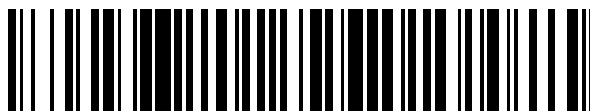


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 530 169**

51 Int. Cl.:

B29C 70/34 (2006.01)

B29C 70/44 (2006.01)

B29C 70/54 (2006.01)

B29C 65/70 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2012 E 12161459 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.12.2014 EP 2508326**

54 Título: **Método y aparato para hacer refuerzos compuestos contornados**

30 Prioridad:

05.04.2011 US 201113079945

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

26.02.2015

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-2016, US**

72 Inventor/es:

MODIN, ANDREW E.

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 530 169 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 aparato para hacer refuerzos compuestos contornados

5 **CAMPO TÉCNICO**

Esta descripción está relacionada generalmente con la fabricación de piezas compuestas, y trata más particularmente de un método y un aparato para hacer refuerzos compuestos contornados.

10 **ANTECEDENTES**

En diversas aplicaciones pueden utilizarse miembros estructurales compuestos, tales como los refuerzos, para aumentar la fortaleza y/o la rigidez de los conjuntos. Por ejemplo, en la industria aeronaval, pueden utilizarse refuerzos estructurales, tales como travesaños, para reforzar un fuselaje. Los travesaños pueden contornarse a lo largo de su longitud para adaptarse a las curvaturas del fuselaje. En algunas zonas del fuselaje, los travesaños pueden tener unos contornos compuestos a lo largo de sus longitudes.

15 Los travesaños compuestos que tienen contornos combinados del tipo descrito arriba pueden fabricarse acumulando múltiples pliegos de fibras preimpregnadas compuestas sobre una herramienta que tiene unos contornos combinados que coinciden substancialmente con los de la pieza terminada. A la preparación puede dársele una forma y puede curarse utilizando un procesamiento en bolsa de vacío y autoclave. En el documento US 2009/0261199 A1, por ejemplo, se describe, un método para producir estructuras compuestas contornadas utilizando estopa o tiras de cinta de fibras preimpregnadas. En algunas aplicaciones, las técnicas de fabricación que utilizan fibras preimpregnadas pueden tener desventajas. Por ejemplo, con el fin de lograr los contornos deseados de travesaño, puede ser necesario cortar, punzar y/o empalmar uno o más pliegos de fibras preimpregnadas, lo que puede añadir peso al fuselaje y/o ser costoso.

20 Para fabricar travesaños contornados, pueden utilizarse otras técnicas, tales como infusión de resina en preformas de fibra seca. Sin embargo, la infusión de resina puede requerir el uso de moldes cerrados que necesitan una preparación y limpieza posterior después de que la pieza se haya moldeado hasta tener forma. Tal método para fabricar piezas compuestas, se describe, por ejemplo, en el documento US 2006/0017200 A1. Además, la alineación de la preforma con medios de distribución de resina y películas divisoras permeables puede ser difícil sin el uso de cosido y/o agentes de pegajosidad. Además, al utilizar las técnicas conocidas de infusión de resina puede ser difícil controlar los ángulos de las fibras en las preformas de fibras. Las variaciones en los ángulos de fibra pueden tener como resultado unas características no deseadas de prestaciones en la pieza terminada.

25 La patente europea EP 2 203 288 B1 describe un método para fabricar un elemento estructural curvo que se forma uniendo juntos varios componentes. Cada uno de los componentes se produce de una preforma seca, que está constituida por una capa de fibras de refuerzo. Las fibras se disponen con orientaciones diferentes, en donde las orientaciones se estabilizan por medio de una técnica de trenzado que lleva de ese modo a una capa plana de refuerzo. Después, la capa seca y plana de refuerzo se combina con una película de resina. Al aplicar una temperatura controlada, se induce la capa de refuerzo con la resina. En una etapa siguiente, la capa de material reinfundido y diversas capas de fibras preimpregnadas se superponen entre sí para obtener una estructura estratificada. Después del ensamblaje de la estructura estratificada, la estructura se somete a un proceso de conformación denominado de cortina caliente.

30 Por consiguiente, existe la necesidad de un método y un aparato para fabricar miembros estructurales compuestos que tengan contornos combinados que reduzcan el manejo de herramientas y que faciliten la alineación de cargas compuestas para que coincidan mejor con los contornos de herramientas. También existe la necesidad de un método y un aparato como se ha descrito arriba que puedan eliminar substancialmente la necesidad de limpiar las herramientas después de moldear las piezas, y que puedan adaptarse para el procesamiento de infusión de resina utilizando moldes abiertos.

35 **COMPENDIO**

Las realizaciones descritas proporcionan un método y un aparato para fabricar miembros estructurales compuestos, tales como travesaños, que tienen contornos combinados. El uso de trenzado de preforma contornada con herramientas de bolsas abiertas proporciona una presión uniforme de curado para curar la infusión de resina para producir travesaños curados con fibras continuas. En una realización, se utilizan bolsas dobles de vacío para proporcionar presión a través de los rebordes de un travesaño, y les permite ser sostenidos en estrecho contacto con la superficie de molde al tiempo que se reduce la posibilidad de fugas desde la bolsa. El moldeo con red cercana de travesaños puede lograrse sin la necesidad para coser, agentes de pegajosidad ni manejo de herramienta. El uso de una herramienta de alineación para prelinear componentes de una carga de fibras de preforma reduce la necesidad para manipular la preforma, lo que puede tener como resultado un mejor control del ángulo de fibras y/o del grosor de la pieza terminada. El uso de preformas de fibra que están trenzadas, incluidas trenzas biaxiales y triaxiales, puede permitir a la preforma conformarse y adaptarse mejor a radios y contornos tridimensionales diferentes y cambiantes durante la preparación.

El aparato incluye una herramienta de ensamblaje de carga de preforma y una herramienta conformadora de preforma. Una preforma trenzada contornada se ensambla en la herramienta de ensamblaje con unos medios de distribución de resina y películas divisoras permeables. La herramienta de ensamblaje establece el contorno deseado con radios cambiantes para la pieza deseada. La carga ensamblada y prealineada de preforma se transfiere desde la herramienta de ensamblaje a una bolsa envolvente de vacío contenida en una herramienta conformadora en la que un mandril accionado por vejiga sujeta un alma o parte de hoja de la preforma, tras lo cual uno o más rebordes de la preforma se pliegan para formar unos rebordes de travesaño. Se añade un relleno de radio y unos pliegos de tapa, según se desee, la bolsa envolvente de vacío se sella y se instala una segunda bolsa de vacío. Entonces la carga se infunde con resina. Tras la infusión y curado de la resina, la pieza se retira del molde abierto y se recorta con la sección transversal y longitudes deseadas.

Según una realización descrita, se proporciona un método para hacer una pieza compuesta contornada. El método comprende ensamblar una carga, que incluye alinear una pluralidad de pliegos a lo largo de un contorno preseleccionado y transferir la carga alineada a una herramienta conformadora. El método comprende además formar la carga en la herramienta conformadora y curar la carga formada. El ensamblaje de la carga puede incluir colocar por lo menos una preforma de fibras en una herramienta de ensamblaje, y alinear los pliegos puede incluir utilizar la herramienta de ensamblaje para alinear la preforma de fibras a lo largo del contorno preseleccionado. Después de ensamblarse en la herramienta de ensamblaje, se sujeta una parte de la carga tras lo cual una parte sin sujetar de la carga se inserta en la herramienta conformadora. El método comprende además infundir con resina la preforma de fibras después de que la carga alineada haya sido transferida a la herramienta conformadora. El método también comprende colocar una primera bolsa de vacío sobre la herramienta conformadora antes de que la carga alineada sea transferida a la herramienta conformadora, colocar una segunda bolsa de vacío sobre por lo menos una parte de la preforma de fibras contenida dentro de la primera bolsa de vacío, aplicar un primer y un segundo vacío respectivamente a la primera y la segunda bolsa de vacío, e infundir con resina, introducida en la primera bolsa de vacío, la preforma de fibras. El método puede comprender además mantener la alineación de los pliegos en la carga mediante la sujeción de los pliegos juntos mientras están en la herramienta de ensamblaje y mantenerlos sujetos hasta que hayan sido sujetados en la herramienta conformadora.

Según otra realización descrita, se proporciona un método para hacer un miembro estructural compuesto que tiene un alma y por lo menos un reborde. El método comprende ensamblar una carga de multipliego que tiene por lo menos un refuerzo de fibras y sujetar una primera parte de alma de la carga en una herramienta. El método comprende además formar una segunda parte de reborde de la carga mientras la primera parte de alma se sujeta en la herramienta, y curar la carga formada. El ensamblaje de la carga puede incluir alinear pliegos juntos a lo largo de un contorno preseleccionado, y sujetar los pliegos alineados juntos.

Según una realización adicional, se proporciona un aparato para hacer un miembro estructural compuesto que tiene por lo menos un contorno. El aparato comprende una herramienta de ensamblaje para ensamblar una pluralidad de pliegos que forman una carga, y una herramienta conformadora para formar el miembro estructural. La herramienta de ensamblaje incluye una guía de alineación contornada para alinear los pliegos a lo largo de un contorno y un mecanismo de sujeción para sujetar los pliegos prealineados juntos. La herramienta conformadora incluye un par de mandriles relativamente movibles entre los que puede sujetarse la carga ensamblada. La herramienta conformadora incluye una base, en donde los mandriles son relativamente movibles sobre la base acercándose y alejándose para sujetar entremedio la carga. Los mandriles incluyen unas superficies de herramienta sobre las que puede formarse por lo menos una parte de la carga sujeta. La herramienta conformadora puede incluir además una vejiga inflable para aplicar presión de sujeción a uno de los mandriles. El aparato también comprende la primera bolsa de vacío que cubre la herramienta conformadora, y una segunda bolsa de vacío adaptada para cubrir la carga formada, cuya alma se sujeta en la herramienta conformadora. Cada uno de los mandriles incluye una superficie contornada de sujeción para formar un contorno en la carga. El aparato comprende además un primer y un segundo sello para sellar la primera y la segunda bolsa de vacío en la herramienta conformadora.

Según todavía otra realización, se proporciona un aparato para hacer un miembro compuesto que tiene un alma con un contorno combinado y por lo menos un reborde. El aparato comprende una herramienta de ensamblaje para ensamblar prealineando una carga a lo largo de un primer contorno, y una herramienta conformadora. La herramienta conformadora incluye una base y un par de mandriles contornados sobre la base entre los que puede sujetarse una parte de alma de la carga y formarse a lo largo del segundo contorno. Por lo menos uno de los mandriles incluye una superficie de herramienta sobre la que puede formarse una parte de reborde de la carga sujeta.

Las realizaciones preferidas son de la siguiente manera:

Un método para hacer una pieza compuesta contornada, que comprende:

ensamblar una carga, que incluye alinear una pluralidad de pliegos a lo largo de un contorno preseleccionado;

colocar una primera bolsa de vacío sobre la herramienta conformadora antes de que la carga alineada ensamblada sea transferida a la herramienta conformadora y sellar la primera bolsa de vacío en la herramienta conformadora;
transferir la carga alineada ensamblada a una herramienta conformadora;
5 conformar la carga en la herramienta conformadora;
colocar una segunda bolsa de vacío sobre la preforma de fibra y sellar la segunda bolsa de vacío en la herramienta conformadora;
aplicar un primer y un segundo vacío respectivamente a la primera y a la segunda bolsa de vacío;
10 infundir la preforma de fibra con resina introducida en la primera bolsa de vacío; y
curar la carga formada.

El método en donde:
ensamblar la carga incluye colocar por lo menos una preforma de fibra en una herramienta de ensamblaje, y
15 alinear los pliegos incluye utilizar la herramienta de ensamblaje para alinear la preforma de fibra a lo largo del contorno preseleccionado.

El método comprende además:
infundir con resina la preforma de fibra después de que la carga alineada ensamblada haya sido transferida a
20 la herramienta conformadora.

El método comprende además:
mantener la alineación de los pliegos en la carga sujetando los pliegos juntos después de que la carga se
haya ensamblado.

El método comprende además:
sujetar una primera parte de la carga alineada ensamblada en la herramienta conformadora, y
25 en donde la formación de la carga incluye formar una segunda parte de la carga en la herramienta conformadora mientras se sujeta la primera parte.

30 Una pieza compuesta contornada hecha con el método.

Un método para hacer un miembro estructural compuesto que tiene un alma y por lo menos un reborde, que comprende:

35 ensamblar una carga multipliego que tiene por lo menos un refuerzo de fibra;
colocar una primera bolsa de vacío sobre la herramienta;
sujetar una primera parte de alma de la carga en una herramienta;
formar una segunda parte de reborde de la carga mientras la primera parte de alma se sujeta en la
herramienta;
40 colocar una segunda bolsa de vacío sobre la carga formada;
crear un vacío en la segunda bolsa;
infundir con resina la carga introduciendo resina en la primera bolsa de vacío; y
curar la carga formada.

