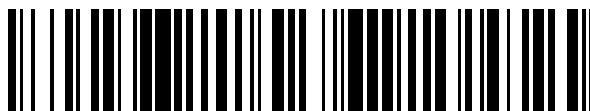


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 947 758**

51 Int. Cl.:

B21D 26/055 (2011.01)

B21D 26/059 (2011.01)

B21D 47/00 (2006.01)

B21D 53/92 (2006.01)

B21D 53/78 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.08.2018** **PCT/GB2018/052276**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.02.2019** **WO19038516**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.08.2018** **E 18752616 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.05.2023** **EP 3672742**

54 Título: **Procedimiento de conformación superplástica y unión por difusión**

30 Prioridad:

22.08.2017 GB 201713454

22.08.2017 EP 17187301

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.08.2023

73 Titular/es:

BAE SYSTEMS PLC (100.0%)

6 Carlton Gardens

London SW1Y 5AD, GB

72 Inventor/es:

GREENHALGH, ROBERT, WILLIAM y

PRICE, HOWARD, JAMES

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 947 758 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

Procedimiento de conformación superplástica y unión por difusión

5

Campo de la invención

La presente invención se refiere a la formación de una estructura usando técnicas de unión por difusión (DB) y de conformación superplástica (SPF). La presente invención tiene una aplicación particular en la industria aeroespacial, por ejemplo, en la producción de paneles y estructuras para aeronaves.

Antecedentes

La conformación superplástica/unión por difusión (SPF/DB) combinadas es una técnica establecida para fabricar componentes estructurales, particularmente componentes ligeros que requieren estructuras internas complejas, a partir de materiales que muestran propiedades superplásticas a temperaturas elevadas. Estos materiales son principalmente aleaciones de titanio, especialmente (pero no exclusivamente) aleaciones de titanio/aluminio/vanadio.

Se describen ejemplos típicos de procedimientos de conformación superplástica/unión por difusión conocidos en la patente estadounidense n.º 5.143.276, patente estadounidense n.º 4.534.503, documentos GB-2.030.480, GB-2.129.340, patente estadounidense n.º 4.607.783, patente estadounidense n.º 4.351.470, patente estadounidense n.º 4.304.821, patente estadounidense n.º 5.994.666 y documento EP-0.502.620.

El documento EP1455965 describe un procedimiento de formación de una estructura mediante unión por difusión y conformación superplástica de al menos una lámina de revestimiento y al menos una lámina de núcleo, comprendiendo el procedimiento: a) formar un paquete a partir de la al menos una lámina de revestimiento y la al menos una lámina de núcleo; b) colocar el paquete en un molde y calentar el paquete hasta una temperatura a la que las láminas pueden experimentar una deformación superplástica; c) inyectar un gas entre la lámina de revestimiento y la lámina de núcleo para impulsar la lámina de revestimiento contra una cara interna del molde formando de este modo una cavidad entre la lámina de revestimiento y la lámina de núcleo; d) inyectar gas en el lado de la lámina de núcleo alejado de la lámina de revestimiento para impulsar la lámina de núcleo contra la lámina de revestimiento, e) mantener presión de gas en dicho lado de la lámina de núcleo alejado de la lámina de revestimiento, formando de este modo una unión por difusión entre la lámina de revestimiento y la lámina de núcleo; y f) mantener una presión regulada de un gas en la cavidad entre la lámina de revestimiento y la lámina de núcleo durante al menos parte de la etapa d); caracterizado porque el gas usado en la etapa f) para mantener la presión de gas en la cavidad entre la lámina de revestimiento y la lámina de núcleo es helio.

Resumen de la invención

En un primer aspecto, la presente invención proporciona un procedimiento de formación de una estructura mediante unión por difusión y conformación superplástica de al menos una lámina de revestimiento y al menos una lámina de núcleo. El procedimiento comprende: a) formar un paquete a partir de la al menos una lámina de revestimiento y la al menos una lámina de núcleo, en donde el paquete comprende una primera superficie de la lámina de núcleo posicionada adyacente a una segunda superficie de la lámina de revestimiento, y en donde una o más ranuras de ventilación están formadas en al menos una superficie seleccionada del grupo de superficies que consiste en la primera superficie de la lámina de núcleo y la segunda superficie de la lámina de revestimiento; b) colocar el paquete en un molde y calentar el paquete hasta una temperatura a la que las láminas pueden experimentar una deformación superplástica; c) inyectar un primer gas entre la primera superficie de la lámina de núcleo y la segunda superficie de la lámina de revestimiento para impulsar la lámina de revestimiento contra una cara interna del molde formando de este modo una cavidad entre la primera superficie de la lámina de núcleo y la segunda superficie de la lámina de revestimiento; d) inyectar un segundo gas en el lado de la lámina de núcleo alejado de la lámina de revestimiento para impulsar la lámina de núcleo contra la lámina de revestimiento; e) mantener presión de gas del segundo gas en el lado de la lámina de núcleo alejado de la lámina de revestimiento, formando de este modo una unión por difusión entre la lámina de revestimiento y la lámina de núcleo; y f) extraer parte o la totalidad del primer gas de la cavidad entre la primera superficie de la lámina de núcleo y la segunda superficie de la lámina de revestimiento durante al menos parte de la etapa d). Las ranuras de ventilación tienden a facilitar la extracción de gas durante la etapa f), mejorando de ese modo la unión por difusión entre las láminas de núcleo y de revestimiento.

La una o más ranuras de ventilación pueden estar formadas en la segunda superficie de la lámina de revestimiento y no en la primera superficie de la lámina de núcleo. La una o más ranuras de ventilación pueden definir una o más trayectorias serpenteantes a través de la superficie o superficies en las que están formadas la una o más ranuras de ventilación. La una o más ranuras de ventilación pueden formarse mecanizando la superficie o superficies en las que están formadas la una o más ranuras de ventilación. La una o más ranuras de ventilación pueden definir una pluralidad de bucles interconectados. Los bucles pueden ser círculos o elipses. El procedimiento puede comprender además ubicar un elemento de sujeción mecánica a través de la estructura formada en una posición que está dentro

de un bucle definido por las ranuras de ventilación. La una o más ranuras de ventilación pueden estar ubicadas en al menos una porción de brida de la estructura.

El procedimiento puede comprender además inyectar un tercer gas en el lado de la lámina de revestimiento alejado de la lámina de núcleo, entre la lámina de revestimiento y el molde, para forzar de ese modo la lámina de revestimiento y la lámina de núcleo juntas. El primer gas puede ser el mismo tipo de gas que el segundo gas. El tercer gas puede ser el mismo tipo de gas que el primer gas y/o el segundo gas. El primer, segundo y/o tercer gases pueden ser gases nobles.

Se pueden usar al menos dos láminas de núcleo, habiéndose unido esas al menos dos láminas de núcleo entre sí en zonas seleccionadas. El segundo gas inyectado en la etapa d) puede inyectarse entre las al menos dos láminas de núcleo.

Se pueden usar dos láminas de revestimiento. El paquete en la etapa a) puede formarse intercalando una o más láminas de núcleo entre las láminas de revestimiento. El primer gas puede inyectarse en la etapa c) entre cada lámina de revestimiento y su lámina de núcleo adyacente. En la etapa f), el primer gas puede extraerse de la cavidad entre cada lámina de revestimiento y su lámina de núcleo adyacente.

La estructura de la presente invención puede ser un panel de aeronave.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama de flujo de procedimiento que muestra ciertas etapas de un procedimiento de formación de una estructura;

la figura 2 es una ilustración esquemática (no a escala) que muestra un conjunto de núcleo producido durante el procedimiento de la figura 1;

la figura 3 es una ilustración esquemática (no a escala) que muestra un conjunto de paquete (un paquete) producido a partir del conjunto de núcleo;

la figura 4 es una ilustración esquemática (no a escala) que muestra una vista en perspectiva de una lámina de revestimiento del conjunto de paquete;

la figura 5 es una ilustración esquemática (no a escala) que muestra una sección transversal a través de la lámina de revestimiento;

la figura 6 es una ilustración esquemática (no a escala) que muestra el conjunto de paquete dentro de una herramienta de moldeo;

la figura 7 es una ilustración esquemática (no a escala) que muestra el inflado de láminas de núcleo del conjunto de paquete mientras está en la herramienta de moldeo;

la figura 8 es una ilustración esquemática (no a escala) que muestra detalles adicionales de una porción de brida del conjunto de paquete e ilustra el inflado de un canal en la misma; y

la figura 9 es una ilustración esquemática (no a escala) que ilustra un gas inerte que está inyectándose entre una lámina de revestimiento y la herramienta de moldeo.

