una pieza pre-curada que está unida al larguero 22, sin embargo, en otras realizaciones, el refuerzo 21 puede comprender una pieza de material compuesto no curado que se co-cura con el larguero 22. Las formas del refuerzo 21 y del larguero 22 ilustran simplemente una amplia variedad de posibles formas y geometrías de las piezas.  
 20

Haciendo referencia ahora a la figura 3, después de que el refuerzo 21 y el larguero 22 se ensamblan con una capa de adhesivo 40 entre los mismos, se sella una bolsa de vacío (no mostrada en la figura 3) sobre el conjunto 20, que a continuación puede colocarse en un autoclave (no mostrado) para su consolidación y curado. El radio 34 tiene un borde superior 45 que está separado del extremo exterior 46 del ala inferior del refuerzo 21. Cuando se vacía, la bolsa puede entrecruzarse sobre el borde 45 del radio 34. El entrecruzado de la bolsa sobre el borde 45 puede resultar en una región 49 de baja presión de compactación en el borde 45 cuando se aplica una presión de autoclave P durante la consolidación y el curado del larguero 22. La presión de compactación P aplicada da como resultado la deformación de las fibras en las capas superiores 42 a lo largo del radio 34 lo que las impulsa a que se muevan en la dirección de la flecha 51 hacia la región de baja presión 49. El movimiento de la fibra hacia la región de baja presión 49 puede dar como resultado la generación de una onda frontal 44 en las capas superiores 42 del larguero 22 a medida que las capas 42 están comprimiéndose en las otras zonas del radio 34. Esta onda frontal 44 puede dar lugar a arrugas, huecos u otras inconsistencias no deseadas en el larguero 22 después del curado.  
 25  
 30  
 35

Haciendo referencia a la figura 4, con el fin de reducir o eliminar la onda frontal 44 mostrada en la figura 3 provocada por la región 49 (figura 3) de baja presión, se instala un dispositivo 48 sobre el radio 34 del larguero 22 y el ala inferior 26 del refuerzo 21. El dispositivo 48 incluye un primer revestimiento inferior 50 que cubre el radio 34 del larguero 22, que incluye el borde superior 45. El extremo superior 56 del primer revestimiento 50 hace tope con el extremo exterior 26 del ala inferior 26. El dispositivo 48 incluye además un segundo revestimiento superior 52 que descansa sobre el ala inferior 26 y se superpone al extremo superior 56 del primer revestimiento 50. El segundo revestimiento 52 se superpone al extremo superior 56 del primer revestimiento 50 una distancia preseleccionada D. Como se tratará más adelante con más detalle, en una disposición, los revestimientos primero y segundo 50, 52 pueden estar integrados en una sola unidad, mientras que de acuerdo con la presente invención son unidades separadas. Una bolsa de vacío 44 se sella sobre el conjunto 20 y se usa para aplicar una presión de compactación a las piezas y al revestimiento 48.  
 40  
 45

Como se muestra en la figura 5, el primer revestimiento 50 incluye un radio interior R conformado sustancialmente con el radio 34. El primer revestimiento 50 tiene un espesor T en su extremo superior 56 que en general coincide con el espesor combinado del ala inferior 26 y la capa de adhesivo 30. El primer revestimiento 50 se ahúsa en su espesor desde su extremo superior 56 hasta su extremo inferior 58. El espesor reducido del extremo inferior 58 que resulta de este ahusamiento puede reducir el trazado impartido al larguero 22 por el primer revestimiento 50 durante el proceso de compactación. En otras realizaciones, el primer revestimiento 50 puede no ser ahusado en su espesor.  
 50  
 55

Haciendo referencia a la figura 6, el segundo revestimiento 52 incluye un alma ranurada 52a que cubre el alma 28 del refuerzo 21, y que se extiende longitudinalmente hacia las alas 52b que se superponen a las alas 26 en el refuerzo 21.  
 60

Haciendo referencia a la figura 4 durante el funcionamiento, el dispositivo 48 está instalado o como dos unidades separadas o como una sola unidad en el conjunto 20, de tal manera que el primer revestimiento 50 se superpone al radio 34 y tiene su extremo superior 56 en contacto con el extremo exterior 26a del ala 26. El alma ranurada 52a del segundo revestimiento 52 está enfundada en los laterales del alma 28 de tal manera que las alas 54 descansan sobre las alas 26 del refuerzo 21 y el extremo exterior 60 se superpone y descansa en el extremo superior 56 del  
 65

5 primer revestimiento 50. Con el dispositivo 40 instalado como se ha descrito anteriormente, la bolsa de vacío 44 puede instalarse sobre el conjunto 20, y el conjunto 20 puede procesarse en un autoclave en el que se aplica una presión P a las piezas ensambladas. El primer revestimiento 50 aplica y distribuye la presión de autoclave P al radio 34 que incluye el extremo superior 56 que se superpone al borde superior 45 del radio 34. La presión de autoclave P también presiona las alas 52b contra las alas 26 del refuerzo 21 y en contra el extremo superior 56 del primer revestimiento 50.

10 La presión aplicada a las alas inferiores 26 se transfiere por el segundo revestimiento 52 al primer revestimiento 50. La tendencia de las capas superiores 42 (figura 3) para producir una onda frontal 44 en el borde 45 se resiste por la presión aplicada al extremo superior 56 por el extremo delantero 60 del segundo revestimiento 52. Por lo tanto, las capas superiores 32 (figura 3) dentro del radio 34 están obligadas a permanecer sustancialmente en plano durante el proceso de compactación. La integración de las piezas de revestimiento 50, 52 en una sola unidad de pieza, provee al dispositivo 48 de una rigidez adicional que puede ayudar en la generación de resistencia a una onda frontal 44 (figura 4) o agitación similar o arrugamiento de las capas exteriores 42 en el borde de radio 45.

15 Las figuras 7 y 8 ilustran detalles adicionales del segundo revestimiento 52. El alma recto 52a incluye una ranura que se extiende longitudinalmente 62 en el mismo, y las alas 52b se extienden lateralmente hacia fuera del alma 52a. El extremo delantero 60 se extiende más allá del alma 52a y está adaptado para superponerse al extremo superior 56 en el primer revestimiento 50, como se muestra en la figura 4. El segundo revestimiento 52 puede fabricarse de cualquier material adecuado que posea la resistencia y la rigidez necesaria, incluyendo pero no limitado a un material compuesto de resina reforzado con fibra, tal como, sin limitación, una resina epoxi reforzada con fibra de carbono. Durante la instalación del segundo revestimiento 52, la ranura 62 recibe el alma 28 del refuerzo 21 dentro de la ranura 62, y las alas 52b descansan en las alas 26 del refuerzo 21.