45 El método en donde el ensamblaje de la carga incluye:
alinear los pliegos relativamente entre sí a lo largo de un contorno preseleccionado, y
sujetar juntos los pliegos alineados.

El método en donde el ensamblaje de la carga incluye prelinear los pliegos relativamente entre sí, y el método
50 comprende además:
transferir la carga que contiene los pliegos prealineados desde una herramienta de ensamblaje a una
herramienta conformadora;
sujetar una parte de la carga en la herramienta conformadora; y
utilizar la herramienta conformadora para formar la carga.

55 El método en donde la sujeción de una parte de la carga en la herramienta conformadora incluye:
colocar la parte de la carga entre un par de mandriles, y
desplazar uno de los mandriles hacia el otro mandril inflando una vejiga.

60 El método en donde el ensamblaje de la carga incluye:
apilar pliegos sobre una superficie, que incluye colocar por lo menos una preforma de fibras trenzadas en la
superficie y alinear la preforma de fibras a lo largo contra una cerca moldeada.

Un miembro estructural compuesto hecho con el método.

65

Un aparato para hacer un miembro estructural compuesto que tiene por lo menos un contorno, que comprende:
 una herramienta de ensamblaje para ensamblar una pluralidad de pliegos que forman una carga; y
 una herramienta conformadora para formar la carga, la herramienta conformadora incluye un par de
 5 mandriles relativamente movibles entre los que puede sujetarse la carga ensamblada,
 una primera bolsa de vacío adaptada para cubrir la herramienta conformadora;
 una segunda bolsa de vacío adaptada para cubrir la carga formada sujeta en la herramienta conformadora y
 sostener por lo menos una parte de la carga contra la herramienta;
 un primer y un segundo sello para sellar la primera y la segunda bolsa de vacío en la herramienta
 conformadora; y
 10 una línea de suministro de resina para introducir resina en la primera bolsa e infundir la carga.

El aparato en donde la herramienta de ensamblaje incluye:
 una guía contornada de alineación para alinear los pliegos a lo largo de un contorno, y
 un mecanismo de sujeción para sujetar juntos los pliegos alineados.

El aparato en donde la herramienta conformadora incluye una base substancialmente hermética al vacío que tiene
 unos agujeros pasantes adaptados para recibir líneas de vacío, de aire comprimido y de resina,
 los mandriles son relativamente movibles sobre la base acercándose y alejándose entre sí, y
 los mandriles incluyen unas superficies de herramienta sobre las que puede formarse por lo menos una parte de la
 20 carga sujeta.

El aparato en donde la herramienta conformadora incluye una vejiga inflable para aplicar presión de sujeción a uno
 de los mandriles.

El aparato, en donde cada uno de los mandriles incluye una superficie contornada de sujeción para formar un
 contorno en la carga.

Un aparato para hacer un miembro compuesto que tiene un alma con un contorno combinado y por lo menos un
 reborde, que comprende:
 30 una herramienta de ensamblaje para prelinear una carga a lo largo de un primer contorno; y
 una herramienta conformadora que incluye una base y un par de mandriles contornados sobre la base entre
 los que puede sujetarse una parte de alma de la carga y formarse a lo largo de un segundo contorno,
 una primera bolsa de vacío adaptada para cubrir la herramienta conformadora;
 una segunda bolsa de vacío adaptada para cubrir la carga formada sujeta en la herramienta conformadora y
 35 sostener por lo menos una parte de la carga contra la herramienta;
 un primer y un segundo sello para sellar la primera y la segunda bolsa de vacío en la herramienta
 conformadora; y
 una línea de suministro de resina para introducir resina en la primera bolsa e infundir la carga.

El aparato en donde por lo menos uno de los mandriles incluye una superficie de herramienta sobre la que puede
 formarse una parte de reborde de la carga sujeta.

El aparato en donde la herramienta de ensamblaje incluye:
 una superficie sobre la que puede ensamblarse una carga multipliego,
 45 una guía de alineación que tiene un contorno ajustable contra el que pueden alinearse y contornarse los
 pliegos de la carga,
 un espaciador adaptado para ser colocado en la carga y que tiene una anchura substancialmente igual a la
 altura del alma,
 por lo menos una abrazadera para sujetar juntos los pliegos alineados y contornados con el espaciador, y
 50 unos surcos para permitir sujetar el acceso a ambos lados de la carga.

Un método para hacer un travesaño de hoja compuesta de contorno combinado para una aeronave, que comprende:
 colocar unos medios de distribución de resina en una herramienta de ensamblaje;
 55 colocar una preforma plana de fibras trenzadas sobre la herramienta de ensamblaje cubriendo los medios de
 distribución de resina para formar una carga de preforma;
 alinear los medios de distribución de resina y la carga de preforma relativamente entre sí y a lo largo de una
 guía de alineación que tiene un primer contorno;
 colocar un espaciador de altura de hoja sobre la carga de preforma;
 60 sujetar una parte de reborde de la carga para mantener la alineación de la carga, incluido utilizar el
 espaciador de altura de hoja para controlar la colocación de las abrazaderas en la carga;
 instalar una bolsa interior de vacío sobre una herramienta conformadora;
 transferir la carga sujeta a la herramienta conformadora;
 sujetar una parte de alma de la carga en la herramienta conformadora, incluido inflar una vejiga y utilizar el
 inflado de la vejiga para mover un par de mandriles para un acoplamiento de sujeción con la carga;

retirar las abrazaderas de la parte de reborde de la carga mientras la parte de alma de la carga se sujeta entre los mandriles;
 formar un par de rebordes de travesaño mediante el plegado de la parte de reborde de la carga hacia abajo sobre los mandriles;
 5 plegar la bolsa interior atrás sobre la carga formada;
 colocar una bolsa exterior de la bolsa interior que cubre la carga;
 sellar la bolsa interior y la exterior;
 aplicar un primer y un segundo vacío respectivamente a la bolsa interior y la exterior;
 10 infundir con resina la preforma de fibras introduciendo resina en la bolsa interior;
 curar la preforma de fibras infundida con resina sobre la herramienta conformadora; y
 retirar el travesaño curado de la herramienta conformadora después del curado.

Un aparato para hacer un travesaño compuesto de contorno combinado para una aeronave que tiene un alma y un reborde, que comprende:

15 una herramienta de alineación y de ensamblaje, que incluye:

una superficie plana en la que puede colocarse una carga plana,
 20 una cerca de alineación que tiene un primer contorno correspondiente a uno de los contornos del travesaño y contra la que puede alinearse la carga,
 un espaciador de altura de alma para establecer la altura del alma de travesaño;

una pluralidad de abrazaderas para sujetar la carga y adaptadas para topa con el espaciador de altura de alma;

25 una herramienta conformadora y de curado, que incluye:

una base de herramienta que tiene un primer contorno que coincide en gran medida con el contorno de la cerca de alineación en la herramienta de ensamblaje, la base de herramienta incluye un conjunto de una placa de base y unos bloques curvados espaciados,
 30 un par de mandriles deslizantes relativamente sobre la base de herramienta acercándose y alejándose entre sí, los mandriles incluyen un primer conjunto de superficies opuestas que tienen un segundo contorno para sujetar entremedio una parte de alma de la carga, los mandriles incluyen además un segundo conjunto de superficies de herramienta sobre las que puede formarse una parte de reborde de la carga;
 35 una primera bolsa interior que cubre la carga formada;
 una segunda bolsa que cubre la carga y la primera bolsa;
 un primer y un segundo sello para sellar la primera y la segunda bolsa en la herramienta conformadora y de curado;
 40 una entrada de infusión de resina para permitir que la resina fluya adentro de la carga dentro de la primera bolsa; y
 por lo menos una salida de resina para permitir que la resina escape de la carga.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS ILUSTRACIONES

45 La FIGURA 1 es una ilustración de una vista en perspectiva de un travesaño compuesto que tiene unos contornos combinados.

La FIGURA 2 es un diagrama de bloques funcionales del aparato para fabricar el travesaño mostrado en la FIGURA 1.

La FIGURA 3 es una ilustración de una vista en planta de una herramienta de ensamblaje para ensamblar una carga compuesta que se utiliza para hacer el travesaño mostrado en la FIGURA 1.

50 La FIGURA 4 es una ilustración de una vista lateral de la herramienta de ensamblaje mostrada en la FIGURA 3.

La FIGURA 5 es una ilustración similar a la FIGURA 3 que muestra unos medios de distribución de resina colocados en la herramienta de ensamblaje.

55 La FIGURA 6 es una ilustración similar a la FIGURA 5 que muestra una película divisora permeable que se ha colocado sobre los medios de distribución de resina.

La FIGURA 7 es una ilustración similar a la FIGURA 6 que muestra una preforma de fibras trenzadas colocada sobre la película divisora permeable.

La FIGURA 8 es una vista similar a la FIGURA 7 pero que muestra otra película divisora permeable colocada sobre la preforma de fibras, y unos espaciadores de altura de hoja que han sido accionados.

60 La FIGURA 9 es una ilustración similar a la FIGURA 8 pero que muestra las abrazaderas de carga de preforma que han sido instaladas.

La FIGURA 10 es una ilustración similar a la FIGURA 8 pero que muestra el uso de un espaciador continuo de altura de hoja.

65 La FIGURA 11 es una ilustración similar a la FIGURA 10 pero que muestra una barra de transferencia magnética conectada a las abrazaderas.

La FIGURA 12 es una ilustración de una vista en sección tomada a lo largo de la línea 12-12 de la FIGURA 9. La FIGURA 13 es una ilustración de una vista en planta de un extremo de la herramienta conformadora antes de la instalación de la carga prealineada y de los componentes de infusión de resina.

La FIGURA 14 es una ilustración de una vista en sección tomada a lo largo de la línea 14-14 de la FIGURA 13.

La FIGURA 15 es una ilustración similar a la FIGURA 14 pero que muestra la colocación de una primera bolsa de vacío en la herramienta conformadora.

La FIGURA 16 es una ilustración similar a la FIGURA 15 pero que muestra la carga prealineada siendo colocada en la herramienta conformadora, por claridad las películas divisoras no se muestran.

La FIGURA 17 es una ilustración similar a la FIGURA 16 pero que muestra la vejiga inflada para sujetar la parte de alma de la carga.

La FIGURA 18 es una ilustración similar a la FIGURA 17 pero que muestra las abrazaderas de carga que han sido retiradas y una envoltura en espiral de entrada de resina que se ha instalado en la herramienta.

La FIGURA 19 es una ilustración similar a la FIGURA 18 pero que muestra la parte de reborde de la preforma que se ha formado bajando sobre los mandriles.

La FIGURA 20 es una ilustración similar a la FIGURA 19 pero que muestra un relleno de holgura de radio que se ha colocado en la carga.

La FIGURA 21 es una ilustración similar a la FIGURA 20, pero que muestra unos componentes adicionales incluida una carga de tapa que se ha instalado.

La FIGURA 22 es una ilustración similar a la FIGURA 21 pero que muestra una bolsa exterior que se ha instalado, sellado y evacuado.

La FIGURA 23 es una ilustración de un diagrama de flujo de un método para hacer un miembro compuesto de contorno combinado.

La FIGURA 24 es una ilustración de un diagrama de flujo que muestra unas etapas adicionales del método ilustrado en la FIGURA 21.

La FIGURA 25 es una ilustración de un diagrama de flujo de otro método para hacer un miembro estructural compuesto que tiene unos contornos combinados.

La FIGURA 26 es una ilustración de un diagrama de flujo de la metodología de producción y mantenimiento de aeronaves.

La FIGURA 27 es una ilustración de un diagrama de bloques de una aeronave.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Haciendo referencia primero a la FIGURA 1, las realizaciones descritas están relacionadas ampliamente con un método y un aparato para hacer una pieza compuesta curvada, tal como, por ejemplo y sin limitación, un travesaño compuesto de contorno combinado 30. En la realización ilustrada, el travesaño 30 se contorna según los radios R_1 , R_2 , que respectivamente se orientan en unos planos ortogonales P_1 , P_2 . Sin embargo, son posibles otras geometrías de contorno, y el travesaño 30 puede contornarse o contornarse parcialmente sólo a lo largo de una parte de su longitud. En otras realizaciones, el travesaño 30 puede tener sólo un único contorno a lo largo de su longitud. En la realización ilustrada mostrada en la FIGURA 1, R_1 y R_2 forman unos arcos planos que son substancialmente constantes, sin embargo R_1 y/o R_2 pueden variar axial y/o lateralmente de tal manera que el travesaño 30 incluya una o más torsiones a lo largo de su longitud. El travesaño 30, denominado a veces como un "travesaño de hoja", incluye una parte 32 de alma y una parte 34 de reborde que pueden unirse por cualquier medio adecuado a una piel contornada 36. La parte 32 de alma, a veces también denominada como "hoja", tiene una altura "H". Si bien en el ejemplo de realización se ilustra un travesaño de hoja 30, el método y el aparato descritos pueden emplearse para fabricar otros diversos miembros estructurales que tienen uno o más contornos a lo largo de su longitud. También, el método y el aparato descritos pueden emplearse para fabricar miembros estructurales alargados que tienen cualquiera de diversas formas en sección transversal, incluyendo sin limitación, formas de "C", "J", e "I", por nombre sólo unos pocos.

