

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 753 393**

51 Int. Cl.:

B21D 47/02 (2006.01)

B21D 26/059 (2011.01)

B21D 26/055 (2011.01)

B32B 15/01 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.05.2016** E 16171313 (6)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2019** EP 3132867

54 Título: **Aparato y método para formar paneles de tres láminas**

30 Prioridad:

17.08.2015 US 201514827711

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

08.04.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MATSEN, MARC R.;
NANSEN, DAVID S.;
FIRTH, LEE C. y
FOLTZ, GREGORY A.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 753 393 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

Aparato y método para formar paneles de tres láminas

Campo

5 La presente divulgación se refiere en general a la formación de paneles de múltiples láminas y, más particularmente, a aparatos y métodos para fabricar paneles de tres láminas de material utilizando un proceso de Formación Superplástica, de acuerdo con los preámbulos de las reivindicaciones 1 y 6, respectivamente.

Antecedentes

10 La Formación Superplástica ("SPF") es un proceso de formación de material diseñado para material de lámina que permite el alargamiento de varios cientos por ciento. Los materiales comunes utilizados con SPF incluyen, pero no se limitan a, aleaciones de aluminio, aleaciones de titanio y aleaciones de níquel. El material se calienta para promover la superplasticidad. En un estado superplástico, el material es lo suficientemente flexible como para que se puedan aplicar procesos que generalmente se utilizan en plásticos, tales como termoformado, formado por soplado, formado al vacío y similares.

15 El SPF se puede utilizar para crear paneles de múltiples láminas (un panel formado por dos o más láminas de material). En un ejemplo de panel de dos láminas, dos láminas de metal se sueldan juntas y se colocan dentro de una herramienta de moldeo. En el ejemplo de un panel de tres láminas (un panel formado por una lámina central y dos láminas frontales opuestas que se intercalan a la lámina central), la lámina central se suelda a las láminas frontales y se coloca dentro de la herramienta de moldeo. Cuando el panel está caliente, se aplica una presión, por ejemplo, entre las dos láminas del panel de dos láminas entre las láminas frontales y el centro del panel de tres
20 láminas, y el panel se vuelve hueco a la forma de la herramienta de moldura.

De manera desventajosa, un panel de múltiples láminas formado de esta manera tiene una propensión a exhibir imperfecciones de la superficie (por ejemplo, "hoyuelos" o "cejas") durante el proceso de SPF. Durante el proceso SPF, las tensiones de tracción aplicadas en una lámina por una lámina adyacente pueden provocar dichas imperfecciones. Dichas imperfecciones a menudo ocurren cuando se hacen paneles de tres láminas utilizando el
25 proceso SPF. Estas imperfecciones pueden afectar negativamente las características (por ejemplo, las características aerodinámicas y/o las características estructurales) del panel. Por lo tanto, las técnicas de fabricación actuales, tales como SPF, pueden no ser adecuadas para fabricar paneles a partir de tres láminas de material.

Una alternativa utilizada para proporcionar cierto alivio de la formación de imperfecciones superficiales (por ejemplo, el efecto de hoyuelos) en paneles de tres láminas es hacer que las láminas frontales sean mucho más gruesas que
30 la lámina central. Sin embargo, esta solución viene con un aumento de peso y una penalización de rendimiento bastante severa.

Otra alternativa es hacer un panel de cuatro láminas. Es posible que el panel de cuatro láminas no forme hoyuelos cuando las láminas frontales se separan forzosamente porque no hay soldaduras entre el núcleo y las láminas frontales. La formación de paneles de cuatro láminas combina SPF con un segundo elemento, Unión por Difusión, también conocido como formación de superplástico y de difusión ("SPF/DB"), para crear un panel formado por cuatro
35 láminas de material. En general, las cuatro láminas de metal se sueldan juntas (por ejemplo, en sus bordes) y se calientan dentro de los límites de una herramienta de moldeo. Cuando el panel está caliente, se aplica una presión entre las láminas y el panel se vuelve hueco a la forma de la herramienta de moldeo. Sin embargo, dado que la unión por difusión se utiliza para unir las láminas, dicha unión puede tardar muchas horas en formarse.

40 De acuerdo con lo anterior, se prefieren paneles de tres láminas sobre paneles de cuatro láminas porque los paneles de tres láminas son más ligeros (tres láminas frente a cuatro láminas) y más rápidos de hacer (sin unión por difusión). Sin embargo, los paneles de tres láminas no se utilizan actualmente porque no existen técnicas de fabricación adecuadas para fabricar dichos paneles.

45 De acuerdo con lo anterior, aquellos expertos en la técnica continúan con los esfuerzos de investigación y desarrollo en el campo de la fabricación de paneles de tres láminas.

Resumen

La invención se define en las reivindicaciones independientes que se han delimitado contra el documento EP 0 507 067 A2.

50 En un ejemplo, el aparato divulgado para formar un panel, que incluye una primera lámina frontal, una segunda lámina frontal y una lámina central entre la primera lámina frontal y la segunda lámina frontal, puede incluir una herramienta de moldeo que define una cavidad de conformación en forma para corresponder con el panel, un sistema de calentamiento colocado adyacente a la cavidad de formación y configurado para calentar la cavidad de formación, y un sistema de presurización configurado para presurizar un volumen de cavidad entre la herramienta y el panel y presurizar un volumen de panel entre la primera lámina frontal y la segunda frontal.

5 En otro ejemplo, el método divulgado para formar un panel, que incluye una primera lámina frontal, una segunda lámina frontal y una lámina central entre la primera lámina frontal y la segunda lámina frontal, puede incluir las etapas de: (1) atrapar un panel precursor dentro de una cavidad de formación de una herramienta de moldeo, el panel precursor que incluye la primera lámina frontal, la lámina central soldada a la primera lámina frontal y la segunda lámina frontal soldada a la lámina central, (2) calentar el panel precursor a una temperatura superplástica, (3) presurizar un volumen de cavidad definido entre la herramienta y el panel precursor, y (4) presurizar un volumen de panel definido entre la primera lámina frontal y la segunda lámina frontal del panel precursor .

10 En aún un ejemplo, el panel divulgado puede incluir una primera lámina frontal, una segunda lámina frontal separada de la primera lámina frontal, y una lámina central acoplada entre la primera lámina frontal y la segunda lámina frontal, en donde el panel se forma a partir de un panel precursor al calentar por aplicación aplicar una presión interna a un interior de la primera lámina frontal y la segunda lámina frontal para empujar la primera lámina frontal y la segunda lámina separada entre sí y al aplicar una presión externa al exterior de la primera lámina frontal y la segunda lámina frontal para evitar imperfecciones de la superficie, y en la que la presión interna es mayor que la presión externa.

15 Otras realizaciones del aparato y método divulgados se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada, los dibujos acompañantes y las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista de plano de un panel de tres láminas que ilustra imperfecciones de la superficie creadas durante un proceso de fabricación;

20 La Figura 2 es un diagrama de bloques esquemático de una realización del aparato divulgado para formar un panel de tres láminas;

La Figura 3 es una vista en perspectiva esquemática de una realización del panel de la Figura 2;

La Figura 4 es una vista esquemática en elevación lateral, en sección transversal, de una realización del panel precursor de la Figura 2;

25 La Figura 5 es una vista esquemática en perspectiva de una realización del aparato de la Figura 2;

La Figura 6 es una vista esquemática en elevación lateral, en sección transversal, del aparato de la Figura 2 mostrado con el panel formado de la Figura 3;

La Figura 7 es una vista esquemática en elevación lateral, en sección transversal, del aparato de la Figura 2 mostrado con el panel precursor de la Figura 4;

30 La Figura 8 es un ejemplo de un perfil de presión utilizado para formar el panel de la Figura 3;

La Figura 9 es otro ejemplo de un perfil de presión utilizado para formar el panel de la Figura 3;

La Figura 10 es un diagrama de flujo de una realización del método divulgado para formar el panel de la Figura 2;

La Figura 11 es un diagrama de bloques de la producción de aeronaves y la metodología de servicio. y

La Figura 12 es una ilustración esquemática de una aeronave.

35 Descripción detallada

La siguiente descripción detallada se refiere a los dibujos acompañantes, que ilustran realizaciones específicas de la divulgación. Los números de referencia pueden referirse al mismo elemento o componente en los diferentes dibujos.

40 En las Figuras 2 y 12, mencionadas anteriormente, las líneas continuas, si las hay, que conectan varios elementos y/o componentes pueden representar acoplamientos y/o combinaciones mecánicas, eléctricas, fluidas, ópticas, electromagnéticas y de las mismas. Como se utiliza en el presente documento, "acoplado" significa asociado tanto directa como indirectamente. Por ejemplo, un miembro A puede estar asociado directamente con un miembro B, o puede estar asociado indirectamente con él, por ejemplo, a través de otro miembro C. Se entenderá que no todas las relaciones entre los diversos elementos divulgados están necesariamente representadas. De acuerdo con lo anterior, también pueden existir acoplamientos distintos a los representados en los diagramas de bloques. Las líneas punteadas, si las hay, bloques de conexión que designan los diversos elementos y/o componentes representan acoplamientos similares en función y propósito a aquellos representados por líneas continuas; sin embargo, los acoplamientos representados por las líneas discontinuas pueden proporcionarse selectivamente o pueden relacionarse con ejemplos alternativos de la presente divulgación. Asimismo, los elementos y/o componentes, si los hay, representados con líneas discontinuas, indican ejemplos alternativos de la presente divulgación. Uno o más elementos mostrados en líneas continuas y/o discontinuas se pueden omitir de un ejemplo particular sin apartarse del alcance de la presente divulgación. Los elementos ambientales, si los hay, se representan con líneas punteadas.

Los elementos virtuales (imaginarios) también se pueden mostrar para mayor claridad. Aquellos expertos en la técnica apreciarán que algunas de las características ilustradas en las Figuras 2 y 12 se pueden combinar de varias maneras sin la necesidad de incluir otras características descritas en las Figuras 2 y 12, otras figuras de dibujo, y/o la descripción acompañante, aunque tal combinación o combinaciones no se ilustran explícitamente en este documento. De manera similar, las características adicionales no limitadas a los ejemplos presentados, se pueden combinar con algunas o todas las características mostradas y descritas aquí.

En las Figuras 10 y 11, mencionadas anteriormente, los bloques pueden representar operaciones y/o porciones de los mismos y las líneas que conectan los diversos bloques no implican ningún orden o dependencia particular de las operaciones o porciones de los mismos. Los bloques representados por líneas discontinuas indican operaciones alternativas y/o porciones de las mismas. Las líneas discontinuas, si las hay, que conectan los diversos bloques representan dependencias alternativas de las operaciones o porciones de las mismas. Se entenderá que no todas las dependencias entre las diversas operaciones divulgadas están necesariamente representadas. Las Figuras 10 y 11 y la divulgación acompañante que describe las operaciones de los métodos establecidos en este documento no se deben interpretar como determinantes necesariamente de una secuencia en la que se realizarán las operaciones. Por el contrario, aunque se indica un orden ilustrativo, se debe entender que la secuencia de las operaciones se puede modificar cuando sea apropiado. De acuerdo con lo anterior, ciertas operaciones se pueden realizar en un orden diferente o simultáneamente. Adicionalmente, aquellos expertos en la técnica apreciarán que no todas las operaciones descritas necesitan realizarse.

La referencia en el presente documento a "ejemplo" significa que una o más características, estructuras o características descritas en relación con el ejemplo se incluyen en al menos una realización o implementación. La frase "un ejemplo" u "otro ejemplo" en varios lugares en la especificación se puede referir o no al mismo ejemplo.

A menos que se indique lo contrario, los términos "primero", "segundo", etc., se utilizan en este documento simplemente como etiquetas, y no tienen la intención de imponer requisitos ordinales, posicionales o jerárquicos en los artículos a los que se refieren estos términos. Más aún, la referencia a un "segundo" elemento no requiere ni excluye la existencia de un elemento de menor número (por ejemplo, un "primer" elemento) y/o un elemento de mayor número (por ejemplo, un "tercer" elemento).

La presente divulgación reconoce que se pueden formar múltiples paneles de láminas (por ejemplo, paneles formados por dos o más láminas de material) utilizando un proceso de Formación Superplástica ("SPF"). Como un ejemplo, el proceso SPF se puede utilizar para hacer paneles de tres láminas. Los paneles de tres láminas están formados por una lámina central y dos láminas frontales opuestas que intercalan la lámina central. En un panel de tres láminas, la lámina central se suelda a las láminas frontales. Después de que las láminas se sueldan juntas, las láminas se calientan y se presuriza un volumen entre las láminas frontales para separar las láminas de la lámina central.

Como se ilustra en la Figura 1, la presente divulgación reconoce adicionalmente que los procesos SPF actuales no son adecuados para fabricar paneles 1000 de tres láminas debido a la formación de imperfecciones 1002 (por ejemplo, hoyuelos) en la superficie 1004 del panel 1000 de tres láminas. Las tensiones de tracción aplicadas en las láminas 1006 frontales por la lámina central (no ilustrada en la Figura 1) pueden provocar dichas imperfecciones 1002. Cuando las láminas 1006 frontales se separan, la lámina central se dobla y las láminas 1006 frontales se amontonan alrededor de las soldaduras 1008, formando hoyuelos afilados (por ejemplo, imperfecciones 1002) en las superficies 1004 externas de las láminas 1006 frontales.

La presente divulgación reconoce además que los paneles de tres láminas pueden atenuar el ruido, transportar una carga estructural y son atractivos desde una perspectiva de tiempo de ciclo y peso, pero deben estar libres de imperfecciones de la superficie (por ejemplo, imperfecciones 1002) (Figura 1) para que estas ventajas se realicen. Adicionalmente, se pueden utilizar paneles de tres láminas como sustituto de los paneles de núcleo de panel (por ejemplo, paneles formados por un núcleo de panel y dos láminas frontales opuestas que intercalan el núcleo de panel). Como un ejemplo, los paneles de tres láminas pueden tener un uso particularmente beneficioso en la industria aeroespacial como un sustituto de los paneles centrales de panel.