20 La figura 9 ilustra otra disposición del dispositivo 48 en el que los revestimientos primero y segundo 50, 52 están integrados en una sola unidad que puede fabricarse moldeando el revestimiento 48 alrededor del extremo del refuerzo 21.

25 A continuación, se dirige la atención a las figuras 10, 11 y 12, que ilustran otra realización del dispositivo 20 en la que múltiples dispositivos 48 están integrados en una estructura unitaria. En el ejemplo ilustrado, dos revestimientos de una pieza 48 están dispuestos uno al lado del otro y están formados integrales con una pieza de conexión 66 y las extensiones exteriores 68. Los primeros revestimientos 50 se extienden sustancialmente de manera continua a través de toda la longitud del dispositivo 48. Como se muestra en la figura 12, el dispositivo 48 puede instalarse como una sola unidad sobre dos refuerzos adyacentes 21, que cubren el radio 34 en el larguero 22 (no mostrado en las figuras 10-12). Mientras que la realización mostrada en las figuras 10-12 integra diversos dispositivos 48 para su uso con múltiples refuerzos 21 que tienen una sección transversal en forma de I, los múltiples dispositivos integrados 48 también pueden adaptarse para su uso con unos refuerzos que tengan otras formas de sección transversal, incluyendo, sin limitación, C, J, Z, L y las formas de U invertida.

30 A continuación, se dirige la atención a la figura 13 que ilustra otro método de comprimir un radio 34 de una manera que reduzca las ondas frontales generadas durante la consolidación del larguero 30. En este ejemplo, el larguero 30 está puesto sobre un mandril 38 que tiene una extensión lateral 38a. La extensión lateral 38a incluye una superficie de herramienta curvada 70 que forma un ala girada en exceso hacia el exterior 72 que tiene un gran radio 74 que es en general más grande que el radio 34. "Exceso" se refiere al hecho de que el fin principal del ala 72 es colocar las fibras en el radio 34 en tensión, y que el ala 72 no puede tener otro fin funcional sustancial. Cuando se aplica la presión de consolidación P al larguero 30, la presión que actúa sobre el ala de gran radio 72 es mayor que la aplicada al radio 34 y crea una tensión en las fibras en las capas superiores 42 (figura 3) que se transfiere a las fibras en el radio 34. Esta tensión aplicada a las fibras en las capas superiores 42 en el radio 34 puede reducir o eliminar las arrugas y/o las ondas frontales 44 en la zona del radio 34, incluyendo el borde superior 45 (figura 3). Como se usa en el presente documento, "gran" radio se refiere a un radio 74 que es lo suficientemente grande como para producir la tensión en las capas superiores 42 necesaria para reducir o eliminar las ondas frontales 44.

35 A continuación, se dirige la atención a la figura 14 que ilustra un método de unión de piezas de material compuesto de una manera que reduce las ondas frontales en los laminados durante el curado. En la etapa 76, se ensamblan las piezas primera y segunda 22, 21. A continuación, en la etapa 78, una primera pieza 50 de un revestimiento 48 se coloca en el radio 34 de la primera pieza 22 que cubre un borde 45 del radio 34 y que está en contacto con la segunda pieza 21. En la etapa 80, una segunda pieza 52 del revestimiento 48 se instala en la segunda pieza 21, al menos parcialmente superponiéndose al primer revestimiento 50 en el borde de radio 45. En estas disposiciones en las que las piezas de revestimiento 50, 52 están integradas en una sola unidad, las etapas 78 y 80 se combinan en una sola operación. En la etapa 82, las piezas ensambladas 21, 22 que tienen las piezas de revestimiento 50, 52 instaladas en las mismas se embolsan al vacío. En 84, se hace el vacío y se aplica la presión de consolidación a la bolsa, usando por ejemplo, el procesamiento de autoclave. En la etapa 86, se usan las piezas de revestimiento 50, 52 para aplicar una presión al radio 34 que incluye el borde de radio 45 con el fin de transferir las cargas de presión atmosférica al borde de radio 45 y reducir la formación de ondas frontales en la primera pieza.

65

La figura 15 ilustra las etapas de un método de reducción de las ondas frontales en un laminado usando el aparato mostrado en la figura 14. En la etapa 88, un gran radio 74 se forma en una pieza de laminado 21 adyacente a una sección de radio más pequeña 34 en la pieza 21. En la etapa 90, se aplica la presión de compactación a la pieza 21, que incluye aplicar la tensión en las fibras en la sección de radio 34 comprimiendo las fibras en el gran radio 74.

5 Haciendo referencia a continuación a las figuras 16 y 17, las realizaciones de la divulgación pueden usarse en el contexto de un método 98 de fabricación y servicio de aeronaves como se muestra en la figura 16 y una aeronave 100, como se muestra en la figura 17. Durante la pre-producción, el método a modo de ejemplo 92 puede incluir la especificación y el diseño 102 de la aeronave 100 y la consecución de material 104. Durante la producción, tiene lugar la fabricación de los componentes y del subconjunto 106 y la integración del sistema 108 de la aeronave 100. Durante la etapa 106, el método y aparato divulgados pueden emplearse para fabricar unas piezas de materiales compuestos, tales como las secciones de fuselaje que a continuación se ensamblan en la etapa 108. Después de esto, la aeronave 100 puede pasar a la certificación y a la entrega 110 con el fin de ponerse en servicio 112. Mientras, en servicio con un cliente, la aeronave 100 puede programarse para un mantenimiento y un servicio de rutina 114 (que también puede incluir una modificación, una reconfiguración, una renovación, y así sucesivamente).

20 Cada uno de los procesos del método 98 puede realizarse o llevarse a cabo por un integrador de sistemas, un tercero, y/o un operador (por ejemplo, un cliente). Para los fines de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas principales; un tercero puede incluir, sin limitación, cualquier número de distribuidores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una línea aérea, una compañía de arrendamiento, una entidad militar, una organización de servicios, y así sucesivamente.