La FIGURA 2 ilustra los componentes primarios del aparato para fabricar una pieza compuesta, Tal como el travesaño 30 mostrado en la FIGURA 1. El aparato comprende en líneas generales una herramienta de alineación y de ensamblaje 38 (denominada más adelante como herramienta de ensamblaje 38, por simplicidad de la descripción), y una herramienta conformadora y de curado 72 (denominada más adelante como herramienta conformadora 72, también por simplicidad de la descripción). La herramienta de ensamblaje 38 incluye una mesa 40 para soportar una carga 62, y una cerca curvada 48 sobre la mesa 40 que se utiliza para alinear unos componentes 54, 56, 58, 60 (véase la FIGURA 12) de la carga 62. Una vez alineados, los componentes 54, 56, 58, 60 (FIGURA 12) de la carga 62 se sostienen entre unas mordazas 67 de una pluralidad de abrazaderas 68. Las posiciones de las abrazaderas 68 en la carga 62 determinan la altura "H" de hoja del travesaño 30 mostrado en la FIGURA 1 y son la cantidad de extensión de émbolos 52 que se acopla a por lo menos una de las mordazas 67 de las abrazaderas 68.

Después de que las abrazaderas 68 hayan sujetado la carga 62, puede utilizarse un transportador adecuado 65, tal como un robot (no se muestra) para transportar la carga sujeta 62 a la herramienta conformadora 72. La herramienta conformadora 72 comprende ampliamente un par de mandriles 80a, 80b deslizantes sobre una base 74 de herramienta. La carga 62 se sostiene entre los mandriles 80a, 80b durante el proceso de formación, descrito con más detalle más adelante, mientras la carga se forma sobre el mandril 80a, 80b.

Las FIGURAS 3-12 ilustran detalles adicionales de la herramienta de ensamblaje 38 así como etapas secuenciales para alinear y ensamblar los componentes 54, 56, 58, 60 (FIGURA 12) y la carga 62. Haciendo referencia particularmente a las FIGURAS 3 y 4, la herramienta de ensamblaje 38 comprende una mesa de vacío 40 que tiene una superficie substancialmente plana 44 de soporte de carga, que incluye una pluralidad de ranuras 42 generalmente paralelas que se extienden transversalmente. Sobre la mesa 40 se monta una pluralidad de cilindros de doble efecto 50 e incluyen respectivamente unos émbolos alargados axialmente extensibles 52 dispuestos encima de la superficie 44 de mesa de vacío que actúan como espaciadores de profundidad de hoja. En otras realizaciones (no se muestran), los émbolos 52 pueden proporcionarse por arriba y por debajo de la superficie 44 de mesa. Los cilindros 50 pueden ser accionados por aire/gas, hidráulica o eléctricamente. Una cerca de alineación 48 que tiene un contorno o radio cambiante deseados R_1 que corresponde substancialmente al radio R_1 mostrado en la FIGURA 1, se asegura a la superficie 44 de mesa mediante unos sujetadores 55. En otras realizaciones, el contorno R_1 de la cerca 48 puede ser cambiante mediante el uso de dispositivos de control numérico, pasadores, etc.

Como se tratará más adelante con detalle, la herramienta de ensamblaje 38 funciona para prealinear los componentes 54, 56, 58, 60 (FIGURAS 12) de una carga 62 (FIGURA 2), a veces también se le hace referencia en esta memoria como un conjunto de preforma de fibras, de tal manera que los componentes 54, 56, 58, 60, de la carga 62 se alinean relativamente entre sí, y también se alinean a lo largo del contorno R_1 de la cerca de alineación 48. Tal como se emplea en esta memoria, el término "carga" está pensado para incluir piezas o preformas de fibras que pueden estar secas o parcialmente infundidas, y fibras preimpregnadas. En las realizaciones ilustradas tratadas más adelante, la carga 62 comprende una preforma 58 de fibras secas (FIGURA 7), sin embargo, los principios del método y el aparato descritos pueden emplearse para fabricar estructuras compuestas utilizando fibras preimpregnadas.

Haciendo referencia a la FIGURA 5, durante el uso, se apila una carga 62 (FIGURA 2) colocando primero unos medios 54 de distribución de resina sobre la superficie 44 de mesa, alineada a lo largo de la cerca contornada 48. Luego, como se muestra en la FIGURA 6, sobre los medios de distribución 54 se coloca un pliego de una película divisora permeable 56, también alineado a lo largo del contorno de la cerca 48.

Haciendo referencia a la FIGURA 7, a continuación, una preforma 58 de fibras, que puede comprender una o más preformas, tubulares o trenzadas como un calcetín, 58a, 58b de fibras (véase la FIGURA 16), se coloca sobre la película divisora permeable 56 mostrada en la FIGURA 6, también alineada a lo largo de la cerca contornada 48. Entonces, como se muestra en la FIGURA 8, un segundo pliego de una película divisora permeable 60 se coloca sobre la preforma 58 de fibras y se alinea a lo largo de la cerca 48, formando de ese modo un conjunto completo de preforma o carga 62 que comprende dos pliegos de película divisora permeable 56, 60, unos medios 54 de distribución de resina y la preforma 58 de fibras trenzadas (véase la FIGURA 12). El uso de una preforma 58 de fibras trenzadas puede permitir una fabricación automatizada de una preforma ingeniería que permite una curvatura combinada del travesaño 30 y facilita la preparación. La preforma 58 de fibras trenzadas puede comprender fibras onduladas o no onduladas, y puede comprender una trenza biaxial de tres o más fibras o una trenza triaxial con el fin de proporcionar al travesaño 30 (FIGURA 1) una fortaleza adicional. También, pueden ser posibles preformas de fibras fabricadas con procesos distintos al trenzado.

La carga 62 se ha formado secuencialmente y se ha prealineado a lo largo de la cerca 48, y la altura "H" de hoja mostrada en la FIGURA 1 ha sido preestablecida por las posiciones axiales de los émbolos 64 (FIGURA 8), una pluralidad de abrazaderas 68 (FIGURA 9), u otros mecanismos adecuados de sujeción, se coloca y se guía a lo largo de las ranuras 42 de la mesa 40 hasta que se llevan a topar con los émbolos 64, como se ve mejor en las FIGURAS 9 y 12.

Cada una de las abrazaderas 68 puede ser una abrazadera "C" con acción de tijera o de otro tipo, tal como la mostrada en las FIGURAS 12, 14 y 16, que tiene un par de mordazas opuestas 67 con unos rebordes laterales 68a, 68b respectivamente. Como se muestra en la FIGURA 12, una de las mordazas 67 de cada abrazadera 68 es recibida dentro y es deslizante a lo largo de una de las ranuras 42 debajo de la carga 62, mientras la otra mordaza 67 de la abrazadera 68 se extiende sobre la cima de la carga 62. Las abrazaderas 68 se colocan alrededor de la carga 62 y se pasan a través de las ranuras 42 de la mesa 40 mostradas en las FIGURAS 4-12 hasta que el reborde lateral 68a de una de las mordazas 67 (véase la FIGURA 12) se acopla al extremo del émbolo 64 encima de la carga 62. En unas realizaciones alternativas (no se muestran en las Figuras) pueden proporcionarse unos émbolos 64 por arriba y por debajo de la superficie 44 de mesa (FIGURA 4), en cuyo caso ambos rebordes laterales 68a, 68b se acoplarán y se detendrán contra uno de los émbolos 64. Los émbolos 64 por lo tanto actúan como unas paradas que determinan la posición de las abrazaderas 68 sobre la carga 62, y particularmente la ubicación de los rebordes laterales 68a, 68b, sobre la carga 62. Eficazmente, la altura "H" de hoja establecida por las posiciones axiales de los émbolos 64 se transfiere a las abrazaderas 68, dado que los rebordes laterales 68a, 68b sobre las mordazas 67 de las abrazaderas 68 topan con los émbolos 64.

En una realización alternativa mostrada en la FIGURA 10, la altura "H" de hoja puede establecerse colocando un bloque o placa continuos 66 en cada lado de la carga 62 mostrada en la FIGURA 12. Las abrazaderas 68 (FIGURAS

9 y 12) se instalan luego sobre la carga 62, topando con la placa 66 para establecer la altura "H" de hoja. De este modo, la altura "H" de hoja puede establecerse utilizando unos elementos discretos espaciados (p. ej. unos émbolos 64), o mediante un elemento continuo (por ejemplo la placa 66).

5 En una realización opcional, mostrada en la FIGURA 11, una barra de transferencia magnética 70 puede conectarse a las abrazaderas 68 con el fin de sostener y estabilizar la carga sujeta 62 mientras es transferida a la herramienta conformadora 72, mostrada en las FIGURAS 11-20, mediante el transportador 65 (FIGURA 2). Pueden emplearse otros diversos medios para estabilizar las abrazaderas 68 y de este modo el conjunto de preforma 62 durante la transferencia a la herramienta conformadora 72, tal como, sin limitación, agarres, placas, pasadores de traba de bola, varillas e instalaciones fijas (ninguno se muestra).

10 Haciendo referencia ahora a las FIGURAS 13 y 14, en una realización, la herramienta conformadora 72 puede emplearse para formar, fundir y curar el conjunto de preforma 62 (FIGURA 12) descrito arriba. La infusión puede realizarse utilizando un proceso controlado de infusión de resina a presión atmosférica con el fin de lograr una fabricación rentable de los travesaños 30. Un proceso adecuado de infusión de este tipo se describe en la patente de EE.UU. nº 7.334.782 publicada el 26 de febrero de 2008, sin embargo pueden ser posibles otros procesos de infusión.

15 La herramienta conformadora 72 comprende en líneas generales un par de mandriles 80a, 80b, por lo menos uno de ellos es deslizante sobre una placa de deslizamiento con poco rozamiento 82 (FIGURA 14) que se soporta sobre una base 74 de herramienta. La base 74 de herramienta puede contornarse a lo largo de su longitud para coincidir substancialmente con el primer contorno R_1 (FIGURA 1) del travesaño 30. Los mandriles 80a, 80b tienen unas caras opuestas 80c de herramienta que se contornan a lo largo de sus longitudes para coincidir substancialmente con el segundo contorno R_2 del travesaño (FIGURA 1). En lados opuestos de la base 74 de herramienta se montan y se sellan contra la misma un par de bloques curvos 76, 78, que tienen una curvatura que coincide generalmente con el primer contorno R_1 (FIGURA 1) del travesaño 30. Como alternativa, los bloques curvos 76, 78 y la base 74 de herramienta pueden ser un pedazo contiguo ya sea por adhesión, soldadura o mecanizado de un hueco de un único bloque de material. Entre bloques curvos 76 y el mandril 80a se empareda una vejiga inflable 90.

20 En una realización, cada uno de los mandriles 80a, 80b puede comprender un único pedazo, mientras en otras realizaciones, cada uno puede segmentarse a lo largo de su longitud (no se muestra). Las caras opuestas 80c de herramienta de los mandriles 80a, 80b están espaciadas lateralmente entre sí para formar una ranura estrechada 84 entremedio. Cada uno de los mandriles 80a, 80b incluye además una superficie superior generalmente plana 86 de herramienta. El mandril 80b está provisto de un surco que se extiende longitudinalmente 92 de entrada de resina en el mismo para la finalidad que se explica más adelante. La base 74 de herramienta puede incluir un accesorio neumático 94 adaptado para acoplarse con un regulador de aire de bolsa exterior (no se muestra).

25 Haciendo referencia particularmente a la FIGURA 13, el extremo 107 de la herramienta 72 incluye un conducto neumático interno 96 que se acopla a la vejiga inflable 90 a través de una válvula 97 a un vacío 98, ventilación 100 y aire comprimido 102 para controlar el inflado y desinflado de la vejiga 90. La ubicación de los sellos, tratados más adelante, de bolsa interior y exterior se indica respectivamente en 104 y 106.

30 La FIGURA 15 ilustra la herramienta conformadora 72 después de que una bolsa interior IML (*inner mold line*, de línea interior de molde) 108, también se le hace referencia en esta memoria como una primera bolsa 108, haya sido colocada y sellada sobre la herramienta 72 mediante unos sellos 104 de bolsa interior. La primera bolsa interior 108 es más ancha que la herramienta 72 de tal manera que una parte 109 de la bolsa 108 cae abajo sobre una orilla 111 de la herramienta conformadora 72. Como se tratará más adelante, la parte 109 de bolsa interior puede plegarse hacia abajo subsiguientemente sobre el conjunto de preforma 62 (no se muestra en la FIGURA 15) y sellarse en la herramienta 72. Tras la colocación en la herramienta 72, puede aplicarse un ligero vacío a través del accesorio 94 (FIGURA 22) a la bolsa interior 108 con el fin de bajarla contra las superficies 86 de bloque de herramienta y adentro de la ranura 84 entre los mandriles 80a, 80b. Por claridad de la siguiente descripción, en las FIGURAS 14-19 no se muestran todas las zonas de la primera bolsa interior 108.

