

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 603 853**

51 Int. Cl.:

B29C 70/44 (2006.01)

B29C 70/54 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.09.2005 E 08012344 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.11.2016 EP 1972428**

54 Título: **Membrana para la fabricación de piezas compuestas**

30 Prioridad:

29.09.2004 US 953670

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

01.03.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

HANSON, STEVEN F.

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 603 853 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

Membrana para la fabricación de piezas compuestas

5 Campo técnico

La siguiente descripción se refiere en general a la fabricación de piezas compuestas y, más particularmente, a un sistema para la laminación de materiales de resina reforzada con fibra sobre herramientas hembra.

10 Antecedentes

Los materiales de resina reforzada con fibra, o "materiales compuestos" como son conocidos comúnmente, ofrecen un cierto número de ventajas sobre los materiales metálicos convencionales incluyendo la elevada relación resistencia a peso y la buena resistencia a la corrosión. Los materiales compuestos convencionales incluyen típicamente vidrio, carbón o fibras de poliaramida en configuraciones tejidas y/o no tejidas. En la etapa de material en bruto, las fibras se pueden impregnar previamente con resina o mantener secas. Si están secas, las fibras se pueden infundir con resina después de depositadas sobre una superficie del molde. Se puede aplicar calor y/o presión a las fibras impregnadas con resina sobre la superficie del molde para curar la resina y endurecer el laminado con la forma del molde. El calor y la presión se pueden aplicar con un horno, una autoclave, una herramienta de formación plana o contorneada calentada o una combinación de métodos incluyendo el uso de una bolsa de vacío.

Se puede dar forma a las piezas compuestas de la manera anterior tanto con herramientas macho como hembra. Con la herramienta macho, las láminas de fibras se aplican a una superficie del molde exterior que forma una línea de moldeado interior de la pieza. La adición de láminas a la disposición sobre la herramienta macho incrementa el grosor de la pieza y cambia la línea de moldeado exterior, pero la línea del moldeado interior permanece sin cambios. A la inversa, con herramientas hembra, las láminas de fibras se aplican a una superficie de molde interior que forma una línea de moldeado exterior de la pieza. La adición de láminas a la disposición sobre la herramienta hembra incrementa el grosor de la pieza y cambia la línea de moldeado interior, pero la línea del moldeado exterior permanece sin cambios.

Las herramientas hembras son deseables cuando la superficie de adaptación se sitúa en el exterior de una pieza debido a que las herramientas hembra permiten que la línea de moldeado exterior (es decir, la superficie exterior) se ajuste de modo controlado. Las herramientas hembras (también conocidas como "herramientas de línea de moldeado exterior") son también deseables cuando se realizan piezas múltiples que tienen las mismas dimensiones externas pero diferentes grosores. Los fuselajes de los aviones, por ejemplo, tienen frecuentemente múltiples marcos con la misma dimensión externa pero diferentes grosores. En esta situación, todos los marcos se pueden realizar con una única herramienta hembra debido a que la herramienta permite que el grosor se varíe sin cambiar las dimensiones externas. Si un crecimiento futuro de la aeronave requiere un engrosamiento adicional de los marcos, esto se puede conseguir sin cambiar las herramientas. Por el contrario, si se usara una herramienta macho, se requeriría una herramienta separada para cada grosor de marco diferente.

Un problema que surge cuando se fabrican piezas compuestas con herramientas hembra, sin embargo, es que las láminas de fibra tienden a puentear y/o a arrugarse a través del radio sobre la superficie del molde. La figura 1, por ejemplo, ilustra una vista del extremo de la sección transversal del material de fibra 110 dispuesto sobre una parte de una herramienta hembra 102 de acuerdo con la técnica anterior. La herramienta hembra 102 incluye una superficie de molde interior 104 que tiene una primera zona lateral 103 separada de una segunda zona 105 por una zona de radio 106. Se sitúa una bolsa de vacío 120 sobre el material de fibra 110 y se evacúa para comprimir el material de la fibra 110 contra la superficie del molde 104. Cuando la bolsa de vacío 120 está siendo vaciada, la presión del aire exterior presiona el material de la fibra 110 firmemente contra las zonas laterales 103 y 105, resistiendo el movimiento del material de la fibra 110 en el interior de la zona del radio 106. Esta resistencia hace que el material de la fibra 110 se puentee a través de la zona del radio 106, reduciendo de ese modo la densidad de la fibra en esta zona. La reducción de la densidad de la fibra en esta zona puede comprometer la integridad estructural de la pieza acabada.