Con referencia a la Figura 3, y con referencia a la Figura 2, se describe una realización del panel 102. El panel 102 se puede formar utilizando el aparato 100 (Figura 2) y el método 500 (Figura 10). El panel 102 incluye la primera lámina 104 frontal, la segunda lámina 106 frontal y la lámina 108 central interacopladas entre la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal. La primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal están separadas entre sí. El panel 102 se puede referir en general como un panel de tres láminas. El panel 102 es rígido y ligero.

Con referencia a las Figuras 3 y 4, como un ejemplo, el panel 102 (Figura 3) está formado por el panel 110 precursor (Figura 4). Generalmente, el panel 110 precursor se calienta y presuriza para formar el panel 102. Como se describirá con mayor detalle en este documento, como un ejemplo, el panel 110 precursor puede inflarse con un gas inerte utilizando un perfil 130 de presión de gas inerte adaptado (Figuras 8 y 9) para formar superplásticamente el panel 102 a partir de un panel 110 precursor calentado.

La primera lámina 104 frontal está soldada a la lámina 108 central por una pluralidad de primeras soldaduras 112 (por ejemplo, juntas de soldadura). La lámina 108 central está soldada a la segunda lámina 106 frontal por una pluralidad de segundas soldaduras 114 (por ejemplo, juntas de soldadura). Las primeras soldaduras 112 y segundas soldaduras 114 pueden ser soldaduras de penetración parcial. La lámina 108 central está soldada a las láminas 104, 106 frontales de modo que la mitad de las soldaduras (por ejemplo, las primeras soldaduras 112) están entre la primera lámina 104 frontal y la lámina 108 central y la otra mitad de las soldaduras (por ejemplo, las segundas soldaduras 114) están entre la segunda lámina 106 frontal opuesta y la lámina 108 central. Las primeras soldaduras 112 se pueden alinear entre sí y formar una rejilla de primeras soldaduras 112. Las segundas soldaduras 114 se pueden alinear entre sí y a partir de una rejilla de segundas soldaduras 114. Las primeras soldaduras 112 y las segundas soldaduras 114 se compensan entre sí.

Con referencia a la Figura 4, en un ejemplo del panel 110 precursor, la primera lámina 104 frontal, la segunda lámina 106 frontal y la lámina 108 central son planas y paralelas entre sí. La pila soldada de la primera lámina 104 frontal, la lámina 108 central y la segunda lámina 106 frontal forma una estructura intercalada. La estructura intercalada se suelda a lo largo del borde 118 periférico (por ejemplo, bordes periféricos comunes de la primera lámina 104 frontal, la lámina 108 central y la segunda lámina 106 frontal) mediante la tercera soldadura 120 (por ejemplo, junta de soldadura) para formar el panel 110 precursor.

En el ejemplo del panel 110 precursor ilustrado en la Figura 4, el grosor de la sección transversal de la primera lámina 104 frontal, la segunda lámina 106 frontal y la lámina 108 central; el espesor de la sección transversal de las soldaduras (por ejemplo, primeras soldaduras 112, segundas soldaduras 114 y tercera soldadura 120); y la distancia entre la primera lámina 104 frontal y la lámina 108 central y la segunda lámina 106 frontal y la lámina 108 central en relación con los espesores de sección transversal de la primera lámina 104 frontal, la lámina 108 central y la segunda lámina 106 frontal se exageran para mayor claridad e ilustración.

Con referencia a la Figura 2, y con referencia a la Figura 4, un volumen entre la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal define el volumen 122 del panel. El puerto 126 de presión del panel se forma a través del panel 110 precursor para presurizar el volumen 122 del panel. Como ejemplo, el puerto 126 de presión del panel se forma a través del borde 118 periférico (Figura 4) del panel 110 precursor.

Con referencia a la Figura 4, y con referencia a la Figura 2, como un ejemplo, el volumen 122 del panel (Figura 2) puede incluir el primer volumen 122a del panel definido por el volumen entre la primera lámina 104 frontal y la lámina 108 central y el segundo volumen 122b del panel definido por el volumen entre la segunda lámina 106 frontal y la lámina 108 central. El puerto 126 de presión del panel (Figura 2) puede incluir el primer puerto 126a de presión del panel para presurizar el primer volumen 122a del panel y el segundo puerto 126b de presión del panel para presurizar el segundo volumen 122b del panel.

Mientras que el ejemplo del panel 110 precursor de la Figura 4 se ilustra con dos puertos de presión del panel 126 (por ejemplo, el primer puerto 126a de presión del panel en comunicación fluida con el primer volumen 122a del panel y el segundo puerto 126b de presión del panel en comunicación fluida con el segundo volumen 122b del panel), alternativamente, también se puede utilizar un puerto de presión de panel único 126 en comunicación fluida con todo el volumen de panel 122 (por ejemplo, tanto el primer volumen 122a de panel como el segundo volumen 122b de panel). Como otra alternativa, también se puede utilizar una pluralidad de puertos 126 de presión del panel en comunicación fluida con el volumen 122 del panel.

Con referencia a las Figuras 3 y 4, después de que las láminas 104, 106 y 108 (primera lámina 104 frontal, segunda lámina 106 frontal y lámina 108 central) se sueldan juntas para formar el panel 110 precursor (Figura 4), se calienta el panel 110 precursor (por ejemplo, láminas soldadas 104, 106 y 108) y el volumen 122 del panel entre la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal se presuriza para expandir el volumen 122 del panel y forzar la separación de la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal entre sí para formar el panel 102 (Figura 3). Dado que las primeras soldaduras 112 y las segundas soldaduras 114 están desviadas, la lámina 108 central está conformada en arrugas y surcos paralelos alternos (por ejemplo, forma una lámina central corrugada) cuando la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal se separan forzosamente entre sí, como se ilustra en la Figura 3.

Con referencia a la Figura 2, y con referencia a la Figura 5, también se divulga una realización del aparato 100 para formar el panel 102. El aparato 100 incluye la herramienta 116 de moldeo que define la cavidad 124 de formación (Figura 2) conformada para corresponder al panel 102 (Figura 2). Como un ejemplo, al menos una porción de la cavidad 124 de formación incluye una forma correspondiente a la forma moldeada final del panel 102 después de la presurización del volumen 122 del panel (Figura 2). La herramienta 116 incluye la superficie 184 de formación que tiene una forma correspondiente a la forma deseada del panel 102.

El aparato 100 incluye el sistema 186 de calentamiento colocado adyacente a la cavidad 124 de formación y configurado para calentar la cavidad 124 de formación. El sistema 186 de calentamiento se configura para calentar el panel 110 precursor (Figura 2) colocado dentro de la cavidad 124 de formación antes de la presurización del volumen 122 del panel. El sistema 186 de calentamiento puede estar incrustado dentro de la herramienta 116.

El aparato 100 incluye el sistema 192 de presurización (Figura 2) configurado para presurizar el volumen 194 de cavidad (Figura 2). Un volumen entre la herramienta 116 y la primera lámina 104 frontal y un volumen entre la herramienta 116 y la segunda lámina 106 frontal definen el volumen 194 de cavidad. El sistema 192 de presurización se configura para presurizar el volumen 122 del panel. Como se ilustra en las Figuras 3 y 4, el volumen entre la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal define el volumen 122 del panel.

Con referencia a la Figura 5, y con referencia a las Figuras 2 y 6, en una construcción de ejemplo, la herramienta 116 incluye dos mitades y la cavidad 124 de formación (Figura 2) se define entre las dos mitades. Como un ejemplo, la herramienta 116 incluye la primera herramienta 132 (por ejemplo, superior) y la segunda herramienta 134 (por ejemplo, inferior), la primera herramienta 132 y la segunda herramienta 134 en combinación definen la cavidad 124 de formación. Al menos una porción de la cavidad 124 de formación está conformada para corresponder al panel 102 (Figura 2) formado utilizando el aparato 100. La primera herramienta 132 y la segunda herramienta 134 definen cada una al menos una porción de la cavidad 124 de formación. Como un ejemplo, la primera herramienta 132 define la primera porción 176 (por ejemplo, superior) (Figura 6) de la cavidad 124 de formación y la segunda herramienta 134 define la segunda porción 178 (por ejemplo, inferior) (Figura 6) de la cavidad 124 de formación. La primera herramienta 132 puede incluir la primera superficie 162 de formación (Figura 6) que tiene una forma correspondiente a la forma deseada de la primera lámina 104 frontal del panel 102 y la segunda herramienta 134 pueden incluir una segunda superficie 164 de formación (Figura 6) que tiene una forma correspondiente a la forma deseada de la segunda lámina 106 frontal del panel 102.

La primera herramienta 132 y la segunda herramienta 134 se pueden montar en o dentro del primer larguero 136 (por ejemplo, superior) y el segundo larguero 138 (por ejemplo, inferior), respectivamente. En una construcción de ejemplo, el primer larguero 136 y el segundo larguero 138 se enroscan en cuatro soportes de columna roscados, por ejemplo, tornillos 140 niveladores. Los tornillos 140 niveladores se pueden girar utilizando un fuelle u otros mecanismos de accionamiento para mover el primer larguero 136 o el segundo larguero 138 hacia arriba o abajo en relación el uno al otro. El movimiento del primer larguero 136 y el segundo larguero 138 mueven la primera herramienta 132 respectiva y la segunda herramienta 134 hacia arriba o hacia abajo en relación entre sí para formar la cavidad 124 de formación.

Como un ejemplo, el primer larguero 136 y el segundo larguero 138 incluyen cada uno una superficie de respaldo rígida y plana (no ilustrada explícitamente) para la primera herramienta 132 y la segunda herramienta 134, respectivamente, para evitar la flexión y/o agrietamiento de la primera herramienta 132 y segunda herramienta 134 durante operaciones repetidas de formación de paneles. El primer larguero 136 y el segundo larguero 138 pueden ser capaces de sostener la primera herramienta 132 y la segunda herramienta 134 a una tolerancia de superficie de aproximadamente ± 0.003 pulgadas por pie cuadrado (aproximadamente ± 0.82 milímetros por metro cuadrado) de la superficie de formación en la herramienta 116 (por ejemplo, definiendo la cavidad 194 de formación). Dichas tolerancias pueden ayudar a asegurar que se logren las tolerancias de partes adecuadas. El primer larguero 136 y el segundo larguero 138 pueden estar formados de acero, aluminio o cualquier otro material capaz de manejar las cargas presentes durante la formación del panel. Sin embargo, en ciertas realizaciones, se pueden preferir materiales que no sean magnéticos, tales como aluminio o algunas aleaciones de acero, para evitar cualquier distorsión al campo magnético producido por las bobinas 142 de inducción, como se describe a continuación. En algunas circunstancias, la primera herramienta 132 y/o la segunda herramienta 134 pueden ser lo suficientemente fuertes para formar un panel sin el primer larguero 136 y/o el segundo larguero 138.

La primera herramienta 132 y la segunda herramienta 134 pueden estar unidas a su respectivo primer larguero 136 y segundo larguero 138 mediante cualquier dispositivo de sujeción adecuado, tal como atornillado o sujeción. Como un ejemplo, tanto la primera herramienta 132 como la segunda herramienta 134 están montadas en placas 150 de soporte (solo se muestra una placa 150 de soporte inferior acoplada a la segunda herramienta 134 en la Figura 5) que se mantienen en su lugar en el primer larguero 136 y segundo larguero 138, por ejemplo, mediante el uso de barras de sujeción (no ilustradas explícitamente). Las barras de sujeción pueden extenderse alrededor de los bordes periféricos de las placas 150 de soporte y pueden atornillarse al primer larguero 136 y al segundo larguero 138 respectivos mediante el uso de sujetadores (no ilustrados explícitamente).

Con referencia a la Figura 6, en una construcción de ejemplo, la primera herramienta 132 incluye el primer troquel 180 (por ejemplo, superior) y la segunda herramienta 134 incluye el segundo troquel 182 (por ejemplo, inferior). La primera herramienta 132 incluye el primer troquel (por ejemplo, superior) el inserto 144 acoplado al primer troquel 180 y la segunda herramienta 134 incluye el segundo inserto 146 (por ejemplo, inferior) acoplado al segundo troquel 182. Como un ejemplo, la primera cavidad 158 del inserto (por ejemplo, superior) formada en el primer troquel 180 está dimensionada para sostener el primer inserto 144 y la segunda cavidad 160 del inserto (por ejemplo, inferior) formada en el segundo troquel 182 tiene un tamaño para contener el segundo inserto 146.

La cavidad 124 de formación se define entre el primer inserto 144 y el segundo inserto 146. Al menos una porción de la cavidad 124 de formación está conformada para corresponder con el panel 102 (Figura 2) formado utilizando el aparato 100. El primer inserto 144 y segundo inserto 146 cada uno define al menos una porción de la cavidad 124 de formación. Como un ejemplo, el primer inserto 144 define la primera porción 176 de la cavidad 124 de formación y el segundo inserto 146 define la segunda porción 178 de la cavidad 124 de formación. La superficie 184 de formación puede definirse por el primer inserto 144 y el segundo inserto 146. Como un ejemplo, el primer inserto 144

5 puede definir una primera porción de la superficie 184 de formación que tiene una forma que generalmente corresponde a la forma deseada de un lado del panel 102 (por ejemplo, el lado del panel 102 definido por la primera lámina 104 frontal) y el segundo el inserto 146 puede definir una segunda porción de la superficie 184 de formación que tiene una forma que generalmente corresponde a la forma deseada de un lado opuesto del panel 102 (por ejemplo, el lado del panel 102 definido por la segunda lámina 106 frontal). La superficie 184 de formación puede ser plana o contorneada.

10 Alternativamente, el primer inserto 144 y el segundo inserto 146 se pueden formar cada uno como una parte integral del primer troquel 180 y el segundo troquel 182. La configuración separada de troquel e inserto de las herramientas puede ser preferible porque permite diferentes insertos, por ejemplo, definiendo cavidades de conformación de diferentes formas, para ser utilizadas en las mismas herramientas, simplificando la tarea de reemplazo para cambiar las herramientas y reduciendo los costes de las herramientas. Adicionalmente, la configuración separada de troquel e inserto de las herramientas puede permitir el uso de revestimientos 188 y 190 de susceptor, como se describe con mayor detalle a continuación.