35 Tras la instalación de la primera bolsa interior de vacío 108, el conjunto prealineado de preforma 62 es transferido desde la herramienta de ensamblaje 38 (FIGURAS 2-12) a la herramienta conformadora 72 por el transportista 65 (véase la FIGURA 2). Haciendo referencia a la FIGURA 16, con la vejiga 90 desinflada y los mandriles 80a, 80b abiertos para formar la ranura abierta 84, el conjunto sujeto de preforma 62 se inserta en la ranura 84 entre las superficies opuestas 80c de mandril. En aras de la claridad, en la FIGURA 16, o 17 no se muestran las películas divisoras 56, 60 tratadas más adelante. La posición de las abrazaderas 68 en el conjunto de preforma 62, y particularmente la ubicación de los rebordes 68a, 68b, define una parte 62a de alma que corresponde a la parte 32 de alma (FIGURA 1) del travesaño 30, y una parte 62b de reborde que corresponde a la parte 34 de reborde del travesaño 30. Los rebordes 68a, 68b se llevan a un acoplamiento con las superficies superiores 86 de mandril a medida que el conjunto de preforma 62 se inserta en la ranura 84, estableciendo de ese modo la altura "H" de alma mostrada en la FIGURA 1.

65

La FIGURA 17 ilustra la siguiente etapa en el proceso de ensamblaje, en el que la vejiga 90 se infla para aplicar una fuerza en la dirección mostrada por la flecha 110, haciendo que el mandril 80a se deslice hacia el mandril 80b, sujetando de ese modo la parte 62a de alma del conjunto de preforma 62 entre los dos mandriles 80a y 80b, mientras la parte 62b de reborde del conjunto de preforma 62 queda sostenida por las abrazaderas 68. Aquí cabe señalar que si bien en la realización ilustrada se ha mostrado una vejiga 90, pueden ser posibles otros medios para juntar los mandriles 80a, 80b para sujetar el conjunto 62, incluso, pero sin limitación, motores, tornillos, mecanismos mecánicos (no se muestran todos).

Haciendo referencia ahora a la FIGURA 18, la siguiente etapa en el proceso de ensamblaje implica la retirada de las abrazaderas 68 del conjunto de preforma 62, después de que la parte 62a de alma del conjunto 62 se haya sujetado entre los mandriles 80a, 80b, dejando la parte 62b de reborde de conjunto 62 expuesta por encima de las superficies superiores 86 de mandril. Una envoltura en espiral 112 de entrada de resina se coloca entonces en el surco 92 y se acopla con una fuente adecuada de resina (no se muestra).

Haciendo referencia a la FIGURA 19, la siguiente etapa en el proceso de ensamblaje implica plegar la parte 62b de reborde del conjunto 62 de preforma en las direcciones mostradas por las flechas 116, bajando sobre las superficies superiores 86 de mandril. Este proceso de plegado también tiene como resultado el plegado de los medios 54 de distribución de resina sobre y en contacto con la envoltura en espiral 112 de entrada de resina de modo que la resina introducida a través del envoltorio en espiral 112 fluya adentro de los medios 54 de distribución de resina durante el subsiguiente proceso de infusión. Durante este proceso de plegado, cualquier distorsión de ángulo de fibra de la preforma 58 de fibras se minimiza o se elimina substancialmente como resultado de que la parte 62a de alma que se ha sujetado y sostenido anteriormente en su sitio mientras la parte 62b de reborde se conformada en rebordes 114.

La sujeción del conjunto de preforma 62 también ayuda a desgruesar la parte 62a de alma de la preforma 58. El plegado de los rebordes 114 sobre las superficies superiores 86 de mandril puede tener como resultado que se forma una holgura de radio 118 en la intersección de los rebordes 114 y la parte 62a de alma. En este acontecimiento, como se muestra en la FIGURA 20, en la holgura 118 puede insertarse un relleno adecuado 120 de espacio vacío con radio. En el caso de una pieza con forma de "L", puede utilizarse un relleno reutilizable antiadherente de radio.

Ahora la atención se dirige a la FIGURA 21 que ilustra la herramienta conformadora 72 en una fase opcional más tardía del proceso de ensamblaje en las aplicaciones en las que el travesaño 30 (FIGURA 1) incluye una tapa 124 utilizada para cubrir y reforzar el reborde 34 (FIGURA 1). En esta fase, encima de los rebordes 114 se apila secuencialmente una tapa 124 de preforma de fibras, una película divisora permeable (no se muestra), una placa permeable de prensado 126 y unos medios 128 de distribución de resina. A lo largo de la orilla del reborde 114 y en los extremos de la parte 62a de alma del conjunto de preforma 62 se colocan unos tubos 122 de salida de resina. En lugar de colocar dos tubos extremos de salida para la parte 62a de alma, en la bolsa interior puede colocarse un tubo continuo de salida de resina (no se muestra) antes de la inserción de la carga de preforma. Los tubos de salida 122 permiten una evacuación completa de aire y gases así como sangrar el exceso de resina lejos de la preforma infundida 58, de modo que durante el curado a la preforma 58 se le aplica una presión substancialmente uniforme.

Ahora la atención se dirige a la FIGURA 22 que ilustra la herramienta conformadora 72 en una fase adicional del proceso de ensamblaje. La parte 109 de bolsa ha sido plegada atrás sobre la herramienta y sellada mediante los sellos 104. Entonces, sobre la herramienta 72 se coloca una segunda bolsa exterior de vacío 130 cubriendo la bolsa interior 108 y el conjunto de preforma 62. La segunda bolsa exterior de vacío 130 se sella entonces en la herramienta conformadora 72 incluyendo las superficies superiores 86 de los bloques curvos 76, 78 mediante el sello 106 de bolsa exterior. Entonces el accesorio 94 puede acoplarse con un regulador adecuado de bolsa exterior (no se muestra) que regula el vacío aplicado a la bolsa exterior 130. El aire entonces se evacúa de la bolsa interior y exterior 108, 130 de manera substancialmente simultánea. En un ejemplo de realización, en la bolsa interior 108 se crea un vacío ligeramente mayor que en la bolsa exterior 130. Por ejemplo, y sin limitación, en una aplicación, en la bolsa interior 108 puede crearse un vacío en el intervalo de 5 Hg a 60 Hg, preferiblemente unos 30 Hg mientras la bolsa exterior 130 se atrae de 3 Hg a 50 Hg, preferiblemente unos 25 Hg.

Tras la formación y la compactación, la presión aplicada al conjunto de preforma 62 puede ajustarse según sea necesario. En un ejemplo, la presión de curado aplicada a la parte 62a de alma (FIGURA 22) es establecida por la presión aplicada al mandril 80a por la vejiga 90. La presión de curado aplicada a los rebordes 114 es establecida por el nivel de vacío en la bolsa interior 108 y la presión que sostiene los rebordes 114 en las superficies 86 de mandril establecida por el nivel de vacío en la bolsa exterior 130. Después del curado se retira la bolsa exterior 130, tras lo cual se desinfla la vejiga 90. El desinflado de la vejiga 90 permite a los mandriles 80a, 80b separarse, soltando de ese modo la bolsa interior 108 y todo su contenido, incluida la preforma 58 infundida con resina que se ha convertido en el travesaño curado 30 y todos los materiales desechables asociados que se van a retirar de la herramienta conformadora 72.

Ahora la atención se dirige a la FIGURA 23 que ilustra un método para hacer una pieza compuesta contornada según las realizaciones descritas tratadas anteriormente. Empezando en 134, se apila y se alinea una carga que

puede comprender un conjunto 62 de preforma de fibras, tras lo cual, en 136, el conjunto prealineado de preforma 62 se coloca en una herramienta conformadora 72. Luego, en 138, el conjunto de preforma 62 es infundido con resina tras lo cual, en 140, el conjunto de preforma 62, infundido con resina, se cura.

5 La FIGURA 24 ilustra otra realización de un método para hacer a un miembro estructural compuesto según las realizaciones descritas. Comenzando en 142, un pliego 54 de medios de distribución de resina se coloca en una herramienta de ensamblaje 38 tras lo cual, en 144, un primer pliego 56 de película divisora permeable se coloca sobre el pliego 54 de medios de distribución de resina. En 146, una preforma adecuada 58 de fibras trenzadas se coloca sobre el primer pliego 56 de película divisora permeable que tras lo cual un segundo pliego 60 de película divisora permeable se coloca sobre la preforma 58, como se muestra en 148. En 150, sobre la carga se coloca uno o más espaciadores 64 o 66 de altura de hoja, y, en 152, el conjunto apilado 62 se sujeta para mantener la alineación de pliegos. Luego, en 154, el conjunto de preforma prealineada 62 se transfiere a una herramienta conformadora 72 en la que se le infunde resina y se cura.

15 La FIGURA 25 ilustra unos detalles adicionales de un método para hacer un miembro estructural compuesto contornado 30 que tiene un alma 32 y por lo menos un reborde 34. Comenzando en 158, una bolsa interior de vacío 108 se instala en una herramienta conformadora 72 tras lo cual, en 160, se aplica un vacío a la bolsa interior 108 para bajarla sobre la herramienta conformadora 72. En el fondo del surco de bolsa de vacío se coloca una envoltura en espiral de salida 122. Luego, en 162, una carga o conjunto de preforma sujetos 62 se cargan sobre la herramienta conformadora 12, y, en 164 se infla una vejiga 90 que sujeta y desgruesa el conjunto de preforma 62. En 166, el conjunto 62 se suelta, y en 170, una envoltura en espiral de entrada 112 se instala en un surco 92 de entrada de resina en la herramienta 72 como se muestra en 170.

25 Luego, en 172, los rebordes 114 del conjunto de preforma 62 se pliegan hasta la posición, tras lo cual, en 174, un relleno de radio 120 puede instalarse opcionalmente en una holgura 118 que puede estar presente entre los rebordes 114. En 176, sobre los rebordes 114 de preforma se aplica una carga 124 de tapa. En 178, sobre la carga 124 de tapa se aplica una película divisora permeable 124 y, en 180, sobre la película divisora permeable se aplica una placa permeable de prensado 126. En 182, unos 128 medios de distribución de resina aplicados sobre la placa de prensado 126, y, en 184, unos tubos 122 de salida de resina se colocan en cada extremo de los rebordes 114 y la parte 62a de alma de la carga 62. En 186, la bolsa interior 108 se sella como se muestra en 186. En 188, sobre el conjunto de preforma de carga 62 se instala una bolsa exterior 130 y se sella a la herramienta de ensamblaje 72. En 190, el aire es evacuado de la bolsa interior y exterior de manera substancialmente simultánea, y el conjunto de carga de preforma 62 se infunde entonces con resina en 192. Luego, en 194, la carga infundida 62 se cura y en 196 se retira de la herramienta conformadora 72, recortada según sea necesario y se corta con las longitudes que se deseen.

35 Puede apreciarse que dado que la bolsa interior 108 cubre la herramienta 72 durante la fase de ensamblaje y de curado, la herramienta 72 puede quedarse substancialmente libre de resina u otro residuo y puede que no necesite limpieza o que sea mínima en preparación para el procesamiento de la siguiente pieza. También puede apreciarse que la bolsa interior 108 envuelve completamente la pieza y los materiales desechables asociados, simplificando de este modo la transferencia a una zona de tipo sala limpia para ser recortada.

40 Haciendo referencia a continuación a las FIGURAS 26 y 27, unas realizaciones de la descripción pueden utilizarse en el contexto de un método 200 de fabricación y mantenimiento de aeronaves como se muestra en la figura 26 y una aeronave 202 como se muestra en la FIGURA 27. Durante la fase previa a la producción, el ejemplo de método 200 puede incluir las especificaciones y el diseño 204 de la aeronave 202 y la obtención de materiales 98. Durante la producción, tiene lugar la fabricación de componentes y subconjuntos 208 y la integración de sistemas 210 de la aeronave 202. Durante la etapa 208, el método y el aparato descritos pueden emplearse para fabricar piezas compuestas, tales como refuerzos que luego se ensamblan en la etapa 210. A partir de entonces, la aeronave 200 puede ir a la certificación y la entrega 212 con el fin de ser puesta en servicio 214. Cuando un cliente la pone en servicio, la aeronave 202 puede programarse para un mantenimiento rutinario y asistencia 108 (que puede incluir una modificación, reconfiguración, remodelación y cosas por el estilo).

55 Cada uno de los procesos del método 200 puede realizarse o ser llevado a cabo por un integrador de sistemas, por terceros y/o por un operario (por ejemplo, un cliente). Para la finalidad de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir sin limitación cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas mayores; terceras partes pueden incluir sin limitación cualquier número de proveedores, subcontratistas y suministradores; y un operario puede ser una línea aérea, compañía de alquiler, entidad militar, organización de servicio, etcétera.