El documento FR 2771 332 describe una disposición de molde que tiene un molde rígido exterior, un molde de núcleo plegable y un molde de conformado interior rígido.

El documento US 4416 170 describe un método para la producción de la membrana de acero en donde una membrana de acero para la formación de paneles de madera se chorrea con arena para poner rugosa la cara de contacto.

Sumario

De acuerdo con un aspecto de la presente invención se proporciona en ella un sistema de fabricación de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas. Una membrana configurada de acuerdo con un aspecto de la invención incluye

una parte base situada entre una primera y una segunda partes de esquina. El término “membrana” se usa a todo lo largo de la presente descripción para referirse ampliamente a un dispositivo o pieza de material configurado para aplicar presión en la laminación. La parte base de la membrana tiene una forma curvada cuando está en un estado relajado, pero se mueve a una forma más plana cuando se somete a una presión durante la laminación. El aplanado de la parte base en esta forma hace que la segunda y la primera partes de esquina se muevan hacia el exterior y separándose de la parte base.

Un sistema para la fabricación de un laminado incluye una herramienta que tenga una superficie de moldeo configurada para soportar el laminado. La superficie de moldeo puede incluir una zona lateral situada entre una primera y una segunda zonas de transición. El sistema puede incluir adicionalmente una membrana configurada para aplicar presión al laminado sobre la superficie de moldeo. La membrana puede incluir una parte base curvada situada entre una primera y una segunda partes de esquina. La presión de la parte base de la membrana hacia la zona lateral de la superficie de moldeo hace que la parte base se aplane y dirija a la primera y a la segunda partes de esquina hacia el exterior hacia la primera y segunda zonas de transición, respectivamente, de la superficie de moldeo.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista del extremo de la sección transversal de un sistema de la técnica anterior para la laminación de material de fibra sobre una herramienta hembra.

La Figura 2 es una vista isométrica en despiece de un sistema para la laminación de material sobre una herramienta hembra, esta realización no es parte de la presente invención.

Las Figuras 3A-3D incluyen vistas isométricas y del extremo de la sección transversal que ilustran varias etapas en un método para la fabricación de una pieza laminada. Esta realización no es parte de la presente invención.

La Figura 4 son vistas isométricas de la membrana para aplicar presión en la laminación de acuerdo con una realización de la invención

Descripción detallada

La siguiente descripción describe aparatos, sistemas y varios métodos para la fabricación de piezas compuestas. Ciertos detalles se exponen en la descripción a continuación y en las Figuras 2A-3 para ayudar a comprender la invención, pero no es parte de la presente invención. No se exponen sin embargo otros detalles que describen estructuras y sistemas bien conocidos, asociados frecuentemente con piezas compuestas y la fabricación de piezas compuestas, para evitar oscurecer innecesariamente la descripción de las varias realizaciones de la invención.

Muchos de los detalles, dimensiones, ángulos y otras características mostradas en las figuras son meramente ilustrativos de realizaciones particulares de la invención. En consecuencia, otras realizaciones pueden tener otros detalles, dimensiones, ángulos y características sin separarse del alcance de la presente invención. Además, se pueden poner en práctica realizaciones adicionales sin varios de los detalles descritos a continuación.

En las figuras, los números de referencia idénticos identifican elementos idénticos o al menos similares en general. Para facilitar la explicación de cualquier elemento particular, la cifra o las cifras más significativas de cualquier número de referencia se refieren a la figura en la que ese elemento se introduce en primer lugar. Por ejemplo, el elemento 230 se introduce y se explica en primer lugar con referencia a la Figura 2.