Descripción detallada

La figura 1 es un diagrama de flujo de procedimiento que muestra ciertas etapas de una realización de un procedimiento de formación de una estructura usando técnicas de SPF/DB. En esta realización, la estructura que está formándose es un panel para su uso en una aeronave, sin embargo, los expertos en la técnica apreciarán que el procedimiento descrito puede usarse para formar diferentes tipos de estructuras.

Debe indicarse que algunas de las etapas de procedimiento representadas en los diagramas de flujo de la figura 1 y descritas a continuación pueden omitirse o que tales etapas de procedimiento pueden realizarse en un orden distinto del presentado a continuación y mostrado en la figura 1. Además, aunque todas las etapas de proceso se han representado, por motivos de conveniencia y facilidad de comprensión, como etapas discretas y temporalmente secuenciales, no obstante, algunas de las etapas de proceso pueden de hecho realizarse simultáneamente o al menos superponerse en cierta medida temporalmente.

En la etapa s2, se produce un conjunto de núcleo.

La figura 2 es una ilustración esquemática (no a escala) que muestra el conjunto 100 de núcleo producido en la etapa s2. En esta realización, el conjunto 100 de núcleo se produce aplicando material de detención (por ejemplo, un compuesto de detención de itria) entre dos láminas 10, 12 de núcleo. El material de detención forma una capa que evita que las láminas 10, 12 de núcleo se unan por difusión entre sí a temperaturas de funcionamiento en las zonas a las que se ha aplicado el material de detención. Después se unen entre sí las láminas 10, 12 de núcleo mediante uniones 14 lineales. Estas uniones 14 lineales pueden formarse uniendo por difusión las dos láminas 10, 12 de núcleo entre sí, en cuyo caso el material de detención se debe omitir en la región de las uniones 14 lineales. Alternativamente, las láminas 10, 12 de núcleo pueden unirse entre sí mediante otras técnicas, por ejemplo, soldadura por resistencia o unión por láser.

Las uniones 14 lineales definen una pluralidad de células que se van a inflar en una etapa posterior, como se describe con más detalle más adelante con referencia a las etapas s12 y s14, y las figuras 6 y 8. Además, en esta realización, las uniones 14 lineales definen un canal 15 (es decir, una denominada "pista de rodadura") próximo a, pero separado de, los bordes laterales del conjunto 100 de núcleo. El canal 15 rodea una porción central del conjunto 100 de núcleo. El canal 15 puede extenderse aproximadamente en paralelo a los bordes laterales del conjunto 100 de núcleo, mientras que también está separado de esos bordes laterales. El canal 15 debe inflarse en una etapa posterior, como se describe con más detalle más adelante con referencia a las etapas s12 y s14, y la figura 7.

En la etapa s4, se produce un conjunto de paquete (es decir, un paquete).

La figura 3 es una ilustración esquemática (no a escala) que muestra el conjunto 200 de paquete producido en la etapa s4. En esta realización, el conjunto 200 de paquete se forma intercalando el conjunto 100 de núcleo (es decir, las láminas 10, 12 de núcleo unidas entre sí) entre las láminas 16, 18 de revestimiento. El conjunto 200 de paquete se sellará alrededor de su perímetro externo mediante una soldadura o una unión (no mostrada). Se incluyen conductos en el conjunto 200 de paquete permitiendo inyectar gas en la región entre las láminas 10, 12 de núcleo e independientemente en regiones entre las láminas 16, 18 de revestimiento y sus láminas 10, 12 de núcleo adyacentes. Pueden dejarse huecos en las uniones 14 lineales para permitir el paso de gas entre regiones adyacentes de las láminas de núcleo.

Las láminas de núcleo y de revestimiento pueden ser láminas de aleación de titanio, por ejemplo aleación de titanio/aluminio/vanadio, por ejemplo aleaciones de alfa-beta titanio tales como Ti-6Al-4V. Sin embargo, la una o más de las láminas de núcleo y de revestimiento pueden ser un material diferente que puede someterse a conformación superplástica y unirse por difusión, por ejemplo un metal seleccionado del grupo que consiste en níquel, cobalto, titanio, hierro, aluminio y aleaciones de los mismos y combinaciones de los mismos. Por ejemplo, un acero (acero de grano ultrafino), una superaleación (por ejemplo, una superaleación de níquel o cobalto) o una aleación de titanio. Aleaciones particularmente preferidas son Ti-6Al-4V o SP-700 (Ti-4,5Al-3V-2Mo-2Fe).

En esta realización, las superficies de las láminas 16, 18 de revestimiento que son adyacentes a las láminas 10, 12 de núcleo comprenden ranuras de ventilación formadas en las mismas.

La figura 4 es una ilustración esquemática (no a escala) que muestra una vista en perspectiva de la lámina 18 de revestimiento. La figura 5 es una ilustración esquemática (no a escala) que muestra una sección transversal a través de la lámina 18 de revestimiento mostrada en la figura 4, a lo largo de la línea indicada X-X en la figura 4.

Una superficie 180 de la lámina 18 de revestimiento que es adyacente a (por ejemplo, hace tope con) la lámina 12 de núcleo en el conjunto 200 de paquete (y posteriormente se unirá por difusión a esa lámina 12 de núcleo) comprende ranuras 182 de ventilación formadas en la misma. Las ranuras 182 de ventilación son ranuras o depresiones en la superficie 180 de la lámina 18 de revestimiento. Las ranuras 182 de ventilación pueden formarse mecanizando, por ejemplo usando un enrutador de control numérico informático (CNC), la superficie 180 de la lámina 18 de revestimiento.

Las ranuras 182 de ventilación adoptan la forma de una pluralidad de bucles entrelazados o intersecantes (o ranuras en forma de bucle). Por lo tanto, cuando se ve desde arriba, la pluralidad de bucles de las ranuras 182 de ventilación se superponen o intersecan entre sí. Los bucles de las ranuras 182 de ventilación pueden ser bucles sustancialmente circulares o elípticos, pero alternativamente las ranuras de ventilación pueden tener formas diferentes, por ejemplo, bucles poligonales, o no presentar bucles.

Los bucles, o ranuras en forma de bucle, de las ranuras 182 de ventilación pueden tener cualquier diámetro apropiado. Los diámetros pueden ser de desde aproximadamente 0,1 cm hasta 20 cm. Los ejemplos de diámetros apropiados para los bucles incluyen, pero no se limitan a, aproximadamente 0,1 cm-5 cm, 5 cm-10 cm, 10 cm-15 cm o 15 cm-20 cm. Las anchuras de las ranuras 182 de ventilación (un ejemplo de las cuales se indica en la figura 5 mediante flechas y el número de referencia 184) pueden ser cualquier anchura apropiada. Las anchuras pueden ser de desde aproximadamente 1 mm hasta 10 mm. Los ejemplos de anchuras apropiadas para las ranuras 182 de ventilación incluyen, pero no se limitan a, aproximadamente 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm, 5 mm o más de 5 mm. Las profundidades de las ranuras 182 de ventilación (un ejemplo de las cuales se indica en la figura 5 mediante flechas y

el número de referencia 186) pueden ser cualquier profundidad apropiada. Las profundidades pueden ser de desde aproximadamente 0,5 mm hasta 1,0 mm. Los ejemplos de profundidades apropiadas para las ranuras 182 de ventilación incluyen, pero no se limitan a, aproximadamente 0,5 mm, 0,6 mm, 0,7 mm, 0,8 mm, 0,9 mm, 1,0 mm o más de 1 mm.

Las ranuras 182 de ventilación definen múltiples trayectorias rebajadas entrelazadas a través de la superficie 180 de la lámina 18 de revestimiento. Las trayectorias definidas por las ranuras 182 de ventilación pueden ser serpenteantes, es decir, trayectorias rebajadas no rectas (preferiblemente curvadas). Sin embargo, en algunas realizaciones, las ranuras 182 de ventilación o una porción de las mismas pueden definir una trayectoria rebajada recta a través de la superficie 180 de la lámina 18 de revestimiento.

Las ranuras 182 de ventilación se ilustran en las figuras 4 y 5 como que comprenden nueve bucles entrelazados (o ranuras en forma de bucle), únicamente por motivos de claridad y facilidad de representación. Los expertos en la técnica apreciarán que, en la práctica, las ranuras 182 de ventilación pueden comprender un número diferente (por ejemplo, más o menos de nueve) de bucles entrelazados (o ranuras en forma de bucle).