25 Como se muestra en la figura 17, la aeronave 100 producida por el método a modo de ejemplo 98 puede incluir un fuselaje 116 con una pluralidad de sistemas 118 y un interior 120. El método y aparato divulgados pueden emplearse para fabricar secciones de fuselaje que formen parte de la estructura del fuselaje 110. Ejemplos de sistemas de alto nivel 118 incluyen uno o más de entre un sistema de propulsión 122, un sistema eléctrico 124, un sistema hidráulico 126 y un sistema ambiental 128. Cualquier número de otros sistemas pueden incluirse. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la invención pueden aplicarse a otras industrias tal como la industria del automóvil.

35 El aparato realizado en el presente documento puede emplearse durante una cualquiera o más de las fases del método de producción y de servicio 98. Por ejemplo, los componentes o los subconjuntos correspondientes al proceso de producción 106 pueden fabricarse o manufacturarse de una manera similar a los componentes o los subconjuntos producidos mientras la aeronave 100 está en servicio. Además, una o más realizaciones de aparatos pueden utilizarse durante las fases de producción 106 y 108, por ejemplo, acelerando considerablemente el montaje de o reduciendo el coste de una aeronave 100. Del mismo modo, puede utilizarse una o más realizaciones del aparato mientras la aeronave 100 está en el servicio, por ejemplo, y sin limitación, para el mantenimiento y el servicio 114.

40 Aunque las realizaciones de esta divulgación se han descrito con respecto a ciertas realizaciones a modo de ejemplo, debería entenderse que las realizaciones específicas son con fines de ilustración y no de limitación, ya que otras variaciones se les ocurrirán a los expertos en la materia.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para reducir una onda frontal producida en una región de baja presión de compactación (49) de una primera pieza de material compuesto no curado (22) durante la consolidación en una bolsa de vacío (44) con una segunda pieza de material compuesto (21), donde la región de baja presión está a lo largo de un borde superior (45) de un radio (34) en la primera pieza, comprendiendo el método:
- colocar un dispositivo de revestimiento sobre las piezas primera (22) y segunda (21) que cubre la región de baja presión, donde colocar el revestimiento incluye colocar un primer revestimiento (50) sobre el radio y el borde de radio superior (45) en la primera pieza, y colocar un segundo revestimiento (52) en la segunda pieza que se superponga al primer revestimiento; y usar el dispositivo de revestimiento para aplicar unas cargas de presión atmosférica a la región de baja presión de la primera pieza.
2. El método de la reivindicación 1, donde aplicar la presión atmosférica incluye:
- colocar la bolsa de vacío sobre las piezas de material compuesto primera y segunda, colocar la pieza embolsada al vacío en un autoclave, hacer el vacío en la bolsa, y aplicar una presión a la bolsa usando el autoclave.
3. El método de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, donde usar el dispositivo de revestimiento para aplicar cargas de presión atmosférica incluye usar el segundo revestimiento (52) para aplicar una presión al primer revestimiento (50) en la región de baja presión.
4. Un dispositivo para reducir una onda frontal generada en una región de baja presión de compactación (49) de una primera pieza laminada de material compuesto (22) durante la consolidación con una segunda pieza de material compuesto (21), donde la región de baja presión está a lo largo de un borde superior (45) de un radio (34) en la primera pieza, comprendiendo el dispositivo:
- un revestimiento para aplicar una presión al radio de la pieza, donde el revestimiento incluye un primer revestimiento (50) adaptado para cubrir el radio (34) y el borde de radio superior (45) de la primera pieza, y un segundo revestimiento (52) adaptado para colocarse sobre la segunda pieza (21) y superponerse al primer revestimiento (50) y al borde de radio superior (45) para aplicar una presión al borde de radio superior (45) a través del segundo revestimiento (52).
5. El dispositivo de la reivindicación 4, donde el primer revestimiento (50) se ahúsa en espesor alrededor del radio.
6. El dispositivo de la reivindicación 4 o la reivindicación 5, donde la segunda pieza (21) tiene un ala inferior (26) y una capa de adhesivo (40) entre el ala inferior (26) y la primera pieza (22), y el primer revestimiento (50) tiene un espesor (T) en un extremo superior (56) que coincide con el espesor combinado del ala inferior (26) y la capa de adhesivo (40) y se ahúsa en espesor desde el extremo superior (56) hasta un extremo inferior (58).