La Figura 2 es una vista isométrica en despiece de un sistema de fabricación 200 para la laminación de una pluralidad de láminas de fibra 210. En un aspecto de esta realización, el sistema de fabricación 200 incluye una herramienta hembra 202 que tiene una superficie de moldeo 204 configurada para soportar las láminas de fibra 210 durante la laminación. La superficie de moldeo 204 puede incluir una primera zona lateral 203 separada de una segunda zona lateral 205 por una primera zona de transición 206a, y una tercera zona lateral 207 separada de la segunda zona lateral 205 por una segunda zona de transición 206b. En la realización ilustrada, las zonas de transición 206 incluyen superficies que definen un radio interno. En otras realizaciones, sin embargo, las zonas de transición 206 pueden tener otras formas sin separarse del alcance de la presente invención. Tales formas pueden incluir, por ejemplo, superficies biseladas, superficies parcialmente biseladas y superficies curvadas que tienen componentes elípticos, ovales y otros curvados.

En otro aspecto de esta realización, el sistema de fabricación 200 puede incluir además una capa de separación 230, un medio o medios de circulación 240 y una membrana 250. La capa de separación 230 actúa como separador entre las láminas de fibra 210 y el medio de circulación 240. Varios materiales conocidos en la técnica son adecuados para esta finalidad, incluyendo materiales que no se mezclan con epoxis y otras resinas tales como el etileno propileno fluorado (FEP), polietileno de alta densidad (PE) y nailon.

El medio de circulación 240 puede tener una textura superficial irregular que facilite la difusión de la resina a través de las láminas de fibra 210 cuando se apilan las láminas entre la membrana 250 y la superficie del molde 204. En una realización, por ejemplo, el medio de circulación 240 puede incluir una pluralidad de ranuras formadas sobre una superficie exterior. En otra realización, el medio de circulación puede incluir una pluralidad de crestas dispuestas en

una rejilla u otro patrón. En realizaciones adicionales, el medio de circulación 240 se puede formar a partir de tramas, mallas, tejidos y otros materiales perforados. Estas realizaciones de un medio de circulación 240 se pueden fabricar a partir de varios materiales incluyendo polipropileno, polietileno, nailon, poliéster, termoplásticos y polivinilo de cloruro.

5 La membrana 250 es una herramienta de ayuda que tiene una parte base 253 situada entre una primera parte de esquina 252a y una segunda parte de esquina 252b. En la realización ilustrada, la parte base 253 incluye una parte de tela curvada o combada que se extiende entre las dos partes de esquina 252. En otras realizaciones, la membrana 250 puede tener otras formas, incluyendo otras formas más lineales. Por ejemplo, en otra realización la parte base 253 puede tener una forma de V invertida, o una forma de V parcialmente invertida.

15 La parte base 253 se configura para ser colocada próxima a la segunda zona lateral 205 de la superficie del molde 204. La primera parte de esquina 252a se configura para situarse próxima a la primera zona de transición 206a de la superficie del molde 204 y la segunda parte de esquina 252b se configura para estar próxima a la segunda zona de transición 206b. Una vez que se ha colocado la membrana 250 sobre la herramienta 202 en la forma precedente, se puede colocar la capa de sellado 220 sobre la herramienta 250 y vaciarla. Como se explica con más detalle a continuación, la presión resultante aplana la parte base 253 contra las láminas de fibra 210 y presiona las láminas contra la superficie del molde 204. En otras realizaciones, se pueden usar otros tipos de presión, por ejemplo, presión mecánica y/o manual para aplanar la parte base 253 contra las láminas de fibra 210.