15 Con referencia a las Figuras 6 y 7, y con referencia a la Figura 2, en un ejemplo, el aparato 100 incluye el ensamble 196 de placa de prensa interna y el ensamble 198 de placa de prensa externa. El ensamble 198 de placa de prensa externa se coloca dentro de la cavidad 124 de formación adyacente a la herramienta 116. El ensamble 196 de placa de prensa interna se coloca dentro de la cavidad 124 de formación entre el ensamble 198 de placa de prensa externa y el panel 102.

20 La Figura 7 ilustra un ejemplo del aparato 100 y el panel 110 precursor antes de la etapa de presurización del proceso de formación del panel. La Figura 6 ilustra un ejemplo del aparato 100 y el panel 102 después de la etapa o etapas de presurización del proceso de formación del panel.

25 Con referencia a las Figuras 6 y 7, y con referencia a la Figura 2, durante la etapa o etapas de presurización del proceso de formación de panel, el sistema 192 de presurización (Figura 2) se configura para presurizar la primera zona 200 de presión (Figura 7). La primera zona 200 de presión se define entre el ensamble 196 de placa de prensa interna y el ensamble 198 de placa de prensa externa. Como un ejemplo, el sistema 192 de presurización aplica presión externa P_E (por ejemplo, una presión externa al panel 110 precursor o panel 102) a la primera zona 200 de presión. La presurización de la primera zona 200 de presión (por ejemplo, con presión externa P_E) presuriza el volumen 194 de cavidad, empuja el ensamble 198 de placa de prensa externa en contacto con la superficie 184 de formación (Figura 2), empuja el ensamble 196 de placa de prensa interna lejos del ensamble 198 de placa de prensa externa, y presiona el ensamble 196 de placa de prensa interna en contacto con las superficies 128 exteriores (Figura 4) de la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal, como se ilustra en la Figura 6.

35 El sistema 192 de presurización se configura para presurizar la segunda zona 202 de presión. La segunda zona 202 de presión se define entre la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal del panel 102 (o panel 110 precursor). Como ejemplo, el sistema 192 de presurización aplica presión interna P_I (por ejemplo, una presión interna al panel 110 precursor o panel 102) a la segunda zona 202 de presión. La presurización de la segunda zona 202 de presión (por ejemplo, con presión interna P_I) presuriza el volumen 122 del panel (Figura 2) y empuja la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal aparte, como se ilustra en la Figura 6.

40 El sistema 192 de presurización se configura para presurizar la tercera zona 204 de presión. La tercera zona 204 de presión se define entre el ensamble 196 de placa de prensa interna y la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal del panel 102 (o panel 110 precursor). Como un ejemplo, el sistema 192 de presurización aplica presión de vacío P_V a la tercera zona 204 de presión. La presurización de la tercera zona 204 de presión (por ejemplo, con presión de vacío P_V) empuja el ensamble 196 de placa de prensa interna en contacto con la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal, como se ilustra en la Figura 6.

45 Con referencia a la Figura 7, y con referencia a la Figura 6, en una construcción de ejemplo, el ensamble 196 de placa de prensa interna incluye la primera placa 206 de prensa interna (por ejemplo, superior) y la segunda placa 208 de prensa interna (por ejemplo, inferior). La primera placa 206 de prensa interna y la segunda placa 208 de prensa interna están selladas, por ejemplo, alrededor de una periferia, para sellar (por ejemplo, encapsular o formar una envoltura alrededor) el panel 102 (o el panel 110 precursor). El ensamble 196 de placa de prensa interna incluye el puerto 224 de presurización de placa de prensa interna (Figura 6) para presurizar la tercera zona 204 de presión (Figura 7).

55 El ensamble 198 de placa de prensa externa incluye la primera placa 210 de prensa externa (por ejemplo, superior) y la segunda placa 212 de prensa externa (por ejemplo, inferior). La primera placa 210 de prensa externa y la segunda placa 212 de prensa externa se sellan, por ejemplo, alrededor de una periferia, para sellar (por ejemplo, encapsular o formar una envoltura alrededor) el ensamble 196 de placa de prensa interna y el panel 102 (o panel 110 precursor). El ensamble 198 de placa de prensa externa incluye el puerto 214 de presurización de placa de prensa (Figura 6) para presurizar la primera zona 200 de presión (Figura 7). El revestimiento 190 de susceptor y, como resultado, control de temperatura del panel (por ejemplo, panel 102) que se está formando. Los materiales ferromagnéticos pueden incluir los cinco elementos hierro (Fe), cobalto (Co), níquel (Ni), gadolinio (Gd) y disprosio (Dy) y aleaciones de esos elementos.

Como un ejemplo, el primer revestimiento 188 de susceptor y el segundo revestimiento 190 de susceptor pueden ser un susceptor inteligente rociado térmicamente que incluye una malla como se ilustra en la Figura 6, tras la presurización de la primera zona 200 de presión (Figura 7), la primera placa 210 de prensa exterior es forzada (por ejemplo, empujada por presión externa P_E) contra la superficie 184 de formación definida por el primer inserto 144 y la segunda placa 212 de prensa externa es empujada contra la superficie 184 de formación definida por el segundo inserto 146.

Después de la presurización de la primera zona 200 de presión, la primera placa 206 de prensa interna es forzada (por ejemplo, empujada por presión externa P_E) contra la superficie 128 exterior (Figura 4) de la primera lámina 104 frontal del panel 110 precursor (Figura 7) y la segunda placa 208 de prensa interna es forzada (por ejemplo, empujada por la presión externa P_E) contra la superficie 128 exterior de la segunda lámina 106 frontal del panel 110 precursor.

Después de la presurización de la tercera zona 204 de presión (Figura 7), la primera placa 206 de prensa interna es forzada (por ejemplo, presionada por presión de vacío P_V) contra la superficie 128 exterior de la primera lámina 104 frontal del panel 110 precursor (Figura 7) y la segunda placa 208 de prensa interna es forzada (por ejemplo, empujada por presión de vacío P_V) contra la superficie 128 exterior de la segunda lámina 106 frontal del panel 110 precursor.

Después de la presurización de la segunda zona 202 de presión (Figura 7), la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal son forzadas (por ejemplo, empujadas por la presión interna P_I) separadas entre sí.

Durante las etapas de presurización del proceso de formación del panel, una presión de la segunda zona 202 de presión (por ejemplo, de presión interna P_I) es mayor que una presión de la primera zona 200 de presión (por ejemplo, de presión externa P_E) para permitir la expansión del volumen 122 del panel (Figura 2) y la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal para separarse entre sí mientras el ensamble 196 de placa de prensa interna ejerce una fuerza sobre la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal.

La presión de la primera zona 200 de presión (por ejemplo, de presión externa P_E), y una presión de la tercera zona 204 de presión (por ejemplo, de presión de vacío P_V), fuerza el ensamble 196 de placa de prensa interna (por ejemplo, primera placa 206 de prensa interna y la segunda placa 206 de prensa interna) contra la superficie 128 exterior de la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina de frente 106 a medida que el panel 110 precursor se expande para formar el panel 102. La primera placa 206 de prensa interna se endurece (esencialmente engrosando) la primera lámina 104 frontal y la segunda placa 206 de prensa interna endurece (esencialmente engrosando) la segunda lámina 106 frontal, reduciendo o eliminando de esta manera la formación de imperfecciones superficiales (por ejemplo, sobre soldaduras) creadas durante la expansión del volumen 122 del panel (por ejemplo, como la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal son fuerzas separadas)

Por lo tanto, una vez que la primera placa 206 de prensa interna está en contacto con la primera lámina 104 frontal, la primera placa 206 de prensa interna define la primera superficie 162 de formación conformada para corresponder a una forma diseñada de la primera lámina 104 frontal del panel 102, como se ilustra en la Figura 6. Una vez que la segunda placa 208 de prensa interna está en contacto con la segunda lámina 106 frontal, la segunda placa 208 de prensa interna define la segunda superficie 164 de formación conformada para corresponder a una forma conformada de la segunda lámina 106 frontal del panel 102, como se ilustra en la Figura 6.

La primera superficie 162 de formación definida por el primer panel 206 de prensa interna sostiene la primera lámina 104 frontal en una configuración lisa o plana para evitar y/o eliminar la formación de imperfecciones de la superficie (por ejemplo, hoyuelos) en la superficie 128 exterior de la primera lámina 104 frontal, por ejemplo, alrededor de las primeras soldaduras 112. De manera similar, la segunda superficie 164 de formación definida por el segundo panel 208 de prensa interna sostiene la segunda lámina 106 frontal en una configuración lisa o plana para prevenir y/o eliminar la formación de imperfecciones de la superficie (por ejemplo, hoyuelos) en la superficie 128 exterior de la segunda lámina 106 frontal, por ejemplo, alrededor de las segundas soldaduras 114. La primera superficie 162 de formación y/o la segunda superficie 164 de formación pueden ser planas o contorneadas dependiendo de la forma final deseada del panel 102.

El ensamble 196 de placa de prensa interna y/o el ensamble 198 de placa de prensa externa pueden ser desechables después de cada proceso de formación de paneles. Alternativamente, el ensamble 196 de placa de prensa interna y/o el ensamble 198 de placa de prensa externa pueden ser reutilizables para numerosos procesos de formación de paneles.

Con referencia a la Figura 6, y con referencia a la Figura 2, el sistema 192 de presurización (Figura 2) incluye la fuente 216 de presión externa P_E , la fuente 218 de presión interna P_I y la fuente 220 de presión de vacío P_V (Figura 6) La fuente 216 de presión externa P_E y/o la fuente 218 de presión interna P_I pueden ser gas presurizado. Como un ejemplo, la fuente 216 de presión externa P_E y/o la fuente 218 de presión interna P_I puede ser un gas inerte presurizado (por ejemplo, argón). Otros componentes de presurización, tales como una bomba (no ilustrada explícitamente) también se pueden utilizar con el sistema 192 de presurización para aplicar la presión de gas dentro

de la primera zona 200 de presión y/o la segunda zona 202 de presión (Figura 7). La fuente 220 de presión de vacío P_v (Figura 6) puede ser una bomba de vacío (no ilustrada explícitamente).

5 Con referencia a la Figura 6, la fuente 216 de presión externa P_E proporciona presión (por ejemplo, presión de gas) a la primera zona 200 de presión a través del primer conducto 222. El primer conducto 222 puede pasar a través del segundo troquel 182 y el segundo inserto 146, como se ilustra en Figura 6, o puede pasar a través del primer troquel 180 y el primer inserto 144. El primer conducto 222 está acoplado y en comunicación fluida con el puerto 214 de presurización del ensamble de placa de prensa interna.

10 La fuente 218 de presión interna P_i proporciona presión (por ejemplo, presión de gas) a la segunda zona 202 de presión a través del segundo conducto 226. El segundo conducto 226 puede pasar a través del segundo troquel 182 y el segundo inserto 146, como se ilustra en la Figura 6, o puede pasar a través del primer troquel 180 y el primer inserto 144. El segundo conducto 226 está acoplado y en comunicación fluida con el puerto 126 de presurización del panel.

15 La fuente 220 de presión de vacío P_v proporciona presión (por ejemplo, presión de vacío) a la tercera zona 204 de presión a través del tercer conducto 228. El tercer conducto 228 puede pasar a través del primer troquel 180 y el primer inserto 144, como se ilustra en la Figura 6, o puede pasar a través del segundo troquel 182 y el segundo inserto 146. El tercer conducto 228 está acoplado a y en comunicación fluida con el puerto de presurización del ensamble 224 de placa de prensa externa.

20 Con referencia a las Figuras 8 y 9, y con referencia a la Figura 7, la primera zona 200 de presión, la segunda zona 202 de presión y la tercera zona 204 de presión se pueden presurizar utilizando un perfil 130 de presión adaptado para formar el panel 102 una vez que el panel 110 precursor se calienta a una temperatura superplástica T. Perfil 130 de presión ilustrado en las Figuras 8 y 9 muestran ejemplos de la interrelación entre la temperatura superplástica T, la presión interna P_i , la presión externa P_E y la presión de vacío P_v a lo largo del tiempo.

25 La Figura 8 muestra un ejemplo del perfil 130 de presión utilizado durante la etapa de presurización de la operación de formación del panel. El panel 110 precursor se calienta mediante el sistema 186 de calentamiento (por ejemplo, bobinas 142 de inducción) a temperatura superplástica T. Una vez que se calienta a temperatura superplástica T, la presión interna P_i se aplica a la segunda zona 202 de presión para comenzar a empujar aparte la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal (Figura 4). La presión externa P_E se aplica luego a la primera zona 200 de presión antes de que la presión interna P_i alcance una presión máxima para empujar el ensamble 196 de placa de prensa interna (Figura 7) en contacto superficial con la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal.
30 La presión externa P_E es menor que la presión interna P_i en todo el proceso. La presión externa P_E se elimina y la presión interna P_i se mantiene para terminar de formar el panel 102. La presión interna P_i se elimina mientras el panel 102 se enfría. La presión de vacío P_v se mantiene durante todo el proceso.

35 La Figura 9 muestra un ejemplo del perfil 130 de presión utilizado durante la etapa de presurización de la operación de formación del panel. El panel 110 precursor se calienta mediante el sistema 186 de calentamiento (por ejemplo, bobinas 142 de inducción) a temperatura superplástica T. Una vez que se calienta a temperatura superplástica T, la presión interna P_i se aplica a la segunda zona 202 de presión para empujar aparte la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal (Figura 4) y se aplica presión externa P_E a la primera zona 200 de presión para empujar el ensamble 196 de placa de prensa interna (Figura 7) en contacto superficial con la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal. Luego se retira la presión externa P_E interna. La presión P_i se mantiene para terminar de formar el panel 102. La presión interna P_i se elimina luego. El panel 102 se enfría luego. La presión de vacío P_v se mantiene durante todo el proceso.
40

45 Con referencia en general a la Figura 2, y particularmente a las Figuras 5 y 6, en una construcción de ejemplo, el sistema 186 de calentamiento es un sistema de calentamiento inductivo. Como un ejemplo, las bobinas 142 de inducción se colocan adyacentes a la cavidad 184 de formación. Una pluralidad de bobinas 142 de inducción se puede extender longitudinalmente a través de la longitud de la primera herramienta 132 adyacente a la cavidad 124 de formación (por ejemplo, la primera porción 176 de la cavidad 124 de formación) y a través de la longitud de la segunda herramienta 134 adyacente a la cavidad 124 de formación (por ejemplo, la segunda porción 178 de la cavidad 124 de formación). Como un ejemplo, las bobinas 142 de inducción se puede incrustar dentro y extenderse a través del interior de la primera herramienta 132 y la segunda herramienta 134.