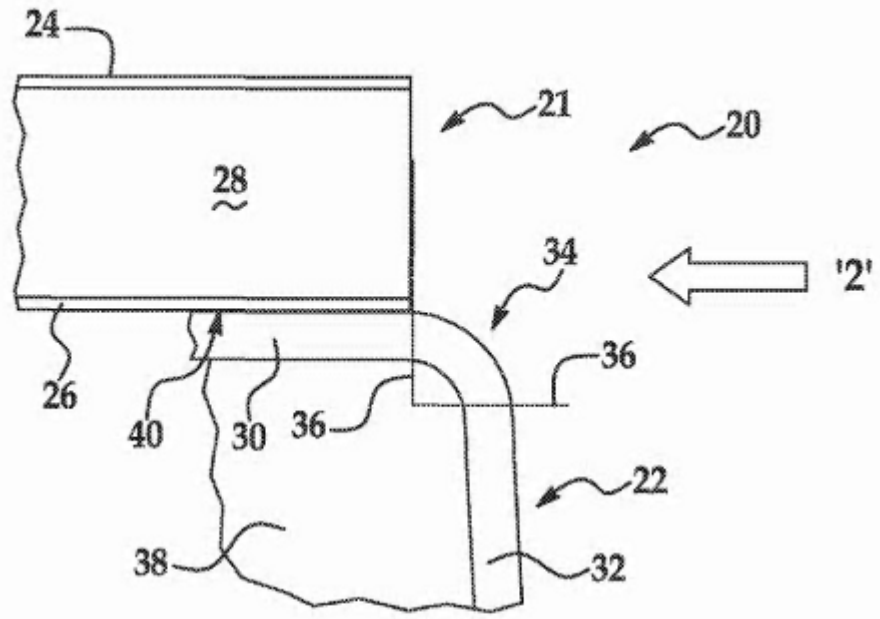


FIG. 1

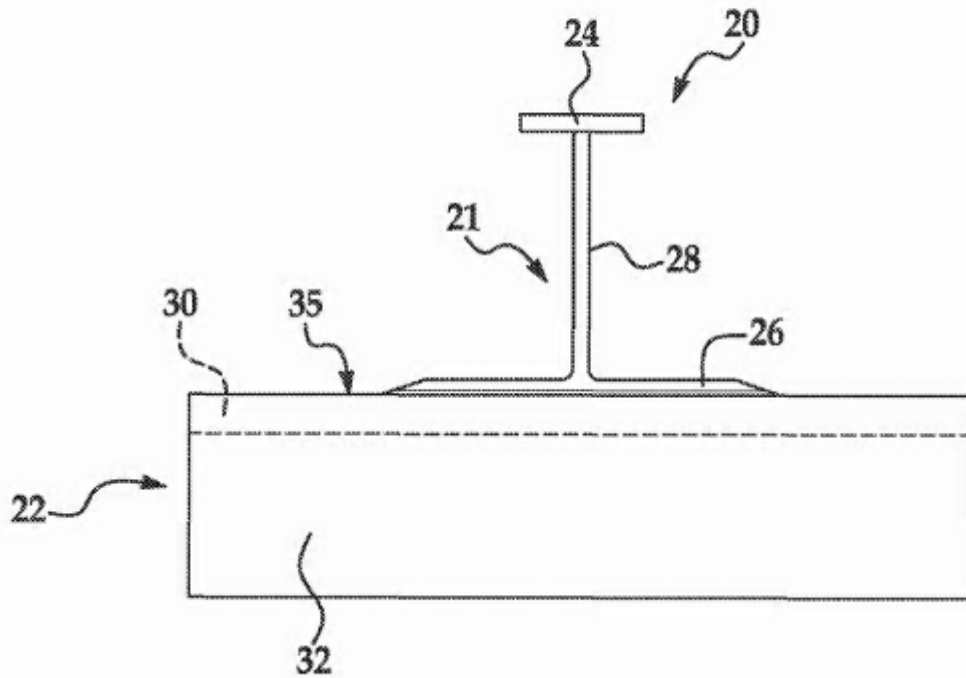


FIG. 2

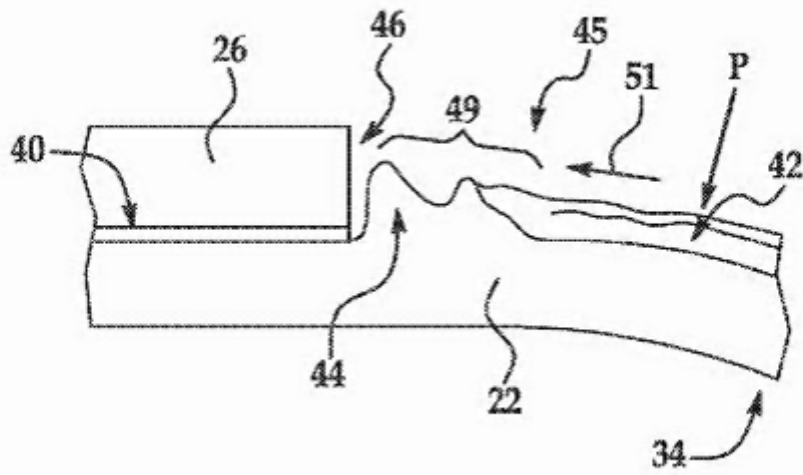


FIG. 3

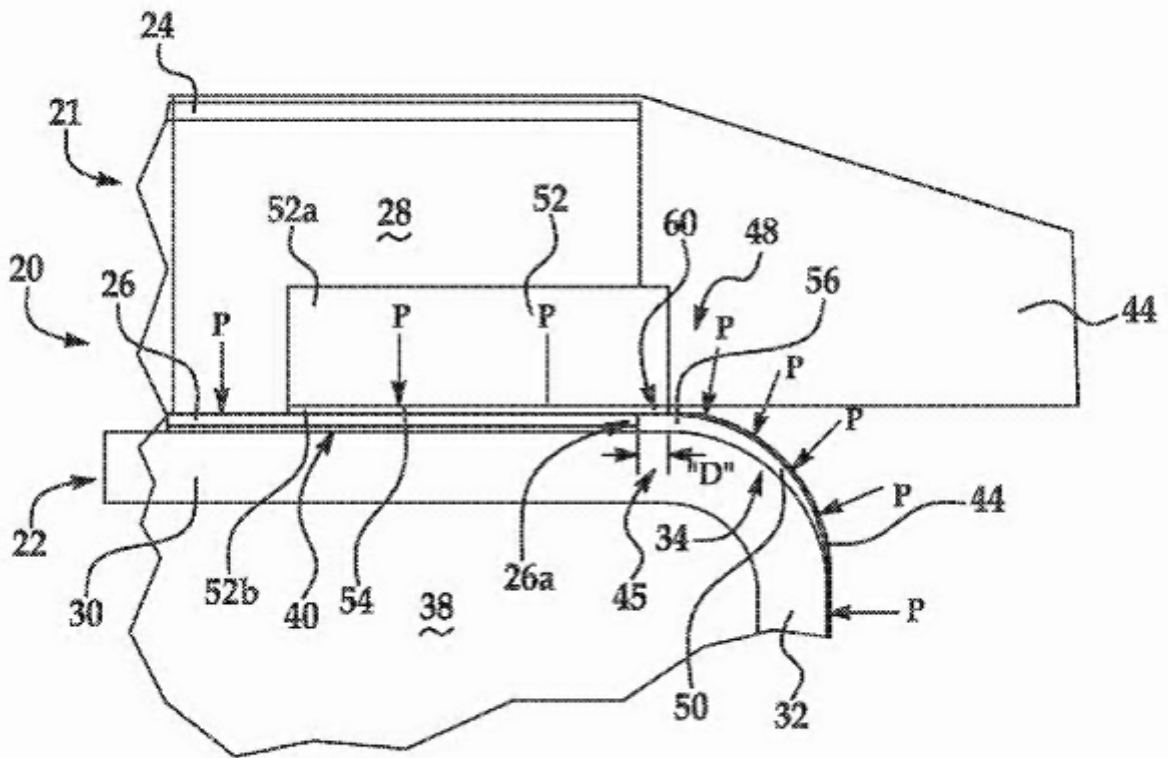