Las ranuras 182 de ventilación se ilustran en las figuras 4 y 5 como formadas únicamente en parte, no en la totalidad, de la superficie 180 de la lámina 18 de revestimiento. Sin embargo, los expertos en la técnica apreciarán que, en la práctica, las ranuras 182 de ventilación pueden formarse en una parte diferente de la superficie 180 de la lámina 18 de revestimiento de la que se muestra en las figuras 4 y 5, o de hecho sustancialmente en toda la superficie 180. Preferiblemente, las ranuras 182 de ventilación están situadas en la superficie 180 al menos en una posición que está en y/o cerca de la porción de borde periférico de esa superficie 180. Por ejemplo, preferiblemente las ranuras 182 de ventilación están ubicadas en y cerca de una porción de la superficie 180 que pasará a ser la brida del panel durante las etapas posteriores (s6-s18) del procedimiento de la figura 2.

Aunque anteriormente sólo se han descrito ranuras 182 de ventilación en la lámina 18 de revestimiento (con referencia a las figuras 4 y 5), los expertos en la técnica apreciarán que la otra lámina de revestimiento 16 también puede comprender ranuras de ventilación en su superficie que es adyacente a (por ejemplo, hace tope con) la lámina 10 de núcleo en el conjunto 200 de paquete (y posteriormente se unirá por difusión a esa lámina 10 de núcleo). Además, las ranuras de ventilación pueden formarse en una superficie de una o ambas de las láminas 10, 12 de núcleo que es adyacente a (por ejemplo, hace tope con) una lámina 16, 18 de revestimiento en el conjunto 200 de paquete.

Ahora se describirán las etapas de s6 a s18 del procedimiento mostrado en la figura 2 con referencia a la figura 6. La figura 6 es una ilustración esquemática (no a escala) que muestra el conjunto 200 de paquete (es decir, las láminas 10, 12 de núcleo y láminas 16, 18 de revestimiento) dentro de una herramienta 20 de moldeo.

En la etapa s6, se coloca el conjunto 200 de paquete entre dos mitades de la herramienta 20 de moldeo que puede calentarse. Se presionan juntas las dos mitades de la herramienta 20 de moldeo para sujetar el conjunto 200 de paquete dentro de la cavidad interna de la herramienta 20 de moldeo. En algunas realizaciones, estos bordes del conjunto de paquete se denominan a continuación en el presente documento "porción de brida" del panel, y se indican en la figura 6 mediante el número de referencia 201. Las fuerzas de sujeción, cuando se complementan posteriormente por calentamiento, pueden proporcionar el desarrollo de uniones 21 por difusión en la porción 201 de brida si así se desea.

Se incluyen conductos en el conjunto 200 de paquete y/o la herramienta 20 de moldeo que permiten inyectar gas en regiones entre las láminas 16, 18 de revestimiento y la herramienta 20 de moldeo, al menos en la porción 201 de brida, como se describe con más detalle más adelante con referencia a la etapa s16.

En esta realización, la herramienta 20 de moldeo comprende ranuras 202 rebajadas que, cuando el conjunto 200 de paquete se coloca en la herramienta 20 de moldeo, se enganchan con la porción 201 de brida del conjunto de paquete, en una posición aproximadamente opuesta al canal 15. Sin embargo, en otras realizaciones, estas ranuras 202 rebajadas pueden omitirse.

En la etapa s8, se calienta la herramienta 20 de moldeo con el conjunto 200 de paquete en la misma hasta una temperatura a la que tiene lugar la conformación superplástica. El término superplasticidad usado en el presente documento tiene su significado habitual en la técnica, el de la capacidad de un material policristalino para mostrar, de una manera generalmente isotrópica, una elongación de tracción muy alta antes de la rotura. Se puede medir si se ha inducido flujo superplástico en un material mediante cualquier método conocido en la técnica, tal como la norma activa ASTM E2448 (método de ensayo estándar para determinar las propiedades superplásticas de materiales de lámina metálica). Las temperaturas requeridas para inducir la superplasticidad en un material particular también se conocen en la técnica. Por ejemplo, en el caso de una aleación de titanio tal como Ti-6 % Al-4 % V, la temperatura requerida es normalmente superior a 850 °C (por ejemplo, aproximadamente 870 °C, aproximadamente 880 °C, aproximadamente 890 °C, aproximadamente 900 °C, aproximadamente 910 °C, aproximadamente 920 °C o aproximadamente 930 °C). Para una aleación de aluminio tal como AA5083, la temperatura requerida para inducir superplasticidad puede ser de tan sólo aproximadamente 450-520 °C.

En la etapa s10, se inyecta un gas inerte entre cada lámina 16, 18 de revestimiento y su lámina 10, 12 de núcleo adyacente respectivamente. Por lo tanto, se inyecta gas inerte en las cavidades 30 entre las láminas de revestimiento y de núcleo. Este gas inerte puede inyectarse en las cavidades 30 entre las láminas de revestimiento y de núcleo a través de una denominada “línea de gas de revestimiento” 203. Esta inyección de gas en las cavidades 30 hace que las láminas 16, 18 de revestimiento se impulsen contra la cara interna de la herramienta 20 de moldeo, como se indica en la figura 4 mediante flechas y los números de referencia 204. Las láminas 16, 18 de revestimiento adoptan así la forma de la cara interna de la herramienta 20 de moldeo.

A temperaturas de conformación superplástica, las aleaciones de titanio pueden formar una capa de superficie (o “cubierta”), que es una fase alfa formada particularmente en presencia de elementos estabilizantes de fase alfa, tales como oxígeno y nitrógeno. La formación de una cubierta alfa en una ubicación que se va a unir por difusión reduce drásticamente la fuerza de la unión por difusión y, además, tiene un efecto perjudicial sobre el rendimiento de fatiga. Por esta razón, preferiblemente el gas usado en la conformación superplástica está sustancialmente libre de tales elementos estabilizadores de cubierta alfa y, por lo tanto, se usa preferiblemente un gas de alta pureza con un contenido muy bajo de elementos estabilizadores de cubierta alfa (pureza superior al 99,99 %). El gas también puede hacerse pasar sobre o a través de un “extractor” reactivo (por ejemplo, una sección caliente de titanio limpio) que tiende a lograr niveles deseables bajos (traza) de oxígeno y/o nitrógeno residuales en el gas. Un ejemplo de un gas inerte que puede usarse en el procedimiento de SPF/DB es argón, que es inerte y relativamente económico, sin embargo, pueden usarse otros gases inertes, tales como helio, neón, kriptón y xenón.

Una vez que las láminas 16, 18 de revestimiento se han impulsado alejándose de las láminas 10, 12 de núcleo, por ejemplo una vez que se han conformado parcial o totalmente mediante la herramienta 20 de moldeo, en la etapa s12 se inyecta gas inerte entre las láminas 10, 12 de núcleo haciendo que “se inflen” las zonas entre las uniones 14. Este inflado se indica en la figura 6 mediante flechas y los números de referencia 206. Este gas inerte puede inyectarse entre las láminas 10, 12 de núcleo mediante la denominada “línea de gas de núcleo” 208.

Como se muestra en la figura 7 (que es una ilustración esquemática que muestra las láminas 10, 12 de núcleo infladas), este inflado de las láminas 10, 12 de núcleo se continúa hasta que las láminas 10, 12 de núcleo forman una serie de células 22 divididas por paredes 24. La mitad superior de cada pared 24 está formada por una sección de doble soporte de la lámina 10 de núcleo; asimismo, la mitad inferior de cada pared 24 está formada por una sección de doble soporte de la lámina 12 de núcleo. Las uniones entre las dos mitades de la pared son las uniones 14 lineales formadas en la etapa s2. El inflado de la estructura de núcleo (es decir, las láminas 10, 12 de núcleo) produce de este modo una matriz celular.

La inyección del gas inerte entre las láminas 10, 12 de núcleo a través de la línea 208 de gas de núcleo también provoca el inflado del canal 15. La figura 8 es una ilustración esquemática (no a escala) que muestra detalles adicionales de la porción 201 de brida e ilustra este inflado del canal 15. El inflado del canal 15 se indica en la figura 8 mediante flechas y el número de referencia 210.