20 La membrana 250 se puede fabricar de cualquier número de materiales adecuados que se flexionen bajo presión externa. Tales materiales pueden incluir materiales que se comporten elásticamente a través de un intervalo de flexiones. En una realización, por ejemplo, la membrana 250 se puede formar a partir de chapas metálicas, tales como acero inoxidable. En otra realización, la membrana 250 se puede formar a partir de materiales termoplásticos usando un proceso de moldeo por rotación, un proceso de formación en vacío y/u otros procesos conocidos. Una ventaja del uso de materiales termoplásticos es que se forman muy fácilmente y son relativamente baratos. Como resultado, la membrana 250 se puede desechar después de un único uso sin incurrir en costes significativos.

30 El sistema de fabricación 200 se puede usar para laminar láminas de fibra que estén inicialmente secas o impregnadas previamente con resina. Si las láminas de fibra 210 están secas inicialmente, entonces el sistema de fabricación 200 puede incluir un sistema de infusión de resina 260 para infundir las láminas 210 con resina después de que las láminas 210 se hayan dispuesto sobre la superficie del molde 204 en, por ejemplo, una "preforma". En esta realización, el sistema de infusión de la resina 210 puede incluir un depósito de relleno de resina 262 y un depósito de drenaje de resina 264 (mostrados esquemáticamente en la Figura 2 y no a escala). Como se describe con mayor detalle a continuación, la resina desde el depósito de llenado 262 fluye al interior de las láminas 210 por medio de un canal de difusión de entrada perforado 266 situado hacia un lado de la herramienta hembra 202. La resina en exceso fluye a continuación afuera de las láminas 210 y al depósito de drenaje 264 por medio de un canal de difusión de salida perforado 268 situado hacia un lado opuesto de la herramienta hembra 202.

40 Las Figuras 3A y 3B son vistas isométricas y las Figuras 3C y 3D son vistas del extremo de la sección transversal, que ilustran varias etapas de un método para la fabricación de una pieza compuesta con el sistema de fabricación 200 descrito anteriormente con referencia a la Figura 2. Con referencia primero a la Figura 3A, esta vista muestra las láminas de fibra 210 después de que se hayan dispuesto sobre la superficie del molde 204 de la herramienta hembra 202. En la Figura 3B, la capa de separación 230 se tiende sobre las láminas de fibra 210 y el medio de circulación 240 se tiende a su vez sobre la capa de separación 230. A continuación, se sitúa la membrana 250 sobre el medio de circulación 240 de modo que la parte base 253 se sitúe próxima a la segunda zona lateral 205 de la superficie del molde 204 y la primera y segunda zonas de esquina 252a y 252b se sitúen próximas a la primera y segunda zonas de transición 206a y 206b, respectivamente. Con referencia a continuación a la Figura 3C, la capa de sellado 220 se tiende sobre la membrana 250 y se sella alrededor del exterior de la herramienta 202 usando un método adecuado conocido en la técnica. A continuación, el espacio bajo la capa de sellado 220 se evacua para comprimir la membrana 250 contra las láminas de fibra 210.

55 La Figura 3D ilustra el sistema de fabricación 200 después de que se haya evacuado la capa de sellado 220. Como se muestra, la presión externa resultante hace que la parte base 253 de la membrana 250 flexione hacia abajo comprimiendo las láminas de fibra 210 contra la segunda zona lateral 205 de la superficie del molde 204. La flexión de la parte base 253 hacia abajo en esta forma impulsa a las partes de esquina 252 exteriormente hacia las zonas de transición correspondientes 206 de la superficie del molde 204. Las partes de esquina 252 presionan las láminas de fibra 210 al interior de las zonas de transición 206 con suficiente fuerza para impedir que la fibra puentee y/o se arrugue en estas áreas. Por ello, el uso de la membrana 250 en la forma precedente puede ayudar a asegurar que la pieza acabada tenga una densidad de fibra/resina suficiente en las zonas de transición.

