

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 976 508**

51 Int. Cl.:

B29C 70/34 (2006.01)
B29C 70/44 (2006.01)
B01J 3/03 (2006.01)
B29C 33/00 (2006.01)
B29C 33/34 (2006.01)
B29C 35/02 (2006.01)
B29C 37/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.11.2021 E 21207380 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.01.2024 EP 4000883**

54 Título: **Método y sistema de formación de una cámara de presión definida por mandril de laminación, autoclave y juntas perimetrales**

30 Prioridad:

18.11.2020 US 202063115032 P
30.04.2021 NL 2028113

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.08.2024

73 Titular/es:

THE BOEING COMPANY (100.0%)
929 Long Bridge Drive
Arlington, VA 22202, US

72 Inventor/es:

SMITH, DANIEL R.

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 976 508 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método y sistema de formación de una cámara de presión definida por mandril de laminación, autoclave y juntas perimetrales

5

Campo de la invención

La divulgación se refiere al campo del procesado de componentes de fuselajes de aviones u otros componentes de alto rendimiento y, en particular, al procesado en autoclave de dichos componentes.

10

Antecedentes

Para la fabricación de fuselajes u otros componentes de alto rendimiento hechos de materiales compuestos, como el polímero reforzado con fibra de carbono (CFRP), se utilizan autoclaves para endurecer las preformas no curadas y convertirlas en la pieza final. Los autoclaves están diseñados para procesar componentes compuestos a temperaturas y/o presiones elevadas y se calientan bombeando gas caliente al autoclave a presión. En un entorno de fábrica tradicional, el propio autoclave puede estar diseñado para albergar una amplia gama de geometrías de componentes o una pluralidad de componentes durante el mismo ciclo de procesamiento. Esto puede dar lugar a autoclaves a gran escala que requieren una importante inversión inicial en equipamiento, con importantes costes de cimentación, instalación y equipos auxiliares.

15

20

En el caso de los autoclaves a gran escala, su gran masa térmica y su gran volumen para recibir una variedad de geometrías de componentes requieren un uso significativo de energía y gas, lo que repercute en los costes de su funcionamiento. Se requiere un tiempo y una energía considerables para calentar y bombear el gas calentado al autoclave, y hay que bombear gas calentado adicional y mantenerlo o reponerlo hasta que el autoclave y su contenido hayan alcanzado la temperatura de procesamiento y el tiempo de proceso deseados, lo que aumenta aún más los costes de funcionamiento.

25

Los autoclaves de gran tamaño también pueden dificultar el flujo eficaz de la cadena de montaje en el entorno de una fábrica, dada su instalación sobre una cimentación específica y el uso de tanques de almacenamiento de gas, como para el nitrógeno inerte, que deben colocarse en una pared exterior. Además, la gran escala, el coste y los gastos de funcionamiento de los autoclaves hacen que su uso al final de todo el proceso de fabricación de preendurecimiento en un lugar centralizado, sea la norma. El transporte de los componentes hacia y desde el autoclave puede no permitir un procesamiento optimizado de los componentes en una configuración de fabricación en línea continua o en movimiento. Y el tiempo inherente requerido para el calentamiento, la presurización y el enfriamiento de tales autoclaves impide aún más el tiempo de procesamiento eficiente y el funcionamiento de la fábrica.

30

35

Por lo tanto, sería deseable disponer de un método y un aparato que tuvieran en cuenta al menos algunas de las cuestiones tratadas anteriormente, así como otras posibles.

40

El resumen de US 4 997 511 A, afirma: "un método y un aparato para fabricar en serie productos compuestos que comprende un autoclave novedoso con una cámara de vacío cilíndrica; una cámara de compresión cilíndrica que rodea la cámara de vacío; un diafragma reutilizable y flexible que define el límite entre las cámaras; y medios para suministrar calor y presión entre el diafragma y la cámara de compresión. Un núcleo o mandril se envuelve con una resina reforzada con fibra y se introduce en el autoclave dentro del diafragma flexible. Otra posibilidad es intercalar una pieza entre una capa de elastómero y una herramienta dura envolviéndola con cinta retráctil prescindible para dar cabida a una variedad de formas de pieza que tengan secciones transversales constantes o casi constantes en toda su longitud. A continuación, el autoclave se cierra herméticamente y se evacua, lo que hace que la membrana comprima la capa de resina contra su núcleo o mandril debido a la presión atmosférica o superior en la cámara de compresión. A continuación, se calienta el autoclave para curar la resina. Posteriormente, se desprecinta el autoclave y se retira el producto acabado, quedando el autoclave inmediatamente disponible para su reutilización".

45

50

El resumen de WO 2021/032430 A1, afirma: "la invención se refiere a un método y un dispositivo para producir un componente a partir de un material compuesto de fibras (2), que comprende los pasos de: - introducir una pluralidad de capas (10, 11) de fibras impregnadas con una matriz en un molde interior (3) dentro de un espacio de molde (9) formado entre el molde interior (3) y un molde exterior (4), - colocando una membrana (6) sellada contra el molde exterior sobre las fibras impregnadas con la matriz de manera que se forme una cavidad (7) entre el molde exterior (4) y la membrana (6), cuya cavidad se extiende a lo largo de la superficie lateral del molde exterior, y - sometiendo la cavidad (7) a un fluido a presión controlable por temperatura a una temperatura superior al punto de fusión de la matriz y a una presión superior a la presión ambiente, de manera que el fluido a presión controlable por temperatura actúe con la presión sobre la membrana. Para producir un componente que tenga al menos una capa de refuerzo, que tenga una superficie especialmente lisa y sin escalones, se propone que al menos una capa de refuerzo (11), que tenga una extensión menor y fibras alineadas predominantemente de forma paralela, se coloque localmente en una parte del lado de una capa base (10) que dé al molde exterior (4). Posteriormente, una membrana (6) con una profundidad de rugosidad media inferior a 1,0 µm, preferentemente inferior a 0,1 µm, ejerce una presión fija sobre el componente (2) en la cavidad".

55

60

65

Breve Descripción de la Invención

Las realizaciones descritas en la presente proporcionan autoclaves que reciben preformas que han sido colocadas en parte de un proceso de fabricación en conducto continuo. Los autoclaves están dimensionados para recibir tipos específicos de preformas e incluyen superficies interiores que se corresponden con los contornos definidos por las preformas. Una ventaja técnica es que esto reduce la cantidad de volumen y masa que se calienta dentro del autoclave, lo que reduce el tiempo de ciclo y aumenta la eficacia. Además, los autoclaves descritos en la presente pueden permitir que una pieza de material compuesto endurecido salga continuando en la misma dirección en la que se entró en el autoclave. Esto ahorra espacio en la fábrica, reduciendo los gastos.

A continuación, pueden describirse otras realizaciones ilustrativas (por ejemplo, métodos y medios legibles por ordenador relacionados con las realizaciones anteriores). Las características, funciones y ventajas que se han discutido se pueden lograr de forma independiente en varias realizaciones o se pueden combinar en otras realizaciones más detalles de los cuales se pueden ver con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

Descripción de los dibujos

A continuación, se describen algunas realizaciones de la presente divulgación, sólo a modo de ejemplo, y con referencia a los dibujos adjuntos. El mismo número de referencia representa el mismo elemento o el mismo tipo de elemento en todos los dibujos.

La FIGURA 1 es un diagrama de bloques de un sistema de ensamble en conducto que incluye un autoclave en una realización ilustrativa.

La FIGURA 2 es un diagrama de flujo que ilustra un método de funcionamiento de un sistema de ensamble en línea para endurecer una preforma en un autoclave una realización ilustrativa.

La FIGURA 3 es una vista en perspectiva de una preforma que se introduce en un autoclave en una realización ilustrativa.

La FIGURA 4 es una vista en perspectiva de un autoclave en el que se ha insertado un mandril de laminación en una realización ilustrativa.

Las FIGURAS 5A-5C son vistas del autoclave de la FIGURA 4 en una realización ilustrativa.

La FIGURA 5D es una vista de otro mandril de laminación y autoclave para un panel de ala en una realización ilustrativa.

La FIGURA 5E representa una variedad de regímenes de junta para un autoclave en una realización ilustrativa.

La FIGURA 6 es una vista lateral de un mandril de laminación que incluye regiones extendidas para la junta a un autoclave en una realización ilustrativa.

La FIGURA 7 es una vista superior de un autoclave y una estación de preparación en una realización ilustrativa.

Las FIGURAS 8-12 son diagramas de flujo que ilustran otras técnicas de funcionamiento de mandriles de laminación y autoclaves complementarios en realizaciones ilustrativas.

La FIGURA 13 representa un método 1300 de traslado de una preforma fuera de una sala blanca en una realización ilustrativa.

La FIGURA 14 es un diagrama de flujo de la metodología de producción y servicio de aeronaves en una realización ilustrativa.

La FIGURA 15 es un diagrama de bloques de una aeronave en una realización ilustrativa.

Descripción

Las figuras y la siguiente descripción proporcionan realizaciones ilustrativas específicas de la divulgación. Así pues, se apreciará que los expertos en la materia podrán idear diversas disposiciones que, aunque no se describan o muestren explícitamente en la presente, encarnan los principios de la divulgación y se incluyen en el ámbito de la misma. Además, todos los ejemplos descritos en la presente pretenden ayudar a comprender los principios de la divulgación y deben interpretarse sin limitación a los ejemplos y condiciones específicamente citados. Como resultado, la divulgación no está limitada a las realizaciones o ejemplos específicos descritos a continuación, sino por las reivindicaciones.

Los fuselajes pueden implementarse como piezas compuestas. Las piezas de material compuesto, como las de polímero reforzado con fibra de carbono (CFRP), se colocan inicialmente en varias capas que juntas se denominan preforma. Las fibras individuales dentro de cada capa de la preforma están alineadas paralelamente entre sí, pero las distintas capas pueden presentar diferentes orientaciones de las fibras con el fin de aumentar la resistencia de la pieza de material compuesto resultante a lo largo de diferentes dimensiones. Alternativamente, la preforma también puede incluir tejido de fibras o materiales con fibras aleatorias o discontinuas. La preforma puede incluir una resina viscosa que se solidifica para endurecer la preforma y convertirla en una pieza de material compuesto. La fibra de carbono que ha sido impregnada con una resina termoestable no curada o una resina termoplástica se denomina "preimpregnado". Otros tipos de fibra de carbono incluyen la "fibra seca", que no ha sido impregnada con resina termoendurecible pero puede incluir un agente adherente o aglutinante. La fibra seca puede infundirse con resina antes del curado. En el caso de las resinas termoestables, el endurecimiento es un proceso unidireccional denominado curado, mientras que en el caso de las resinas termoplásticas, la resina puede alcanzar una forma viscosa si se vuelve a calentar.

La FIGURA 1 es un diagrama de bloques de un sistema de ensamble en conducto 100 que incluye un autoclave 180 para endurecer preformas (es decir, curar preformas termoestables, recalentar y consolidar preformas termoplásticas) en piezas compuestas en una realización ilustrativa. El sistema de ensamble en línea 100 comprende cualquier sistema,

dispositivo o componente operable para pulsar iterativamente una preforma 170 para una sección de medio cilindro giratorio del fuselaje (u otra sección arqueada del fuselaje que comprenda piel y larguerillos) en una dirección de proceso 179. En esta realización, el sistema de ensamble del conducto 100 incluye un autoclave 180 que endurece la preforma 170 mediante la aplicación de calor y presión.

5

La preforma 170 se coloca en un mandril de laminación 120 que avanza en una dirección de proceso 179 a lo largo de una planta de fabricación 110, y es conducido por un vehículo autónomo guiado (AGV) 130 o a lo largo de una pista 132 que conduce al autoclave 180. El mandril de laminación 120 incluye un perímetro 121. Una placa de calafateo 160 (o una bolsa de vacío) se coloca sobre la preforma 170, y sigue un contorno 162 de la preforma 170. Una superficie de laminación 123 (véase la FIGURA 5A) del mandril de laminación 120 define el contorno 162 de la preforma 170. La placa de calafateo 160 sella la preforma 170 al mandril de laminación 120 antes de sellar el mandril de laminación 120 a una superficie interior 186 del autoclave 180. En esta realización, la placa de calafateo 160 se junta mediante vacío al mandril de laminación 120 (por ejemplo, mediante un sistema de vacío interno al mandril de laminación 120), lo que da lugar a la aplicación de una fuerza de consolidación a la preforma 170. En otras realizaciones, se utiliza una bolsa de vacío (por ejemplo, la bolsa de vacío 714) para llevar a cabo esta tarea. Durante el funcionamiento, el mandril de laminación 120 se introduce en una porción hueca (por ejemplo, el pasadizo 189) del autoclave 180 a través de la entrada 722. Mientras el mandril de laminación 120 está introducido en el autoclave 180, el mandril de laminación 120 y el autoclave 180, junto con las juntas perimetrales 150 y la placa de revestimiento 160, definen una cámara de presión 187 (denominada en la presente como cámara de vacío, de presión, presurizada o sellada) para la preforma 170. Las juntas perimetrales 150 del mandril de laminación 120 sellan contra una superficie interior 186 del autoclave 180, lo que hace que el autoclave 180 y el mandril de laminación 120 formen juntos la cámara de presión 187 en la que se calienta la preforma 170. Es decir, las juntas perimetrales 150 sellan un perímetro 121 del mandril de laminación 120 a la superficie interior 186 del autoclave 180. En esta realización, el mandril de laminación 120 también incluye juntas de entrehierro 124, que pueden comprender barreras térmicas rígidas o de otro tipo para sellar el entrehierro 310 (por ejemplo, un entrehierro arqueado) abrazando al autoclave 180 para formar una cámara de presión 187 (es decir, cualquier cámara sellada/sellable capaz de soportar una cantidad de presión diferente a la atmosférica). Las juntas de entrehierro 124 se montan mediante articulaciones 125 en el mandril de laminación 120. Las juntas de entrehierro 124 pueden tener forma de arco y estar formadas por segmentos rígidos de material. Aunque se habla de juntas de entrehierro 124 montadas sobre bisagras, no son más que una forma de sellado en un autoclave 180, y pueden utilizarse otros tipos de juntas para engranar el mandril de laminación 120, la placa de calafateo 160 y el autoclave 180 con el fin de formar la cámara de presión 187.

10

15

20

25

30

Como la superficie interior 186 del autoclave 180 sigue el contorno 162 de la preforma 170, es complementaria del contorno 162 y está separada sólo por una pequeña distancia (por ejemplo, un entrehierro 310) del contorno 162 (por ejemplo, menos de 25,4 cm (diez pulgadas), como menos de 5,08 cm (dos pulgadas)). Esto significa que el calor y la presión aplicados a la cámara de presión 187 se aplican a un volumen menor que en los autoclaves tradicionales, lo que aumenta la eficacia del calentamiento y la velocidad de endurecimiento. Esto también significa que el autoclave 180 tiene menos masa térmica y que pueden utilizarse equipos más pequeños para presurizar el autoclave 180 (por ejemplo, con gas nitrógeno u otros fluidos inertes).

35

40

Los calentadores 182 están dispuestos dentro del autoclave 180 bajo un recubrimiento aislante 188. En esta realización, el recubrimiento aislante 188 incluye paletas 184 que proporcionan un refuerzo estructural al autoclave 180 y facilitan la disipación del calor después de que el autoclave 180 haya completado un ciclo de calentamiento. Los calefactores 182 en el autoclave 180 y los calefactores 122 en el mandril de laminación 120 pueden comprender calefactores radiantes que aumentan una temperatura de la cámara. En una realización, los calentadores 122/182 se controlan zonalmente para garantizar que la temperatura se mantiene dentro de un rango esperado de manera uniforme en toda la superficie de la preforma 170. Al supervisar y ajustar continuamente la cantidad de calor aplicada por los calentadores 122/182 zona por zona, se controla con precisión la temperatura de la preforma 170 en toda ella.