En esta realización, el inflado del canal 15 hace que las láminas 10, 12 de núcleo se separen en el canal 15. Este movimiento relativo de las láminas 10, 12 de núcleo en el canal 15 impulsa las láminas 16, 18 de revestimiento contra la superficie de la herramienta 20 de moldeo en la proximidad del canal 15. Preferiblemente, las láminas 16, 18 de revestimiento se impulsan al interior de las ranuras 202 rebajadas en la herramienta 20 de moldeo como se muestra en la figura 8. Este impulso o forzado de las láminas 16, 18 de revestimiento contra la superficie de la herramienta 20 de moldeo en la proximidad del canal 15 (y preferiblemente al interior de las ranuras 202 rebajadas) tiende a crear un sello estanco a los gases entre las láminas 16, 18 de revestimiento y la herramienta 20 de moldeo, a lo largo de la trayectoria del canal 15.

Durante el inflado de las láminas 10, 12 de núcleo, cuando las láminas 10, 12 de núcleo entran en contacto por primera vez con las láminas 16, 18 de revestimiento (denominado “contacto de adherencia”), existe una tendencia a que el esfuerzo de compresión se transmita por las láminas 10, 12 de núcleo en expansión al revestimiento por delante del punto de contacto de adherencia de avance. Este esfuerzo progresivo puede provocar el pandeo de la capa de revestimiento, que no está soportada por delante del punto de contacto de adherencia de avance. El desarrollo de tal pandeo puede provocar eventualmente que se introduzca un exceso de material de revestimiento en la estructura celular en el punto de los límites de célula (es decir, por encima de los largueros 32) y puede producirse un defecto lineal en el revestimiento por encima de los largueros 32. Para intentar minimizar el pandeo del revestimiento, se puede mantener una contrapresión de gas en la cavidad 30 entre las láminas 10, 12 de núcleo y las láminas 16, 18 de revestimiento durante el inflado de los núcleos. La magnitud de esta contrapresión para evitar tal pandeo puede depender del grosor relativo de las láminas 10, 12, 16, 18 de núcleo y de revestimiento y de la geometría de las células 22. Como se describe más adelante, esta contrapresión se puede eliminar una vez que se han formado completamente los núcleos (o se han formado casi completamente) para evitar que un exceso de gas quede atrapado entre la lámina 10, 12 de núcleo y la lámina de revestimiento.

En la etapa s14, la presión de gas dentro de las células 22 y el calentamiento se mantienen durante un tiempo predeterminado después de que las células 22 se hayan inflado para formar uniones 28 por difusión entre las

láminas 16, 18 de revestimiento y las zonas adyacentes de las láminas 10, 12 de núcleo. Asimismo, se forman uniones 28 por difusión entre las secciones de doble soporte de las láminas 10, 12 de núcleo que forman las paredes 24 y entre los bordes 26 exteriores del perímetro externo del conjunto 200 de paquete comprimido por las dos mitades de la herramienta 20 de moldeo.

La resistencia del panel tiende a mejorar considerablemente por la presencia de las uniones 28 por difusión, y es deseable que se formen en todas las superficies de contacto entre las láminas 10, 12 de núcleo y las láminas 16, 18 de revestimiento. Para ello, durante la etapa s14, se controla el gas dentro de las cavidades 30 entre las láminas 10, 12 de núcleo y las láminas 16, 18 de revestimiento. En particular, durante la etapa s14, se extrae gas de las cavidades 30 a medida que esas cavidades 30 se contraen durante el inflado de las células 22. Por ejemplo, puede conectarse una bomba de vacío a la línea 203 de gas de revestimiento y usarse para extraer gas de las cavidades 30. Esto tiende ventajosamente a evitar u oponerse a que el gas quede atrapado entre las láminas de núcleo y de revestimiento, lo que impediría un contacto íntimo entre estas láminas y, por lo tanto, dificultaría la unión por difusión. Puede extraerse gas de las cavidades 30 en la región de los largueros 32 formados en la parte superior e inferior de las paredes 24 entre las láminas de núcleo y las láminas de revestimiento.

Ventajosamente, las ranuras 182 de ventilación formadas en las superficies internas 180 de las láminas 16, 18 de revestimiento tienden a mejorar la retirada o extracción del gas de las cavidades 30 a medida que esas cavidades 30 se contraen durante el inflado de las células 22. En particular, las ranuras 182 de ventilación proporcionan una pluralidad de canales serpenteantes a lo largo de los cuales puede fluir el gas fuera de las cavidades 30; estos canales pueden permanecer abiertos (permitiendo retirar el gas de las cavidades 30), aunque las láminas 10, 12 de núcleo estén en contacto con, y se unan a, las láminas 16, 18 de revestimiento. La retirada mejorada del gas de las cavidades 30 debido a las ranuras 182 de ventilación tiende ventajosamente a eliminar la probabilidad de que queden atrapadas bolsas de gas entre las láminas de núcleo y de revestimiento. Por lo tanto, el contacto íntimo entre el núcleo y las láminas de revestimiento tiende a mejorarse, lo que tiende a conducir a una mejor unión por difusión entre estas láminas, especialmente en las regiones unidas mediante los bucles de las ranuras 182 de ventilación.

En la etapa s16, se inyecta un gas inerte entre las láminas 16, 18 de revestimiento y la herramienta 20 de moldeo, preferiblemente en o cerca de la porción 201 de brida. Preferiblemente, esta inyección de gas se realiza después de la formación de las uniones 28 por difusión entre las láminas 16, 18 de revestimiento y las zonas adyacentes de las láminas 10, 12 de núcleo.

La figura 9 es una ilustración esquemática (no a escala) que ilustra un gas inerte que está inyectándose entre la lámina 18 de revestimiento y la herramienta 20 de moldeo en la porción 201 de brida, como se realiza en la etapa s16. Este gas inerte puede inyectarse en las cavidades 210 entre las láminas 16, 18 de revestimiento a través de una denominada "línea de gas de herramienta" 212. Esta inyección de gas en las cavidades 210 tiende a provocar la expansión de estas cavidades 210, como se indica en la figura 9 mediante flechas y el número de referencia 214. Esta expansión de las cavidades 212 fuerza las láminas 16, 18 de revestimiento una hacia la otra (contra las láminas 10, 12 de núcleo intercaladas entre las láminas 16, 18 de revestimiento), como se indica en la figura 9 mediante flechas y el número de referencia 216. Este forzado entre sí de las láminas de núcleo y de revestimiento 216 tiende a mejorar el contacto íntimo entre las láminas 10, 12, 16, 18 de núcleo y de revestimiento, lo que tiende a proporcionar una unión por difusión mejorada entre estas láminas 10, 12, 16, 18, al menos en la porción 201 de brida. En algunas realizaciones, se inyecta gas inerte, a través de la línea 212 de gas de herramienta, en una cavidad 210 únicamente en un lado de la porción 201 de brida, es decir, o bien entre la lámina 16 de revestimiento superior y la herramienta 20 de moldeo o bien entre la lámina 18 de revestimiento inferior y la herramienta 20 de moldeo. Puede darse el caso de que sólo esté presente un rebaje 202 de ranura en la herramienta 20 de moldeo en la que se inyecta el gas inerte. Por ejemplo, si se inyecta gas inerte a través de la línea 212 de gas de herramienta únicamente entre la lámina 16 de revestimiento superior y la herramienta 20 de moldeo y no entre la lámina 18 de revestimiento inferior y la herramienta 20 de moldeo, entonces puede ser el gas que hay un rebaje 202 de ranura únicamente en la parte superior de la herramienta 20 de moldeo (adyacente a la lámina 16 de revestimiento superior) y no en la parte inferior de la herramienta 20 de moldeo.

Ventajosamente, el sello estanco a los gases entre las láminas 16, 18 de revestimiento y la herramienta 20 de moldeo, a lo largo de la trayectoria del canal 15, creado por inflado del canal 15, tiende a evitar u oponerse a que el gas se escape de las cavidades 210 entre las láminas 16, 18 de revestimiento y la herramienta 20 de moldeo. Esto tiende de forma ventajosa a mejorar el forzado entre sí de las láminas de núcleo y de revestimiento 216, lo que puede conducir a una mejor unión por difusión entre estas láminas 10, 12, 16, 18.