60 Como se ha mencionado anteriormente, el sistema de fabricación 200 se puede usar en un cierto número de diferentes realizaciones para laminar tanto láminas de fibra impregnadas previamente como láminas de fibra que están secas inicialmente. Si se usan láminas impregnadas previamente, entonces no hay necesidad de infundir las láminas con resina después de que se hayan compactado contra la superficie del molde 204 como se ha descrito anteriormente. En tales realizaciones, las láminas de fibra 210 se pueden curar después del compactado mediante la

aplicación de calor y/o presión en un horno o autoclave adecuado.

Alternativamente, las láminas de fibra 210 están inicialmente secas, a continuación se puede infundir la resina en las láminas en la etapa de preformación usando un número de métodos diferentes. En un método, por ejemplo, las láminas de fibra 210 se comprimen primero contra la superficie del molde 204 como se ha descrito anteriormente con referencia a las Figuras 3A-3D. A continuación, se cierra una válvula 260 y se vacía el depósito de drenaje de resina 264 hasta una primera presión P_1 de, por ejemplo, desde aproximadamente 0 kPa (0 psia) hasta aproximadamente 13,79 kPa (2 psia). El depósito de llenado de resina 262 se mantiene a una segunda presión P_2 de, por ejemplo, aproximadamente la presión ambiente, esto es, aproximadamente 101,35 kPa (14,7 psia). Se abre entonces la válvula 260 y la presión diferencial entre el depósito de drenaje 264 y el depósito de llenado 262 hace que la resina fluya desde el depósito de llenado 262 al interior de las láminas de fibra comprimidas 210 (es decir, dentro de la "preforma") por medio del canal de difusión de entrada 266. Después de que la resina se haya difundido a través de las láminas de fibra 210, fluye al interior del depósito de drenaje 264 a través del canal de difusión de salida 268.

Una desventaja potencial de hacer fluir la resina dentro de las láminas de fibra 210 en la forma precedente es que la presión de la resina en las láminas 210 tiende a igualarse con la presión externa una vez que las láminas 210 están saturadas. Como resultado, solamente la presión externa puede ser insuficiente para comprimir adecuadamente las láminas de fibra 210 durante el curado. Una forma de evitar este problema es usar un dispositivo mecánico suplementario (no mostrado) para aplicar una fuerza externa a la membrana 250 después de la infusión de resina y durante el curado. Otro enfoque es volver a evacuar la capa de sellado 220 después del proceso de infusión de la resina.

Otro procedimiento más para evitar el problema de igualación de la presión descrito anteriormente es mantener el depósito de llenado de resina 262 a una presión de vacío parcial durante el proceso de difusión de la resina, en lugar de dejar que llegue a la presión ambiente. Por ejemplo, en una realización, el depósito de llenado 262 se puede mantener a una presión de vacío parcial de aproximadamente media atmósfera, por ejemplo, aproximadamente 48,26 kPa (7 psia) mientras que el depósito de drenaje de resina 264 se puede evacuar inicialmente a, por ejemplo, desde aproximadamente 0 kPa (0 psia) a aproximadamente 13,79 kPa (2 psia). En esta forma, las láminas de fibra 210 tendrán una presión externa neta de aproximadamente 48,26 kPa (7 psia) ejercida sobre ellas después del proceso de fusión de la resina y durante el curado.

Las diversas presiones del depósito de llenado y de drenaje descritas anteriormente se proporcionan a modo de ejemplo. En otras realizaciones, una o más de estas presiones y/o una o más de los diferenciales de presión resultantes, pueden diferir de los descritos anteriormente sin separarse del alcance de la presente invención.

Los métodos adecuados para infundir los pliegues de fibra con resina se describen en detalle en la Solicitud de Patente de Estados Unidos pendiente junto con la presente N° de Serie 10/465.725, titulada "Controlled Atmospheric Pressure Resin Infusion", presentada el 28 de mayo de 2003 como la solicitud PCT, PCT/US03/16794.

Además, varios dispositivos mecánicos, neumáticos y/o hidráulicos para la aplicación de presión a las láminas de material durante la laminación se describen en la Solicitud de Patente de Estados Unidos pendiente junto con la presente N° de Serie [Archivo del Representante N° 03004.8141 US00], titulada "Methods and Systems for Manufacturing Composite Parts with Female Tools", presentada el 26 de julio de 2004.