45

50

Los calentadores 122/182 están aislados del exterior del autoclave 180 y del interior del mandril de laminación 120 por el recubrimiento aislante 188 y el recubrimiento aislante 128, respectivamente. Las cubiertas aislantes 128/188 pueden comprender regiones selladas al vacío u otras regiones aisladas térmicamente. Un sistema de presión 190 controla una presión en la cámara de presión 187 durante el endurecimiento/procesamiento, por ejemplo, estirando un vacío dentro de la cámara de presión 187 o aumentando una presión de la cámara de presión 187. En esta realización, también se proporcionan respiraderos 183 para conducir gas calentado a una cámara de vacío 187 formada entre el mandril de laminación 120, el autoclave 180, las juntas perimetrales 150 y la placa de calafateo 160. La inclusión de calentadores 122/182 en el mandril de laminación 120 y el autoclave 180 reduce la distancia entre los calentadores 122/182 y la preforma 170, lo que aumenta la eficacia de la transferencia de calor. El uso de una cámara de presión 187 de "tamaño adecuado" que tenga poco exceso de volumen garantiza que el sistema de ensamblaje del conducto 100 utilice menos gas (por ejemplo, gas nitrógeno u otro fluido inerte), lo que reduce los costes de material y también el tiempo de ciclo de calentamiento. Las cámaras de presión 187 comentadas en la presente reducen así la masa térmica y la complejidad de la estructura del autoclave, lo que reduce la cantidad de gas a presión que es necesario almacenar.

55

60

En algunas realizaciones, la cámara de aire 199 está dispuesta en la preforma 170, y soporta estructuralmente cualquier interior hueco adecuado 170-1 de la preforma 170 (por ejemplo, un interior hueco 170-1 de un cordón de sombrero dispuesto en la preforma 170), evitando así que el interior hueco 170-1 se colapse durante el procesado. Por tanto, la cámara de aire 199 está dispuesta debajo de una placa de calafateo 160 o de una bolsa de vacío que se utiliza para

65

consolidar la preforma 170. De este modo, la cámara de aire 199 sostiene un interior hueco 170-1 de la preforma 170 contra la compactación causada por la presión aplicada por el autoclave 180. La cámara de aire 199 comunica con una cámara de presión 187 formada por el autoclave 180, lo que significa que cuando la cámara de presión 187 se presuriza, la cámara de aire 199 también se presuriza y, por tanto, se infla. De este modo, la cámara de aire 199 se infla mediante la presión de la cámara de presión 187.

Tras el calentamiento, las paletas 184 del autoclave 180 facilitan el enfriamiento del autoclave 180 hasta una temperatura de manipulación en la que el mandril de laminación 120 y la pieza de material compuesto 714 se retiran en la dirección de proceso 179, y puede insertarse un siguiente mandril de laminación 120 desde corriente arriba. En otra realización, dos mandriles de laminación 120 se disponen en serie o en tándem, y se introducen en el autoclave 180 al mismo tiempo. En tales realizaciones, cada mandril de laminación 120 puede estar junta al autoclave 180 para cerrar una puerta/entrada diferente (por ejemplo, la entrada 722 o la salida 724) del autoclave 180. A continuación, se introduce el siguiente mandril de laminación 120 en el autoclave 180 y se repite el proceso. Esta disposición técnica única, que permite que un mandril de laminación 120 defina parte del límite de una cámara 187 del autoclave 180, ahorra energía y tiempo. Además, como el autoclave 180 tiene menos masa térmica que los autoclaves tradicionales, puede calentarse y enfriarse rápidamente, lo que reduce el tiempo de ciclo y aumenta el rendimiento.

En esta realización, el propio autoclave 180 forma parte de un límite o pasillo cerrado 189 entre un entorno de sala blanca 177 y una región/entorno de ensamblaje 178 (que no funciona como un entorno de sala blanca). Por ejemplo, el autoclave 180 puede colocarse a través de un límite 192, como una cubierta o pared que impida la entrada de polvo en el entorno de la sala blanca 177, con entrada 722 en el entorno de la sala blanca 177. Así, el autoclave 180 forma una porción de un límite de un entorno de sala blanca 177. Una vez finalizada la transformación de la preforma 170 en una pieza compuesta 714, la pieza compuesta abandona el autoclave 180 por la salida 724 y entra en la región de ensamble 178.

Para reiterar lo anterior, el autoclave 180 incluye una superficie interior 186 configurada para recibir deslizadamente un mandril de laminación 120, y para formar una cámara de presión 187 en combinación con el mandril de laminación 120 después de que el mandril de laminación 120 haya sido recibido deslizadamente, y define además un entrehierro arqueado o contorneado 310 definido por la superficie interior 186 que está configurado para recibir una junta 124 que sella el mandril de laminación 120 a la superficie interior 186. El mandril de laminación 120 define un contorno para una preforma 170, e incluye las juntas perimetrales 150 que sellan el mandril de laminación 120 al autoclave 180 cuando el mandril de laminación 120 se desliza en el autoclave 180, y las juntas de entrehierro 124 que sellan el entrehierro 310 (por ejemplo, un entrehierro arqueado) entre el mandril de laminación 120 y el autoclave 180 después de que el mandril de laminación 120 se deslice en el autoclave 180. De este modo, el mandril de laminación arqueado 120 y el autoclave arqueado 180 forman arcos complementarios.

En una realización, las preformas 170 se calientan en un autoclave 180, que funciona como una estación dedicada con un pulso de longitud completa correspondiente a la longitud de una sección de medio cilindro giratorio del fuselaje. Por lo tanto, puede haber una línea de ensamble para el laminado antes del autoclave 180 y una línea de ensamble después del autoclave 180 con secciones de medio cilindro giratorio superior e inferior en el conducto en serie. Cuando las secciones de medio cilindro giratorio inferiores se encuentran corriente abajo de las secciones de medio cilindro giratorio superiores, las secciones de medio cilindro giratorio inferiores reciben cada tipo de trabajo antes que las secciones de medio cilindro giratorio superiores correspondientes. Por ejemplo, la sección del medio cilindro inferior puede endurecerse antes que la sección del medio cilindro superior, recibir marcos antes que la sección del medio cilindro superior, etc. En una realización, la sección del medio barril superior y la sección del medio barril inferior se curan conjuntamente en un autoclave en tándem, pero la sección del medio barril inferior sale del autoclave y entra primero en una línea de montaje. En una realización, dos secciones de medio cilindro giratorio son procesadas al mismo tiempo por el mismo autoclave 180. Los mandriles de laminación 120 para las secciones de medio cilindro giratorio se disponen en tándem y se sellan juntos o de forma independiente al autoclave 180 y se procesan al mismo tiempo.

Un controlador 197, que comprende un procesador 197-1 y una memoria 197-2, gestiona las operaciones de los diversos componentes descritos en la presente, incluidos, por ejemplo, los calentadores 122/182, el sistema de presión 190, el autoclave 180, etc., para llevar a cabo los métodos descritos en la presente. En una realización, el controlador 197 se implementa como circuitos personalizados, como un procesador de hardware que ejecuta instrucciones programadas almacenadas en la memoria, o alguna combinación de los mismos.

Otros detalles del funcionamiento del sistema de ensamble en línea 100 se discutirán con respecto a la FIGURA 2. Supongamos, para esta realización, que el mandril de laminación 120 ha recibido una preforma 170, y que la preforma 170 se ha sellado sobre el mandril de laminación 120 mediante la aplicación de la placa de revestimiento 160. Por lo tanto, la preforma 170 está lista para ser endurecida en una pieza compuesta 714.

La FIGURA 2 es un diagrama de flujo que ilustra un método de funcionamiento de un sistema de ensamble en línea para endurecer una preforma en un autoclave una realización ilustrativa. Los pasos del método 200 se describen con referencia al sistema de ensamble en línea 100 de la FIGURA 1, pero los expertos en la materia apreciarán que el método 200 puede realizarse en otros sistemas. Los pasos de los diagramas de flujo descritos en la presente no son exhaustivos y pueden incluir otros pasos no mostrados. Los pasos descritos en la presente también pueden realizarse en un orden alternativo. Además, aunque los pasos aquí descritos se refieren a secciones de medio cilindro, pueden aplicarse a cualquier sección

arqueada adecuada del fuselaje, como secciones de cilindro completo, secciones de un cuarto de cilindro u otros tamaños de segmento. En otras realizaciones, los autoclaves están dimensionados para endurecer cualquier estructura adecuada, como paneles de ala, largueros, tramas, vigas de piso, estabilizadores, puertas, etc. En tales casos, el recubrimiento aislante 188 del autoclave está dimensionado y conformado para ser complementario a un contorno de un mandril de laminación 120 para tales componentes, y la junta perimetral 150 se utiliza para sellar el mandril de laminación 120 al autoclave 180. En una realización, antes de la junta, una o más cámaras de aire 199 se disponen en una preforma 170 (paso opcional 200-1). Estas cámaras de aire 199 soportan estructuralmente uno o varios interiores huecos 170-1 de la preforma 170.

El paso 201 incluye el sellado de una placa de calafateo 160 a un mandril de laminación 120 encima de una preforma 170. Para ello, se pega con cinta adhesiva, se adhiere por succión, se sella al vacío o se fija de cualquier otro modo la placa de calafateo 160 contra la preforma 170, impidiendo al mismo tiempo que el flujo de aire atraviese la placa de calafateo 160 para llegar a la preforma 170. La etapa 202 incluye el avance del mandril de laminación 120 portador de la preforma 170 en una dirección de proceso 179. Esto puede comprender el accionamiento del mandril de laminación 120 a través del AGV 130, o el avance del mandril de laminación 120 a través de las orugas 132 que se acoplan al autoclave 180. En una realización, el mandril de laminación 120 ya ha avanzado en la dirección de proceso 179 a través de múltiples estaciones de laminación, así como de una estación de preparación en la que la preforma 170 se junta al mandril de laminación 120. Esto puede incluir el sellado de una placa de junta 160 al mandril de laminación 120 antes de introducir el mandril de laminación 120 en el autoclave 180. En tales realizaciones, la propia placa de calafateo 160 funciona como una bolsa de vacío para la preforma 170.

El paso 204 incluye alinear el mandril de laminación 120 para su inserción en el autoclave 180, que tiene una superficie interior 186 que sigue/es complementaria a un contorno 162 de la preforma 170. Esto puede comprender la laminación del mandril de recubrimiento 120 en posición tal que al conducir el mandril de recubrimiento 120 en la dirección de proceso 179 se produzca la inserción del mandril de recubrimiento 120 en el autoclave 180 a través de la entrada 722. Así, a diferencia de los autoclaves que definen por sí mismos todas las paredes/límites de una cámara de presión, un autoclave 180 del método 200 forma una cámara de presión 187 junto con el mandril de laminación 120 y cualesquiera juntas perimetrales 150, juntas de entrehierro 124, y/o cubiertas 128. Las juntas y/o cubiertas encajan en la cubierta del autoclave 188, que puede estar abierta longitudinalmente en el suelo de la fábrica.

En el paso 206, el AGV 130 (o un remolcador, o una carretilla manual) conduce el mandril de laminación 120 en la dirección de proceso 179 hacia el interior del autoclave 180 a través de la entrada 722, anidando así la preforma 170 en la superficie interior 186 del autoclave 180. Esto puede comprender la alineación de las juntas perimetrales 150 con una característica complementaria 185 (por ejemplo, una ranura o saliente) en la superficie interior 186, y el acoplamiento de las juntas perimetrales 150 con la característica complementaria 185 en la superficie interior 186 para formar un límite hermético. En otras realizaciones, se forma una junta hermética sin necesidad de la característica complementaria 185, dimensionando cuidadosamente las juntas perimetrales 150. Dado que la superficie interior 186 sigue el contorno 162, al introducir el mandril de laminación 120 en el autoclave 180 se produce un entrehierro 310 entre la superficie interior 186 del autoclave 180 y el contorno 162 de la preforma 170 de menos de 25,4 cm (diez pulgadas) (por ejemplo, menos de 5,08 cm (dos pulgadas)). La junta hermética puede conseguirse mediante la compresión de un revestimiento o forro flexible en las juntas perimetrales 150, que se produce cuando las juntas perimetrales 150 se introducen en la característica complementaria 185 del autoclave 180. En otras realizaciones, se introducen en el autoclave 180 pares de mandriles de laminación 120 en serie. Por ejemplo, pares de mandriles de laminación 120 que lleven secciones separadas de medio cilindro giratorio (que más tarde se unirán en una sección de cilindro completo después de que las secciones de medio cilindro se hayan endurecido y desmoldeado), pueden colocarse ambos en el autoclave 180 en serie, de tal forma que un mandril de laminación 120 esté corriente abajo del otro mandril de laminación 120 dentro del autoclave 180. El sellado de una bolsa de vacío 717 al mandril de laminación 120 puede realizarse antes de sellar el mandril de laminación 120 en el autoclave 180 (paso opcional 207).

En el paso 208, el mandril de laminación 120 se junta en el autoclave 180. Esto puede comprender el entrehierro 310 entre el mandril de laminación 120 y el autoclave 180 en uno o ambos extremos (por ejemplo, la entrada 722 y la salida 724) del autoclave 180 a lo largo de la dirección de proceso 179. La junta puede consistir en cerrar el entrehierro con cinta adhesiva, o en cerrar el entrehierro con una placa sólida sujeta con abrazaderas (no mostrada) que actúe de intermediaria entre la superficie interior 186 y el mandril de laminación 120. En algunas realizaciones, el sellado puede comprender juntas de entrehierro 124 que sellan el entrehierro 310 entre el mandril de laminación 120 y el autoclave 180 después de que el mandril de laminación 120 se desliza en el autoclave 180. En una realización, un perímetro 121 del mandril de laminación 120 se junta a la superficie interior 186 del autoclave 180 (paso opcional 209). En las realizaciones con múltiples mandriles de laminación 120 colocados en el autoclave (por ejemplo, en serie), cada mandril de laminación 120 puede juntas una entrada separada (por ejemplo, la entrada 722 o la salida 722) (o una porción de la misma) del autoclave 180. Cuando los mandriles de laminación 120 están dispuestos en serie, cada uno puede sellarse por separado, o los mandriles de laminación 120 pueden utilizar técnicas de sellado/unión en tándem (por ejemplo, cuando un mandril de laminación 120 forma una junta corriente arriba con el autoclave 180, y otro mandril de laminación 120 forma una junta corriente abajo con el autoclave 180). Una vez completada la junta, el mandril de laminación 120 define un límite inferior del autoclave 180 (es decir, un límite inferior de una cámara de presión 187 en el autoclave 180). En una realización, el sellado del mandril de laminación 120 en el autoclave 180 comprende el sellado de un entrehierro arqueado 310 entre la preforma 170 y la superficie interior 186 del autoclave 180.

El paso 210 incluye el endurecimiento de la preforma 170 en una pieza compuesta 714 mediante la aplicación de calor y presión dentro del autoclave 180. Para las preformas termoestables, esto comprende calentar la preforma 170 a una temperatura de curado y aplicar presión para consolidar dicha preforma 170 en una forma deseada. Para las preformas termoplásticas, esto puede comprender el aumento de una temperatura de la preforma 170 hasta una temperatura de fusión del termoplástico dentro de la preforma 170, la consolidación de la preforma 170 bajo presión y el enfriamiento de la preforma 170 hasta que se endurezca/consolide en una pieza compuesta 714. El endurecimiento de la preforma 170 puede comprender la activación de los calentadores 122 en el mandril de laminación 120 que están dispuestos debajo de la preforma 170 (por ejemplo, debajo de la superficie de laminación 123), y/o la activación de los calentadores 182 en el autoclave 180 que están dispuestos fuera de la superficie interior 186. Los calentadores 182 y/o 122 pueden comprender calentadores resistivos 126, susceptores 127 que responden a campos electromagnéticos, etc. Durante el endurecimiento, una o más cámaras de aire 199 pueden soportar uno o más interiores huecos 170-1 de la preforma 170 contra la compactación causada por la presión aplicada por el autoclave 180 (paso opcional 211).