60 Como se muestra en la FIGURA 27, la aeronave 202 producida mediante el ejemplo de método 200 puede incluir un armazón de avión 218 con una pluralidad de sistemas 220 y un interior 222. El método y el aparato descritos pueden emplearse para fabricar refuerzos tales como travesaños que forman parte del armazón de avión 110. Unos ejemplos de sistemas de alto nivel 220 incluyen uno o más de un sistema de propulsión 224, un sistema eléctrico 226, un sistema hidráulico 228 y un sistema ambiental 230. Puede incluirse cualquier número de otros sistemas.

Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la invención pueden aplicarse a otras industrias, tal como la industria automovilística.

5 Los aparatos plasmados en esta memoria descriptiva pueden emplearse durante una o más de las fases del método de producción y servicio 200. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos correspondientes al proceso productivo 208 pueden ser fabricados o manufacturados de una manera similar a los componentes o subconjuntos producidos mientras la aeronave 202 está en servicio. Además, durante las fases de producción 208 y 210, por ejemplo, puede utilizarse una o más realizaciones de aparato, agilizando considerablemente el ensamblaje o reduciendo el coste de una aeronave 202. De manera similar, una o más realizaciones de aparatos puede utilizarse mientras la aeronave 202 está en servicio, por ejemplo y sin limitación para el mantenimiento y asistencia 216.

10 Aunque las realizaciones de esta descripción se hayan descrito con respecto a ciertos ejemplos de realizaciones, se ha de entender que las realizaciones específicas son a modo de ilustración y no de limitación, ya que a los expertos en la técnica se les ocurrirán otras variaciones.

15

REIVINDICACIONES

1. Un método para hacer una pieza compuesta contornada, que comprende:
 - 5 ensamblar (134) una carga (62), que incluye alinear una pluralidad de pliegos a lo largo de un contorno preseleccionado;
 - colocar una primera bolsa de vacío (108) sobre una herramienta conformadora (72) antes de que la carga alineada ensamblada (62) sea transferida a la herramienta conformadora (72) y sellar la primera bolsa de vacío (108) en la herramienta conformadora (72);
 - 10 transferir la carga alineada ensamblada (62) a la herramienta conformadora (72);
 - conformar (136) la carga (62) en la herramienta conformadora (72); y
 - colocar una segunda bolsa de vacío (130) sobre la preforma de fibra y sellar la segunda bolsa de vacío (130) en la herramienta conformadora (72);
 - 15 aplicar un primer y un segundo vacío respectivamente a la primera y a la segunda bolsa de vacío (108, 130);
 - infundir la preforma de fibra con resina introducida en la primera bolsa de vacío (108); y
 - curar (14 0) la carga formada (62).

2. El método de la reivindicación 1, en donde:
 - 20 ensamblar la carga (62) incluye colocar por lo menos una preforma de fibra en una herramienta de ensamblaje (38), y
 - alinear los pliegos incluye utilizar la herramienta de ensamblaje (38) para alinear la preforma de fibra a lo largo del contorno preseleccionado.

- 25 3. El método de la reivindicación 2, que comprende además:
 - infundir la preforma de fibra con resina después de que la carga alineada ensamblada (62) haya sido transferida a la herramienta conformadora (72).

- 30 4. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que comprende además:
 - mantener la alineación de los pliegos en la carga (62) sujetando los pliegos juntos después de que se haya ensamblado la carga (62).

- 35 5. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-4, que comprende además:
 - sujetar una primera parte (62a) de la carga alineada ensamblada (62) en la herramienta conformadora (72), y
 - en donde la formación de la carga incluye formar una segunda parte (62b) de la carga (62) en la herramienta conformadora (72) mientras se sujeta la primera parte (62a).

- 40 6. Aparato para hacer un miembro estructural compuesto (30) que tiene por lo menos un contorno, que comprende:
 - una herramienta de ensamblaje (38) para ensamblar una pluralidad de pliegos que forman una carga (62);
 - 45 una herramienta conformadora (72) para formar la carga (62), la herramienta conformadora (72) incluye un par de mandriles móviles relativamente (80a, 80b) entre los que puede sujetarse por lo menos una parte de la carga ensamblada (62);
 - una primera bolsa de vacío (108) adaptada para cubrir la herramienta conformadora (72);
 - una segunda bolsa de vacío (130) adaptada para cubrir la carga formada (62) sujeta en la herramienta conformadora y sostener por lo menos una parte (62b) de la carga contra la herramienta;
 - 50 un primer y un segundo sello (104, 106) para sellar la primera y la segunda bolsa de vacío (108, 130) en la herramienta conformadora (72); y
 - una línea (92) de suministro de resina para introducir resina en la primera bolsa (108) e infundir la carga (62).

- 55 7. El aparato de la reivindicación 6, en donde la herramienta de ensamblaje (38) incluye:
 - una guía contornada de alineación (48) para alinear los pliegos a lo largo de un contorno, y
 - un mecanismo de sujeción (68) para sujetar los pliegos alineados.

- 60 8. El aparato de la reivindicación 6 o 7, en donde;
 - la herramienta conformadora (72) incluye una base substancialmente hermética al vacío (74) que tiene unos agujeros pasantes adaptados para recibir líneas de vacío, de aire comprimido y de resina,
 - los mandriles (80a, 80b) son relativamente móviles sobre la base (74) acercándose y alejándose entre sí, y
 - los mandriles (80a, 80b) incluyen unas superficies (86) de herramienta sobre las que puede formarse por lo
 - 65 menos una parte (62b) de la carga sujeta (62).

9. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 6-8, en donde la herramienta conformadora (72) incluye una vejiga inflable (90) para aplicar presión de sujeción a uno de los mandriles (80a, 80b).

10. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 6 - 9, en donde cada uno de los mandriles (80a, 80b) incluye una superficie contornada de sujeción para formar un contorno en la carga (62).