50 Con referencia a las Figuras 5 y 6, como un ejemplo, cada bobina 142 de inducción está formada por secciones 152 de tubos rectos que se extienden a lo largo de cada una de las primeras herramientas 132 y segundas herramientas 134 y conectores 154 de bobina flexibles que unen las secciones 152 de tubos rectos en la primera herramienta 132 a las secciones 152 de tubos rectos en la segunda herramienta 134.

55 Las bobinas 142 de inducción están conectadas a una fuente de alimentación externa, por ejemplo, el controlador 156 de bobina (Figura 6), y a una fuente de refrigerante (no ilustrada explícitamente) por los conectores 174 (Figura 5) ubicados en los extremos de bobinas 142 inductivas. Las bobinas 142 de inducción también eliminan la energía térmica al servir como conducto para un fluido refrigerante, como el agua. Como un ejemplo, se pueden utilizar

cuatro bobinas 142 de inducción separadas. Sin embargo, otros números de bobinas 142 de inducción también se pueden utilizar sin limitación.

En el ejemplo de calentamiento inductivo, el primer troquel 180 y el segundo troquel 182 están elaborados de un material que no es susceptible al calentamiento inductivo. Como un ejemplo, el primer troquel 180 y el segundo troquel 182 pueden estar hechos de un material cerámico. Como un ejemplo, el primer troquel 180 y el segundo troquel 182 pueden estar hechos de un material compuesto. Se puede preferir un material compuesto o cerámico que tenga un bajo coeficiente de expansión térmica, que sea resistente al choque térmico y que tenga una resistencia a la compresión relativamente alta, tal como una cerámica de sílice fundida moldeable. Como un ejemplo, el interior 166 del primer troquel 180 y el segundo troquel 182 está formado por un material fenólico o cerámico moldeable y los lados exteriores de las cajas de herramientas están formados por bloques 168 de resina fenólica compuesta prefabricada.

El primer inserto 144 y el segundo inserto 146 pueden estar hechos de un material que sea susceptible al calentamiento inductivo (por ejemplo, un material ferromagnético). Como un ejemplo, el primer inserto 144 y el segundo inserto 146 están formados de acero inoxidable (por ejemplo, acero inoxidable 420). Alternativamente, el primer inserto 144 y el segundo inserto 146 pueden estar hechos de un material que no sea susceptible al calentamiento inductivo (por ejemplo, material no ferromagnético). Como un ejemplo, el primer inserto 144 y el segundo inserto 146 están formados por un material fenólico o cerámico dieléctrico moldeable.

El ensamble 196 de placa de prensa interna (por ejemplo, la primera placa 206 de prensa interna y la segunda placa 208 de prensa interna) y/o el ensamble 198 de placa de prensa externa (por ejemplo, la primera placa 210 de prensa externa y la segunda placa 212 de prensa externa) pueden estar hechas de un material que es susceptible al calentamiento inductivo (por ejemplo, un material ferromagnético). Como un ejemplo, el ensamble 196 de placa de prensa interna y/o el ensamble 198 de placa de prensa externa están formados de metal. Como un ejemplo general no limitativo, el ensamble 196 de placa de prensa interna y/o el ensamble 198 de placa de prensa externa se pueden formar a partir de láminas de metal. Como un ejemplo específico, no limitativo, el ensamble 196 de placa de prensa interna y/o el ensamble 198 de placa de prensa externa pueden estar formados de acero inoxidable (por ejemplo, acero inoxidable 420). Alternativamente, el ensamble 196 de placa de prensa interna y/o el ensamble 198 de placa de prensa externa pueden estar hechos de un material que no es susceptible al calentamiento inductivo (por ejemplo, un material no ferromagnético), tal como un material compuesto.

Con referencia a la Figura 6, como un ejemplo, la primera herramienta 132 incluye el primer revestimiento 188 de susceptor (por ejemplo, superior) colocado dentro de la primera cavidad 158 del inserto entre el primer troquel 180 y el primer inserto 144. La segunda herramienta 134 incluye el segundo (por ejemplo, la parte inferior) revestimiento 190 de susceptor colocado dentro de la segunda cavidad 160 del inserto entre el segundo troquel 182 y el segundo inserto 146. El primer revestimiento 188 de susceptor y el segundo revestimiento 190 de susceptor rodean el primer inserto 144 y el segundo inserto 146 y forman la cavidad 124. el primer revestimiento 188 de susceptor y segundo revestimiento 190 de susceptor pueden estar hechos de un material que sea susceptible al calentamiento inductivo (por ejemplo, un material ferromagnético).

Como un ejemplo, el primer revestimiento 188 de susceptor y el segundo revestimiento 190 de susceptor pueden incluir una capa u lámina de material magnéticamente permeable colocada a lo largo de la superficie interior de la primera cavidad 158 de inserto y la segunda cavidad 160 de inserto, respectivamente. Los materiales magnéticamente permeables para construir el primer revestimiento 188 de susceptor y el segundo revestimiento 190 de susceptor pueden incluir materiales ferromagnéticos que tengan al menos una disminución de aproximadamente 10 veces en la permeabilidad magnética cuando se calientan a una temperatura superior a una temperatura crítica o de Curie. Dicha gran caída en la permeabilidad a la temperatura crítica promueve el control de la temperatura del primer revestimiento 188 del susceptor y la segunda estructura que soporta un material rociado térmicamente permeable magnéticamente y que incluye opcionalmente un recubrimiento de aluminio de níquel (no ilustrado explícitamente). La estructura de malla puede ser una malla de alambre construida de acero inoxidable, o de un metal que tenga la misma composición que el material pulverizado térmicamente que puede soportar la temperatura y otros factores ambientales asociados con el calentamiento y la formación del panel 102. La estructura de malla proporciona un esqueleto, o estructura de soporte, que mantiene unido el material rociado. Como ejemplo, la estructura de malla de alambre es un tejido de malla muy flexible que puede ajustarse estrechamente a la forma de la primera cavidad 158 de inserción y la segunda cavidad 160 de inserción. Como un ejemplo específico, no limitante, la estructura de malla incluye aproximadamente 0.020 pulgadas (0.5 mm) grueso, alambre de acero inoxidable serie 300. Adicionalmente, la estructura de malla puede tener intersticios de tamaño suficiente entre sus alambres para permitir la interdigitación del material rociado dentro de la estructura de malla, mientras que al mismo tiempo proporciona soporte para el material rociado. Preferiblemente, el tamaño de la abertura de la malla es aproximadamente cinco veces el diámetro del alambre. Por ejemplo, un cable de aproximadamente 0.020 pulgadas (0.5 milímetros) tendría una abertura de malla de aproximadamente 0.100 pulgadas (2.54 milímetros).

La bobina 142 de inducción está configurada para generar un flujo electromagnético (por ejemplo, un campo magnético) que provoca el calentamiento de materiales susceptibles de calentamiento inductivo. Como ejemplo, la bobina 142 de inducción genera el flujo electromagnético que provoca el calentamiento del primer revestimiento 188 del susceptor y el segundo revestimiento 190 del susceptor. El primer revestimiento 188 del susceptor y el segundo

revestimiento 190 del susceptor crean un escudo electromagnético que impide que otros componentes se formen a partir de un material susceptible al calentamiento inductivo que están rodeados por el primer revestimiento 188 del susceptor y el segundo revestimiento 190 del susceptor (por ejemplo, componentes interiores) debido al flujo electromagnético debido al calentamiento. Una vez calentado mediante calentamiento inductivo, el primer revestimiento 188 de susceptor y el segundo revestimiento 190 de susceptor calientan los componentes interiores a través de conducción y/o radiación. Como un ejemplo, el primer revestimiento 188 del susceptor y el segundo revestimiento 190 del susceptor blindan el primer inserto 144, el segundo inserto 146, el ensamble 196 de placa de prensa interna (por ejemplo, la primera placa 206 de prensa interna y la segunda placa 208 de prensa interna), el ensamble 198 de placa de prensa externa (por ejemplo, la primera placa 210 de prensa externa y la segunda placa 212 de prensa externa) y el panel 102 (es decir, componentes interiores) del flujo electromagnético y, por lo tanto, evitan que esos componentes se calienten por inducción. Los componentes interiores tienen un punto Curie más bajo que el primer revestimiento 188 de susceptor y el segundo revestimiento 190 de susceptor.

El proceso de calentar el panel 102 incluye insertar el panel 110 precursor, en la cavidad 124 de formación definida por el primer inserto 144 y el segundo inserto 146 y entre el primer revestimiento 188 de susceptor y el segundo revestimiento 190 de susceptor soportado dentro de la primera cavidad 158 y la segunda cavidad 160. El primer troquel 180 y el segundo troquel 182 se juntan hasta que el panel 110 precursor está encerrado dentro de la cavidad 124 de formación y la cavidad 124 de formación está sellada. El controlador 156 de bobina suministra una cantidad predeterminada de energía a las bobinas 142 de inducción que provocan una corriente oscilante en las bobinas 142 de inducción que genera el flujo electromagnético oscilante (no se ilustra explícitamente). El flujo electromagnético viaja directamente a través del primer troquel 180 y el primer inserto 144 y el segundo troquel 182 y el segundo inserto 146 debido a su falta de permeabilidad magnética (por ejemplo, no es susceptible al calentamiento inductivo) y se acopla con el material magnéticamente permeable (por ejemplo, susceptible a calentamiento inductivo) del primer revestimiento 188 de susceptor y el segundo revestimiento 190 de susceptor. El acoplamiento con el flujo electromagnético induce corrientes de Foucault en el primer revestimiento 188 de susceptor y el segundo revestimiento 190 de susceptor, lo que, a su vez, da como resultado la generación de calor. El primer revestimiento 188 de susceptor y el segundo revestimiento 190 de susceptor bloquean el flujo electromagnético desde el interior de la cavidad 124 de formación. El calor aumenta la temperatura del primer revestimiento 188 de susceptor y el segundo revestimiento 190 de susceptor que, al estar adyacente al panel 110 precursor atrapado dentro de la cavidad 124 de formación, da como resultado un aumento de temperatura del panel 110 precursor.

En construcciones en las que solo el primer revestimiento 188 de susceptor y el segundo revestimiento 190 de susceptor se forman a partir de un material que es susceptible al calentamiento inductivo, el calor generado por el primer revestimiento 188 de susceptor y el segundo revestimiento 190 de susceptor se puede transferir al primer inserto 144, segundo inserto 146, ensamble 196 de placa de prensa interna, ensamble 198 de placa de prensa externa y/o panel 110 precursor a través de conducción y/o radiación. Como se describió anteriormente, en construcciones donde uno o más componentes interiores (por ejemplo, uno o más del primer inserto 144, el segundo inserto 146, el ensamble 196 de placa de prensa interna, el ensamble 198 de placa de prensa externa y/o el panel 110 precursor) están formados de un material que es susceptible al calentamiento inductivo, el primer revestimiento 188 de susceptor y el segundo revestimiento 190 de susceptor protegerán esos componentes del calentamiento inductivo y transferirán calor a esos componentes mediante conducción y/o radiación.

Una corriente eléctrica oscilante en la bobina 142 de inducción produce un campo magnético variable en el tiempo que calienta el primer revestimiento 188 del susceptor y el segundo revestimiento 190 del susceptor a través del calentamiento por corrientes parásitas. La frecuencia a la que el controlador 156 de bobina acciona la bobina 142 de inducción depende de la naturaleza del panel 102 (o del panel 110 precursor). Como ejemplo, la bobina 142 de inducción puede alimentarse con hasta aproximadamente 400 kW a frecuencias de entre aproximadamente 3 y 10 kHz.

La forma de la bobina 142 de inducción puede tener un efecto sobre la uniformidad del campo magnético. La uniformidad del campo suele ser importante porque la uniformidad de la temperatura inducida en el panel 102 (o el panel 110 precursor) está directamente relacionada con la uniformidad del campo magnético. El calentamiento uniforme asegura que diferentes porciones del panel alcancen una temperatura adecuada de formación del panel aproximadamente al mismo tiempo. Como un ejemplo, las bobinas de inducción de tipo solenoide proporcionan un campo magnético uniforme y, por lo tanto, se puede preferir. Se produce una mayor uniformidad de campo en el panel que se ubica simétricamente a lo largo de una línea central de la bobina de inducción circundante 142. Aquellos expertos en la técnica pueden establecer combinaciones de bobina de inducción en serie/en paralelo, separada de giro variable y distancias entre el panel y la bobina de inducción mediante cálculos eléctricos estándar para lograr el calentamiento deseado a partir de la configuración de la bobina utilizada.

Con referencia a la Figura 6, cada uno de los primeros troqueles 180 y segundo 182 rodea y soporta el primer inserto respectivo 144 y el segundo 146 y el primer revestimiento 188 de susceptor y el segundo revestimiento 190 de susceptor. Cada troquel 180 y 182 también contiene secciones 152 de tubos rectos de las bobinas 142 de inducción en la posición adecuada en relación con el primer revestimiento 188 del susceptor, el segundo revestimiento 190 del susceptor y el primer inserto 144 y el segundo inserto 146 que definen la cavidad 124 de formación. Como un ejemplo, las secciones 152 de tubos rectos de las bobinas 142 de inducción están incrustadas (por ejemplo, fundición) dentro del primer troquel 180 y el segundo troquel 182, y se extienden paralelos al primer

inserto 144 respectivo y al segundo inserto 146. Alternativamente, la bobina 142 de inducción puede estar contenida dentro del primer inserto 144 y el segundo inserto 146.