Una vez endurecida la pieza de material compuesto 714, se desprecintará el autoclave 180, y el mandril de laminación 120 podrá avanzar en la dirección de proceso 179 fuera del autoclave 180 a través de la salida 724 para recibir más trabajo. La etapa 212 incluye la retirada de la placa de calafateo 160, la realización de cualquier recorte o mecanizado posterior al endurecimiento que se desee y el desmoldeo de la pieza de material compuesto 714. A continuación, la pieza de material compuesto 714 recibe trabajos adicionales (por ejemplo, instalación de tramas en la pieza de material compuesto, instalación de ventanas en la pieza de material compuesto) y se limpia el mandril de laminación 120.

La FIGURA 3 es una vista en perspectiva de una preforma 170 que se introduce en un autoclave 180 (por ejemplo, bajo un recubrimiento aislante 188 del autoclave 180) en una realización ilustrativa. La FIGURA 3 ilustra cómo el mandril de laminación 120 forma un límite del autoclave 180 en la dirección de proceso 179, e ilustra además las juntas perimetrales 150 entrelazadas con el autoclave 180. Las juntas de entrehierro 124 se bloquean con una cubierta 188 del autoclave 180 para sellar los extremos del mandril de laminación 120 en su sitio. Es decir, las juntas de entrehierro 124 cierran la cámara de presión 187 salvando los entrehierros entre el mandril de laminación 120 y el autoclave 180 (por ejemplo, en la entrada 722 y la salida 724, no mostradas en la FIGURA 3).

Además, la FIGURA 3 ilustra que el entrehierro arqueado 310 entre el mandril de laminación 120 y la superficie interior 186 del autoclave 180 sigue siendo estrecho (es decir, inferior a 25,4 cm (diez pulgadas)) a lo largo de todo el contorno 162 de la preforma 170. Es decir, un volumen entre el mandril de laminación 120 y el autoclave 180 está diseñado para mantenerse al mínimo para eliminar la cantidad de espacio de aire muerto que debe calentarse y/o presurizarse durante el funcionamiento. Esta reducción de la energía almacenada reduce drásticamente los planteamientos de gestión de la seguridad y la complejidad del sistema en comparación con un autoclave tradicional. Este volumen reducido ofrece la oportunidad de un control zonal o local de la calefacción y la presurización si se desea.

La FIGURA 4 es una vista en perspectiva de un autoclave 180 en el que se ha insertado un mandril de laminación 120 en una realización ilustrativa. En esta realización, se ha colocado un único mandril de laminación 120 en el autoclave 180. Sin embargo, en otras realizaciones, pueden colocarse varios de los mandriles de laminación 120 en el autoclave 180 para su curado a la vez.

La FIGURA 5A, que se corresponde con las flechas de vista 5A de la FIGURA 4, muestra un mandril de laminación 120 antes de la laminación mientras espera su entrada en un autoclave 180. La superficie de laminación 123 del mandril de laminación 120 define un contorno 162, y el mandril de laminación 120 incluye calentadores 122 bajo la superficie de laminación 123. En la FIGURA 5B, el laminado se ha completado y el mandril de laminación 120 está cubierto por una preforma 170 y una placa de calafateo 160.

La FIGURA 5C es una vista en extremo del autoclave 180 de la FIGURA 4 en una realización ilustrativa, y se corresponde con las flechas de vista 5C de la FIGURA 4. La FIGURA 5C deja claro que el entrehierro 310 entre las resistencias 122 y 182 está sellado por una cubierta 500 dispuesta entre el mandril de laminación 120 y el autoclave 180. La cubierta 500 tiene forma anular, y puede comprender una herramienta rígida o un componente flexible que aisle térmicamente el autoclave 180 y esté sellado a éste. En esta realización, el autoclave 180 forma un límite superior 512 de una cámara de presión 510, mientras que el mandril de laminación 120 (o un calafateo o preforma moldeada en él) forma un límite inferior 514 de la cámara de presión 510. Pueden aplicarse juntas en la región 5E para formar una cámara de presión 187. La FIGURA 5D es una vista de otro mandril de laminación 560 y del autoclave 550 para un panel de ala en una realización ilustrativa. En esta realización, el mandril de laminación 560 se introduce en un autoclave 550 que incluye soportes 552, pared inferior 554 y pared superior 556. Una preforma 580 se coloca sobre un contorno 562 del mandril de laminación 560, y una placa de cubierta 570 cubre la preforma 580. Juntas, la pared superior 556, los soportes 552 y la placa de calafateo 570 forman una cámara de presión 590 para endurecer la preforma 580. Las juntas perimetrales 592 forman los límites de la cámara de presión 590 dentro y fuera de la página. Para los componentes de diferentes dimensiones, las juntas perimetrales 592 siguen las diferentes dimensiones de los mandriles de laminación de dichos componentes.

La FIGURA 5E representa una variedad de regímenes de junta para un autoclave 180 en una realización ilustrativa, y se corresponde con la región 5E de la FIGURA 5C. En una primera disposición 500-10 representada a la izquierda, las juntas 500-40 contactan directamente con una pared del autoclave 500-30, y contactan directamente con una placa de calafateo

500-50 que contacta con una superficie del mandril de laminación 500-20. En una segunda disposición 500-12, las juntas 500-40 entran directamente en contacto con la placa 500-50, que a su vez entra directamente en contacto con la pared 500-30 del autoclave. Las juntas 500-40 también entran en contacto directo con la superficie del mandril de laminación 500-20. En una tercera disposición 500-14, las juntas 500-40 puentean de forma independiente la pared 500-30 del autoclave y la superficie 500-20 del mandril de laminación, y la placa 500-50 termina antes de alcanzar las juntas 500-40.

La FIGURA 6 es una vista lateral de un mandril de laminación 610 que incluye regiones extendidas para la junta a un autoclave en una realización ilustrativa. El mandril de laminación 610 puede utilizarse para facilitar la fabricación de una sección de fuselaje que tenga una sección transversal o una longitud menores que otras secciones de fuselaje que se estén fabricando mediante autoclave. El propio mandril de laminación 610 tiene una longitud L correspondiente a una longitud del autoclave, e incluye regiones extendidas 620 y 630 que tienen alturas H (y/o arcos de sección transversal) que se corresponden con las entradas/salidas del autoclave. De este modo, las regiones ampliadas 620 y 630 pueden sellarse al autoclave, ya que el mandril de laminación 610 está dimensionado para adaptarse al autoclave, independientemente de un tamaño de la preforma que se esté endureciendo. Mientras tanto, una región de laminación 640 está dimensionada con un contorno para una preforma que es más pequeña que otras preformas utilizadas para el autoclave. Así, la región de laminación 640 puede presentar un diámetro, una altura o una longitud menores que el autoclave, pero esto se compensa con las dimensiones del mandril de laminación 610.

La FIGURA 7 es una vista superior de un autoclave y una estación de preparación en una realización ilustrativa. La FIGURA 7 ilustra mandriles de laminación 710 que reciben preformas 170, y reciben placas de calafateo 716 y/o bolsas de vacío 717 en la estación de preparación 718. Los mandriles de laminación 710 están dispuestos en serie para su inserción en un autoclave 720 que tiene la entrada 722 en una primera ubicación y la salida 724 en una segunda ubicación separadas por una distancia en una dirección de proceso 779. En una realización, el autoclave 720, la entrada 722 y la salida 724 son todos arqueados. Estos procesos también pueden utilizarse, modificando la geometría según sea necesario, para facilitar la fabricación de paneles, largueros, costillas o tramas de las alas. El autoclave 720 forma una porción de una cámara de presión arqueada que se completa insertando un mandril de laminación 710 en el autoclave 720 y sellando el mandril de laminación 710 en su posición.

Tras salir del autoclave 720, los mandriles de laminación 710 se dirigen a una estación de desmoldeo 730 que retira la placa 716 y/o realiza el desmoldeo al vacío, donde se desmolda una pieza de material compuesto 714 a partir de los mandriles de laminación 710. A continuación, los mandriles de laminación 710 y las placas de calafateo 716 se limpian y se devuelven a un punto inicial del conducto de fabricación para recibir una nueva preforma 170 para una pieza de material compuesto 714. La pieza de material compuesto 714 continúa en la dirección de proceso 779 para su procesamiento posterior al curado en una estructura del avión (por ejemplo, recibiendo fijaciones, instalaciones de ventanas, etc.). Este proceso garantiza que los mandriles de laminación 710 y las placas de calafateo 716 puedan reutilizarse de forma rápida y eficaz, sin que se formen productos de desecho y sin requerir una gran cantidad de espacio en la fábrica.

Las FIGURAS 8-11 son diagramas de flujo que ilustran otras técnicas de funcionamiento de mandriles de laminación y autoclaves complementarios en realizaciones ilustrativas. Estos métodos se describirán según el autoclave 180 de la FIGURA 1. La FIGURA 8 ilustra un método 800 de junta de un autoclave 180. El método incluye conducir o insertar un mandril de laminación 120 en una dirección de proceso 179 dentro de un autoclave 180 en el paso 802, y sellar una entrada 722 (y opcionalmente una salida 724) del autoclave 180 cerrado mediante juntas 124 montadas en el mandril de laminación 120 en el paso 804. El cierre de la entrada 722 puede comprender la abrazadera de las juntas 124 al autoclave 180 (paso opcional 806). Así, de acuerdo con los procesos descritos anteriormente, un mandril de laminación 120 se lleva a una distancia deseada (por ejemplo, un entrehierro 310) de un autoclave 180 (por ejemplo, una cubierta 188 del autoclave 180), las cámaras de aire 199 del mandril de laminación 120 se habilitan para recibir presión del autoclave 180, y el perímetro 121 del mandril de laminación 120 se sella al autoclave 180 para formar una cámara de presión 187, que se presuriza a continuación.

En otra realización, el método incluye además el calentamiento de una preforma 170 en el mandril de laminación 120 mediante calentadores 182 en el autoclave 180 y/o el calentamiento de una preforma 170 en el mandril de laminación 120 mediante calentadores 122 en el mandril de laminación 120. En otra realización, el método incluye además la fijación de una preforma 170 al mandril de laminación 120 mediante la junta de los bordes de una placa de calafateo 160 al mandril de laminación 120. En otra realización, al introducir el mandril de recubrimiento 120 en el autoclave 180 se forma una cámara de presión 187 entre el mandril de recubrimiento 120 y el autoclave 180. Esto implica juntar tres elementos separados (juntas perimetrales 150, placa de calafateo 160, autoclave 180) para formar una cámara de presión 187, y después retirar varios de los componentes cuando se haya completado el endurecimiento. En una realización aún mayor, el método también incluye conducir el mandril de laminación 120 en la dirección de proceso 179 fuera del autoclave 180 a través de la salida 724. En otra realización, el sellado de la entrada 722 comprende el sellado de un entrehierro arqueado 310 entre el mandril de laminación 120 y el autoclave 180, formando así una barrera de aislamiento térmico (paso opcional 808). Los conceptos expuestos en la presente pueden utilizarse para cualquier pieza adecuada de material compuesto, como paneles alares, costillas, largueros y/o tramas para el fuselaje de una aeronave. En tales realizaciones, la cubierta 188 del autoclave 180 está dimensionada (es decir, dimensionada y conformada) para ser complementaria al contorno (por ejemplo, el contorno 562 de la FIGURA 5D) del mandril de laminación 120 sobre el que se ha colocado una preforma 170. Este aspecto complementario permite que el propio mandril de laminación 120 forme un límite del autoclave 180 y que se utilice una junta perimetral 150 para sellar el autoclave 180 y el mandril de laminación 120 entre sí.

- La FIGURA 9 representa un método 900 de formación de una cámara de presión 187 en un autoclave 180. El método incluye conducir un mandril de laminación 120 en una dirección de proceso 179 dentro de un autoclave 180 en el paso 902, formar una cámara de presión 187 que tenga límites definidos por el mandril de laminación 120 y el autoclave 180 en el paso 904, e inflar una o más cámaras de aire 199 en una preforma 170, que ha sido colocada sobre el mandril de laminación 120, mediante la presión de la cámara de presión 187 en el paso 905. Las cámaras de aire 199 sostienen un interior hueco 170-1 de la preforma 170 contra la compactación. El método 900 incluye además el endurecimiento de la preforma 170 en el mandril de laminación 120 en una pieza compuesta 714 en el paso 906. El endurecimiento de la preforma 170 puede comprender el calentamiento de la preforma 170 con calentadores 122 en el mandril de laminación 120 y/o calentadores 182 en el autoclave 180 (paso opcional 912). En otra realización, el endurecimiento de la preforma 170 puede comprender el uso de gas calentado procedente de un sistema de presión 190 del autoclave 180 para presurizar la cámara de presión 187 (paso opcional 914). El método 900 incluye además la retirada del mandril de laminación 120 en el paso 908.
- En otra realización, la conducción del mandril de laminación 120 se realiza mediante un vehículo autónomo guiado (AGV) 130, mediante una carretilla, mediante ruedas, etc. En otra realización, el método 900 también incluye el desmoldeo de la pieza de material compuesto 714 a partir del mandril de laminación 120 (paso opcional 910). En otra realización, el autoclave 180 forma un primer límite de la cámara de presión 187, el mandril de laminación 120 forma un segundo límite de la cámara de presión 187 y las juntas perimetrales 150 forman un tercer límite. En otra realización, la cámara de presión 187 es arqueada, y la formación de una cámara de presión 187 comprende el sellado de un entrehierro arqueado 310 (así como de los bordes longitudinales) entre el mandril de laminación 120 y el autoclave 180 (véase el paso 804 de la FIGURA 8). En otra realización, el sellado del entrehierro arqueado 310 comprende la formación de una barrera térmicamente aislante (y que retiene la presión) (véase el paso 808 de la FIGURA 8).
- La FIGURA 10 ilustra un método 1000 de junta de un autoclave 180. El método incluye la conducción (por ejemplo, mediante un AGV, sobre raíles, manualmente, etc.) de un mandril de laminación 120 en una dirección de proceso 179 hacia un autoclave 180 en el paso 1002, y el calentamiento de una preforma 170 en el mandril de laminación 120 mediante calentadores 122 dispuestos en el mandril de laminación 120 y mediante calentadores 182 dispuestos en el autoclave 180 en el paso 1004. El calentamiento de la preforma 170 puede comprender la conducción de corriente a través de calentadores resistivos 126 en el mandril de laminación 120 y el autoclave 180 (paso opcional 1006), o la aplicación de un campo electromagnético a los susceptores 127 en el mandril de laminación 120 y el autoclave 180 (paso opcional 1008). En otra realización, la preforma 170 se calienta mediante gas presurizado y calentado bombeado a la cámara de presión 187 del autoclave 180. En una realización aún más, el calentamiento de la preforma 170 comprende aumentar una temperatura de la preforma 170 hasta una temperatura de curado de una resina termoestable dentro de la preforma 170 (paso opcional 1010), o calentar la preforma 170 comprende aumentar una temperatura de la preforma 170 hasta una temperatura de fusión de una resina termoplástica dentro de la preforma 170 (paso opcional 1012), tras lo cual la preforma 170 se enfría por debajo de la temperatura de fusión.
- En otras realizaciones, el método 1000 comprende además asegurar una preforma 170 al mandril de laminación 120 mediante la junta de los bordes de una placa de calafateo 160 al mandril de laminación 120. Una vez endurecida la preforma 170, el método 1000 puede comprender además la conducción del mandril de laminación 120 en la dirección de proceso 179 fuera del autoclave 180. Además, antes del calentamiento, el método 1000 puede comprender el sellado de un entrehierro 310 entre el mandril de laminación 120 y el autoclave 180 con una barrera térmicamente aislante (por ejemplo, una junta). El mandril de recubrimiento 120 está dimensionado para su extracción del autoclave 180 mediante un desplazamiento en la misma dirección de proceso 179 en la que el mandril de recubrimiento 120 se introdujo en el autoclave 180. Además, el mandril de laminación 120 forma un límite inferior de una cámara 187 del autoclave 180 mientras está insertado en el mismo.
- La FIGURA 11 representa un método 1100 de junta de un autoclave 180 en una realización ilustrativa. El método 1100 incluye la conducción (por ejemplo, mediante AGV 130, mediante raíles, mediante carretillas manuales, etc.) de un mandril de laminación 120 en una dirección de proceso 179 hacia un autoclave 180 en el paso 1102, y el sellado del mandril de laminación 120 al autoclave 180 mediante juntas 124/150, formando así una cámara de presión 187 delimitada por el mandril de laminación 120 y el autoclave 180 en el paso 1104. El método 1100 incluye además el endurecimiento de una preforma 170 en el mandril de laminación 120 hasta convertirla en una pieza de material compuesto 714 en el paso 1106, y la conducción del mandril de laminación 120 en la dirección de proceso 179 fuera del autoclave 180 en el paso 1108. El autoclave 180 funciona como un portal entre un entorno de precurado/cuarto limpio 177 y un entorno de postcurado (por ejemplo, la región de ensamblaje 178).
- En otra realización, la conducción del mandril de laminación 120 se realiza mediante un vehículo autónomo guiado (AGV) 130. El método 1100 puede incluir además el desmoldeo de la pieza de material compuesto 714 del mandril de laminación 120 (paso opcional 1110). En una realización, el endurecimiento de la preforma 170 comprende el calentamiento de la preforma 170 con calentadores 122 en el mandril de laminación 120 y/o calentadores 182 en el autoclave 180 (véase el paso 912 de la FIGURA 9). En una realización, al introducir el mandril de laminación 120 en el autoclave 180 se forma la cámara de presión 187 entre el mandril de laminación 120 y el autoclave 180 (es decir, después de que las juntas perimetrales 150 y/u otras juntas estén colocadas). En otra realización, al conducir el mandril de laminación 120 en la dirección de proceso 179 fuera del autoclave 180, el mandril de laminación 120 sale de un entorno de sala blanca 177.