FIG. 4

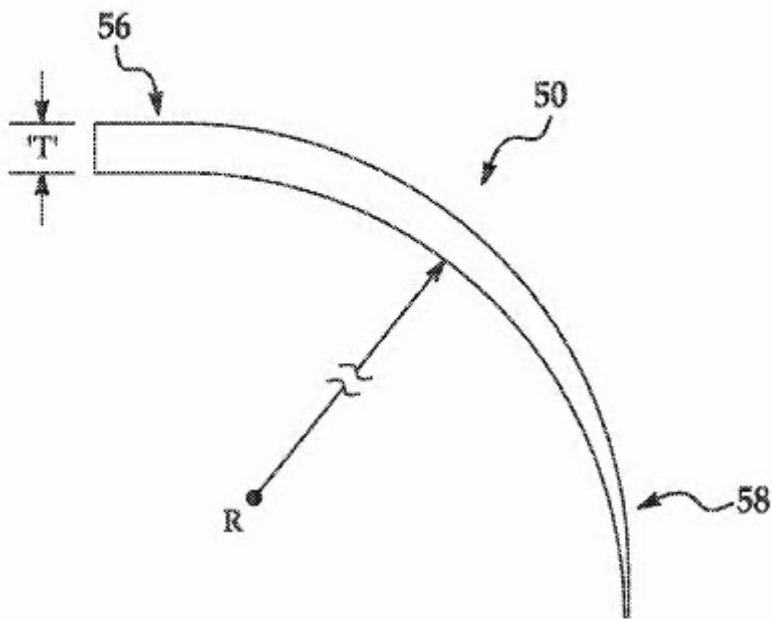


FIG. 5

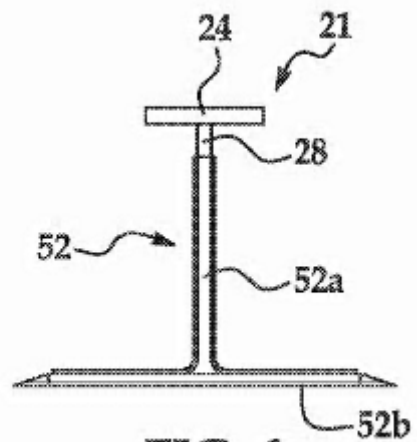


FIG. 6

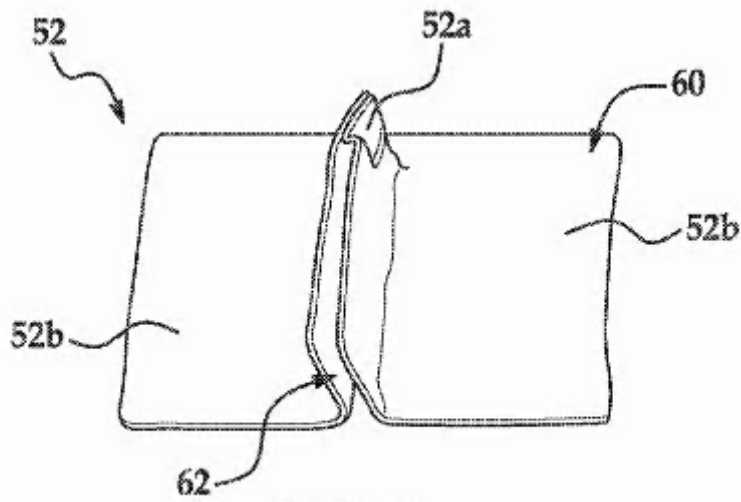