5 El primer troquel 180 y el segundo troquel 182 son generalmente sustancialmente aislantes térmicos y atrapan y contienen calor dentro de la cavidad 124 de formación. Dado que los troqueles no se calientan inductivamente y actúan como aislantes para mantener el calor dentro de la cavidad de formación, se puede requerir menos energía para alcanzar la temperatura de operación deseada.

10 Con referencia a las Figuras 5 y 6, en una construcción de ejemplo, tanto la primera herramienta 132 como la segunda herramienta 134 están reforzadas con una pluralidad de varillas 148 de fibra de vidrio. Las varillas 148 de fibra de vidrio se pueden extender tanto longitudinalmente como transversalmente en una rejilla a través de cada una de las primeras herramientas 132 y segunda herramienta 134 para aumentar la resistencia de las herramientas 132 y 134. Como un ejemplo, las varillas 148 de fibra de vidrio se extienden tanto longitudinalmente como transversalmente a través de los bloques 168 y el interior 166 del primer troquel 180 y el segundo troquel 182. Después de fundir el interior 166 del primer troquel 180 y el segundo troquel 182, las varillas 148 de fibra de vidrio se pueden tensar posteriormente mediante el uso de tuercas 170 tensoras. Las varillas 148 de tensado de fibra de vidrio mantienen una carga de compresión en los bloques 168, interior 166 e insertos 144 y 146 para mantener las tolerancias de los insertos 144 y 146 y para evitar grietas o daños en los troqueles 180 y 182 y/o insertos 144 y 146 durante las operaciones o procesos de formación de paneles.

20 Con referencia a la Figura 10, y con referencia a las Figuras 2-7, se divulga una realización del método 500 para formar el panel 102 que incluye la primera lámina 104 frontal, la segunda lámina 106 frontal y la lámina 108 central entre la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal. Se pueden hacer modificaciones, adiciones u omisiones en el método 500 sin apartarse del alcance de la presente divulgación. El método 500 puede incluir más, menos u otras etapas. Adicionalmente, las etapas se pueden realizar en cualquier orden adecuado.

25 En general, durante una operación de formación de panel (por ejemplo, método 500), el panel 110 precursor se coloca dentro de la cavidad 124 de formación. El panel 110 precursor se calienta hasta la temperatura de superplasticidad T mediante el sistema 186 de calentamiento. Cuando el panel 110 precursor alcanza un estado superplástico, el volumen 122 del panel se presuriza para empujar la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal separándose entre sí y formar una lámina 108 central de tipo corrugado acoplada entre ellas. El volumen 194 de cavidad se presuriza para controlar la forma de las superficies 128 exteriores del panel 102 (por ejemplo, de la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal), evitando así las imperfecciones de la superficie.

30 Como un ejemplo específico, de acuerdo con el aparato 100, durante la operación de formación de panel (por ejemplo, método 500), el panel 110 precursor se sella dentro del ensamble 196 de placa de prensa interna y el ensamble 196 de placa de prensa interna y el panel 110 precursor se sellan dentro ensamble 198 de placa de prensa externa. El ensamble sellado del panel 110 precursor, el ensamble 196 de placa de prensa interna y el ensamble 198 de placa de prensa externa se coloca dentro de la cavidad 124 de formación entre el primer inserto 144 y el segundo inserto 146. El panel de precursor 110 se calienta a una temperatura de superplasticidad T por sistema 186 de calentamiento (por ejemplo, energizando bobinas 142 de inducción). Cuando el panel 110 precursor alcanza un estado superplástico, la presión interna P_i se aplica al interior del panel 110 precursor (por ejemplo, a la segunda zona 202 de presión) para empujar la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal separándose entre sí y formando una lámina 108 central similar a corrugada acoplada entre ellas. Se aplica presión externa P_E entre el ensamble 198 de placa de prensa externa y el ensamble 196 de placa de prensa interna (por ejemplo, a la primera zona 200 de presión) para empujar el ensamble 196 de placa de prensa interna contra la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal (por ejemplo, ejercer una presión para un exterior del panel 110 precursor) para evitar la formación de imperfecciones superficiales, por ejemplo, alrededor de uniones soldadas, cuando la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal se separan. La presión de vacío P_v se aplica entre el ensamble 196 de placa de prensa interna y la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal (por ejemplo, a la tercera zona 204 de presión) para mantener el ensamble 196 de placa de prensa interna en acoplamiento con la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal.

50 En una implementación de ejemplo, el método 500 incluye la etapa de atrapar el panel 110 precursor dentro de la cavidad 124 de formación de la herramienta 116 de moldeo, como se muestra en el bloque 502. Como se utiliza en el presente documento, el término "atrapar" generalmente se refiere a asegurar un artículo (por ejemplo, panel 110 precursor) entre dos componentes (por ejemplo, primera herramienta 132 y segunda herramienta 134) y encerrar el artículo dentro de una cavidad (por ejemplo, cavidad 124 de formación) formada por los dos componentes. El panel 110 precursor incluye la primera lámina 104 frontal, la lámina 108 central soldada a la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal soldada a la lámina 108 central.

55 Como un ejemplo, la cavidad 124 de formación puede estar formada por la primera porción 176 definida por el primer inserto 144 acoplado al primer troquel 180 de la primera herramienta 132 y la segunda porción 178 definida por el segundo inserto 146 acoplado al segundo troquel 182 de la segunda herramienta 134.

En una implementación de ejemplo, el método 500 incluye la etapa de sellar el panel 110 precursor dentro del ensamble 196 de placa de prensa interna colocado dentro de la cavidad 124 de formación, como se muestra en el

bloque 504. Como se utiliza en el presente documento, el término “sellado” generalmente se refiere a encapsular un artículo (por ejemplo, panel 110 precursor) entre dos componentes (por ejemplo, la primera placa 206 de prensa interna y la segunda placa 208 de prensa interna) de modo que los dos componentes formen una envoltura sellada alrededor del artículo.

- 5 En una implementación de ejemplo, el método 500 incluye la etapa de sellar el ensamble 196 de placa de prensa interna y el panel 110 precursor dentro del ensamble 198 de placa de prensa externa colocado dentro de la cavidad 124 de formación, como se muestra en el bloque 506.

10 Como ejemplo, el panel 110 precursor se sella dentro del ensamble 196 de placa de prensa interna. La combinación del panel 110 precursor y el ensamble 196 de placa de prensa interna se sella luego dentro del ensamble 198 de placa de prensa externa. La combinación del panel 110 precursor, ensamble 196 de placa de prensa interna, y el ensamble 198 de placa de prensa externa se atrapan dentro de la cavidad 124 de formación de la herramienta 116 de moldeo.

En una implementación de ejemplo, el método 500 incluye la etapa de calentar el panel 110 precursor a una temperatura superplástica T, como se muestra en el bloque 508.

- 15 En una implementación de ejemplo, la etapa de calentar el panel 110 precursor (bloque 508) incluye calentar inductivamente el panel 110 precursor, como se muestra en el bloque 510.

20 En una implementación de ejemplo, la etapa de calentar inductivamente el panel 110 precursor (bloque 510) incluye generar un flujo electromagnético (por ejemplo, un campo magnético) a partir de bobinas 142 de inducción incrustadas dentro de la herramienta 116 adyacente a la cavidad 124 de formación, como se muestra en el bloque 512. La etapa de calentar inductivamente el panel 110 precursor (bloque 510) incluye adicionalmente calentar inductivamente el primer revestimiento 188 de suscepter y el segundo revestimiento 190 de suscepter, la cavidad 124 de formación del revestimiento, como se muestra en el bloque 514. El primer revestimiento 188 de suscepter y el segundo revestimiento 190 de suscepter se forman a partir de un material susceptible al calentamiento inductivo. La etapa de calentar inductivamente el panel 110 precursor (bloque 510) incluye adicionalmente calentar conductivamente el panel 110 precursor del calor generado por el primer revestimiento 188 de suscepter y el segundo revestimiento 190 de suscepter, como se muestra en el bloque 516.

En una implementación de ejemplo, el método 500 incluye la etapa de presurizar el volumen 122 del panel definido entre la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal del panel 110 precursor, por ejemplo, al utilizar el sistema 192 de presurización, como se muestra en el bloque 518.

- 30 En un ejemplo de implementación, el método 500 incluye la etapa de presurizar el volumen 194 de cavidad definido entre la herramienta 116 y el panel 110 precursor, por ejemplo, al utilizar el sistema 192 de presurización, como se muestra en el bloque 520.

35 En una implementación de ejemplo, la etapa de presurizar el volumen 122 del panel (bloque 518) incluye presurizar la segunda zona 202 de presión definida entre la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal del panel 110 precursor, por ejemplo, al utilizar una fuente de presión 218 interna P₁ del sistema 192 de presurización, como se muestra en el bloque 522.

40 En una implementación de ejemplo, la etapa de presurizar el volumen 194 de cavidad (bloque 520) incluye presurizar la primera zona 200 de presión definida entre el ensamble 196 de placa de prensa interna y el ensamble 198 de placa de prensa externa, por ejemplo, al utilizar una fuente de presión externa P_E 216 del sistema 192 de presurización, como se muestra en el bloque 524.

En una implementación de ejemplo, la etapa de presurizar el volumen 194 de cavidad (bloque 520) comprende adicionalmente presurizar la tercera zona 204 de presión definida entre el ensamble 196 de placa de prensa interna y la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal, por ejemplo, al utilizar una fuente de presión de vacío PV 220 del sistema 192 de presurización, como se muestra en el bloque 526.

- 45 En una implementación de ejemplo, el método 500 incluye la etapa de empujar la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal separándose entre sí en respuesta a la presurización de la segunda zona 202 de presión, como se muestra en el bloque 528.

50 En una implementación de ejemplo, el método 500 incluye la etapa de empujar el ensamble 196 de placa de prensa interna contra la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal en respuesta a la presurización de la primera zona 200 de presión, como se muestra en el bloque 530.

En una implementación de ejemplo, el método 500 incluye la etapa de empujar el ensamble 196 de placa de prensa interna contra la primera lámina 104 frontal y la segunda lámina 106 frontal en respuesta a la presurización de la tercera zona 204 de presión, como se muestra en el bloque 532.

Se pueden describir ejemplos de la presente divulgación en el contexto del método 1100 de fabricación y servicio de aeronaves como se muestra en la Figura 11 y la aeronave 1200 como se muestra en la Figura 12.

5 Durante la preproducción, el método 1100 ilustrativo puede incluir especificación y diseño, como se muestra en el bloque 1102, de la aeronave 1200 y adquisición de material, como se muestra en el bloque 1104. Durante la producción, fabricación de componentes y subensambles, como se muestra en el bloque 1106, y la integración del sistema, como se muestra en el bloque 1108, de la aeronave 1200 puede tener lugar. Como un ejemplo, el método 500 (Figura 10) puede ocurrir durante la fabricación de componentes y subensambles (bloque 1106). A partir de entonces, la aeronave 1200 puede pasar por la certificación y entrega, como se muestra en el bloque 1110, para ser puesta en servicio, como se muestra en el bloque 1112. Mientras esté en servicio, la aeronave 1200 puede programarse para mantenimiento y servicio de rutina, como se muestra en el bloque 1114. La rutina, mantenimiento y servicio pueden incluir modificación, reconfiguración, renovación, etc. de uno o más sistemas de la aeronave 1200.

10 Cada uno de los procesos del método 1100 ilustrativo puede ser realizado o llevado a cabo por un integrador de sistemas, un tercero y/o un operador (por ejemplo, un cliente). Para los propósitos 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 empresa de arrendamiento financiero, una entidad militar, una organización de servicios, etc.

15 Como se muestra en la Figura 12, la aeronave 1200 producida por el método 1100 ilustrativo puede incluir el fuselaje 1202 con una pluralidad de sistemas 1204 de alto nivel y el interior 1206. Los ejemplos de sistemas 1204 de alto nivel incluyen uno o más del sistema 1208 de propulsión, sistema 1210 eléctrico, sistema 1212 hidráulico y sistema 1214 ambiental. Como un ejemplo, el panel 102 se puede utilizar en el fuselaje 1202 de la aeronave 1200. Se puede incluir cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios descritos en este documento se pueden aplicar a otras industrias, tales como la industria automotriz, la industria marina, la industria de la construcción o similares.

20 Los sistemas, aparatos y métodos mostrados o descritos aquí se pueden emplear durante una cualquiera o más de las etapas del método 1100 de fabricación y servicio. Por ejemplo, los componentes o subensambles correspondientes a la fabricación de componentes y subensambles (bloque 1106) se pueden fabricar o elaborar de manera similar a los componentes o subensambles producidos mientras la aeronave 1200 está en servicio (bloque 1112). También, se pueden utilizar uno o más ejemplos de los aparatos, sistemas y métodos, o una combinación de los mismos durante las etapas de producción (bloques 1108 y 1110). De manera similar, se pueden utilizar uno o más ejemplos de los aparatos y métodos, o una combinación de los mismos, por ejemplo y sin limitación, mientras la aeronave 1200 está en servicio (bloque 1112) y durante la etapa de mantenimiento y servicio (bloque 1114).