Es decir, el mandril de laminación 120 se mantiene en un entorno de sala blanca 177 durante la laminación y la preparación, y después se traslada a un autoclave 180 que forma un límite entre el entorno de sala blanca 177 y un entorno que no es de sala blanca (por ejemplo, la región de ensamblaje 178). Una vez finalizado el endurecimiento, el mandril de laminación 120 avanza fuera del autoclave 180 hacia el entorno de la sala no limpia, donde se produce el desmoldeo y el recorte. A continuación, el mandril de laminación 120 se limpia y se devuelve al entorno de la sala blanca 177 para recibir una preforma 170 para otra pieza de material compuesto 714.

En una realización, el sellado del mandril de laminación 120 al autoclave 180 comprende el sellado de un entrehierro arqueado 310 entre el mandril de laminación 120 y el autoclave 180 (véase el paso 804 de la FIGURA 8). El sellado del entrehierro arqueado 310 puede comprender la formación de una barrera aislante térmica entre el autoclave 180 y el mandril de laminación 120 (véase el paso 808 de la FIGURA 8).

La FIGURA 12 representa un método 1200 de junta de un autoclave 180 en una realización ilustrativa. El método 1200 incluye el desplazamiento de una preforma 170 sobre un mandril de laminación 120 desde una sala blanca 177 hasta su alineación con un autoclave 180 en el paso 1202. En una realización, una placa de calafateo 160 se coloca sobre la preforma 170, y se ajusta al mandril de laminación 120. El paso 1204 incluye la junta del mandril de laminación 120 al autoclave 180. En una realización, esto da lugar a una cámara de presión 187 entre la placa de calafateo 160 y el autoclave 180. La cámara de presión 187 está delimitada por el autoclave 180 por un lado y la placa de calafateo 160 por otro. El paso 1204 incluye además el endurecimiento de la preforma 170 en una pieza compuesta 714 dentro del autoclave 180 en el paso 1206, y la salida del mandril de laminación 120 del autoclave 180 en el paso 1208. Cuando el mandril de laminación 120 sale del autoclave 180, ha abandonado por completo el entorno de sala blanca 177 y entra en un entorno de ensamblaje 178 en el que se realiza el desmoldeo y el recorte de la pieza de material compuesto resultante 714.

La FIGURA 13 representa un método 1300 de traslado de una preforma 170 fuera de una sala blanca 177 en una realización ilustrativa. El método incluye mover una preforma 170 en un mandril de laminación 120 desde una sala blanca 177 hasta alinearla con un autoclave 180 en el paso 1302, y sellar el mandril de laminación 120 al autoclave 180 con una junta perimetral 150 en el paso 1304. La junta del mandril de laminación 120 con el autoclave 180 da lugar a una cámara de presión 187 alrededor de la preforma 170. El método 1300 incluye además el procesamiento de la preforma 170 dentro del autoclave 180 en el paso 1306. El procesamiento de la preforma 170 puede incluir el curado de la preforma 170 (paso opcional 1310), la presión de la cámara de presión 187 formada por el mandril de laminación 120 y el autoclave 180 (paso opcional 1312), u otras acciones de procesamiento. El método 1300 incluye además la salida del mandril de laminación 120 del autoclave 180 a una sala no limpia (por ejemplo, la región de ensamblaje 178) en el paso 1308.

En los siguientes ejemplos, se describen procesos, sistemas y métodos adicionales en el contexto de un autoclave en un entorno de ensamble en línea continua.

Refiriéndose más particularmente a los dibujos, las realizaciones de la divulgación pueden describirse en el contexto de la fabricación y servicio de aeronaves en el método 1400 como se muestra en la FIGURA 14 y una aeronave 1402 como se muestra en la FIGURA 15. Durante la preproducción, el método 1400 puede incluir la especificación y el diseño 1404 de la aeronave 1402 y la adquisición de material 1406. Durante la producción, se lleva a cabo la fabricación de componentes y subensambles 1408 y la integración del sistema 1410 de la aeronave 1402. A partir de entonces, la aeronave 1402 podrá pasar por la certificación y entrega 1412 para ser puesta en servicio 1414. Mientras está en servicio por un cliente, la aeronave 1402 está programada para trabajos rutinarios de mantenimiento y servicio 1416 (que también pueden incluir modificación, reconfiguración, reacondicionamiento, etc.). Los aparatos y métodos incorporados en la presente pueden emplearse durante una o varias etapas adecuadas de la producción y el servicio descritos en el método 1400 (por ejemplo, especificación y diseño 1404, adquisición de materiales 1406, fabricación de componentes y subensambles 1408, integración de sistemas 1410, certificación y entrega 1412, servicio 1414, mantenimiento y servicio 1416) y/o cualquier componente adecuado de la estructura del avión 1402 (por ejemplo, fuselaje 1418, sistemas 1420, interior 1422, sistema de propulsión 1424, sistema eléctrico 1426, sistema hidráulico 1428, medio ambiente 1430).

Cada uno de los procesos del método 1400 puede ser realizado o llevado a cabo por un integrador de sistemas, un tercero y/o un operador (por ejemplo, un cliente). A los efectos de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir, sin limitación, cualquier número de vendedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una aerolínea, una compañía de arrendamiento, una entidad militar, una organización de servicios, y así sucesivamente.

Como se muestra en la FIGURA 15, la aeronave 1402 producida por el método 1400 puede incluir un fuselaje 1418 con una pluralidad de sistemas 1420 y un interior 1422. Ejemplos de sistemas 1420 incluyen uno o más de un sistema de propulsión 1424, un sistema eléctrico 1426, un sistema hidráulico 1428, y un sistema medioambiental 1430. Se puede incluir cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la presente divulgación pueden aplicarse a otras industrias, como la industria automotriz.

Como ya se ha mencionado anteriormente, los aparatos y métodos incorporados en la presente pueden emplearse durante una o varias de las etapas de producción y servicio descritas en el método 1400. Por ejemplo, los componentes o subensambles correspondientes a la fabricación de componentes y subensambles 1408 pueden fabricarse o manufacturarse de manera similar a los componentes o subensambles producidos mientras la aeronave 1402 está en

servicio. Asimismo, una o más realizaciones de aparatos, realizaciones de métodos o una combinación de las mismas pueden utilizarse durante la fabricación de subensambles 1408 y la integración de sistemas 1410, por ejemplo, acelerando sustancialmente el ensamblaje o reduciendo el coste de una aeronave 1402. Del mismo modo, una o varias de las realizaciones del aparato, las realizaciones del método o una combinación de las mismas pueden utilizarse mientras la estructura del avión 1402 está en servicio, por ejemplo y sin limitación durante el mantenimiento y el servicio 1416. Por ejemplo, las técnicas y sistemas aquí descritos pueden utilizarse para la adquisición de materiales 1406, la fabricación de componentes y subensambles 1408, la integración de sistemas 1410, el servicio 1414, y/o el mantenimiento y servicio 1416, y/o pueden utilizarse para el fuselaje 1418 y/o el interior 1422. Estas técnicas y sistemas pueden utilizarse incluso para los sistemas 1420, incluyendo, por ejemplo, el sistema de propulsión 1424, el sistema eléctrico 1426, el sistema hidráulico 1428 y/o el sistema medioambiental 1430.

En una realización, una pieza comprende una porción del fuselaje 1418, y se fabrica durante la fabricación de componentes y subensambles 1408. A continuación, la pieza puede ensamblarse en una estructura del avión en la integración de sistemas 1410, y luego utilizarse en servicio 1414 hasta que el desgaste la inutilice. A continuación, en el mantenimiento y servicio 1416, la pieza puede desecharse y sustituirse por otra de nueva fabricación. Los componentes y métodos inventivos pueden utilizarse a lo largo de la fabricación de componentes y subensambles 1408 para fabricar nuevas piezas.

Cualquiera de los diversos elementos de control (por ejemplo, componentes eléctricos o electrónicos) mostrados en las figuras o descritos en la presente puede implementarse como hardware, un procesador que implemente software, un procesador que implemente firmware o alguna combinación de éstos. Por ejemplo, un elemento puede implementarse como hardware dedicado. Los elementos de hardware dedicados pueden denominarse "procesadores", "controladores" o alguna terminología similar. Cuando son proporcionadas por un procesador, las funciones pueden ser proporcionadas por un único procesador dedicado, por un único procesador compartido o por una pluralidad de procesadores individuales, algunos de los cuales pueden ser compartidos. Además, el uso explícito del término "procesador" o "controlador" no debe interpretarse como una referencia exclusiva al hardware capaz de ejecutar software, y puede incluir implícitamente, sin limitación, hardware de procesador de señales digitales (DSP), un procesador de red, un circuito integrado de aplicación específica (ASIC) u otros circuitos, una matriz de puertas programables en campo (FPGA), memoria de sólo lectura (ROM) para almacenar software, memoria de acceso aleatorio (RAM), almacenamiento no volátil, lógica o algún otro componente o módulo físico de hardware.

Asimismo, un elemento de control puede implementarse como instrucciones ejecutables por un procesador o un ordenador para realizar las funciones del elemento. Algunos ejemplos de instrucciones son el software, el código de programa y el firmware. Las instrucciones son operativas cuando son ejecutadas por el procesador para dirigirlo a realizar las funciones del elemento. Las instrucciones pueden almacenarse en dispositivos de almacenamiento legibles por el procesador. Algunos ejemplos de dispositivos de almacenamiento son las memorias digitales o de estado sólido, los medios de almacenamiento magnético como los discos y las cintas magnéticas, los discos duros o los medios de almacenamiento de datos digitales de lectura óptica.

En los párrafos siguientes se describen ejemplos ilustrativos, no excluyentes, que representan antecedentes útiles para comprender la invención.

Según un aspecto de la presente divulgación, se da a conocer un método (900) de formación de una cámara de presión (187) en un autoclave, método que comprende:

conducir (902) un mandril de laminación (120) en una dirección de proceso (179) hacia un autoclave (180); formando (904) la cámara de presión (187) que tiene unos límites definidos por el mandril de laminación (120), el autoclave (180) y las juntas perimetrales (150); endurecer (906) una preforma (170) en el mandril de laminación (120) para convertirla en una pieza compuesta (714); y retirar (908) el mandril de laminación (120).

Opcionalmente, la conducción (902) del mandril de laminación (120) se realiza a través de un vehículo autónomo guiado (AGV) (130).

Opcionalmente, el método comprende además: desmoldear (910) una pieza de material compuesto (714) del mandril de laminación (120).

Opcionalmente, el endurecimiento (906) de la preforma (170) comprende el calentamiento (912) de la preforma (170) con calentadores (122) en el mandril de laminación (120).

Opcionalmente, el endurecimiento (906) de la preforma comprende el calentamiento (912) de la preforma con calentadores (182) en el autoclave (180).

Opcionalmente, el endurecimiento (906) de la preforma (170) comprende la presurización (914) de la cámara de presión (187) con un sistema de presión (190). Opcionalmente, el método comprende además: inflar (905) una cámara de aire (199) en la preforma (170) mediante la presión de la cámara de presión (187), en la que la cámara de aire (199) soporta

un interior hueco (170-1) de la preforma (170) contra la compactación.

5 Opcionalmente, la formación (904) de la cámara de presión (187) comprende la junta (804) de un entrehierro arqueado (310) entre el mandril de laminación (120) y el autoclave (180). Opcionalmente, la junta (804) del entrehierro arqueado (310) comprende la formación (808) de una barrera térmicamente aislante.

Según un aspecto de la presente divulgación, se da a conocer una porción de una estructura del avión (1402) ensamblada según el método (900) de cualquiera de los ejemplos anteriores.

10 Según un aspecto de la presente divulgación, se da a conocer un sistema (100), que comprende:

un autoclave (180) que incluye una porción hueca (189);
 un mandril de laminación (120) que define una región de laminación (640) para una preforma (170), y que está dimensionado para su inserción en el autoclave (180) dentro de la porción hueca (189), definiendo así una cámara de presión (187) para endurecer la preforma (170) en una pieza compuesta (714); y
 15 las juntas (124, 150) que cierran la cámara de presión (187) salvando un entrehierro (310) entre el mandril de laminación (120) y el autoclave (180).

20 Opcionalmente, el sistema comprende además: un vehículo autónomo guiado (AGV) (130) que impulsa el mandril de laminación (120) dentro de la porción hueca (189).

Opcionalmente, tanto el mandril de laminación (120) como el autoclave (180) incluyen calentadores (122, 182) para endurecer la preforma (170) y convertirla en la pieza de material compuesto (714).

25 Opcionalmente, el sistema comprende además: un sistema de presión (190) que presuriza la cámara de presión (187).

Opcionalmente, los calentadores (122, 182) comprenden calentadores resistivos (126).

30 Opcionalmente, los calentadores (122, 182) comprenden susceptores (127).

Opcionalmente, la cámara de presión (187) es arqueada.

Opcionalmente, el autoclave (180) forma una porción de un límite (192) de un entorno de sala blanca (177).

35 Opcionalmente, el mandril de laminación (120) es arqueado.

Opcionalmente, el autoclave (180) comprende además respiraderos (183) para conducir aire calentado a la cámara de presión (187) formada entre el mandril de laminación (120) y el autoclave (180). Según un aspecto de la presente divulgación, se da a conocer la fabricación de una porción de una estructura del avión (1402) utilizando el sistema (100) de cualquiera de los ejemplos anteriores.