FIG. 7

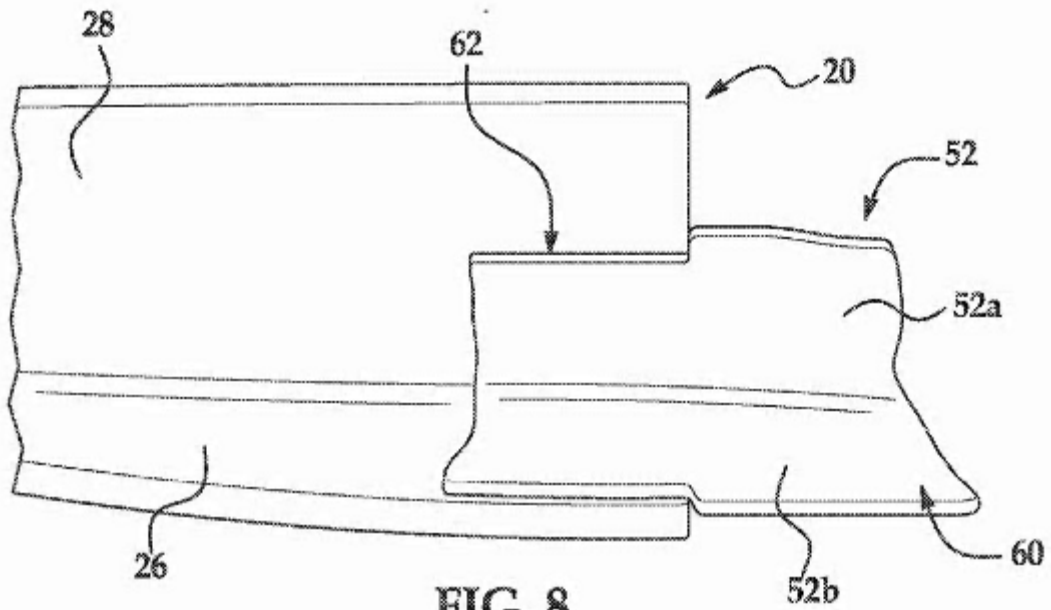


FIG. 8

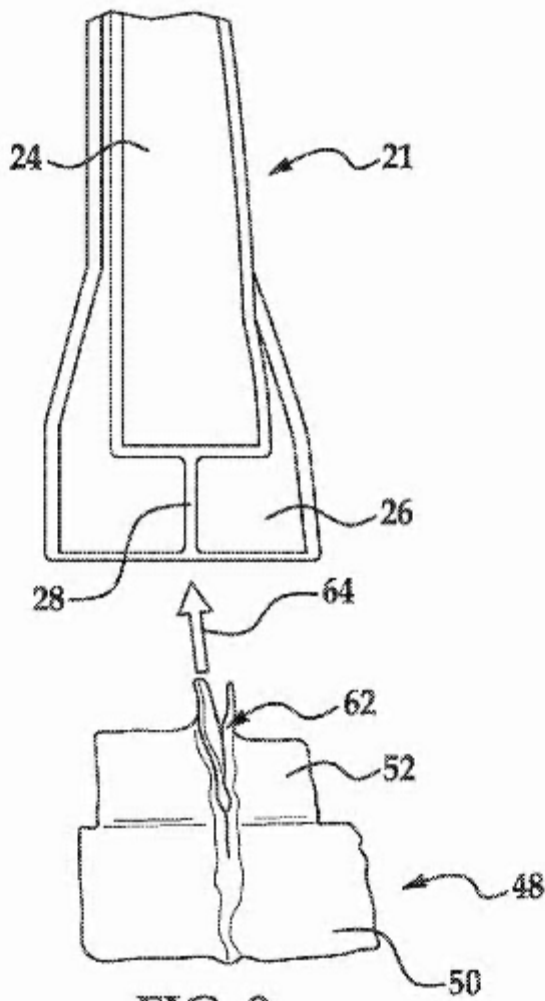


FIG. 9

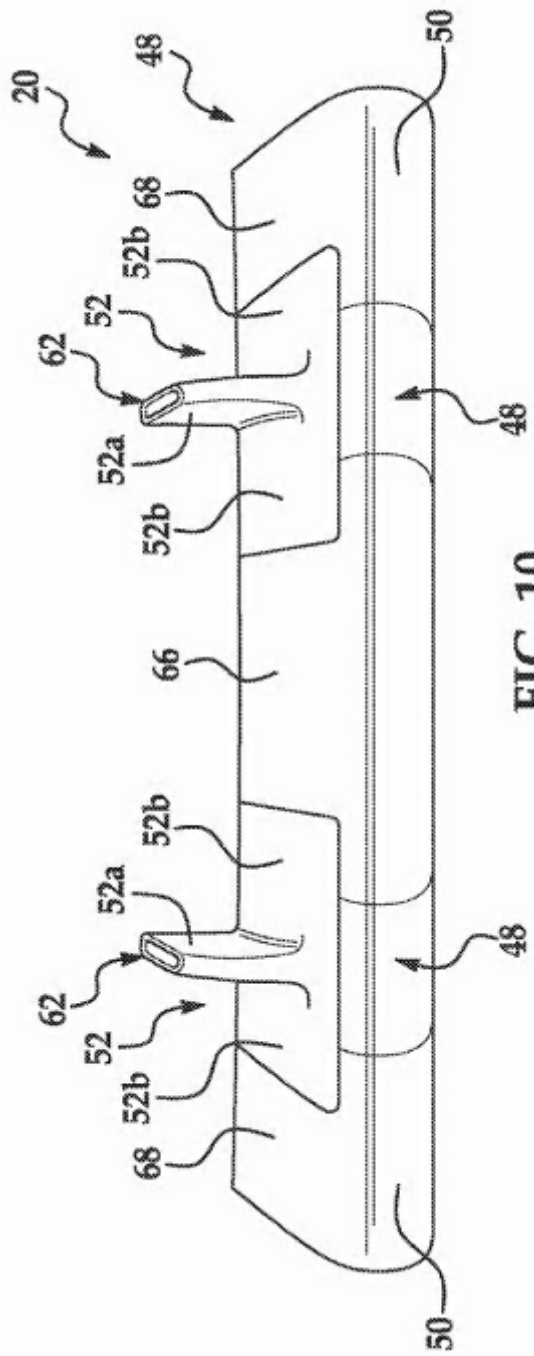


FIG. 10