25 Aunque se han mostrado y descrito varios ejemplos del aparato y método divulgados, aquellos expertos en la técnica pueden realizar modificaciones al leer la especificación. La presente solicitud incluye dichas modificaciones y está limitada solo por el alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (100) para formar un panel (102) que comprende una primera lámina (104) frontal, una segunda lámina (106) frontal y una lámina (108) central entre dicha primera lámina frontal y dicha segunda lámina frontal, dicho aparato comprende:
- 5 una herramienta (116) de moldeo que define una cavidad (124) de formación conformada para corresponder a dicho panel;
- un sistema (186) de calentamiento colocado adyacente a dicha cavidad de formación y configurado para calentar dicha cavidad de formación; y
- 10 un sistema (192) de presurización configurado para presurizar un volumen (194) de cavidad entre dicha herramienta de moldeo y dicho panel y presurizar un volumen (122) de panel entre dicha primera lámina frontal y dicha segunda lámina frontal, caracterizada porque
- el aparato (100) comprende adicionalmente:
- un ensamble (198) de placa de prensa externa colocado dentro de dicha cavidad (124) de formación adyacente a dicha herramienta (116) de moldeo; y
- 15 un ensamble (196) de placa de prensa interna colocado dentro de dicha cavidad de formación entre dicho ensamble de placa de prensa externa y dicho panel (102);
- en el que dicho sistema (192) de presurización se configura para:
- presurizar una primera zona (200) de presión definida entre dicho ensamble de placa de prensa interna y dicho ensamble de placa de prensa externa; y
- 20 presurizar una segunda zona (202) de presión definida entre dicha primera lámina (104) frontal y dicha segunda lámina (106) frontal.
2. El aparato (100) de la reivindicación 1, en el que dicha herramienta (116) de moldeo comprende:
- un primer troquel (180) que comprende una primera cavidad (158) de inserción;
- 25 un primer inserto (144) acoplado a dicho primer troquel dentro de dicha primera cavidad de inserto, en la que dicho primer inserto define una primera porción (176) de dicha cavidad (124) de formación;
- un segundo troquel (182) que comprende una segunda cavidad de inserción (160); y
- un segundo inserto (146) acoplado a dicho segundo troquel dentro de dicha segunda cavidad de inserto, en la que dicho segundo inserto define una segunda porción (178) de dicha cavidad de formación.
- 30 3. El aparato (100) de la reivindicación 2 en el que dicho sistema (186) de calentamiento comprende una bobina (142) de inducción incrustada dentro de dicho primer troquel (180) adyacente a dicho primer inserto (144) e incrustada dentro de dicho segundo troquel (182) adyacente a dicho segundo inserto (146), y en el que dicho primer troquel y dicho segundo troquel están formados a partir de un material no susceptible al calentamiento inductivo.
4. El aparato (100) de la reivindicación 3, que comprende adicionalmente:
- 35 un primer revestimiento (188) de susceptor colocado dentro de dicha primera cavidad (158) de inserto entre dicho primer troquel (180) y dicho primer inserto (144); y
- un segundo revestimiento (190) de susceptor colocado dentro de dicha segunda cavidad (160) de inserto entre dicho segundo troquel (182) y dicho segundo inserto (146), en el que dicho primer revestimiento de susceptor y dicho segundo revestimiento de susceptor están formados de un material susceptible a calentamiento inductivo.
- 40 5. El aparato (100) de la reivindicación 4, en el que al menos uno de un ensamble (196) de placa de prensa interna y un ensamble (198) de placa de prensa externa están formados de un material susceptible al calentamiento inductivo, y en el que dicho primer revestimiento (188) de susceptor y dicho segundo revestimiento (190) del susceptor protege dicho ensamble de placa de prensa interna y dicho ensamble de placa de prensa externa del calentamiento inductivo.
- 45 6. Un método (500) para formar un panel (102) que comprende una primera lámina (104) frontal, una segunda lámina (106) frontal y una lámina (108) central entre dicha primera lámina frontal y dicha segunda lámina frontal, dicho método comprende:

atrapar (502) un panel (110) precursor dentro de una cavidad (124) de formación de una herramienta (116) de moldeo, dicho panel precursor comprende dicha primera lámina frontal, dicha lámina central soldada a dicha primera lámina frontal, y dicha segunda lámina frontal soldada a dicha lámina central;

calentar (508) dicho panel precursor a una temperatura superplástica (T);

- 5 presurizar (520) un volumen (194) de cavidad definido entre dicha herramienta de moldeo y dicho panel precursor; y
presurizar (518) un volumen (122) de panel definido entre dicha primera lámina frontal y dicha segunda lámina frontal de dicho panel precursor,

caracterizado porque el método (500) comprende adicionalmente:

- 10 sellar (504) dicho panel (110) precursor dentro de un ensamble (196) de placa de prensa interna dentro de dicha cavidad (124) de formación; y

sellar (506) dicho ensamble de placa de prensa interna dentro de un ensamble (198) de placa de prensa externa dentro de dicha cavidad de formación, en la que:

- 15 la etapa de presurizar (52) dicho volumen (194) de cavidad comprende presurizar una primera zona (200) de presión definida entre dicho ensamble de placa de prensa interna y dicho ensamble de placa de prensa externa, y la etapa de presurizar (518) dicho volumen (122) de panel comprende presurizar una segunda zona (202) de presión definida entre dicha primera lámina (104) frontal y dicha segunda lámina frontal (106) de dicho panel precursor.

7. El método (500) de la reivindicación 6, que comprende adicionalmente:

empujar (530) dicho ensamble (196) de placa de prensa interna contra dicha primera lámina (104) frontal y dicha segunda lámina (106) frontal en respuesta a la presurización de dicha primera zona (200) de presión; y

- 20 empujar (528) dicha primera lámina frontal y dicha segunda lámina frontal separadas entre sí en respuesta a la presurización de dicha segunda zona (202) de presión,

en la que dicho ensamble de placa de prensa externa define una superficie (184) de formación conformada para corresponder a una forma diseñada de dicha primera lámina frontal y dicha segunda lámina frontal de dicho panel (102).

- 25 8. El método (500) de la reivindicación 7, en el que una presión (P_i) de dicha segunda zona (202) de presión es mayor que una presión (P_E) de dicha primera zona (200) de presión.

9. El método (500) de la reivindicación 7 u 8, en el que la etapa de presurizar (520) dicho volumen (194) de cavidad comprende adicionalmente presurizar (526) una tercera zona (204) de presión definida entre dicho ensamble (198) de placa de prensa externa y dicha primera lámina (104) frontal y dicha segunda lámina (106) frontal.

- 30 10. El método (500) de la reivindicación 9, que comprende adicionalmente empujar (532) dicho ensamble (196) de placa de prensa interna contra dicha primera lámina (104) frontal y dicha segunda lámina (106) frontal en respuesta a la presurización (526) de dicha tercera zona (204) de presión.

11. El método (500) de una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10, en el que la etapa de calentar (508) dicho panel (110) precursor comprende calentar (510) inductivamente dicho panel precursor.

- 35 12. El método (500) de la reivindicación 11, en el que la etapa de calentar (510) inductivamente dicho panel (110) precursor comprende:

generar (512) un flujo electromagnético a partir de bobinas (142) de inducción incrustadas dentro de dicha herramienta (116) de moldeo adyacente a dicha cavidad (124) de formación;

- 40 calentar (514) inductivamente un primer revestimiento (188) de suscepto y un segundo revestimiento (190) de suscepto que reviste dicha cavidad de formación, en la que dicho primer revestimiento de suscepto y dicho segundo revestimiento de suscepto están formados de un material susceptible al calentamiento inductivo; y

calentar (516) conductivamente dicho panel precursor a partir del calor generado por dicho primer revestimiento de suscepto y dicho segundo revestimiento de suscepto.