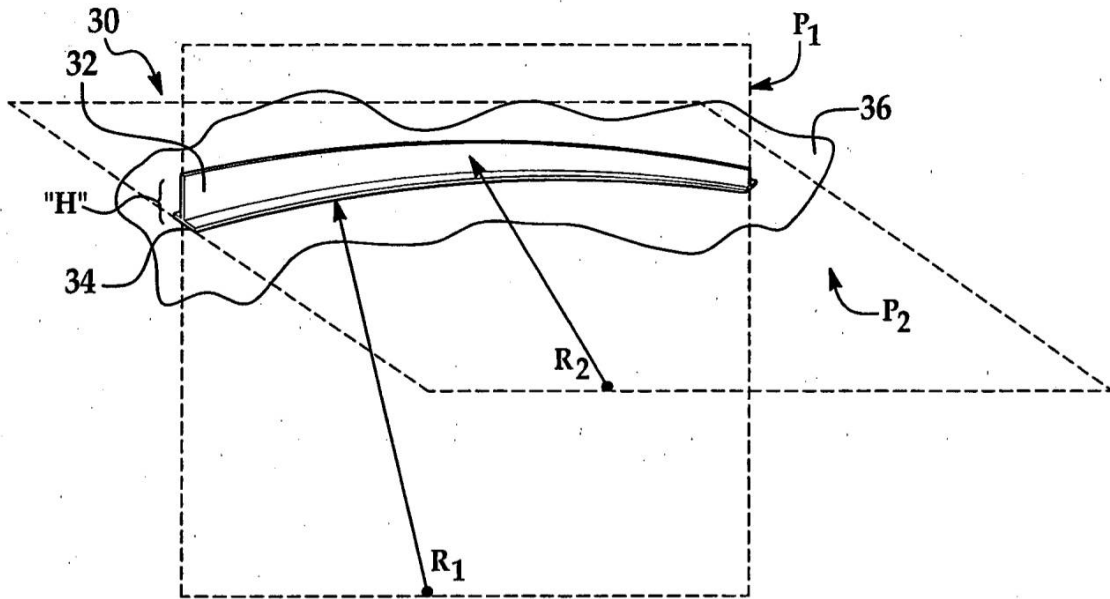


FIG. 1

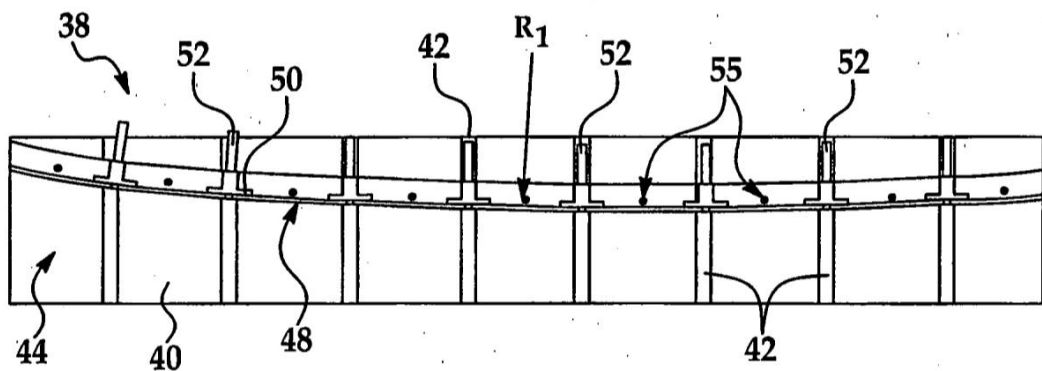


FIG. 3

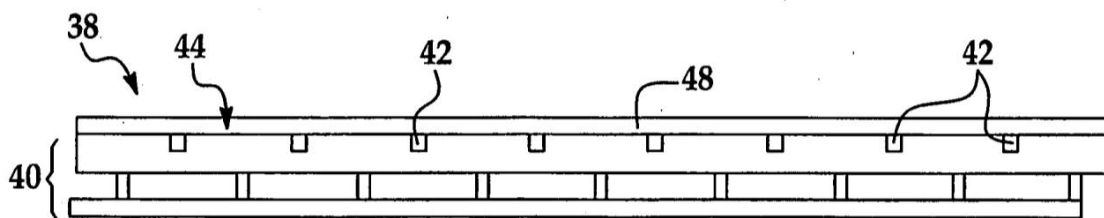


FIG. 4

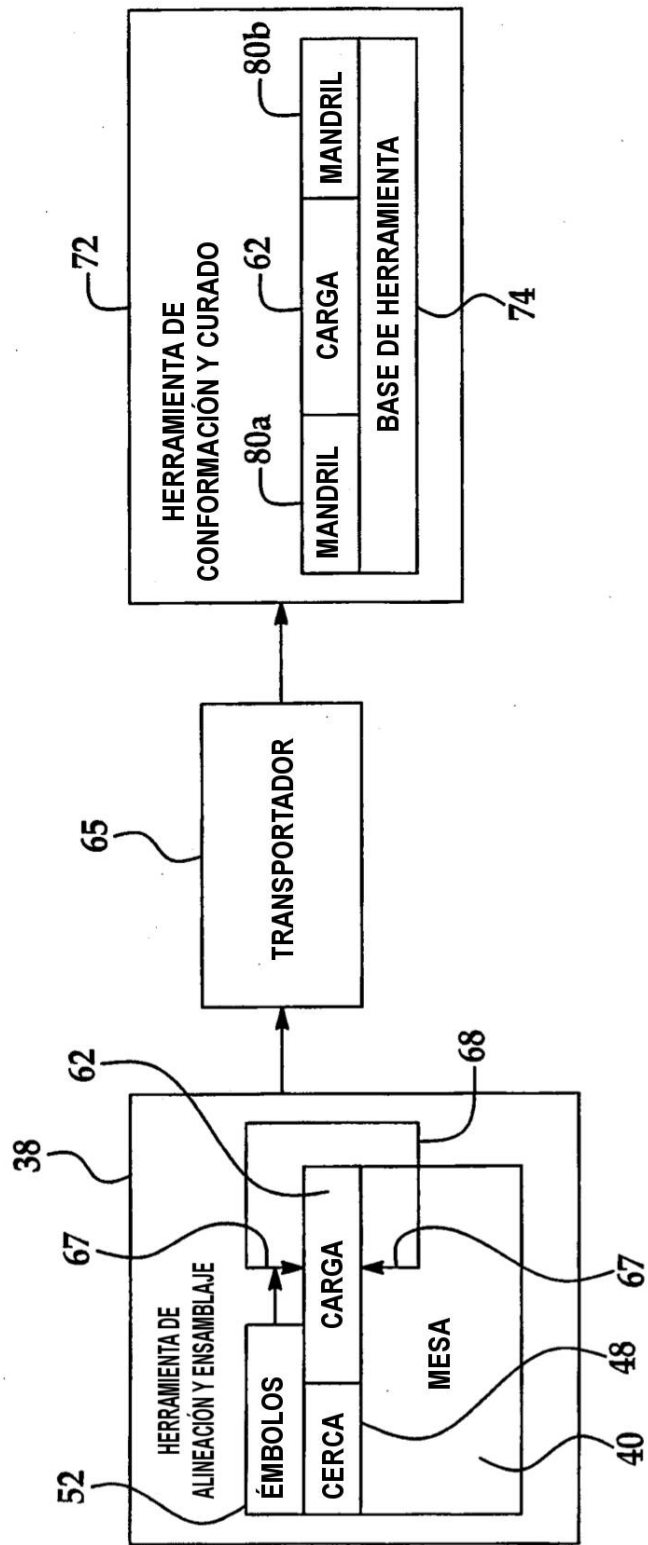


FIG. 2

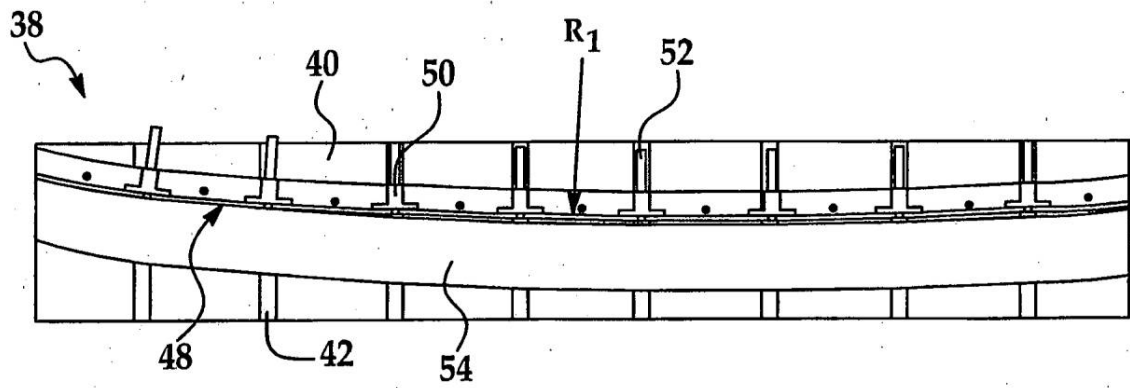


FIG. 5

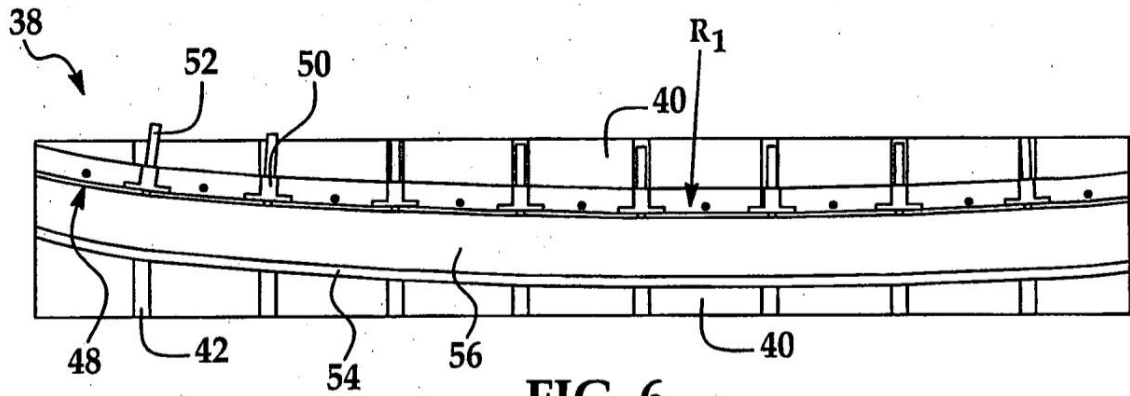


FIG. 6

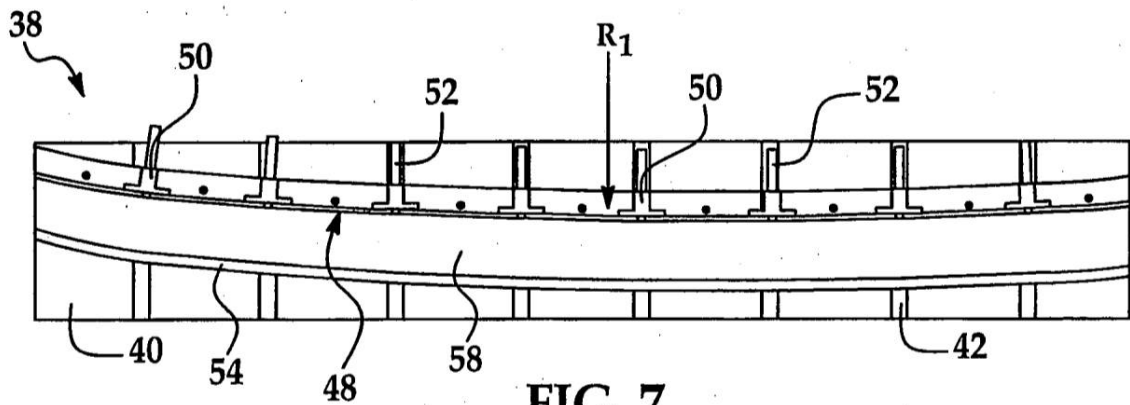


FIG. 7

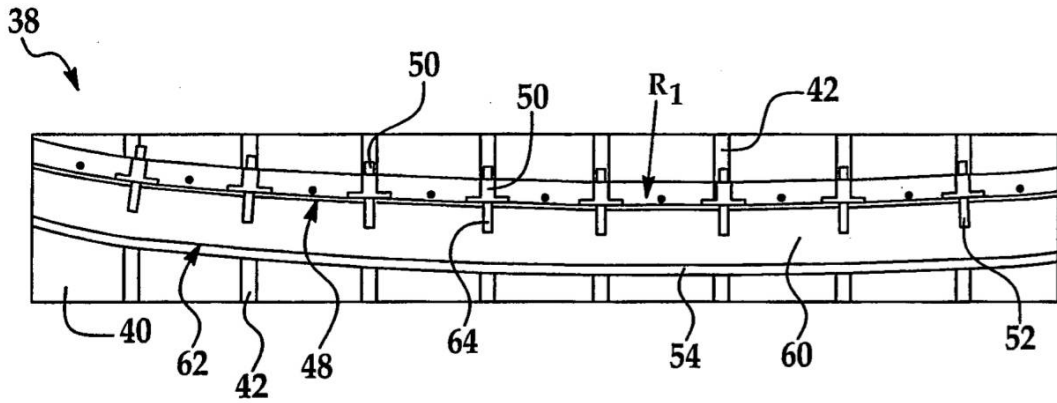


FIG. 8

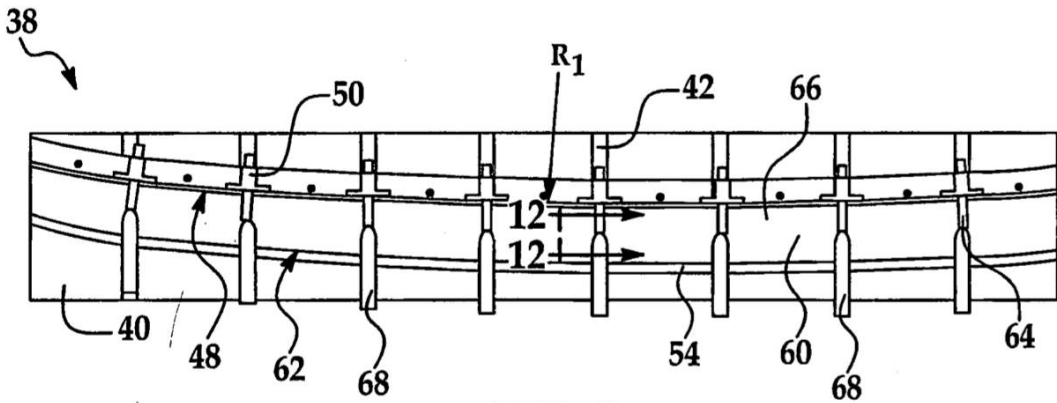


FIG. 9

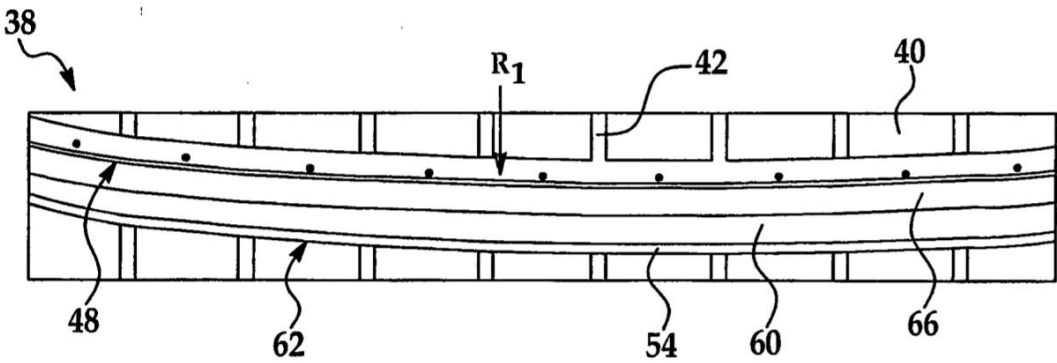
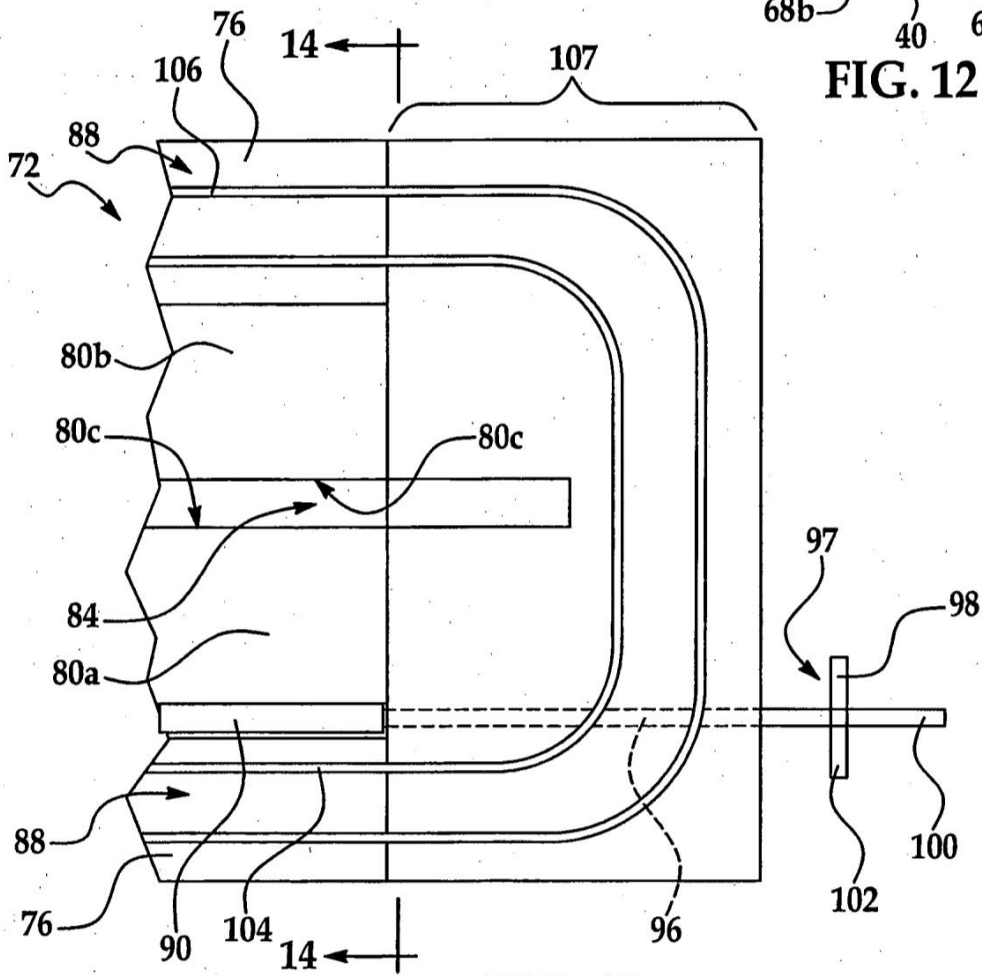
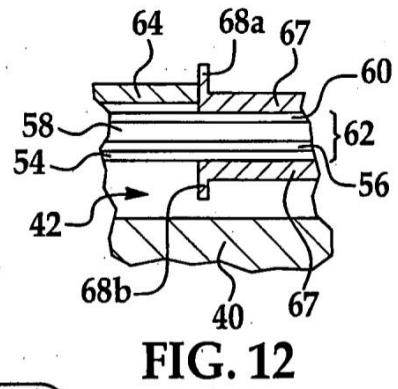
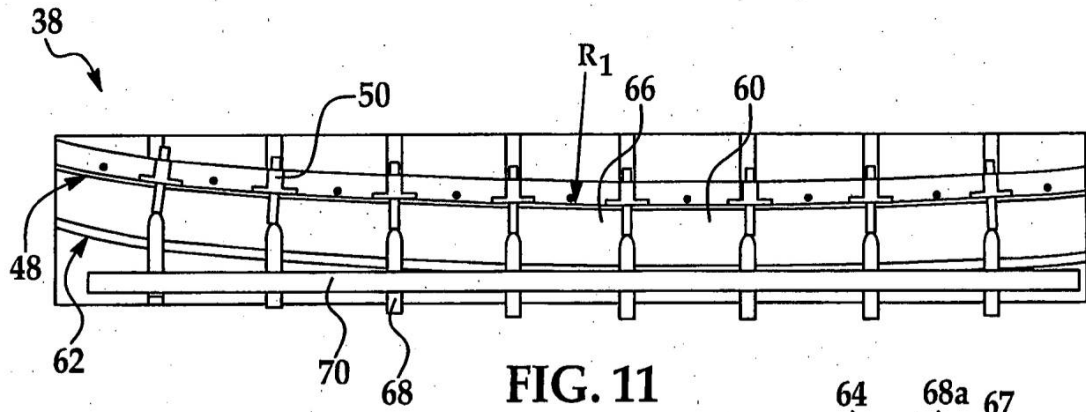