40 Según un aspecto de la presente divulgación, se da a conocer un método (1300) para desplazar una preforma (170) fuera de una sala blanca (177), método que comprende:

45 mover (1302) una preforma (170) en un mandril de laminación (120) desde una sala blanca (177) hasta alinearla con un autoclave (180);
 sellar (1304) el mandril de laminación (120) al autoclave (180) con una junta perimetral (150);
 procesar (1306) la preforma (170) dentro del autoclave (180); y
 salida (1308) del mandril de laminación (120) del autoclave (180) a un cuarto no limpio (178).

50 Opcionalmente, el procesamiento (1306) de la preforma (170) comprende el curado (1310) de la preforma (170).

Opcionalmente, el procesamiento (1306) de la preforma (170) comprende presurizar (1312) una cámara de presión (187) formada por el mandril de laminación (120) y el autoclave (180).

55 Según un aspecto de la presente divulgación, se da a conocer una porción de una estructura del avión (1402) ensamblada según el método (1300) de los ejemplos anteriores.

60 Aunque en la presente se describen realizaciones específicas, el alcance de la divulgación no se limita a dichas realizaciones específicas. El alcance de la divulgación se define en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método (900) de formación de una cámara de presión (187) en un autoclave, el método comprende:
 - 5 conducir (902) un mandril de laminación (120) en una dirección de proceso (179) hacia un autoclave (180); formando (904) la cámara de presión (187) que tiene unos límites definidos por el mandril de laminación (120), el autoclave (180) y las juntas perimetrales (150);
 - endurecer (906) una preforma (170) en el mandril de laminación (120) para convertirla en una pieza compuesta (714); y
 - 10 retirar (908) el mandril de laminación (120).
2. El método (900) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que: la conducción (902) del mandril de laminación (120) se realiza a través de un vehículo autónomo guiado (AGV) (130).
3. El método (900) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, comprende además: desmoldear (910) una pieza de material compuesto (714) del mandril de laminación (120).
4. El método (900) de acuerdo con la reivindicación 1, 2 o 3, en el que: el endurecimiento (906) de la preforma (170) comprende el calentamiento (912) de la preforma (170) con calentadores (122) en el mandril de laminación (120) y/o con calentadores (182) en el autoclave (180).
5. El método (900) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que: endurecer (906) la preforma (170) comprende presurizar (914) la cámara de presión (187) con un sistema de presión (190), comprendiendo además preferentemente inflar (905) una cámara de aire (199) en la preforma (170) mediante la presión de la cámara de presión (187), en la que la cámara de aire (199) soporta un interior hueco (170-1) de la preforma (170) contra la compactación.
6. El método (900) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que: formar (904) la cámara de presión (187) comprende sellar (804) un entrehierro en arco (310) entre el mandril de laminación (120) y el autoclave (180), en el que sellar (804) el entrehierro en arco (310) comprende preferentemente formar (808) una barrera térmicamente aislante.
7. El método (1300) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende la salida (1308) del mandril de laminación (120) del autoclave (180) a una sala no limpia (178).
8. Un sistema (100) que comprende
 - 35 un autoclave (180) que incluye una porción hueca (189);
 - un mandril de laminación (120) que define una región de laminación (640) para una preforma (170), y que está dimensionado para su inserción en el autoclave (180) dentro de la porción hueca (189), definiendo así una cámara de presión (187) para endurecer la preforma (170) en una pieza compuesta (714); y
 - 40 las juntas (124, 150) que cierran la cámara de presión (187) salvando un entrehierro (310) entre el mandril de laminación (120) y el autoclave (180).
9. El sistema (100) de acuerdo con la reivindicación 8, que comprende además: un vehículo autónomo guiado (AGV) (130) que impulsa el mandril de laminación (120) dentro de la porción hueca (189).
10. El sistema (100) de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, en el que: el mandril de laminación (120) y el autoclave (180) incluyen ambos calentadores (122, 182) para endurecer la preforma (170) en la pieza compuesta (714), en el que los calentadores (122, 182) comprenden preferentemente calentadores resistivos (126) y/o susceptores (127).
11. El sistema (100) de acuerdo con la reivindicación 8, 9 o 10, que comprende además: un sistema de presión (190) que presuriza la cámara de presión (187).
12. El sistema (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, en el que: la cámara de presión (187) es arqueada y/o el mandril de laminación (120) es arqueado.
13. El sistema (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, en el que: el autoclave (180) forma una porción de un límite (192) de un entorno de sala blanca (177).
14. El sistema (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, en el que: el autoclave (180) comprende además respiraderos (183) para conducir aire calentado a la cámara de presión (187) formada entre el mandril de laminación (120) y el autoclave (180).
15. Fabricación de una porción de una estructura del avión (1402) utilizando el sistema (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 14.

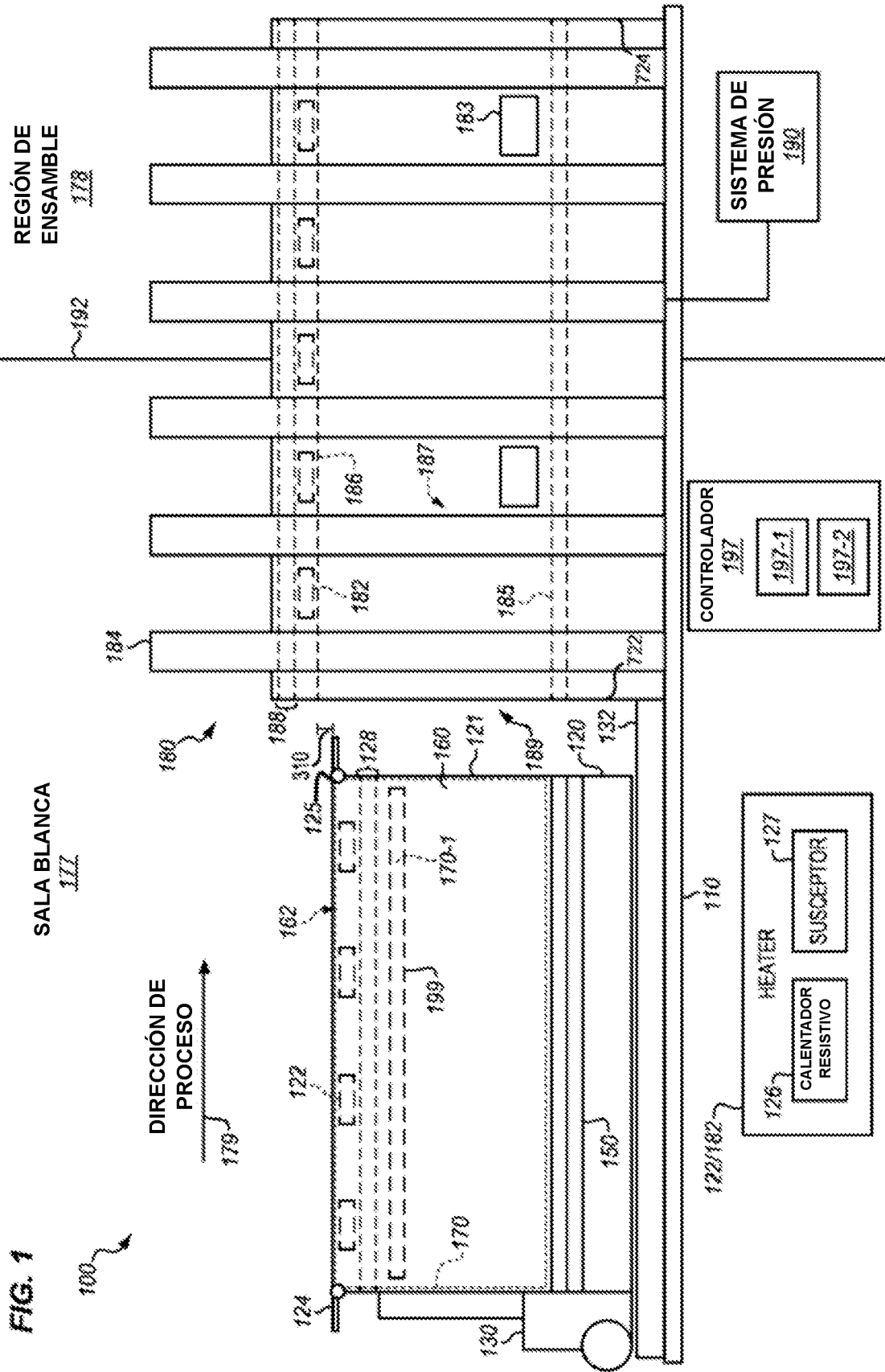


FIG. 2

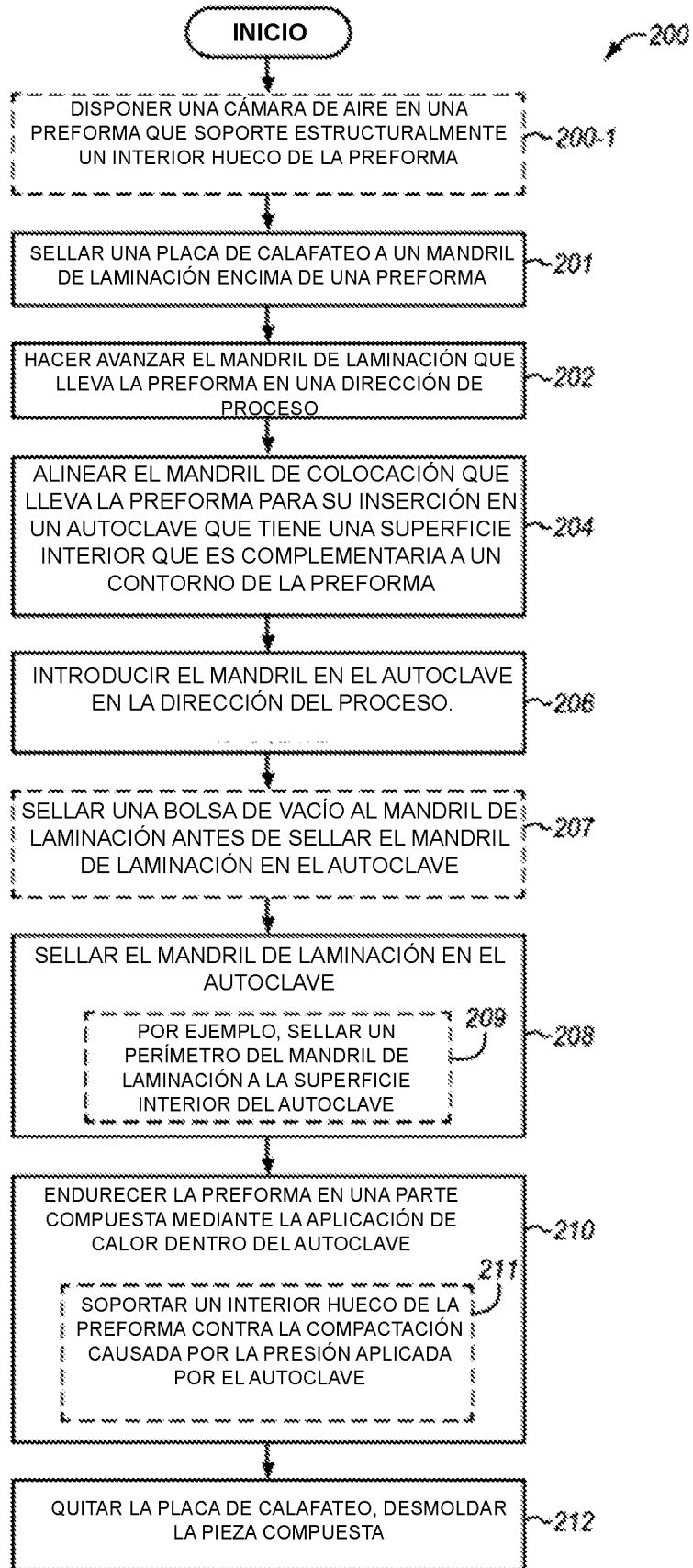
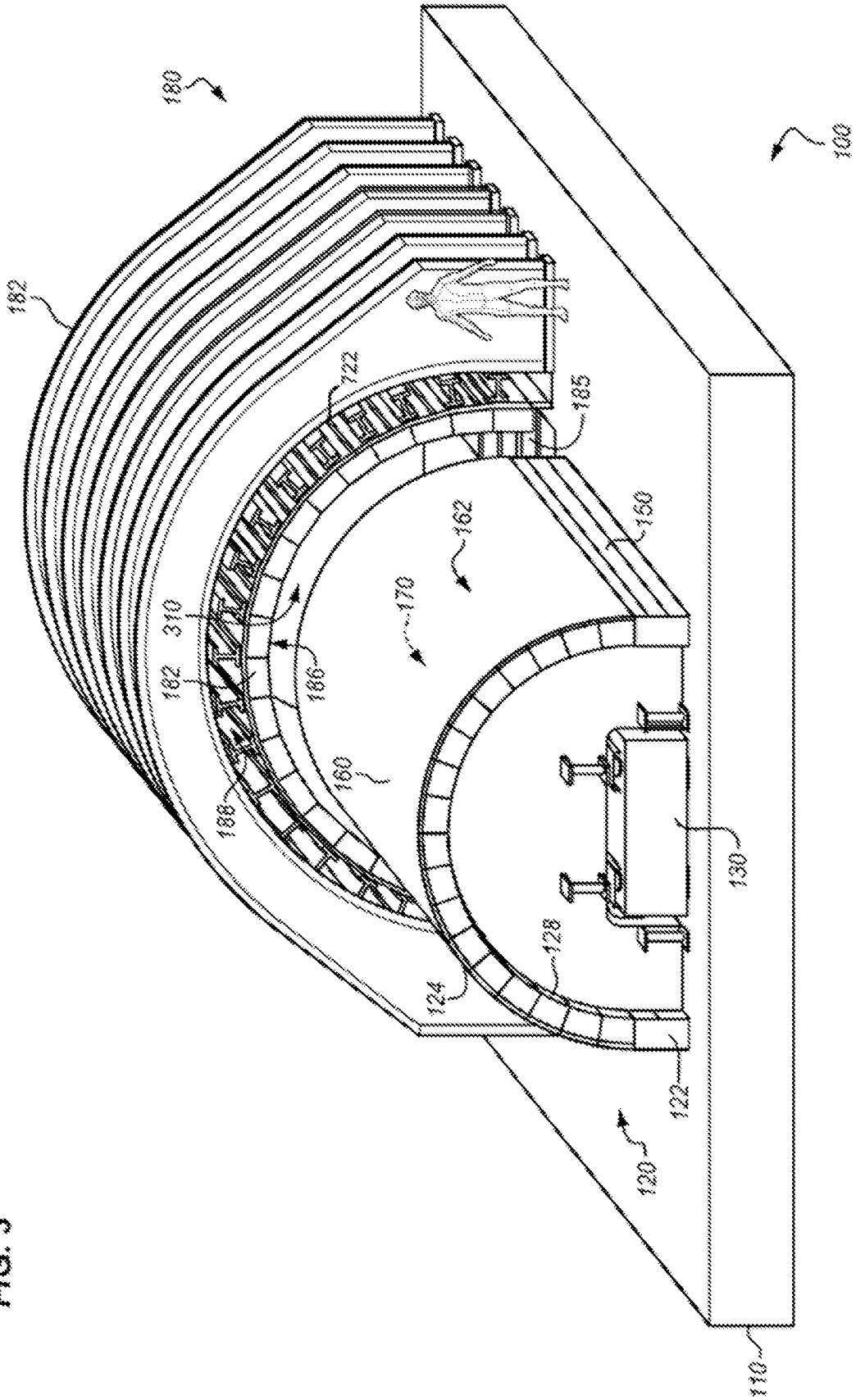