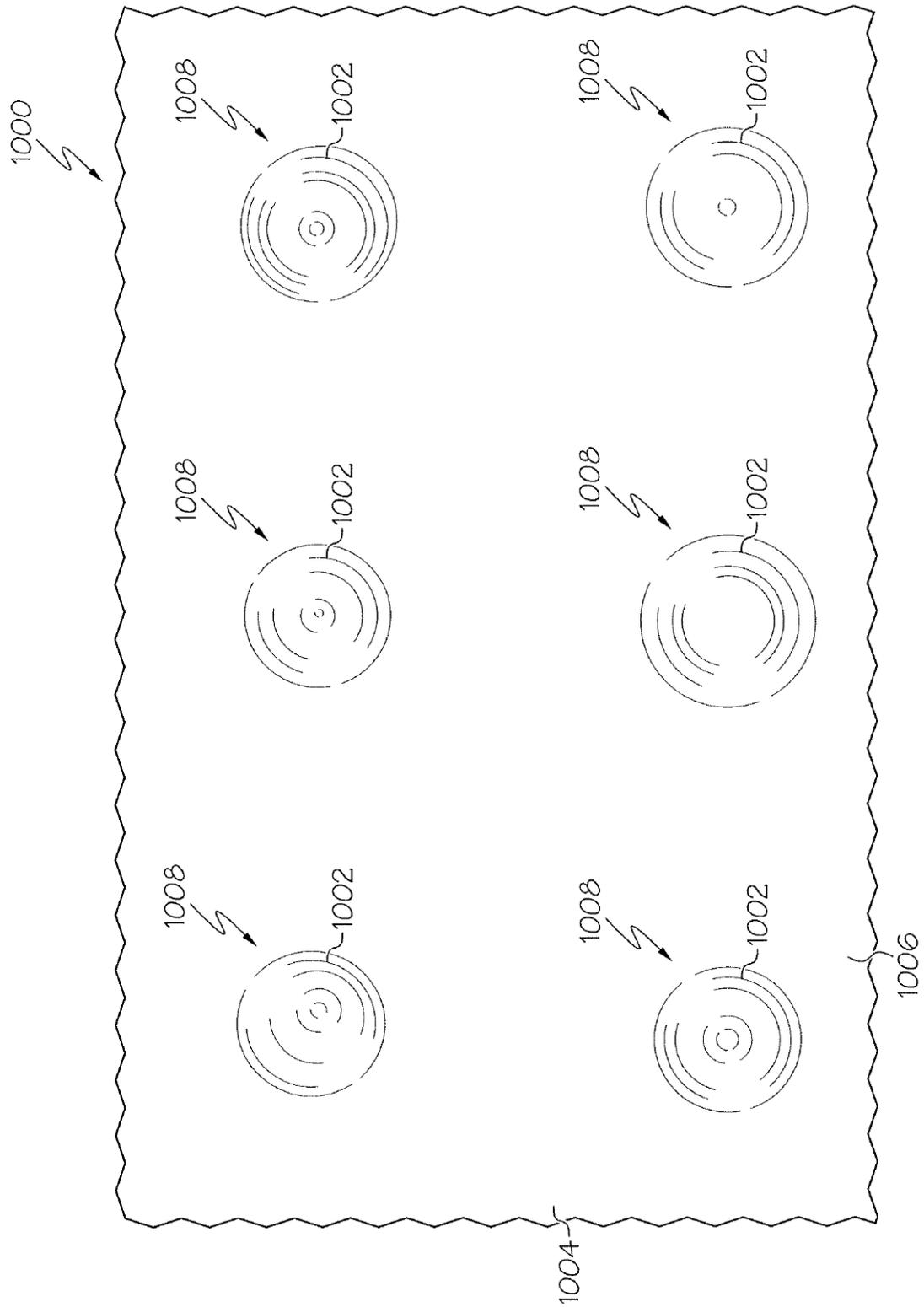


FIG. 1

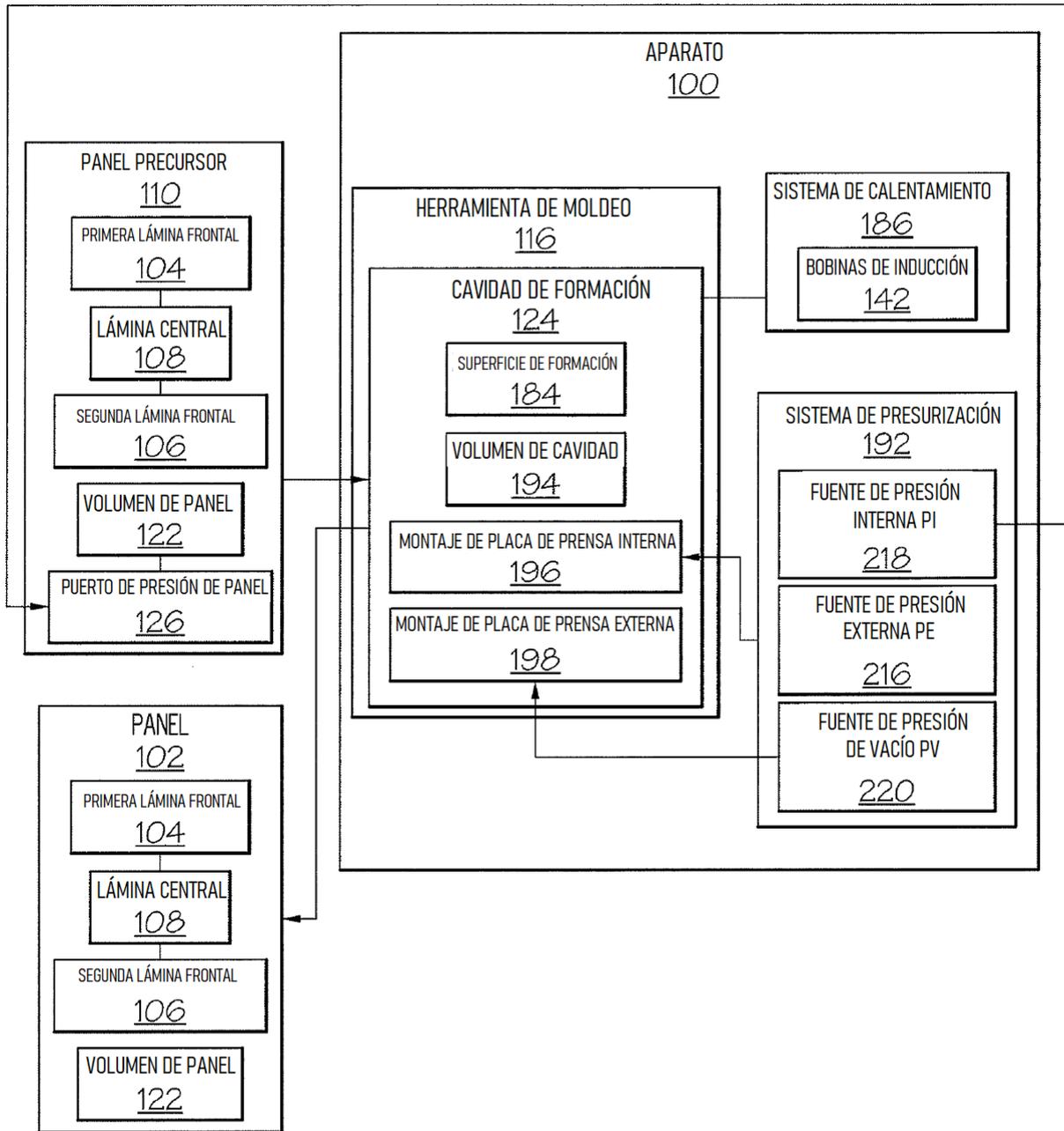


FIG. 2

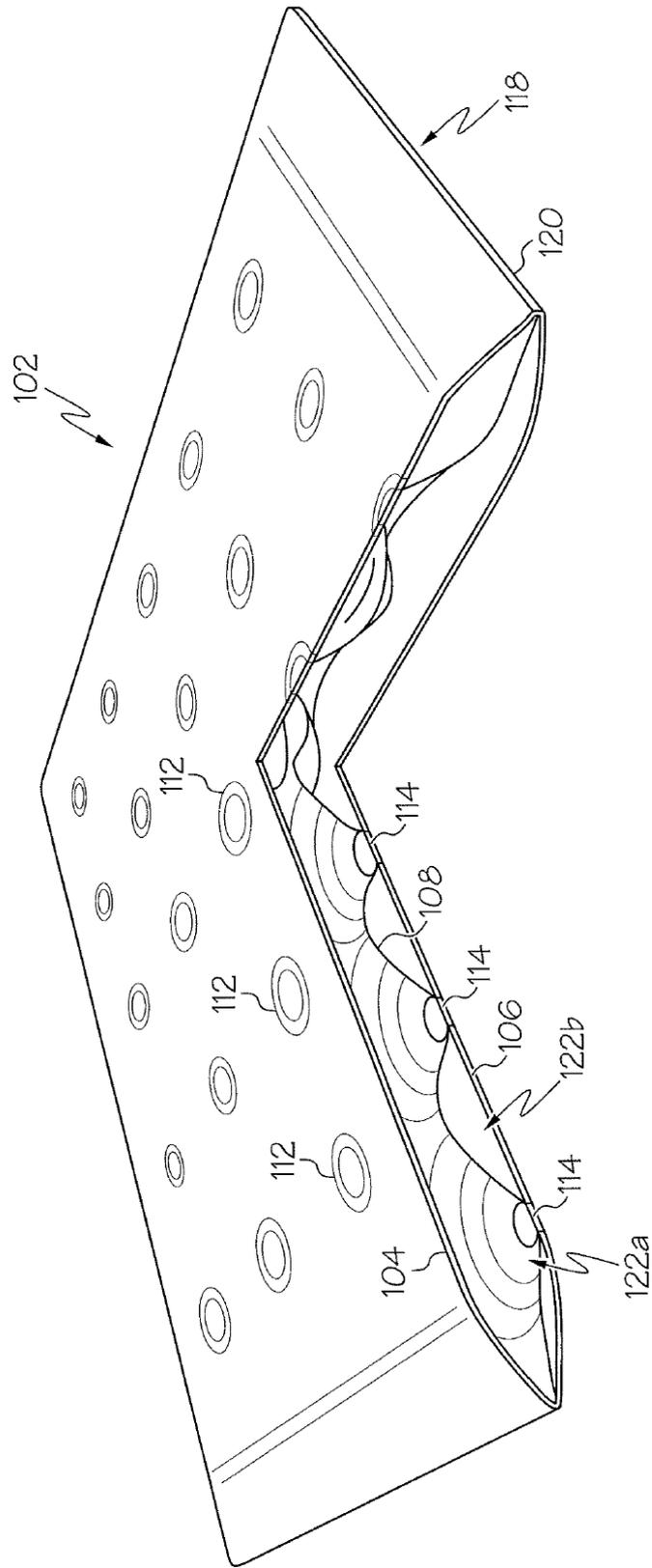


FIG. 3

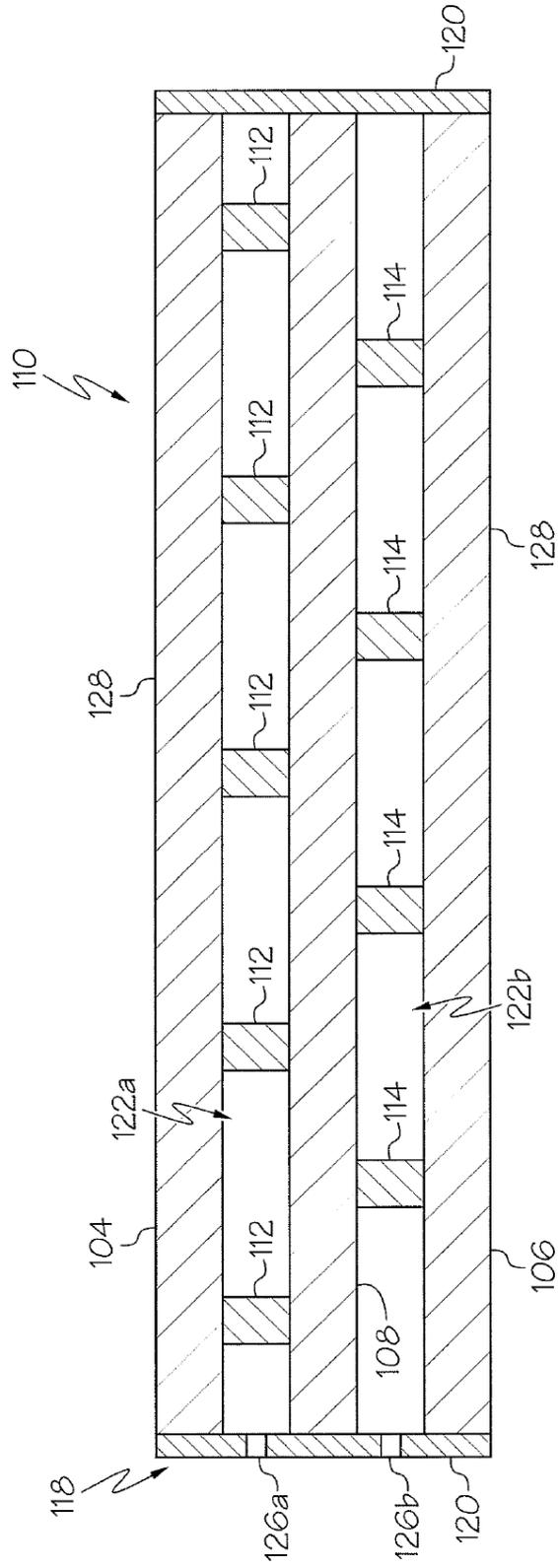


FIG. 4

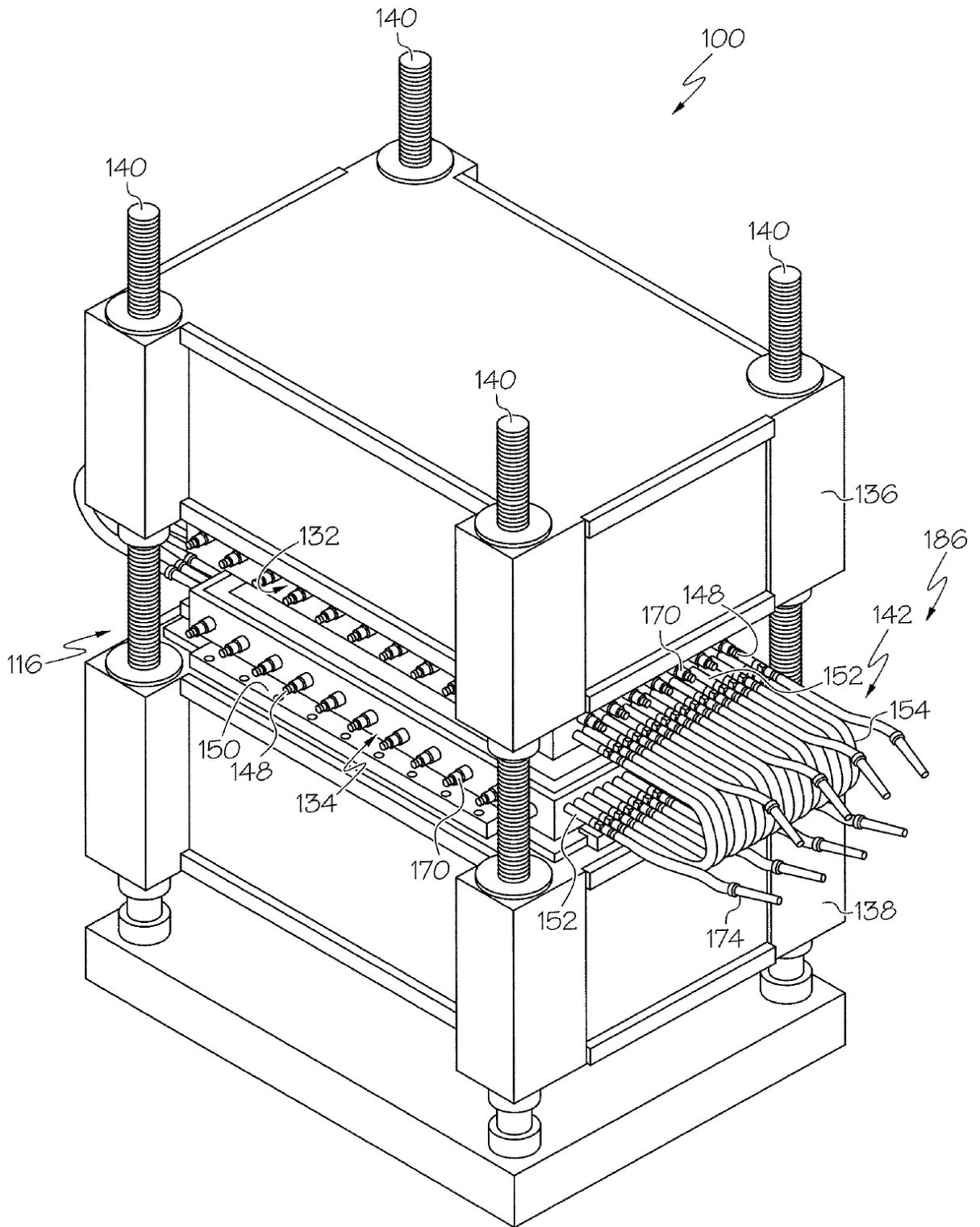


FIG. 5

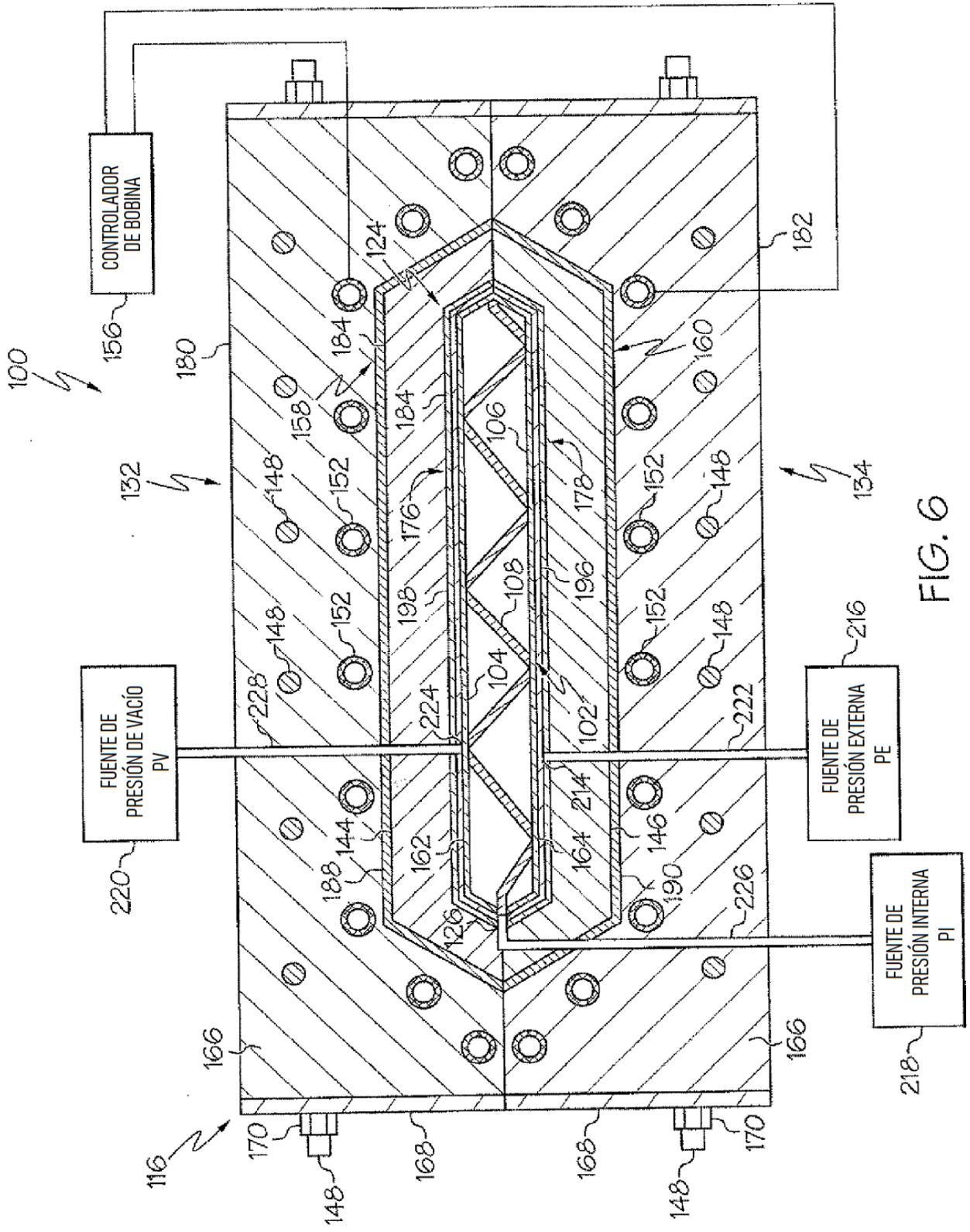


FIG. 6