FIG. 10



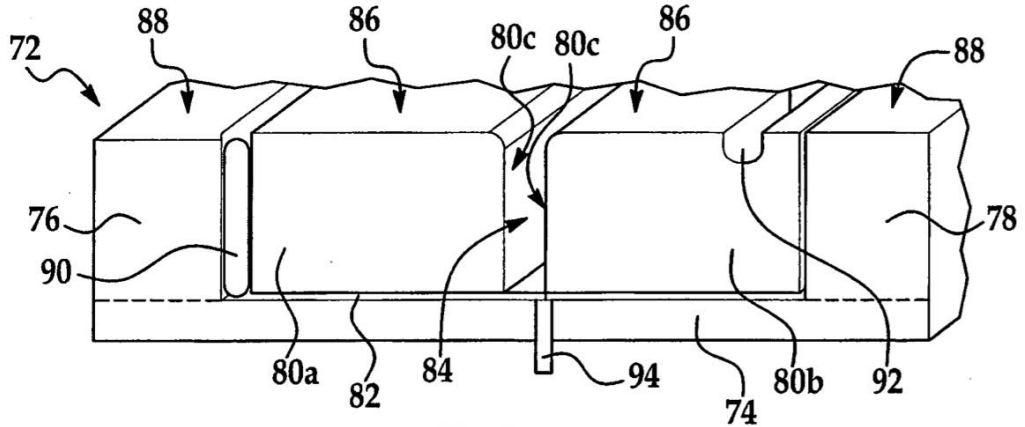


FIG. 14

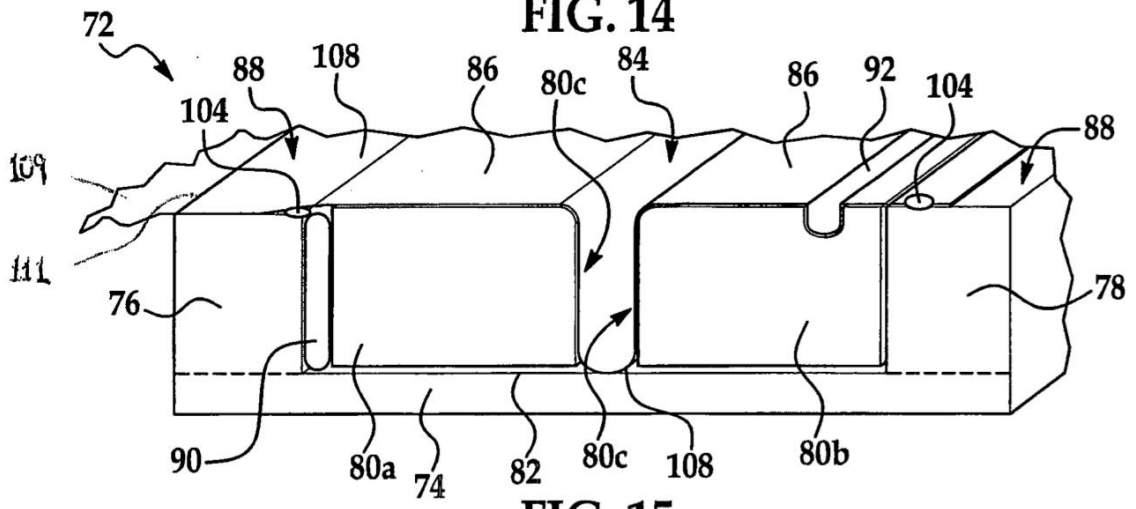


FIG. 15

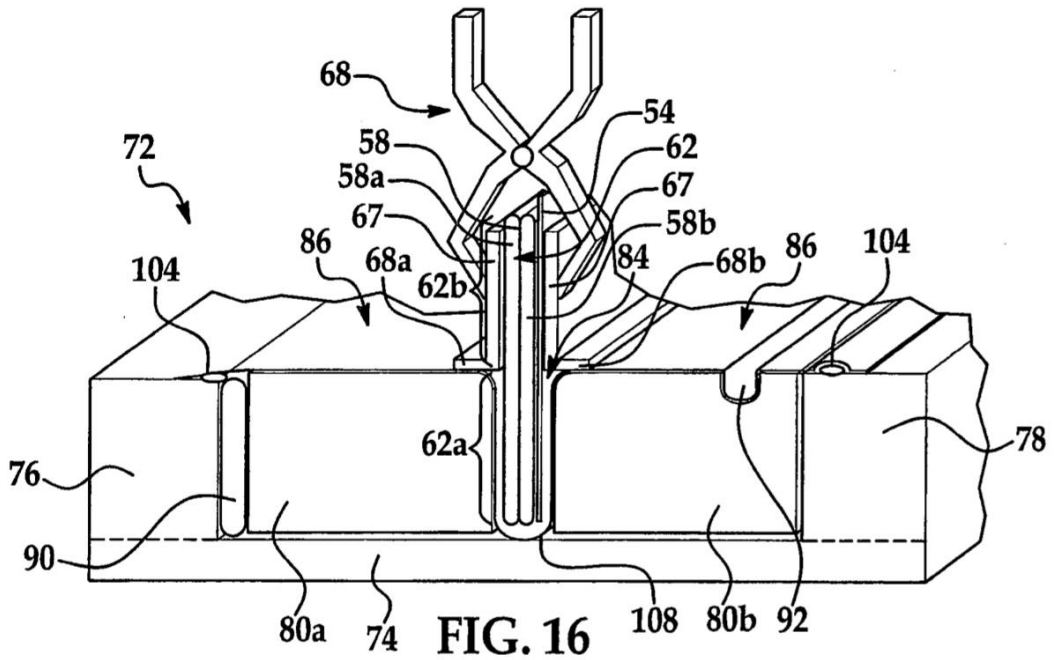


FIG. 16

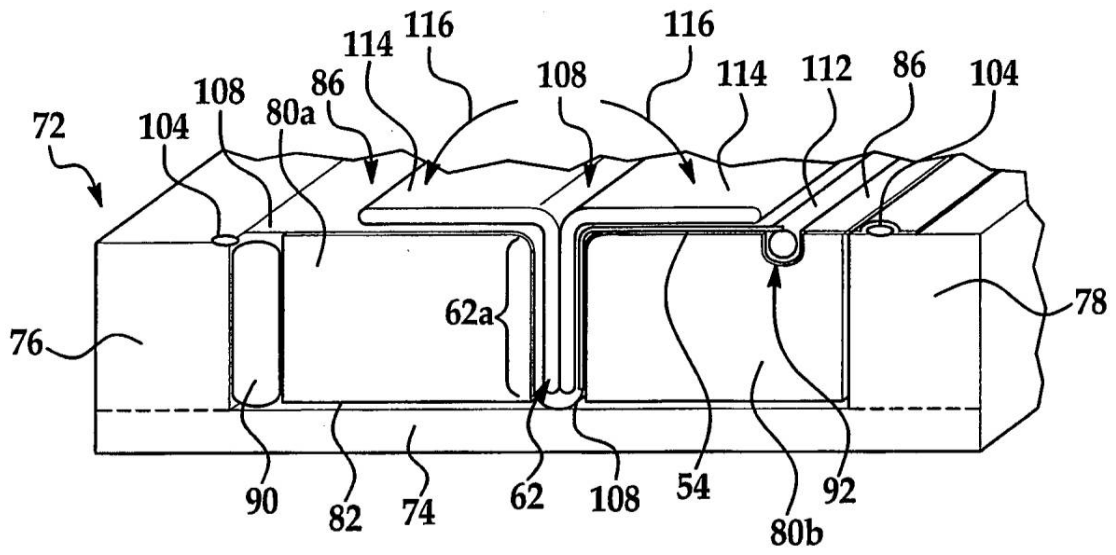


FIG. 19

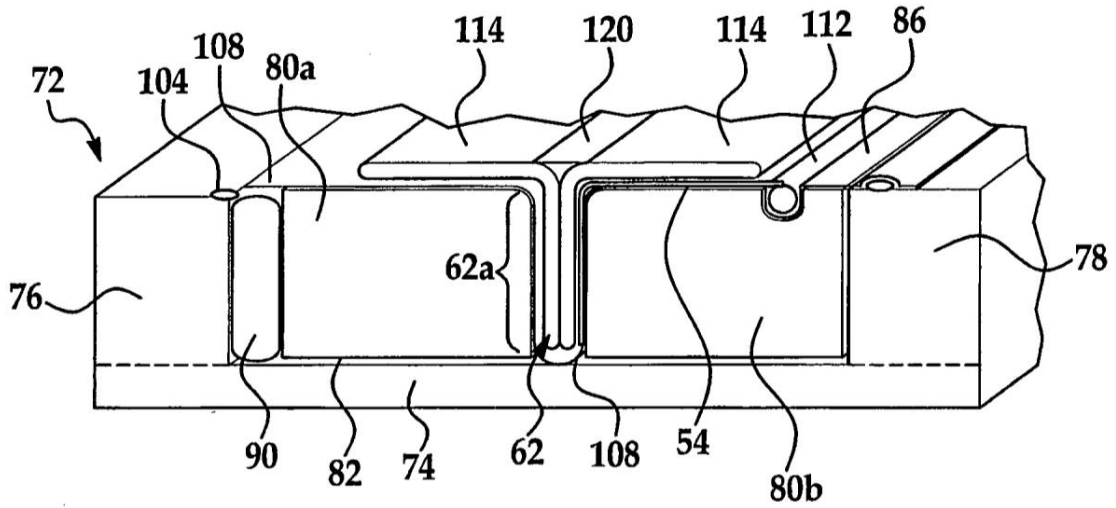


FIG. 20

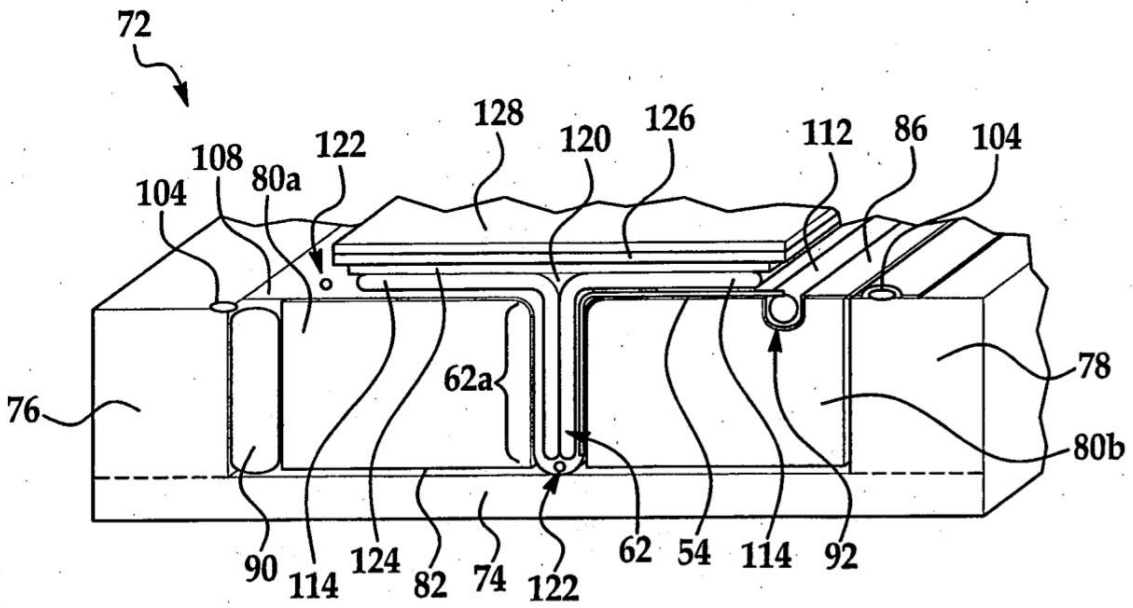