FIG. 3



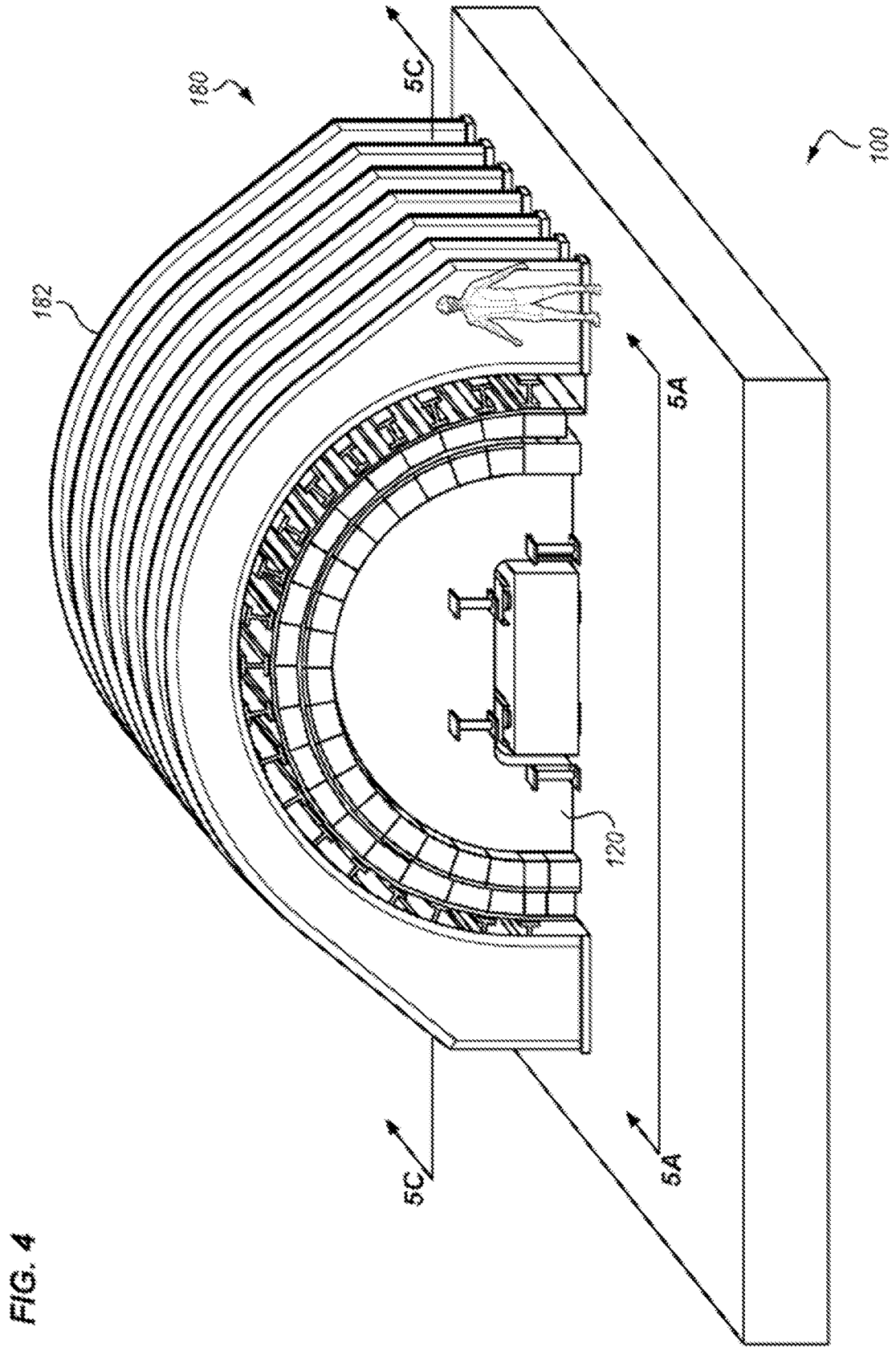


FIG. 5A

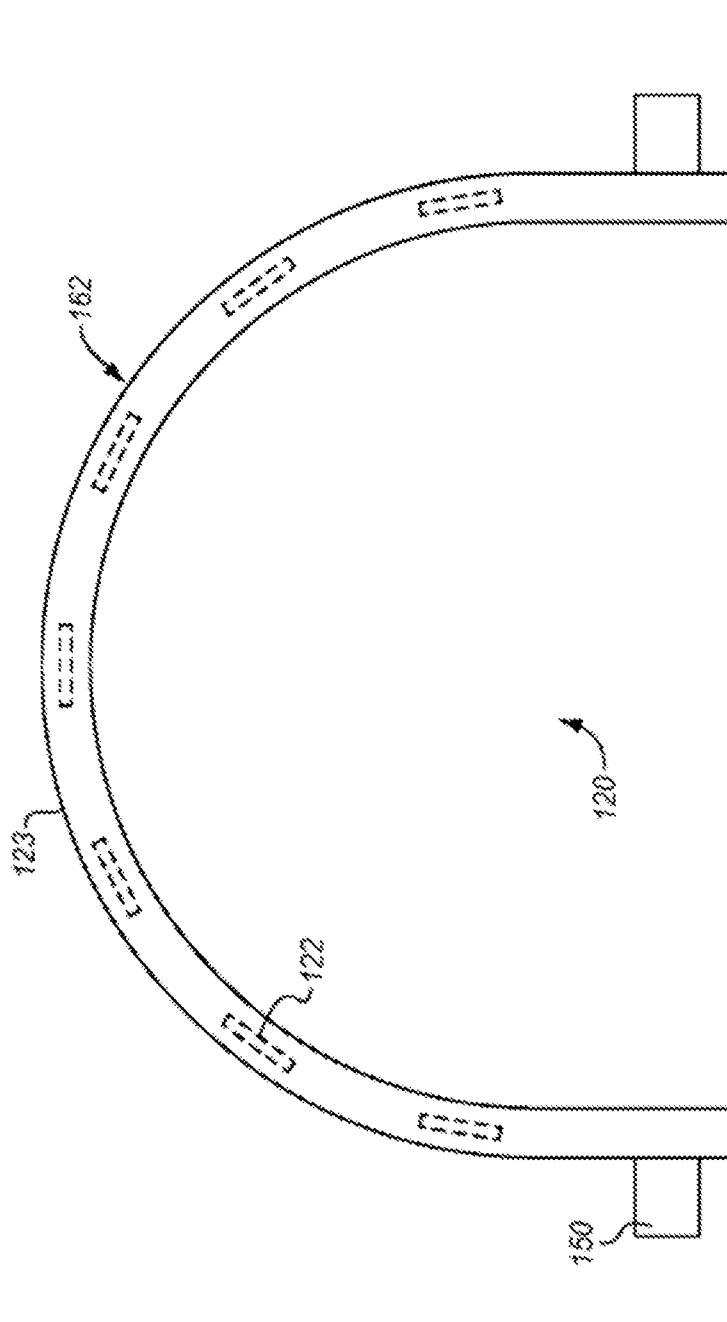


FIG. 5B

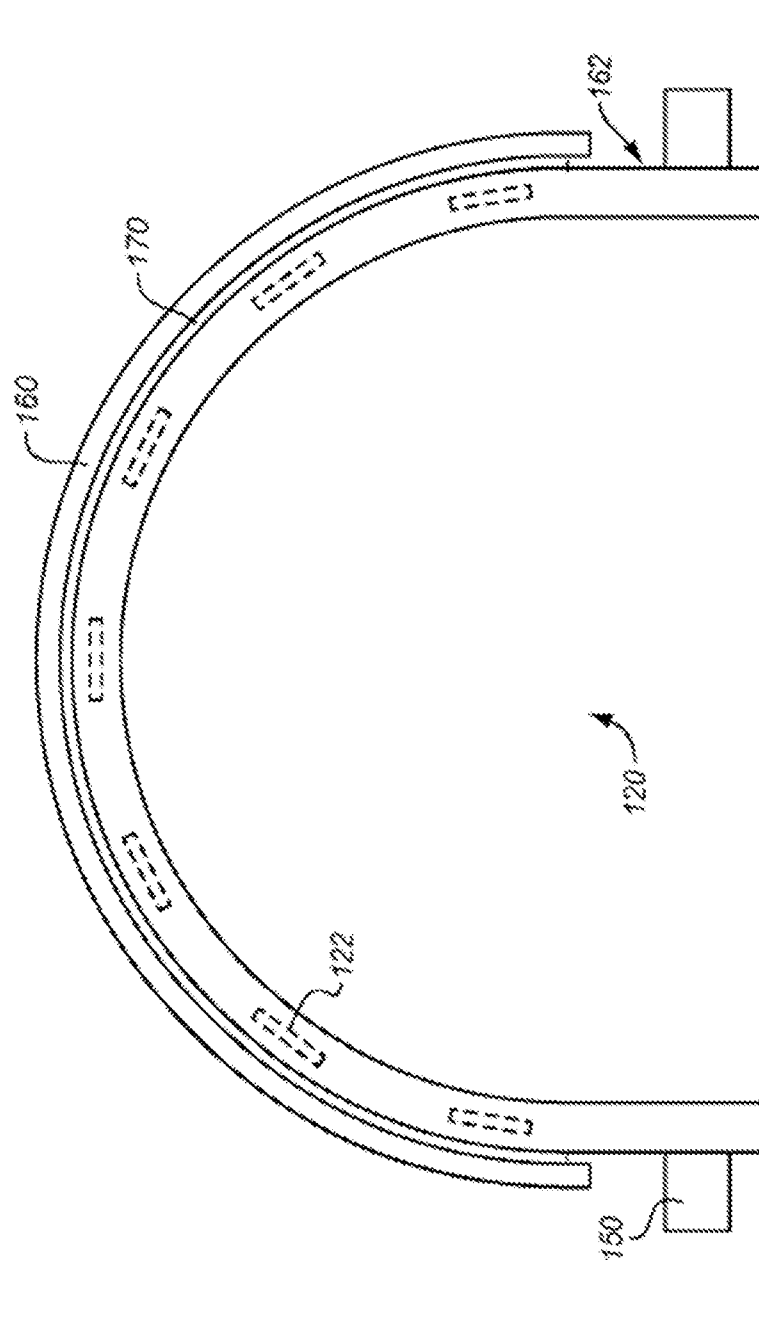


FIG. 5C

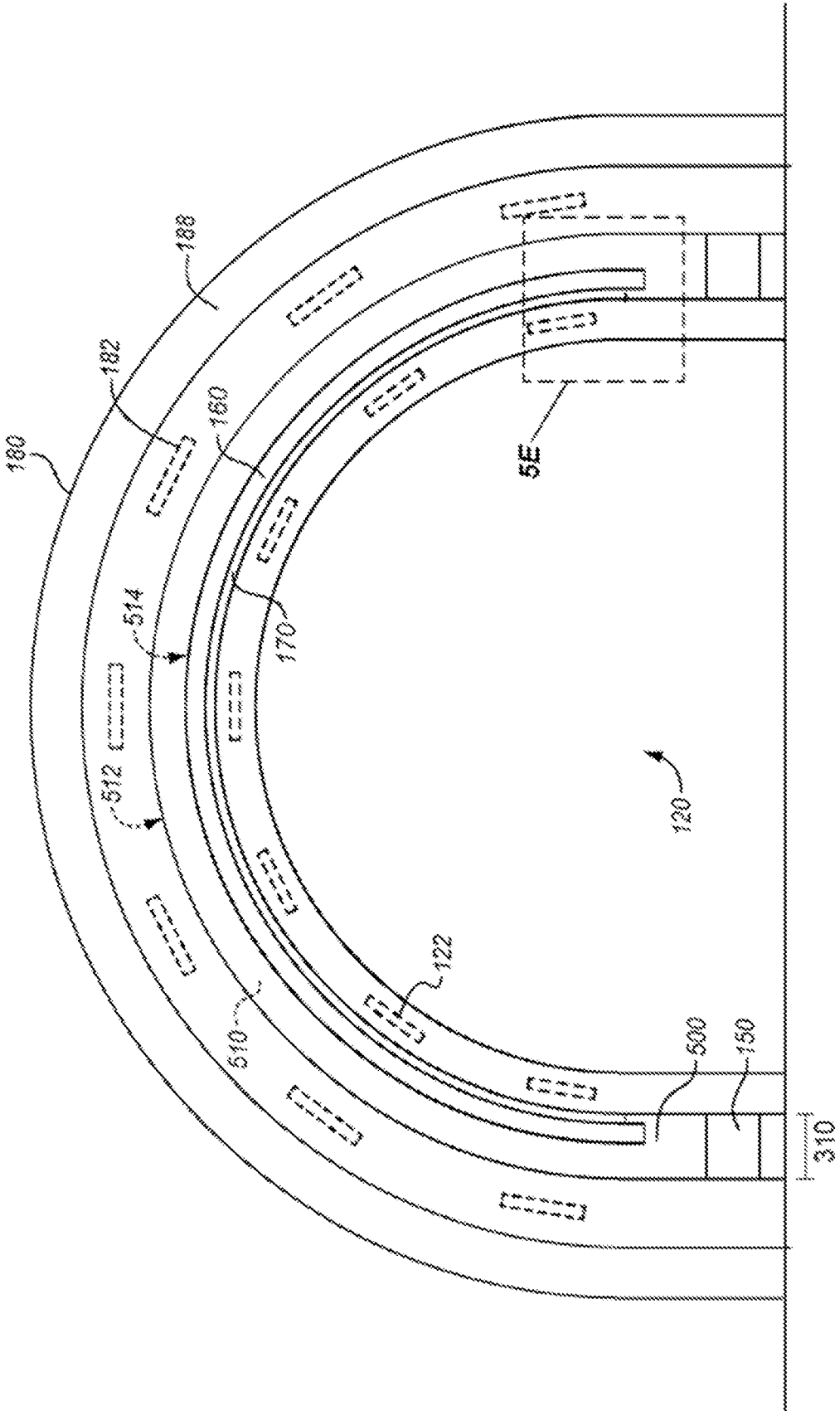


FIG. 5D

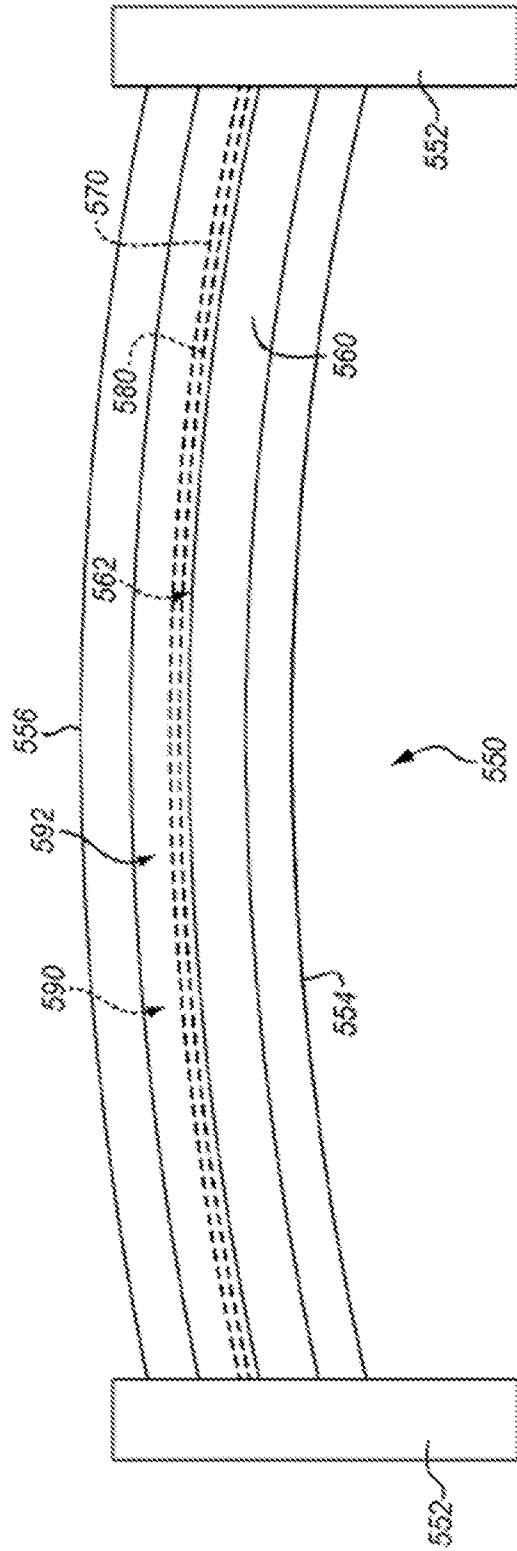