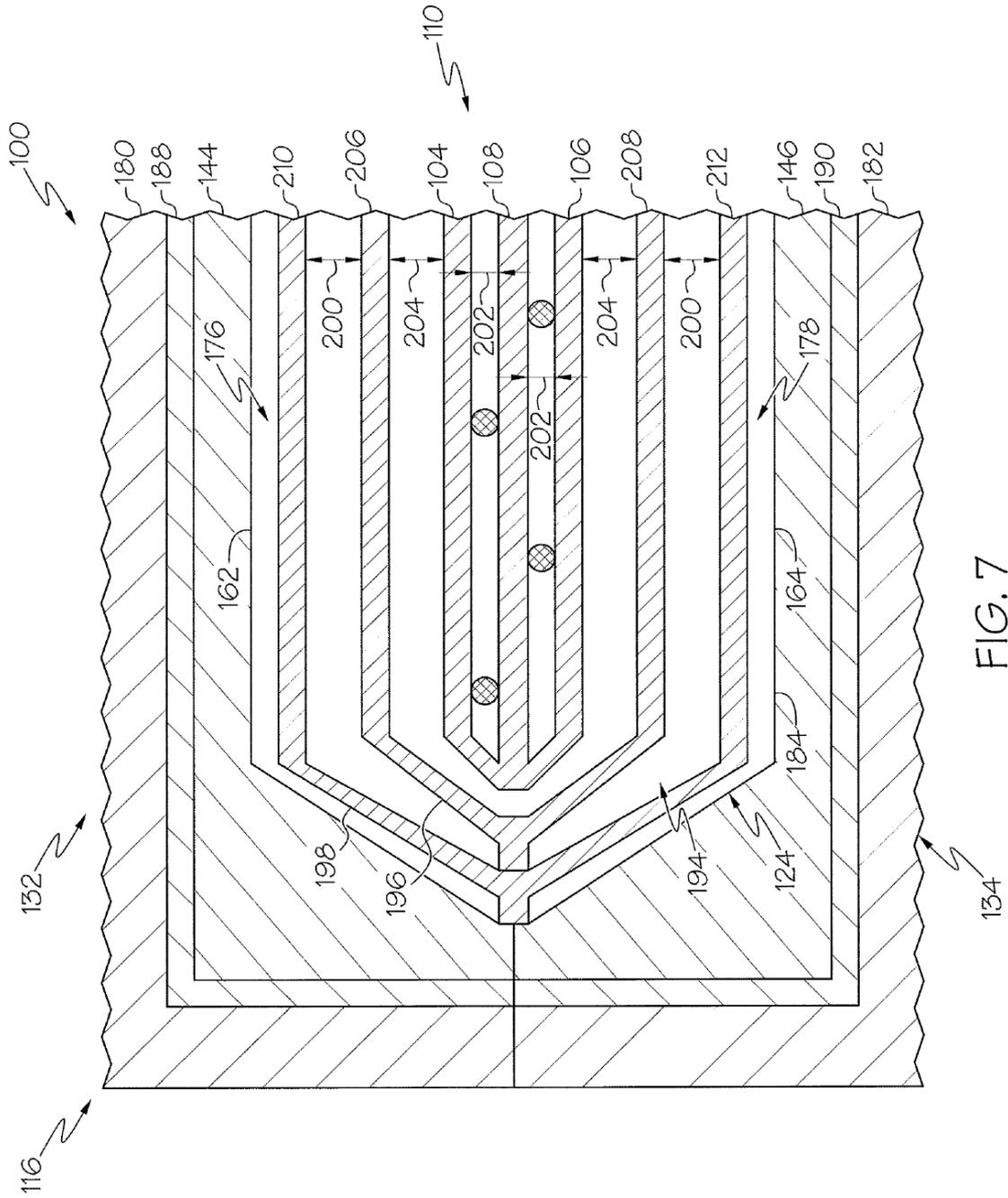


FIG. 7

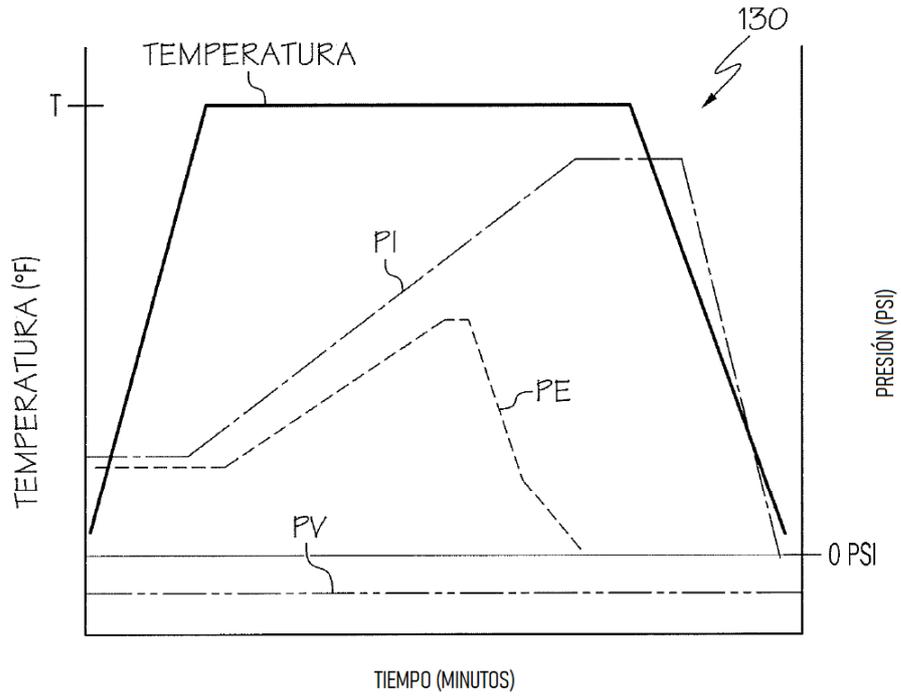


FIG. 8

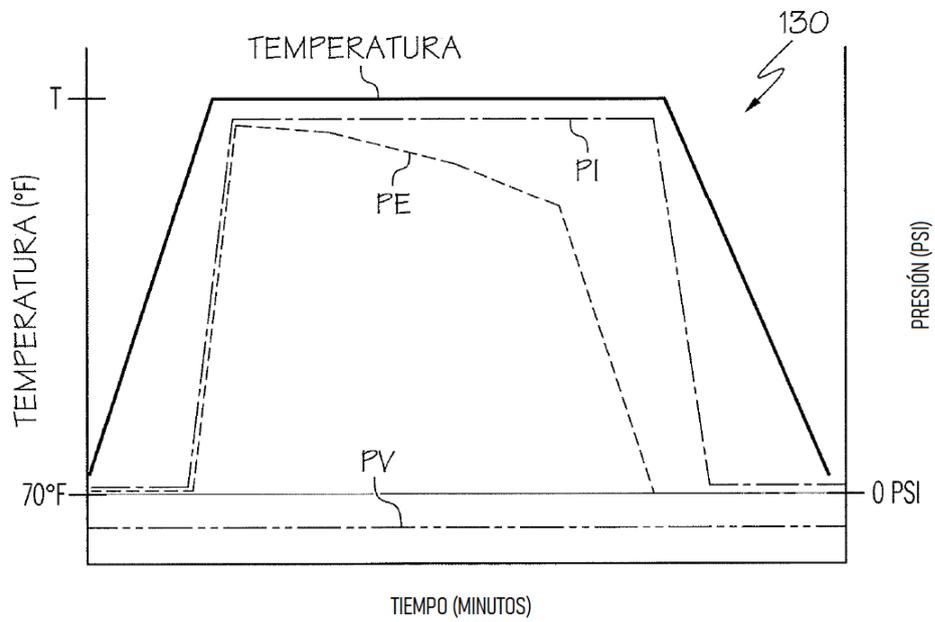


FIG. 9

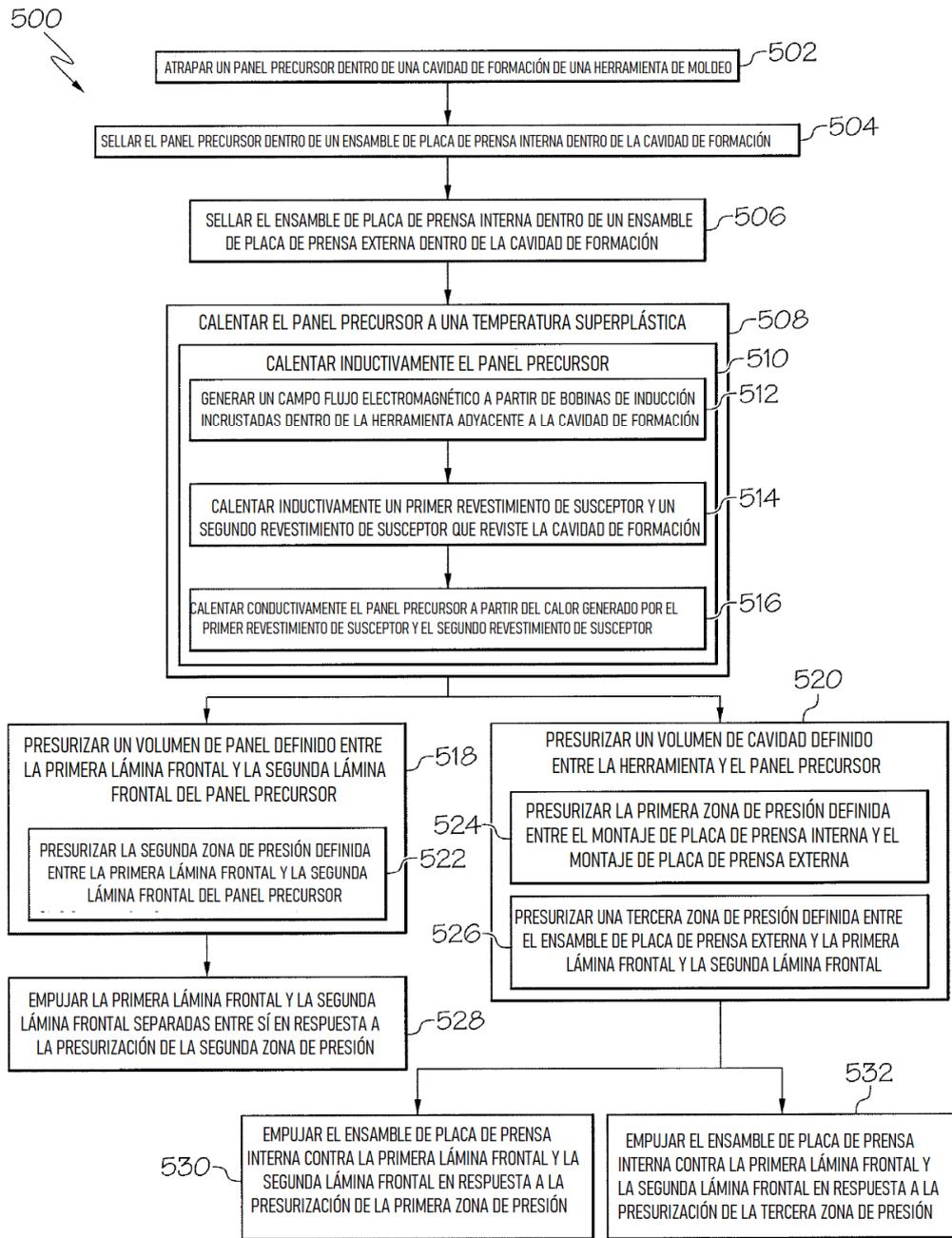


FIG. 10

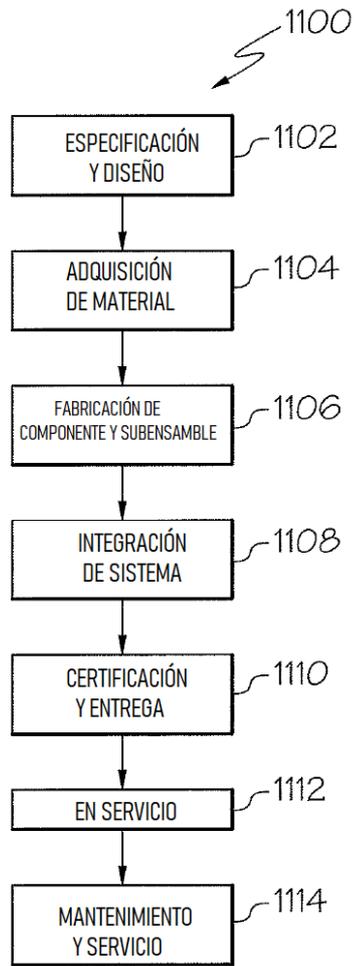


FIG. 11

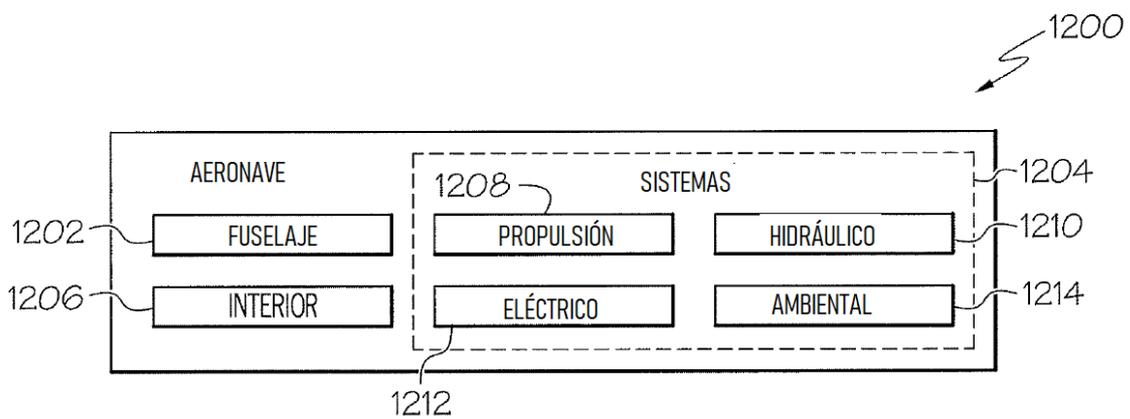


FIG. 12