Preferiblemente, el gas inyectado entre las láminas 16, 18 de revestimiento y la herramienta 20 de moldeo (es decir, el gas inyectado en las cavidades 210 a través de la línea 212 de gas de herramienta) está a una presión más baja que el gas inyectado entre las láminas 10, 12 de núcleo (es decir, el gas inyectado en las células 22 y el canal 15 a través de la línea 208 de gas de núcleo). Esto tiende ventajosamente a evitar u oponerse a que el gas inyectado entre las láminas 16, 18 de revestimiento y la herramienta 20 de moldeo derrumbe la estructura celular del panel. Además, esto tiende ventajosamente a restringir o limitar el gas inyectado entre las láminas 16, 18 de revestimiento y la herramienta 20 de moldeo a la porción 201 de brida. Además, esto tiende ventajosamente a evitar u oponerse a

que el gas inyectado entre las láminas 16, 18 de revestimiento y la herramienta 20 de moldeo se escape de las cavidades 210 más allá del sello estanco a los gases creado mediante inflado del canal 15.

En algunas realizaciones, en la etapa s16, el gas inerte se inyecta entre las láminas 16, 18 de revestimiento y la herramienta 20 de moldeo únicamente en un lado del conjunto 200 de paquete, por ejemplo, entre una mitad de la herramienta 20 de moldeo y una de las láminas 16 ó 18 de revestimiento, en la porción 201 de brida. Esto puede hacer que el conjunto de paquete se fuerce contra la otra mitad de la herramienta 20 de moldeo, mejorando de ese modo el contacto íntimo entre las láminas 10, 12, 16, 18 de núcleo y de revestimiento, lo que tiende a proporcionar una unión por difusión mejorada entre estas láminas 10, 12, 16, 18, al menos en la porción 201 de brida.

Después de la formación de las uniones por difusión entre las láminas 16, 18 de revestimiento y las zonas adyacentes de las láminas 10, 12 de núcleo, en la etapa s16 y s16 puede retirarse la presión de gas (por ejemplo, gradualmente), y la estructura formada (es decir, el panel) se enfría y se retira de la herramienta 20 de moldeo. Por lo tanto, se proporciona un procedimiento de formación de un panel usando técnicas de SPF/DB.

Ventajosamente, el método y el aparato descritos anteriormente tienden a reducir la probabilidad de atrapamiento de gas entre las láminas 10, 12, 16, 18 de núcleo y de revestimiento del panel. Dicho gas atrapado tendería a reducir la resistencia de la unión por difusión entre las láminas de núcleo y de revestimiento o, de hecho, puede evitar que se forme una unión por difusión en esas zonas donde hay gas atrapado. Puede retirarse gas de la cavidad 30 entre las láminas de núcleo y de revestimiento a través de los largueros 32 y las ranuras 182 de ventilación, que tienden a mantener un conducto de gas durante al menos un tiempo después de haberse formado sustancialmente las células 22 de núcleo.

Como se indicó anteriormente, las ranuras de ventilación están en forma de una pluralidad de bucles interconectados. Ventajosamente, las regiones dentro de estos bucles tienden a unirse por difusión de manera sustancialmente completa mediante el procedimiento descrito anteriormente, es decir, que no tienen defectos de unión o son inocuos. Estas regiones completamente unidas, unidas mediante los bucles de la ranura de ventilación, son particularmente adecuadas como ubicaciones para elementos de sujeción mecánica debido a la ausencia de faltas de uniones interlaminares. Por lo tanto, tienden a surgir propiedades mecánicas y de fatiga mejoradas. En algunas realizaciones, las ranuras de ventilación se forman de modo que ubicaciones seleccionadas para los elementos de sujeción mecánicos están dentro de regiones unidas mediante los bucles de las ranuras de ventilación.

Ventajosamente, el método y el aparato descritos anteriormente tienden a proporcionar una unión por difusión de resistencia mejorada entre las láminas del panel, al menos en la porción de brida.

La naturaleza real del producto fabricado mediante conformación superplástica no es relevante para la presente invención siempre que se use al menos una lámina de revestimiento y se use al menos una lámina de núcleo. En este contexto, una lámina de revestimiento es una lámina que se somete a conformación superplástica con la forma interna de un molde. Una lámina de núcleo es una lámina que se somete a conformación superplástica después de la lámina de revestimiento y, por lo tanto, mientras se somete a conformación superplástica, existe una cavidad entre la lámina de núcleo y su lámina de revestimiento asociada. Posteriormente, se unen la lámina de núcleo y la lámina de revestimiento por difusión entre sí. Es posible tener sólo una lámina de revestimiento en la estructura; por ejemplo, se pueden proporcionar dos láminas de núcleo, una de las cuales se presiona contra la lámina de revestimiento y se une por difusión a la misma, y la otra se presiona contra la superficie interna del molde, proporcionando de este modo una superficie exterior en la que son visibles los largueros.

Puede proporcionarse una única lámina de núcleo con dos láminas de revestimiento de manera que las láminas de núcleo discurren en zigzag entre las dos láminas de revestimiento; tal disposición se conoce bien.

Preferiblemente, la estructura tiene dos láminas de núcleo y dos láminas de revestimiento. Sin embargo, se puede proporcionar un mayor número de láminas de núcleo, si se desea.

Las técnicas usadas para la conformación superplástica/unión por difusión y, en particular, la gestión de gases dentro del molde de SPF/DB se conocen bien y pueden aplicarse directamente al método y aparato descritos anteriormente, con las modificaciones descritas anteriormente.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de formación de una estructura mediante unión por difusión y conformación superplástica de al menos una lámina (16, 18) de revestimiento y al menos una lámina (10, 12) de núcleo, comprendiendo el procedimiento:
 - a) formar un paquete (200) a partir de la al menos una lámina (16, 18) de revestimiento y la al menos una lámina (10, 12) de núcleo, en donde el paquete (200) comprende una primera superficie de la lámina (10, 12) de núcleo posicionada adyacente a una segunda superficie de la lámina (16, 18) de revestimiento, y en donde una o más ranuras (182) de ventilación están formadas en al menos una superficie seleccionada del grupo de superficies que consiste en la primera superficie de la lámina (10, 12) de núcleo y la segunda superficie de la lámina (16, 18) de revestimiento;
 - b) colocar el paquete (200) en un molde (20) y calentar el paquete (200) hasta una temperatura a la que las láminas pueden experimentar una deformación superplástica;
 - c) inyectar un primer gas entre la primera superficie de la lámina (10, 12) de núcleo y la segunda superficie de la lámina (16, 18) de revestimiento para impulsar la lámina (16, 18) de revestimiento contra una cara interna del molde (20) formando de este modo una cavidad (30) entre la primera superficie de la lámina (10, 12) de núcleo y la segunda superficie de la lámina (16, 18) de revestimiento;
 - d) inyectar un segundo gas en el lado de la lámina (10, 12) de núcleo alejado de la lámina (16, 18) de revestimiento para impulsar la lámina (10, 12) de núcleo contra la lámina (16, 18) de revestimiento;
 - e) mantener presión de gas del segundo gas en el lado de la lámina (10, 12) de núcleo alejado de la lámina (16, 18) de revestimiento, formando de este modo una unión por difusión entre la lámina (16, 18) de revestimiento y la lámina (10, 12) de núcleo; y
 - f) extraer parte o la totalidad del primer gas de la cavidad (30) entre la primera superficie de la lámina (10, 12) de núcleo y la segunda superficie de la lámina (16, 18) de revestimiento durante al menos parte de la etapa d).
2. Un procedimiento según la reivindicación 1, en donde la una o más ranuras (182) de ventilación están formadas en la segunda superficie de la lámina (16, 18) de revestimiento y no en la primera superficie de la lámina (10, 12) de núcleo.
3. Un procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en donde la una o más ranuras (182) de ventilación definen una o más trayectorias serpenteantes a través de la superficie o superficies en las que están formadas la una o más ranuras (182) de ventilación.
4. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la una o más ranuras (182) de ventilación se forman mecanizando la superficie o superficies en las que están formadas la una o más ranuras (182) de ventilación.
5. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la una o más ranuras (182) de ventilación definen una pluralidad de bucles interconectados.
6. Un procedimiento según la reivindicación 5, en donde los bucles son círculos o elipses.
7. Un procedimiento según la reivindicación 5 ó 6, en donde el procedimiento comprende además ubicar un elemento de sujeción mecánica a través de la estructura formada en una posición que está dentro de un bucle definido por las ranuras (182) de ventilación.
8. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde la una o más ranuras (182) de ventilación están ubicadas en al menos una porción (201) de brida de la estructura.
9. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde el procedimiento comprende además inyectar un tercer gas en el lado de la lámina (16, 18) de revestimiento alejado de la lámina (10, 12) de núcleo, entre la lámina (16, 18) de revestimiento y el molde (20), para forzar de ese modo la lámina (16, 18) de revestimiento y la lámina (10, 12) de núcleo juntas.
10. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde el primer gas es el mismo tipo de gas que el segundo gas.
11. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde los gases son gases nobles.

12. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en donde se usan al menos dos láminas (10, 12) de núcleo que se han unido entre sí en zonas seleccionadas y el segundo gas inyectado en la etapa d) se inyecta entre las al menos dos láminas (10, 12) de núcleo.
- 5 13. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en donde:
- 10 se usan dos láminas (16, 18) de revestimiento;
el paquete (200) en la etapa a) se forma intercalando una o más láminas (10, 12) de núcleo entre las láminas (16, 18) de revestimiento;
el primer gas se inyecta en la etapa c) entre cada lámina (16, 18) de revestimiento y su lámina (10, 12) de núcleo adyacente; y,
en la etapa f), el primer gas se extrae de la cavidad entre cada lámina (16, 18) de revestimiento y su lámina (10, 12) de núcleo adyacente.

Figura 1

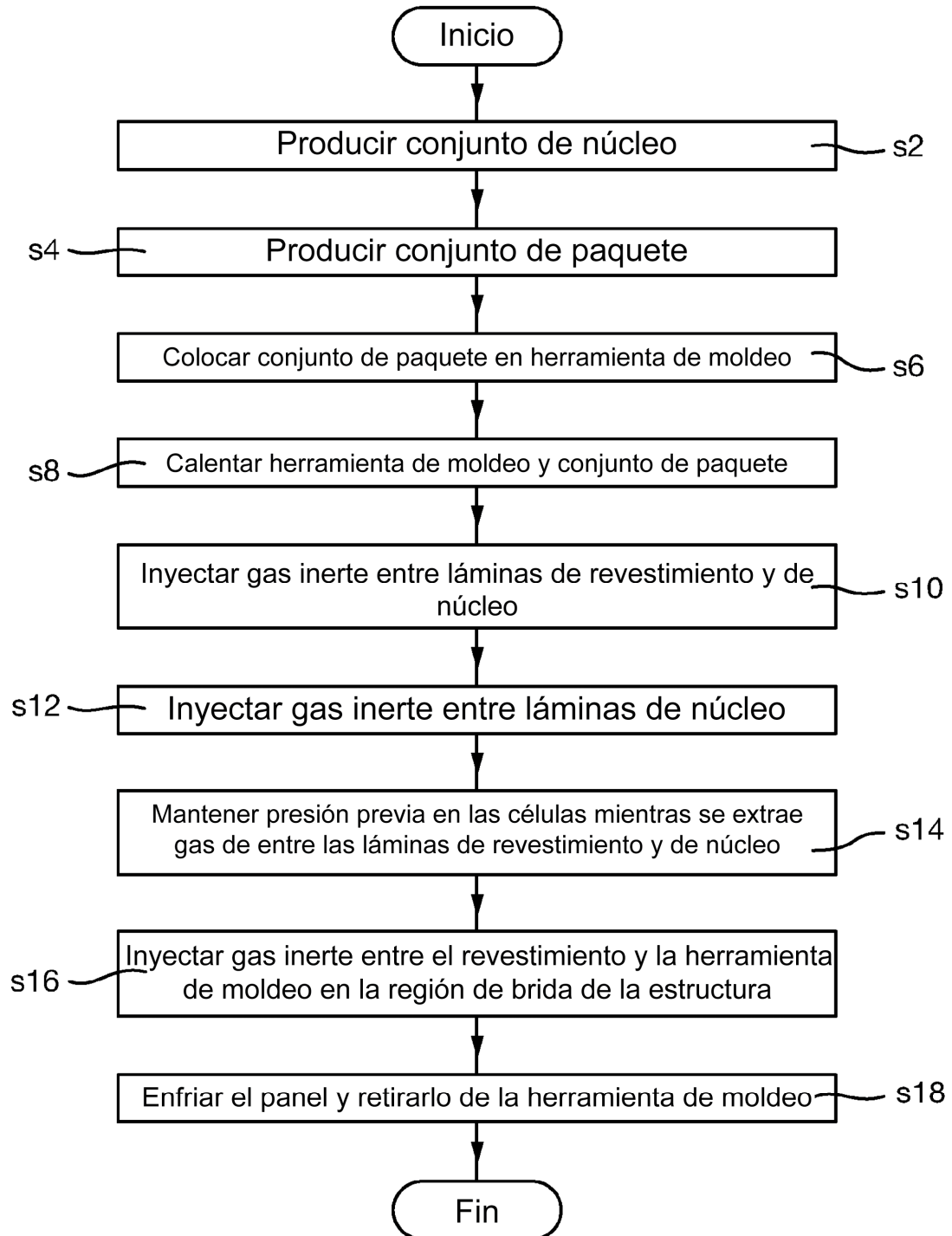


Figura 2

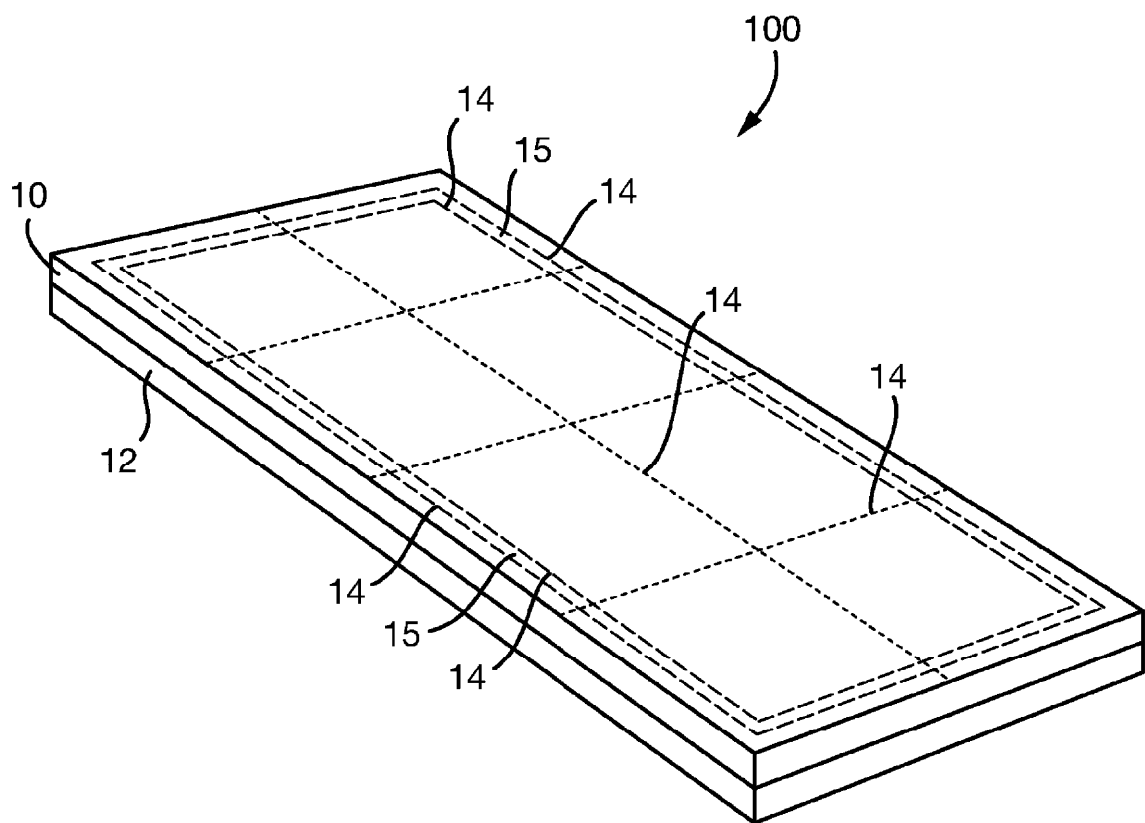


Figura 3

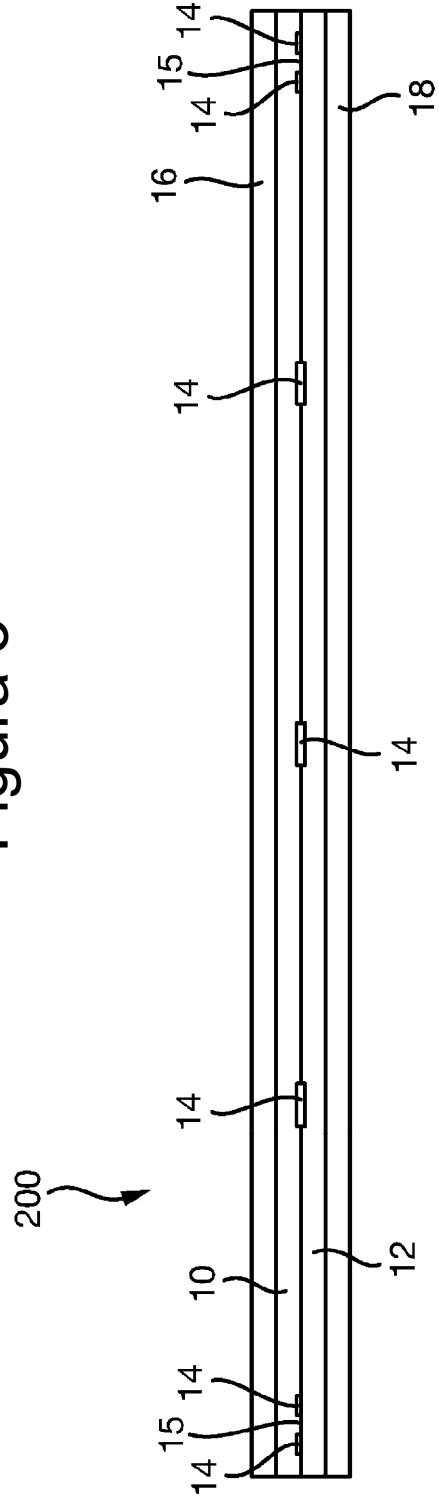


Figura 4

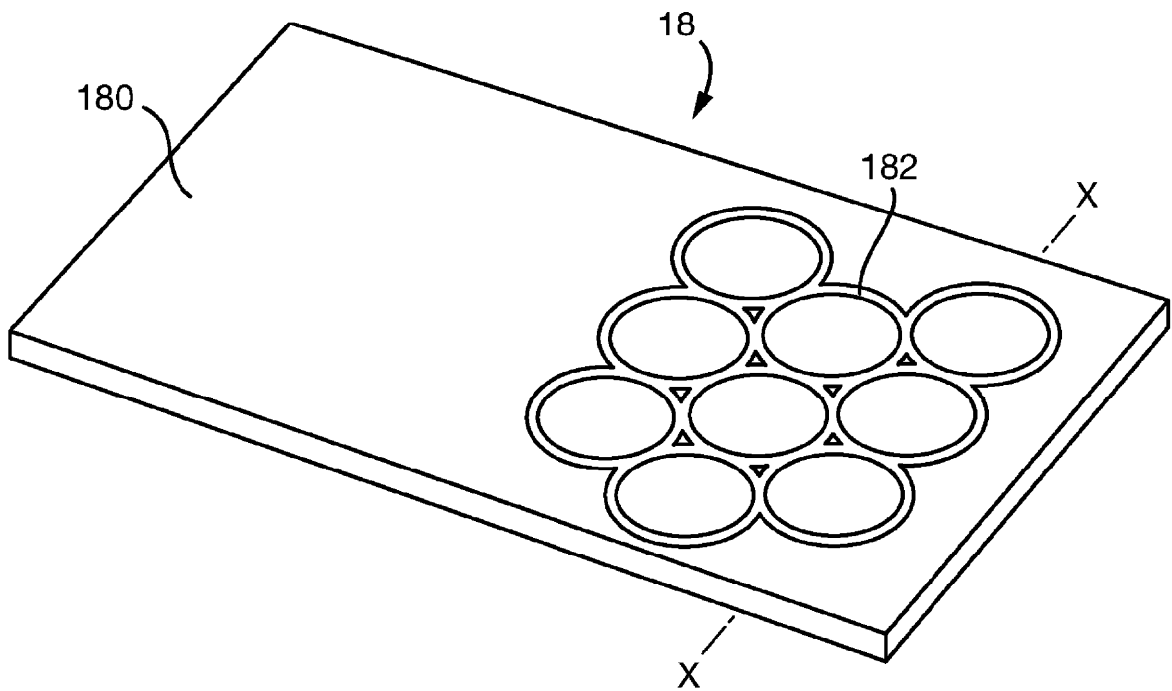


Figura 5

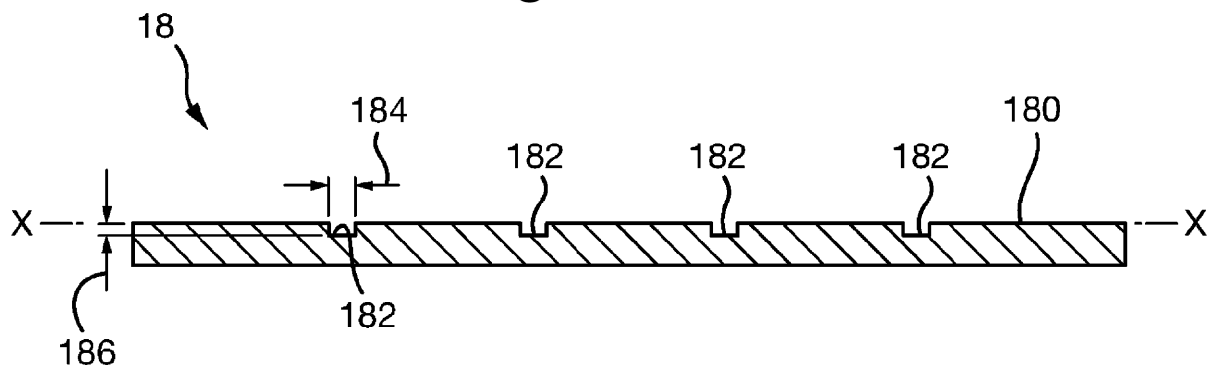


Figura 6

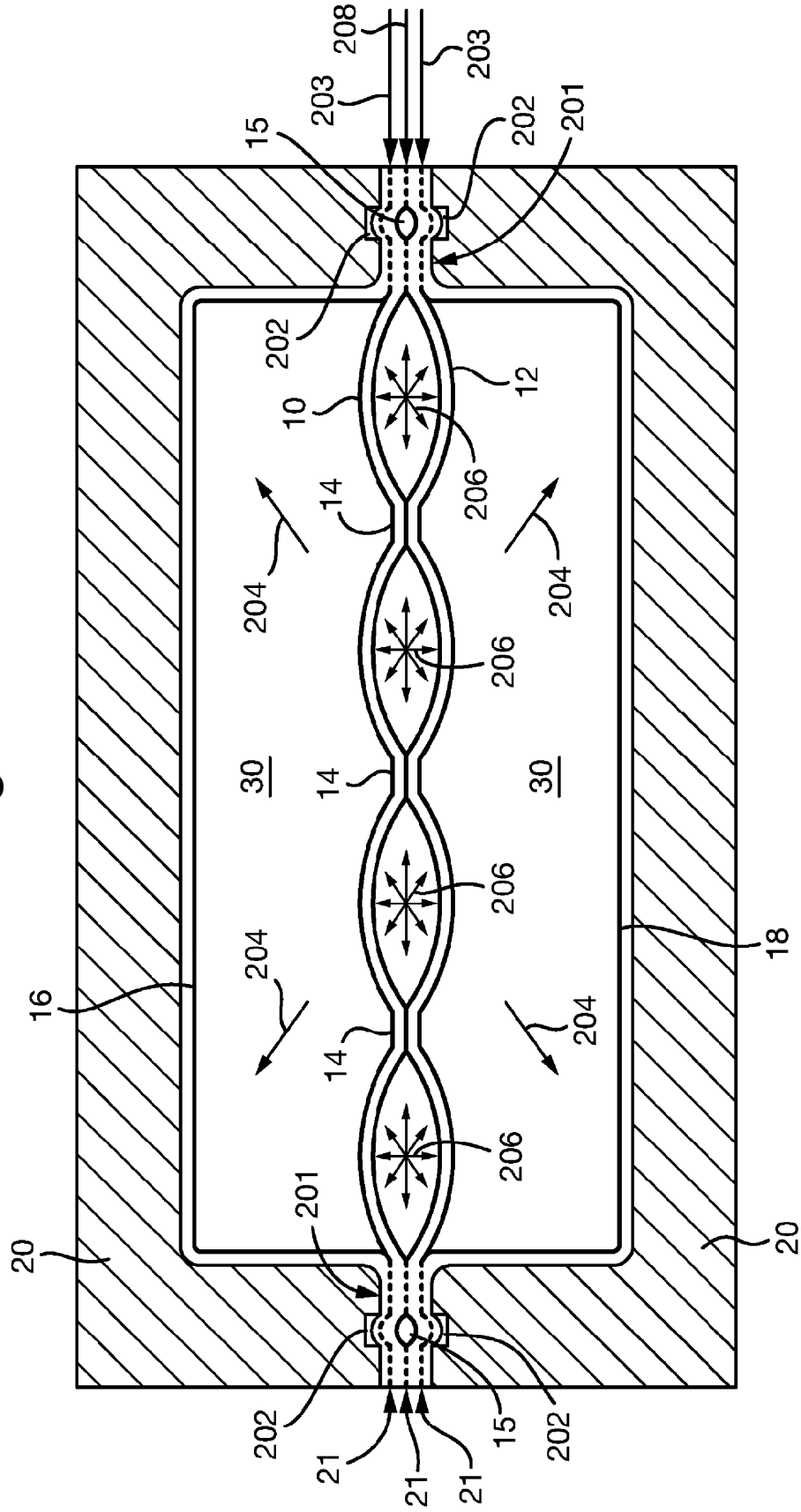


Figura 7

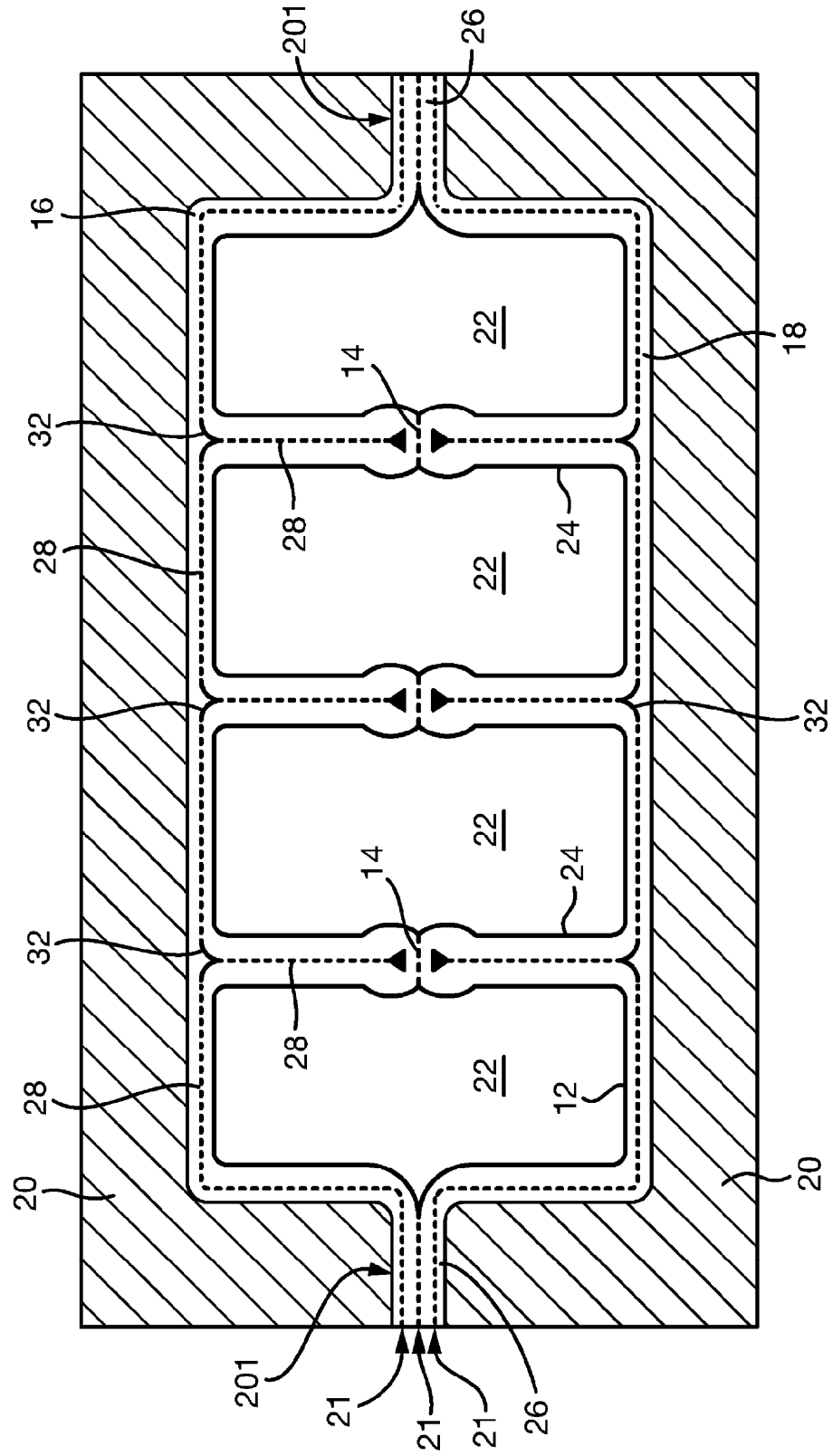


Figura 8

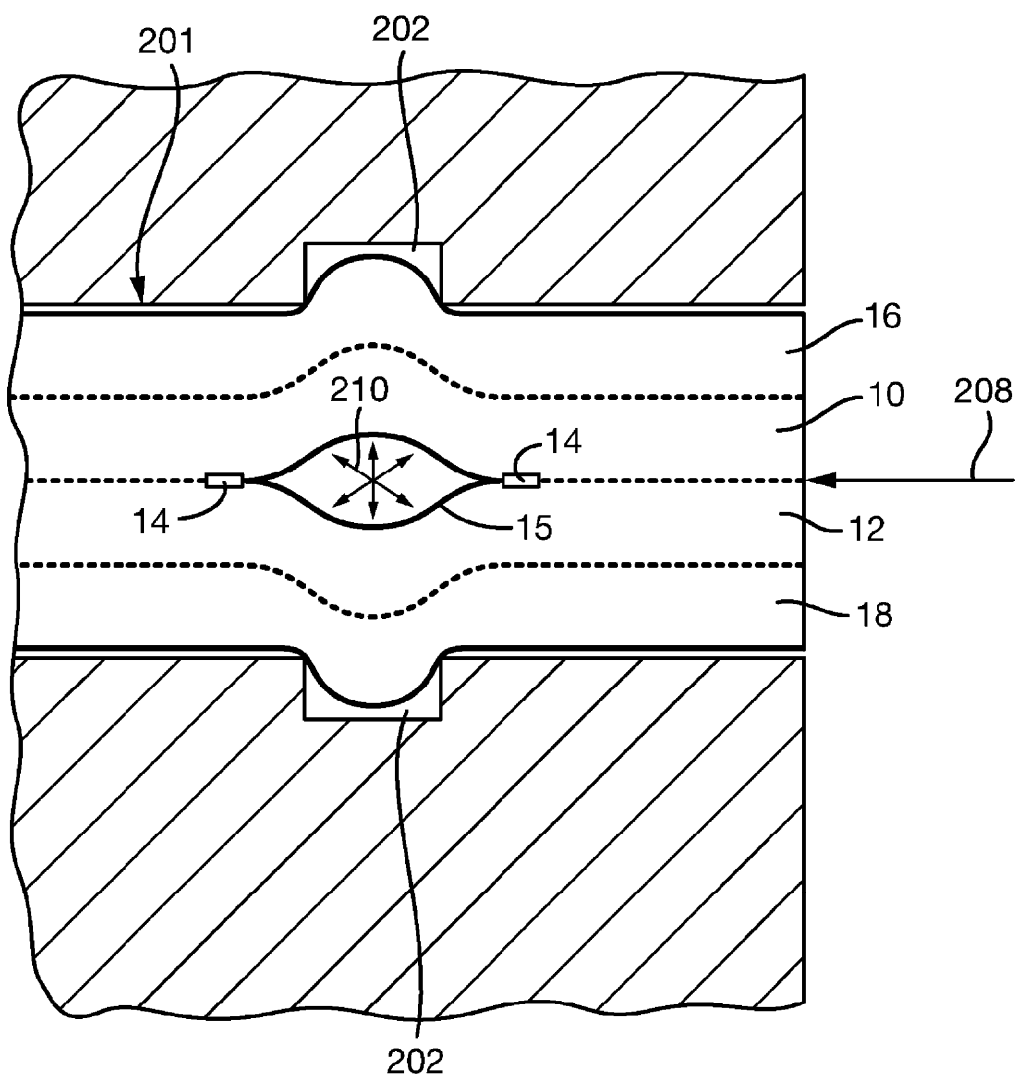


Figura 9