FIG. 5E

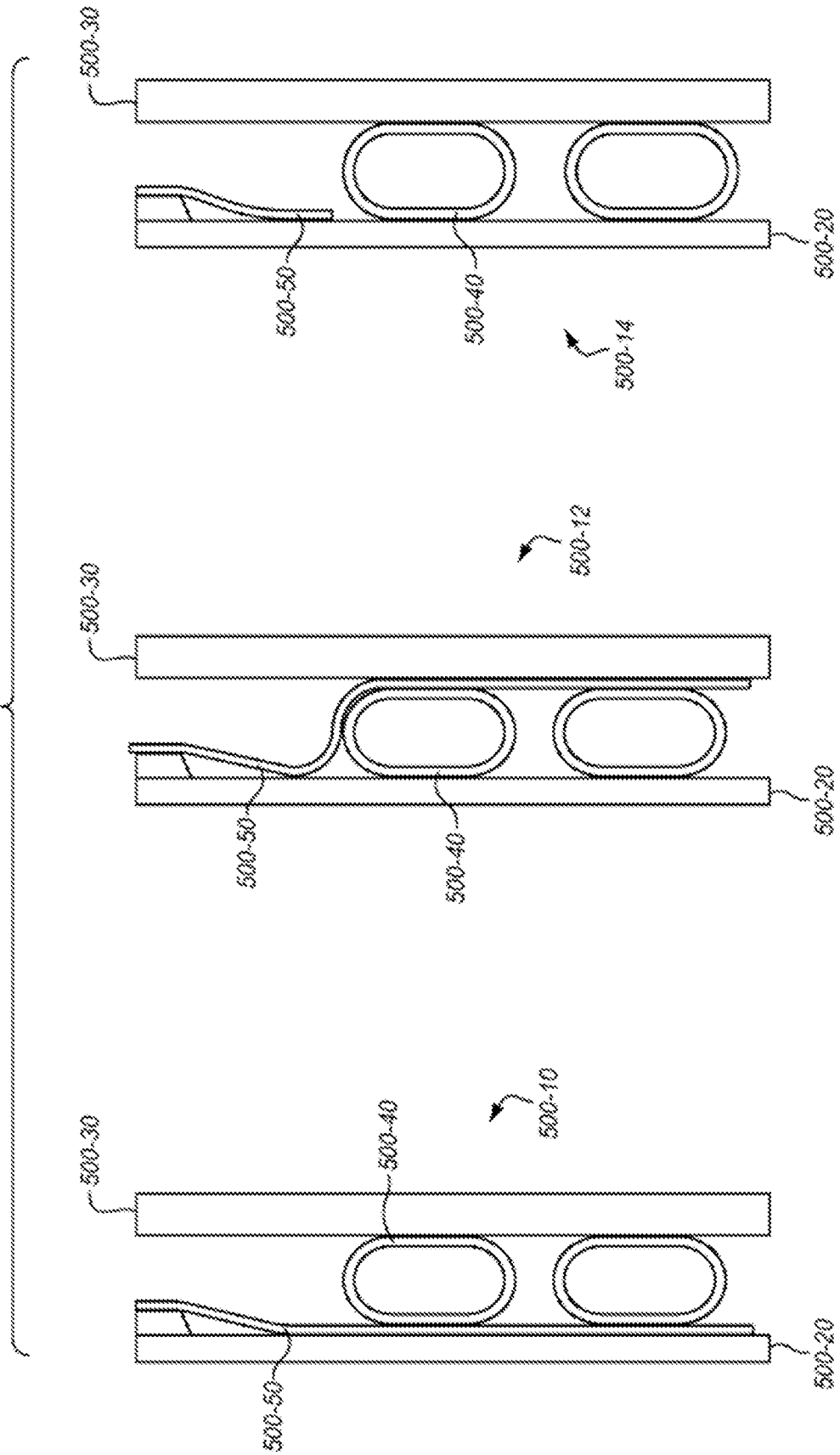


FIG. 6

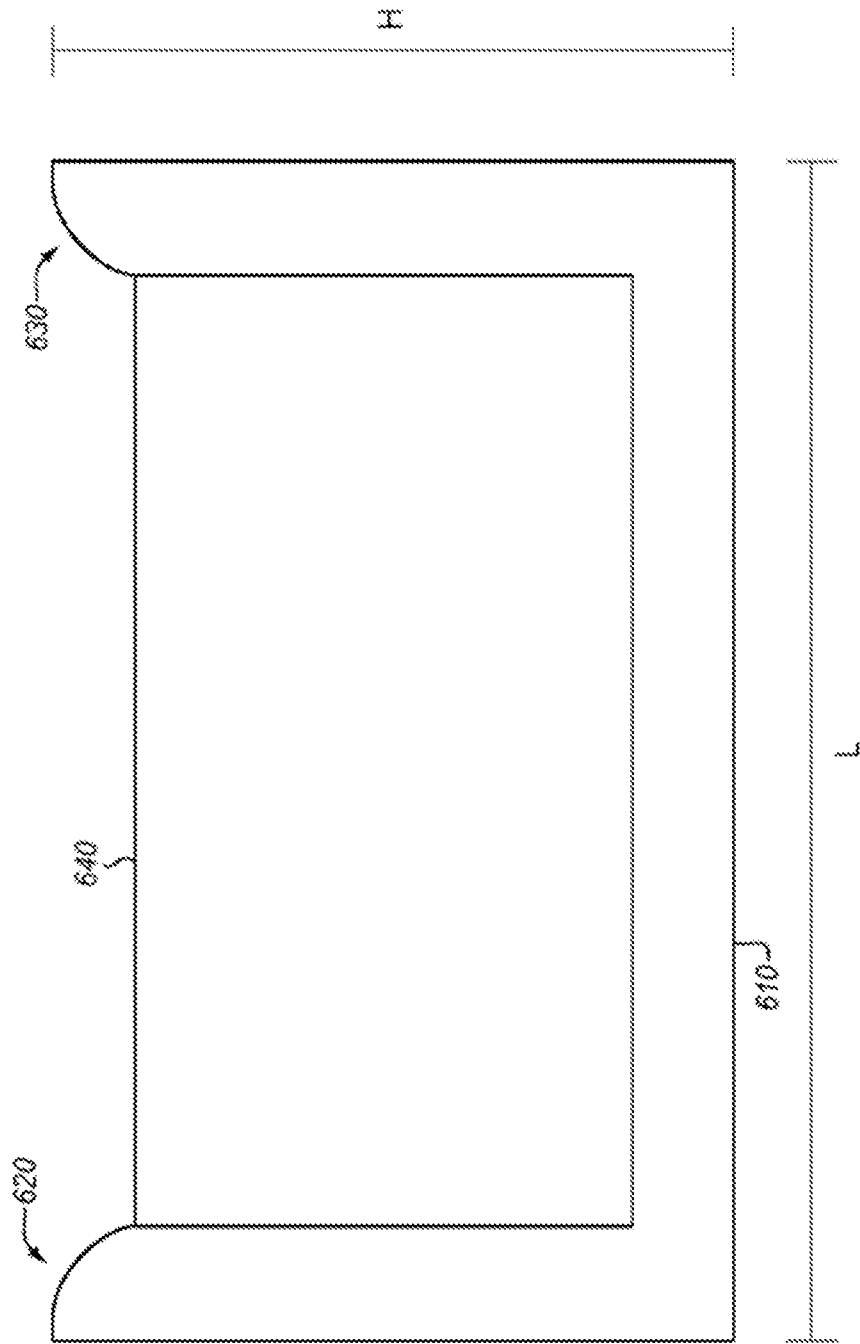


FIG. 7

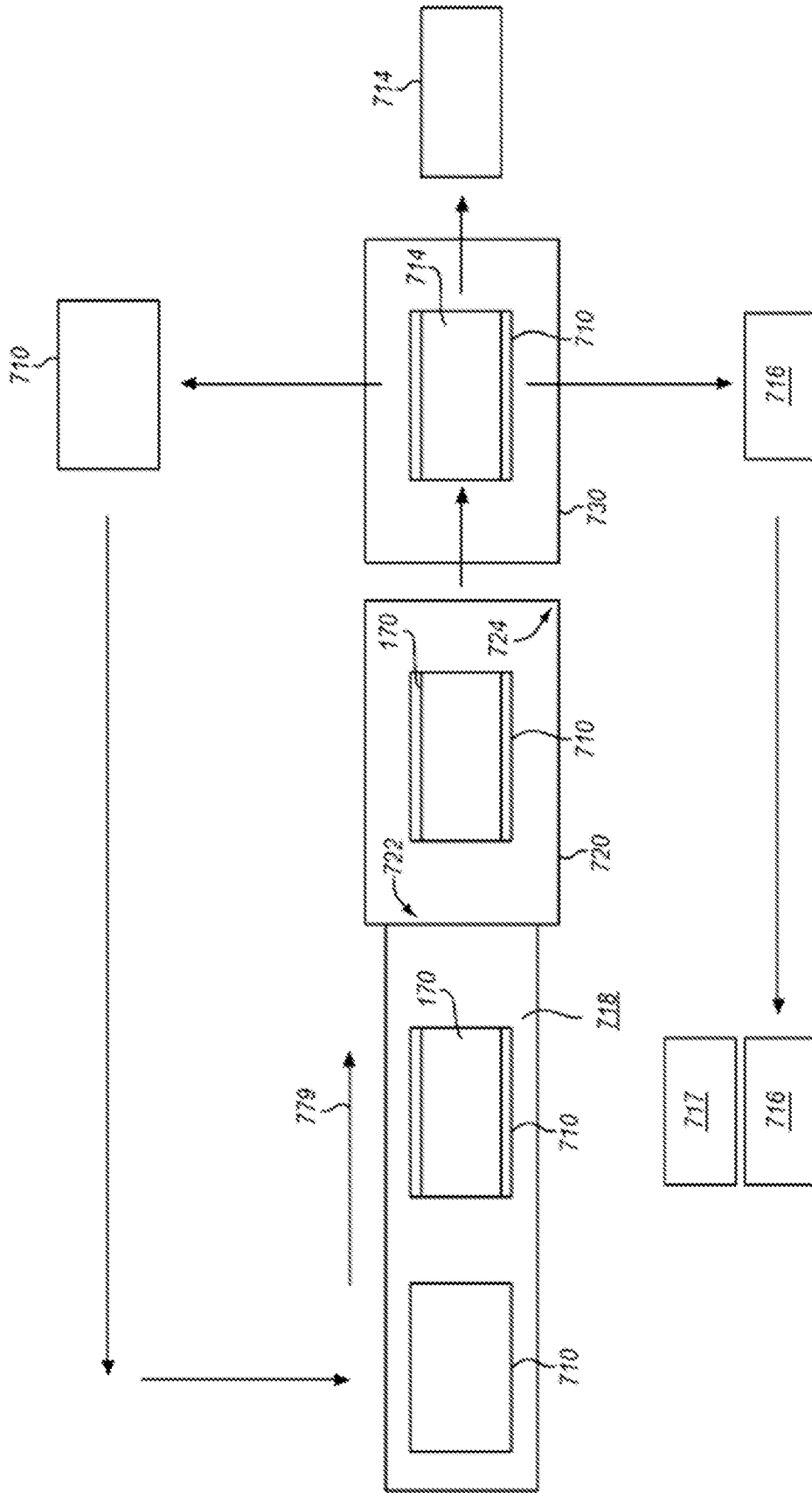


FIG. 8

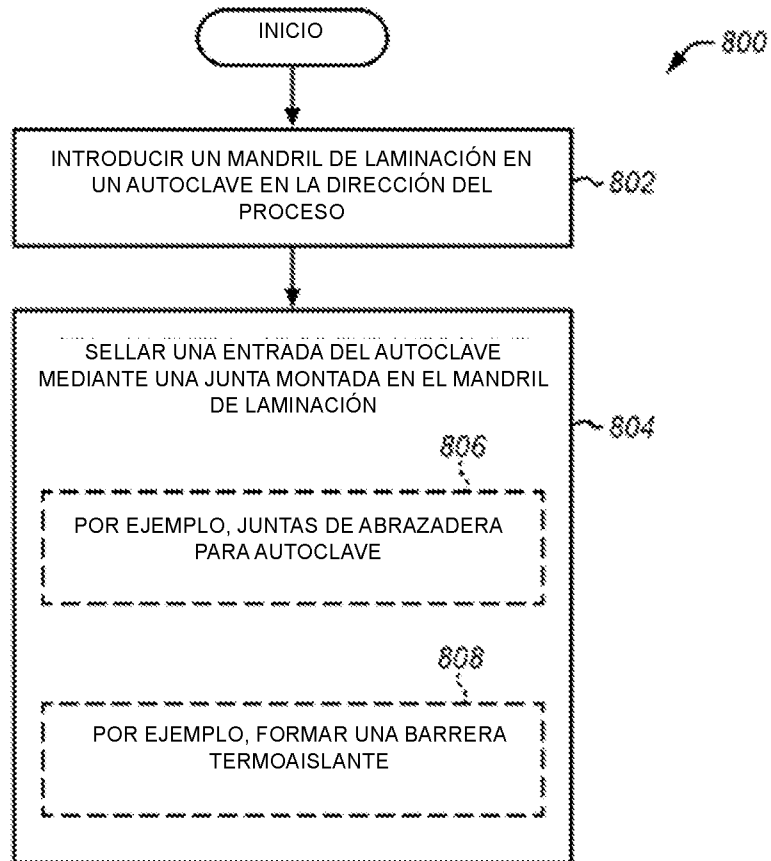


FIG. 9

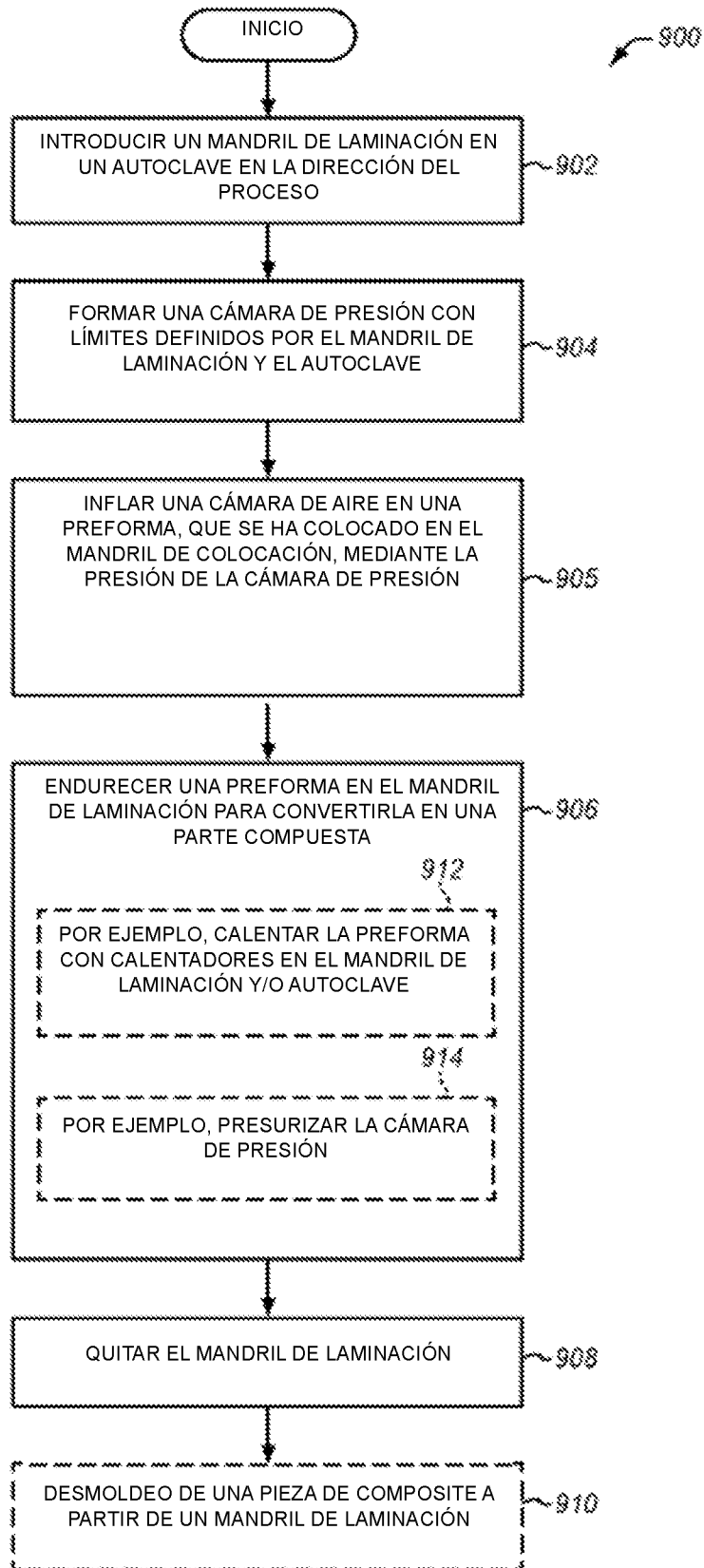


FIG. 10