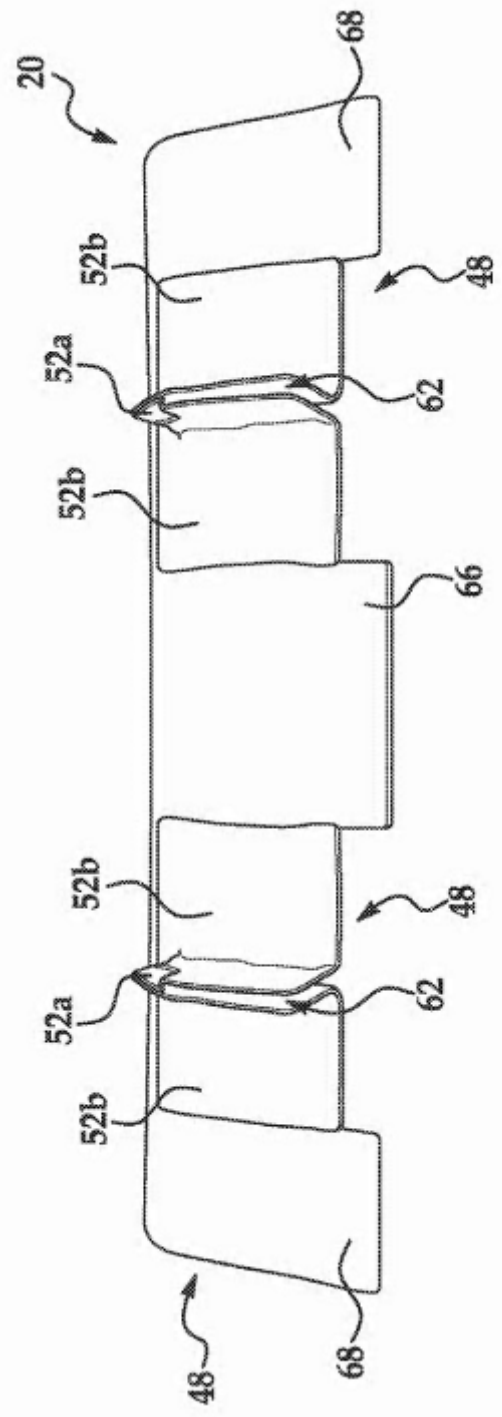


FIG. 11

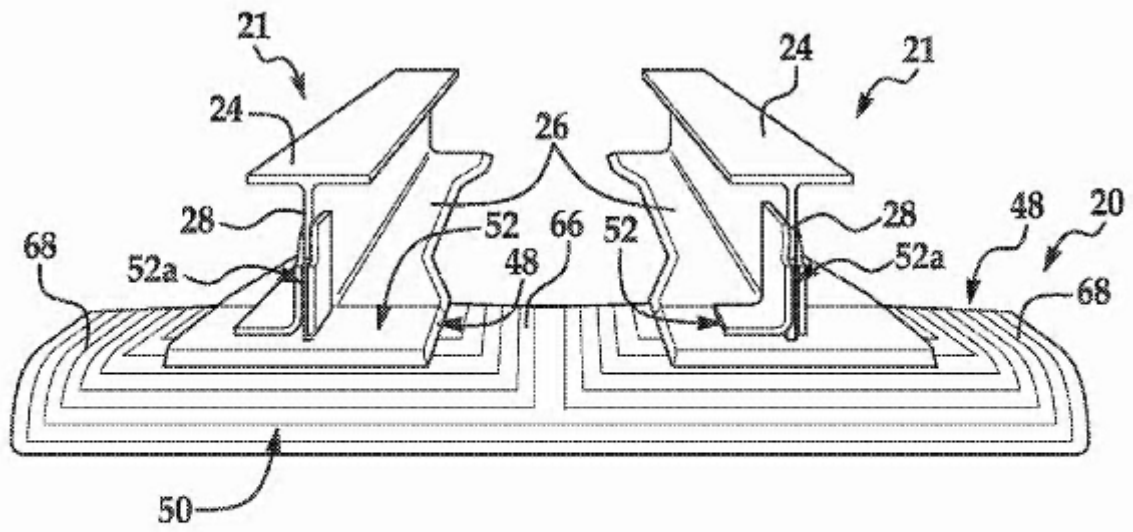


FIG. 12

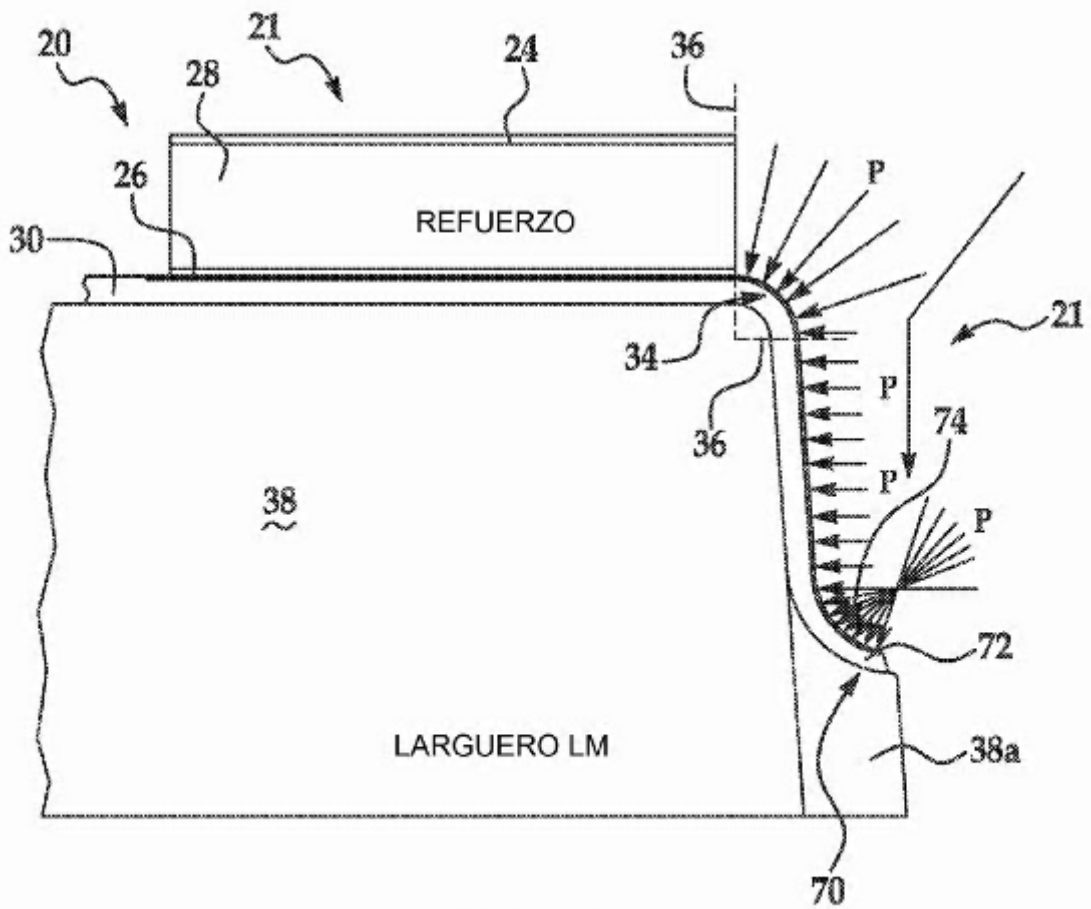


FIG. 13

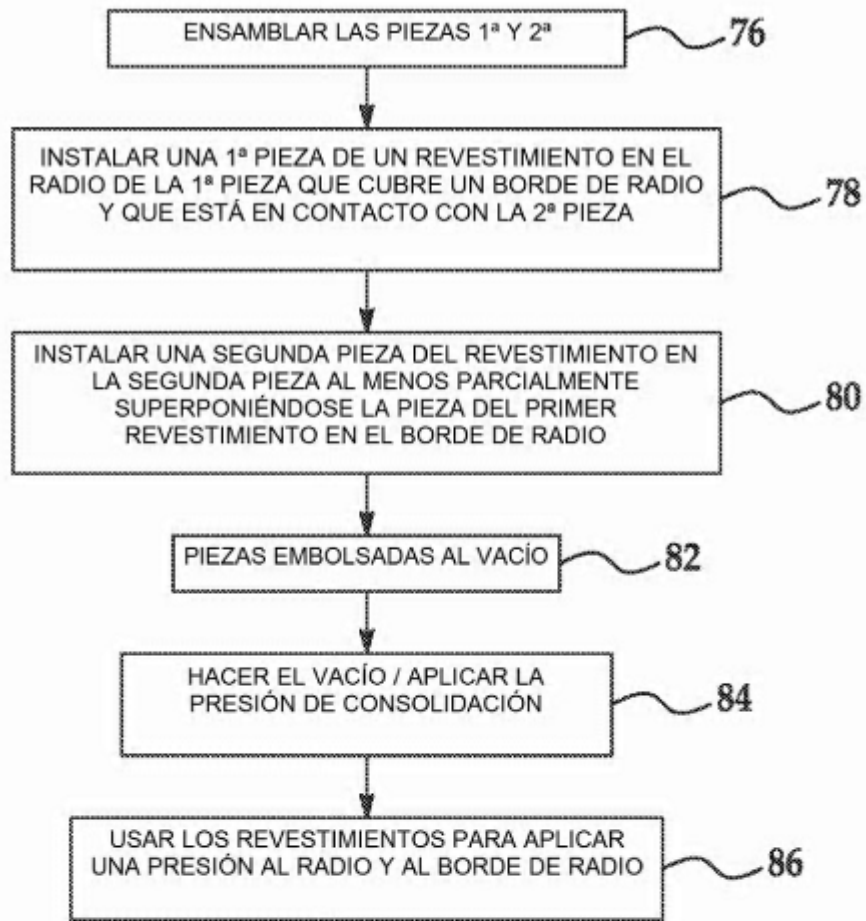