FIG. 21

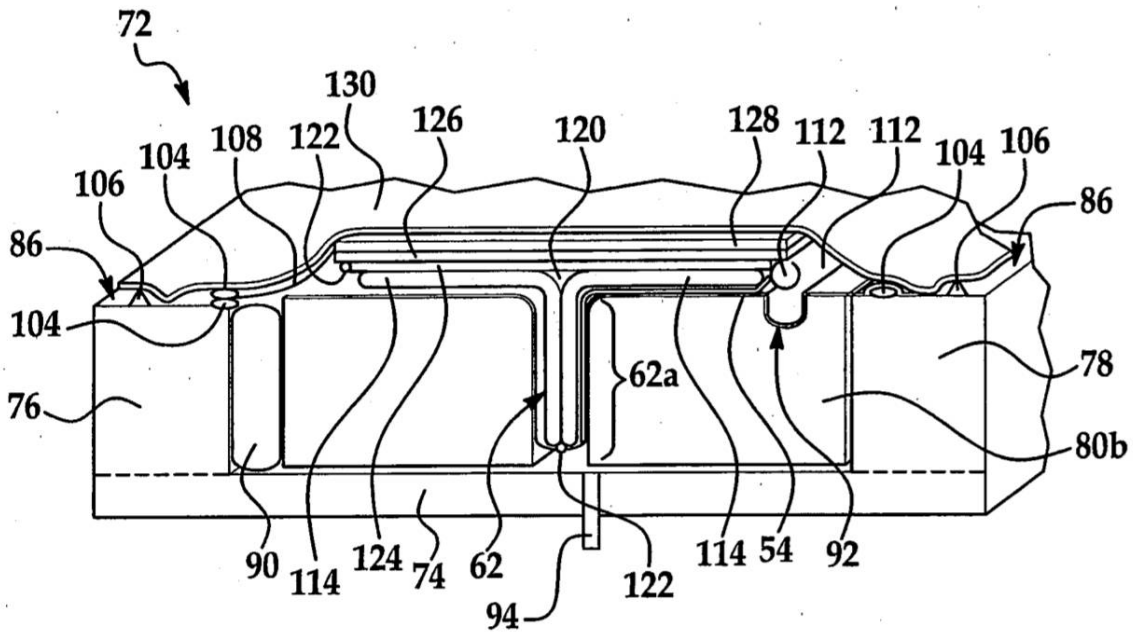


FIG. 22

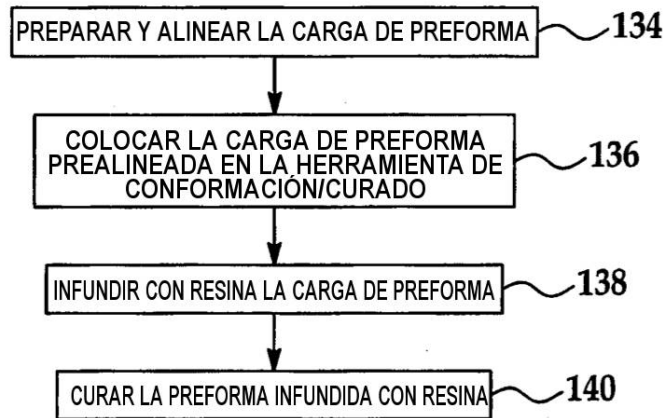


FIG. 23

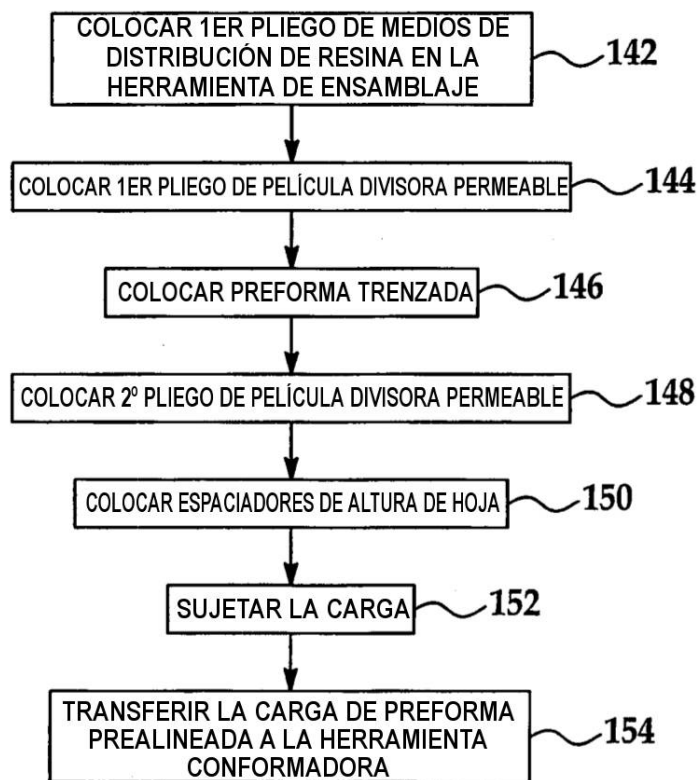


FIG. 24

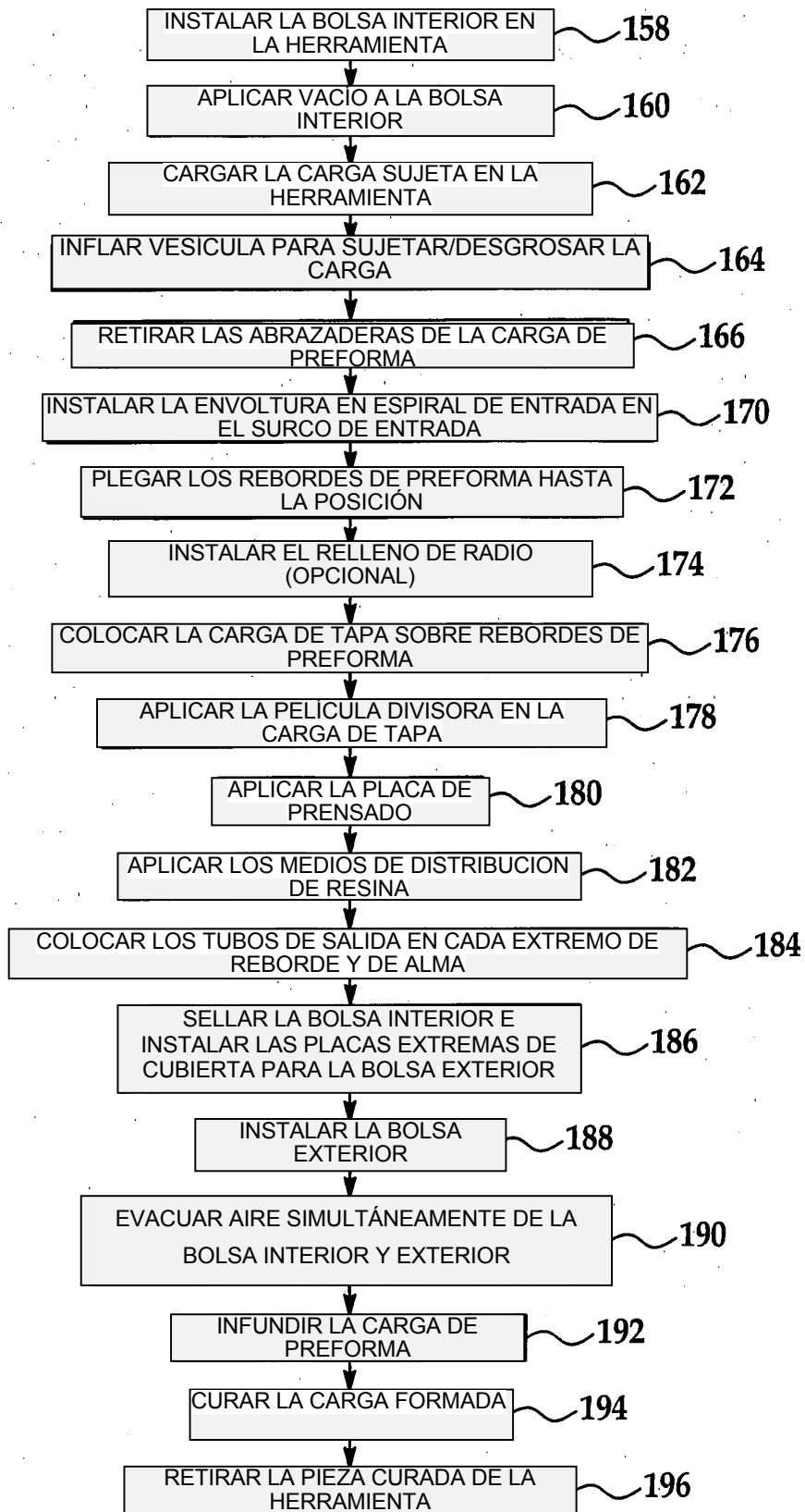


FIG. 25

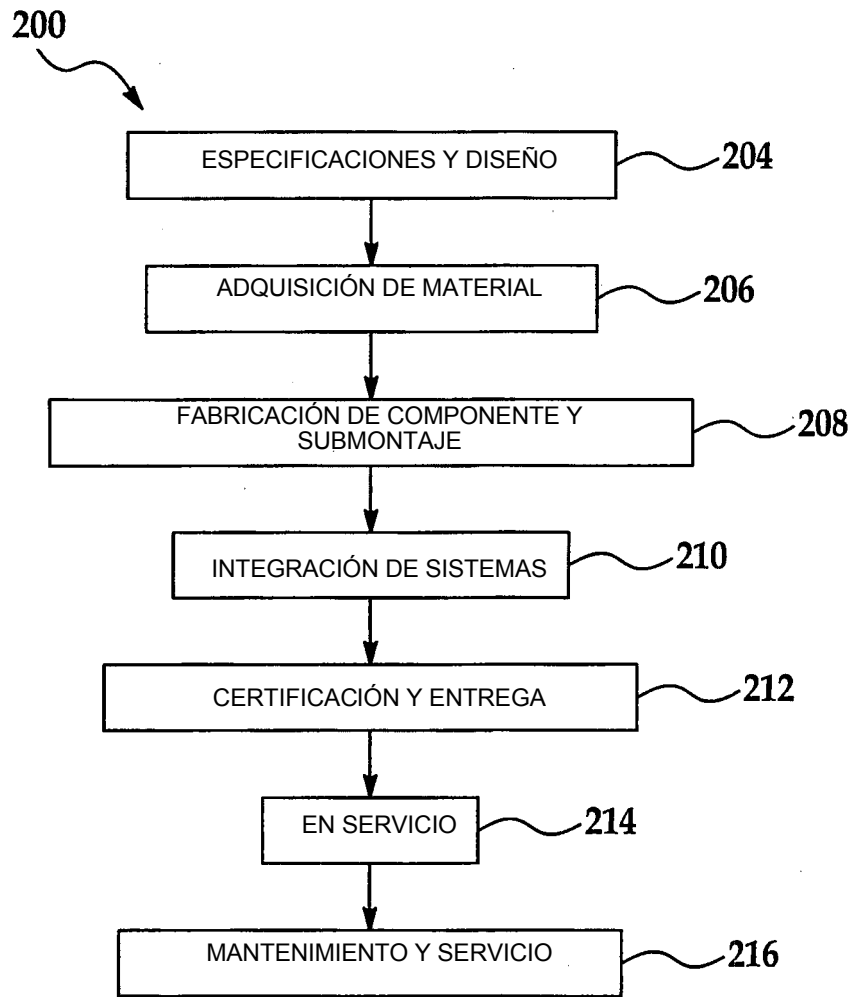


FIG. 26

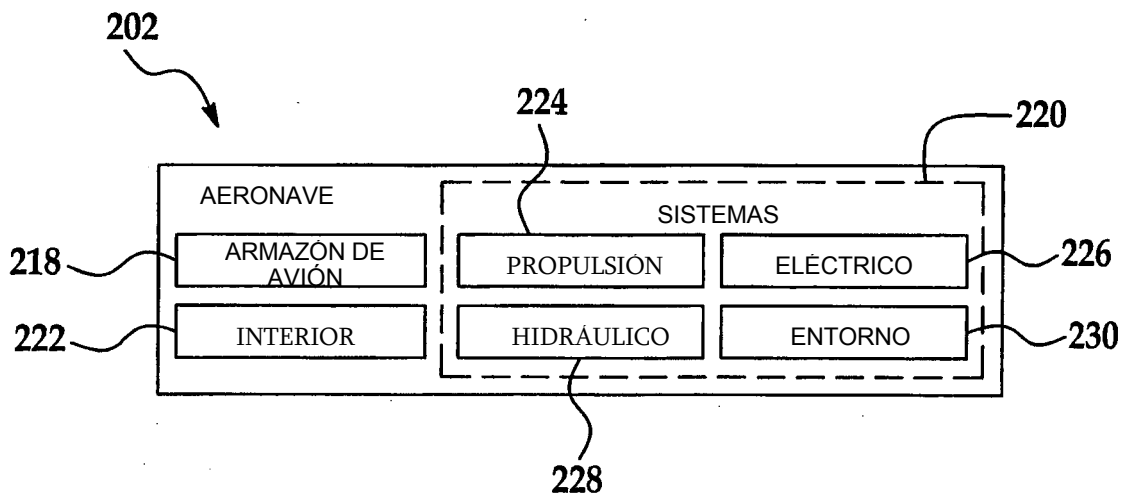


FIG. 27