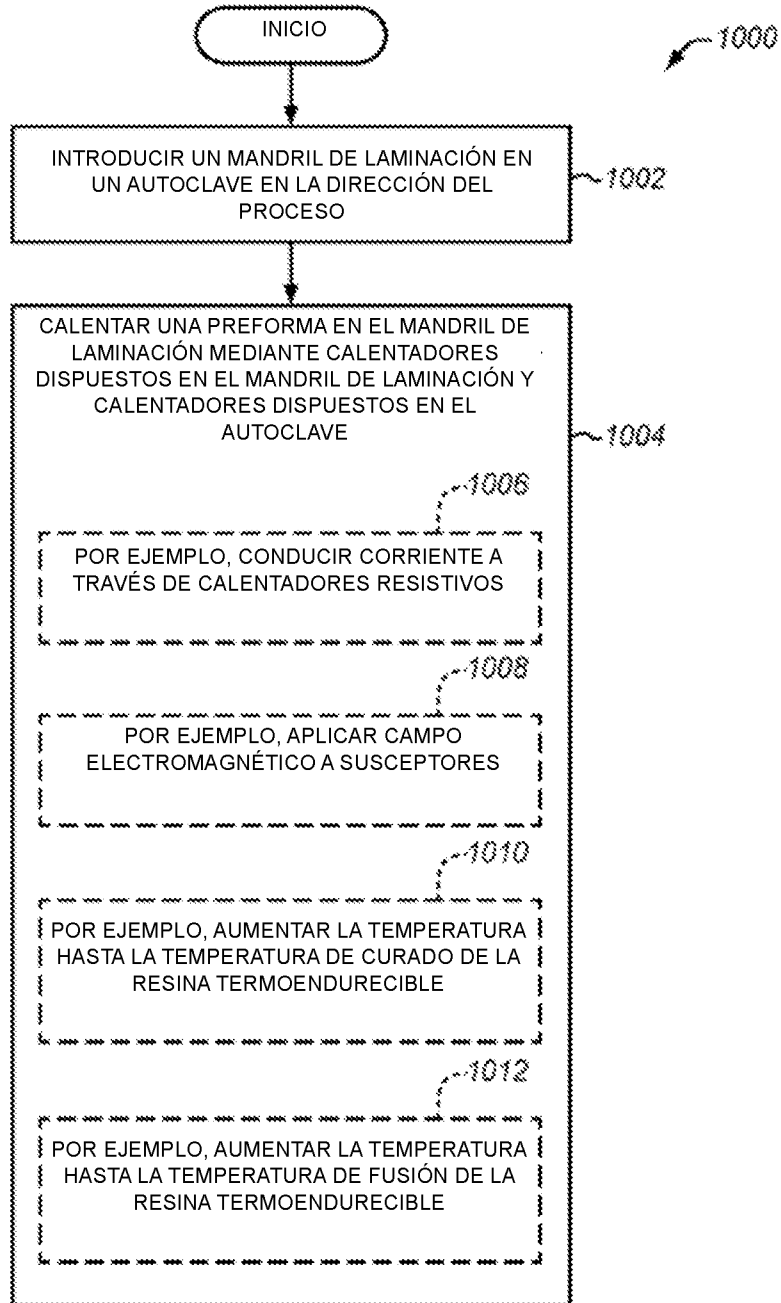


FIG. 11

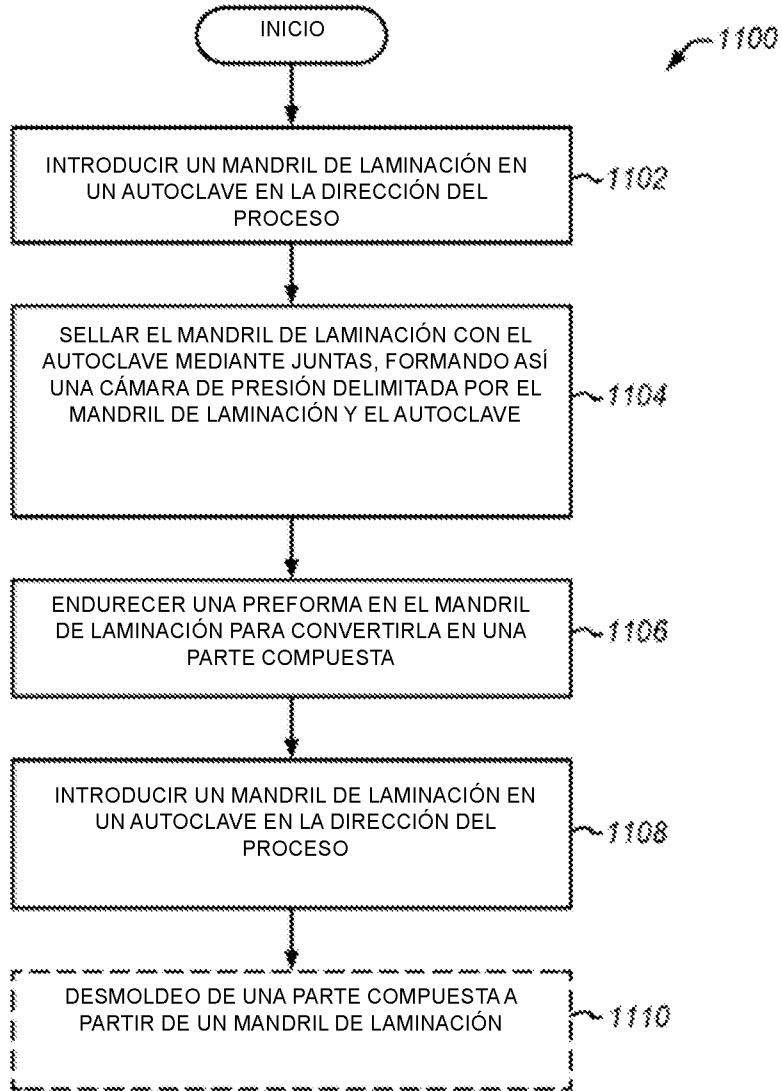


FIG. 12

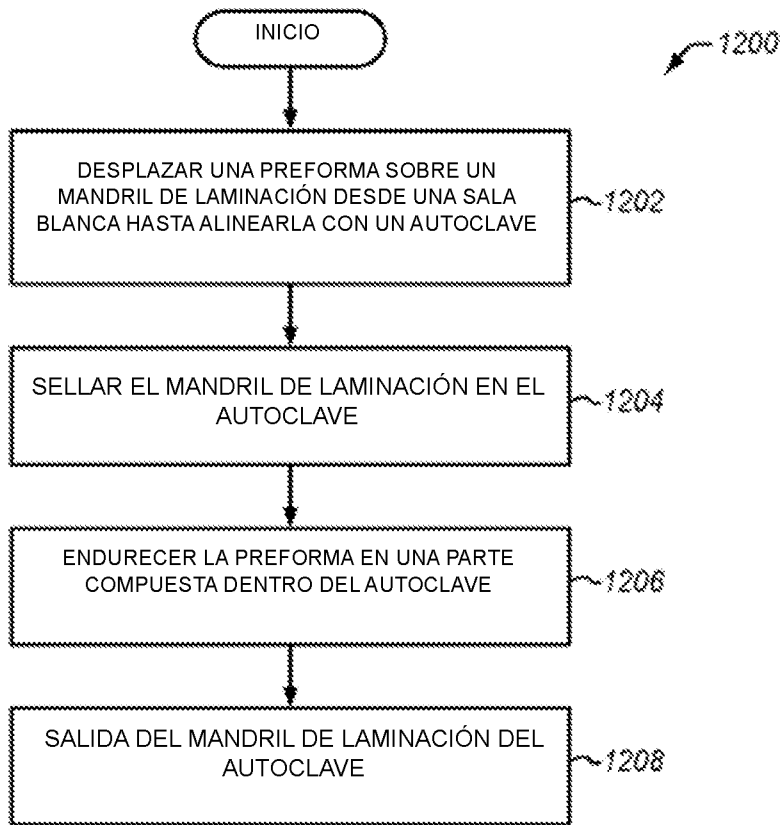


FIG. 13

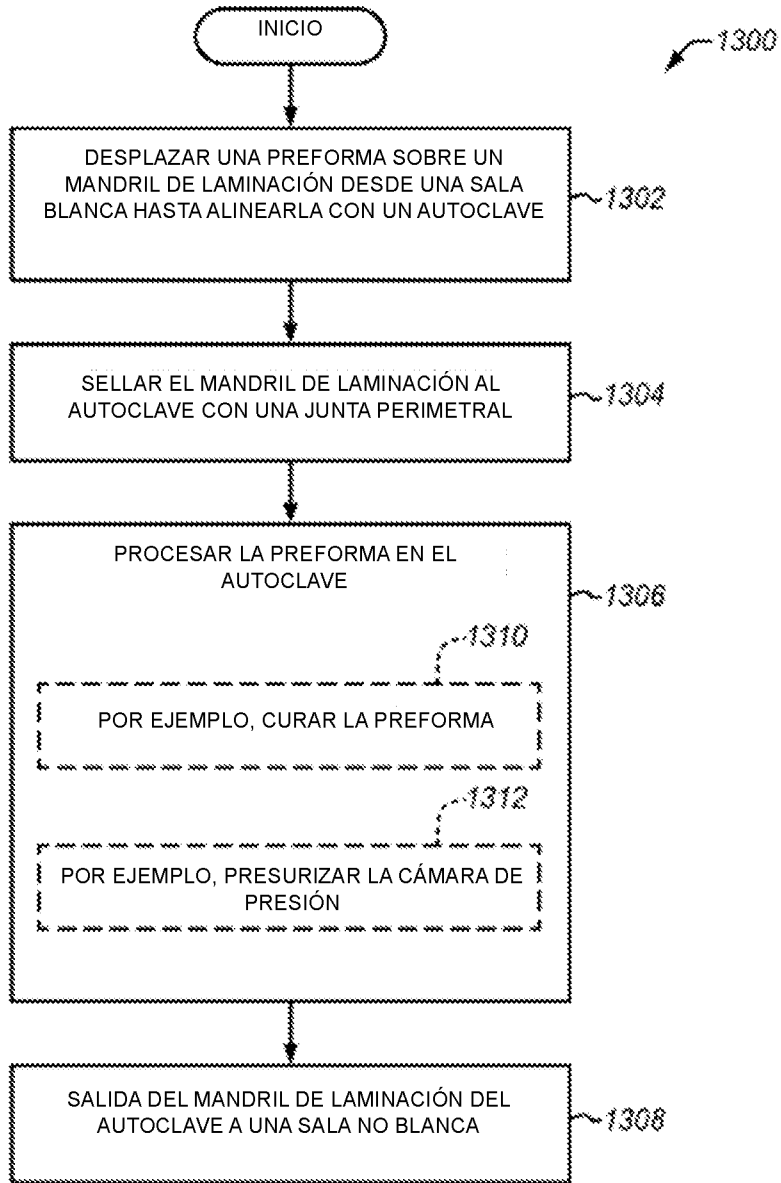


FIG. 14

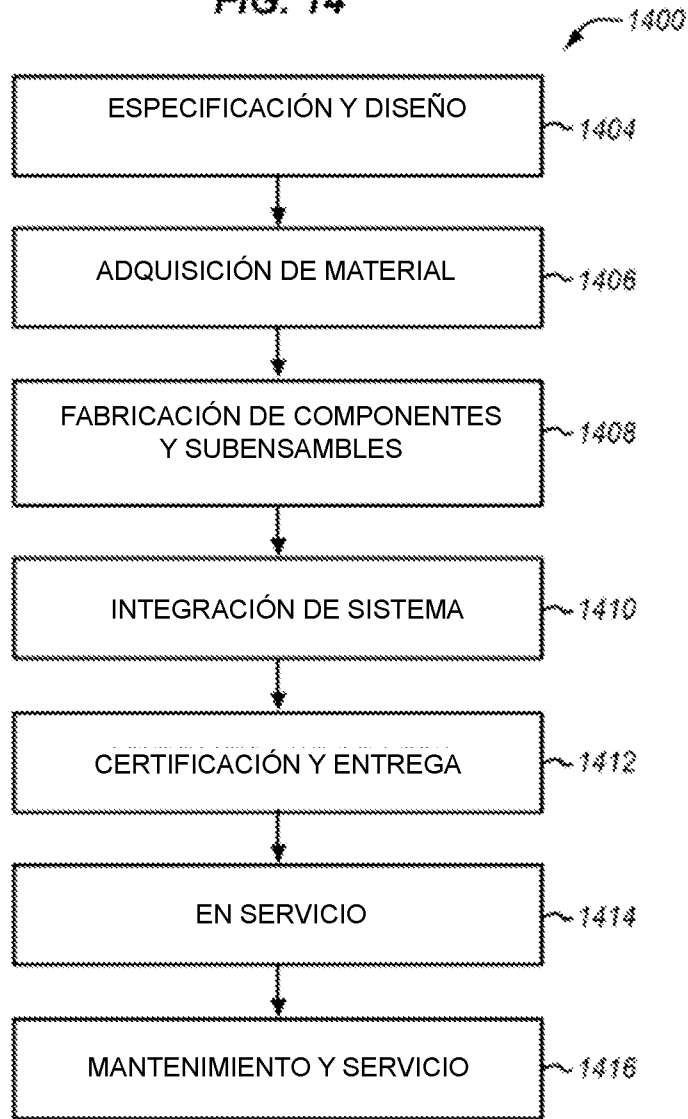


FIG. 15