FIG. 14

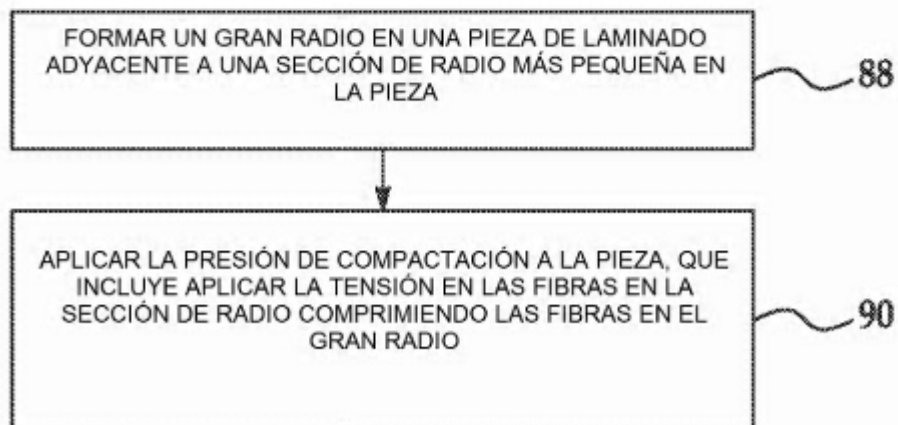


FIG. 15

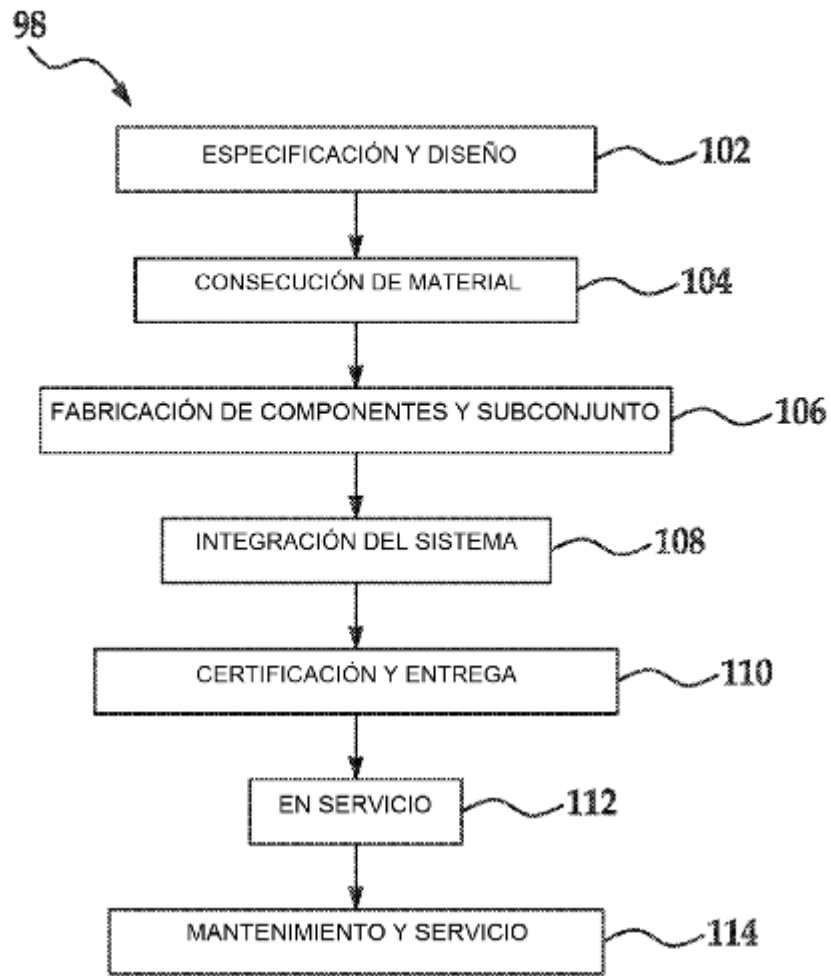


FIG. 16

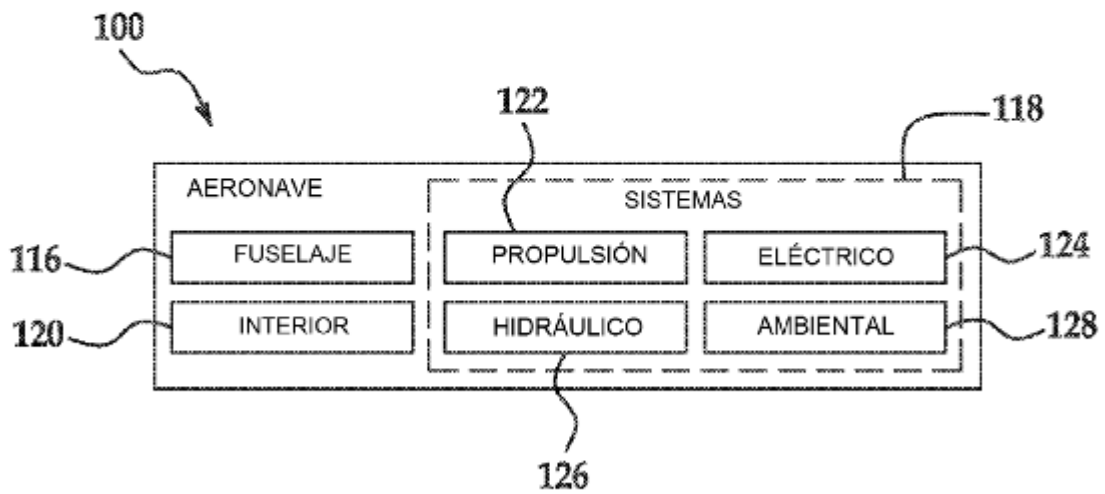


FIG. 17