La Figura 4 es una vista isométrica de una membrana 450 configurada de acuerdo con una realización de la invención. Varios aspectos de la membrana 450 pueden ser al menos en general similares en estructura y función a la membrana 250 descrita anteriormente con referencia a las Figuras 2-3D. En un aspecto de esta realización particular, sin embargo, la membrana 450 incluye una parte exterior 470 que tiene una textura superficial irregular (es decir, no suave). Por ejemplo, en la realización ilustrada, la parte exterior 470 incluye una pluralidad de crestas 472 dispuestas en un patrón de rejillas. En otra realización, la parte exterior 470 puede incluir una pluralidad de ranuras dispuestas en un patrón de rejilla u otro. En realizaciones adicionales, la parte exterior 470 puede incluir otras características que le den una textura superficial irregular. Tales características pueden incluir, por ejemplo, bultos, canales, picos, nervaduras, perforaciones, etc.

Una característica de la membrana 450 es que las crestas 472 pueden facilitar la difusión de la resina a través de las láminas de fibra comprimidas en una forma similar al medio de circulación 240 descrito anteriormente con referencia a la Figura 2. Una ventaja de esta característica es que el medio de circulación 240 se puede omitir cuando se lamina con la membrana 450 en ciertas realizaciones. La omisión del medio de circulación puede reducir el coste y simplificar el proceso de fabricación.

A partir de lo precedente, se apreciará que se han descrito en el presente documento realizaciones específicas de la invención con propósitos de ilustración, pero que se pueden realizar varias modificaciones sin desviarse del alcance de la invención. Por ejemplo, se pueden combinar o eliminar aspectos de la invención descritos en el contexto de realizaciones particulares en otras realizaciones. Adicionalmente, aunque se han descrito ventajas asociadas con ciertas realizaciones de la invención en el contexto de esas realizaciones, otras realizaciones pueden exhibir también tales ventajas y ninguna realización tiene necesariamente que exhibir tales ventajas para caer dentro del

alcance de la invención. En consecuencia, la invención no está limitada, excepto por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de fabricación (200) para la laminación de una pluralidad de láminas de fibra (210) que comprende:
 - 5 una herramienta (202) que tiene una superficie de moldeo (204);
una membrana que tiene una parte de superficie exterior (470) configurada para mirar a la lámina de compuesto sobre la superficie de moldeo, teniendo la parte de superficie exterior una textura irregular; y
una capa de separación (230) dispuesta para actuar como separador entre las láminas de fibra y la membrana.
- 10 2. El sistema de la reivindicación 1 en el que la parte de superficie exterior de la membrana incluye una pluralidad de ranuras.
3. El sistema de la reivindicación 1 en el que la parte de superficie exterior de la membrana incluye una pluralidad de
15 crestas (472).
4. El sistema de la reivindicación 1, en el que la membrana comprende adicionalmente una parte de base no plana, en el que la parte de superficie exterior se forma sobre la parte de base no plana.

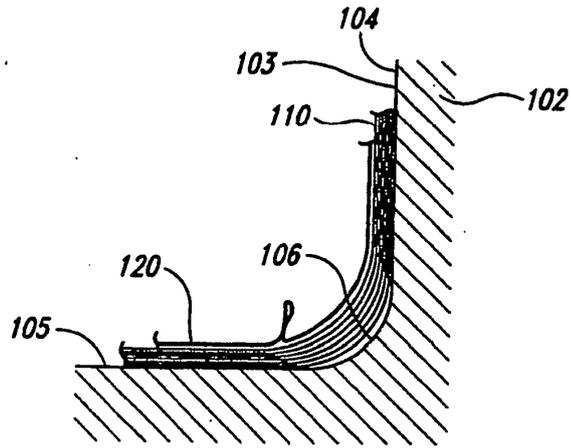


Fig. 1
(Técnica anterior)

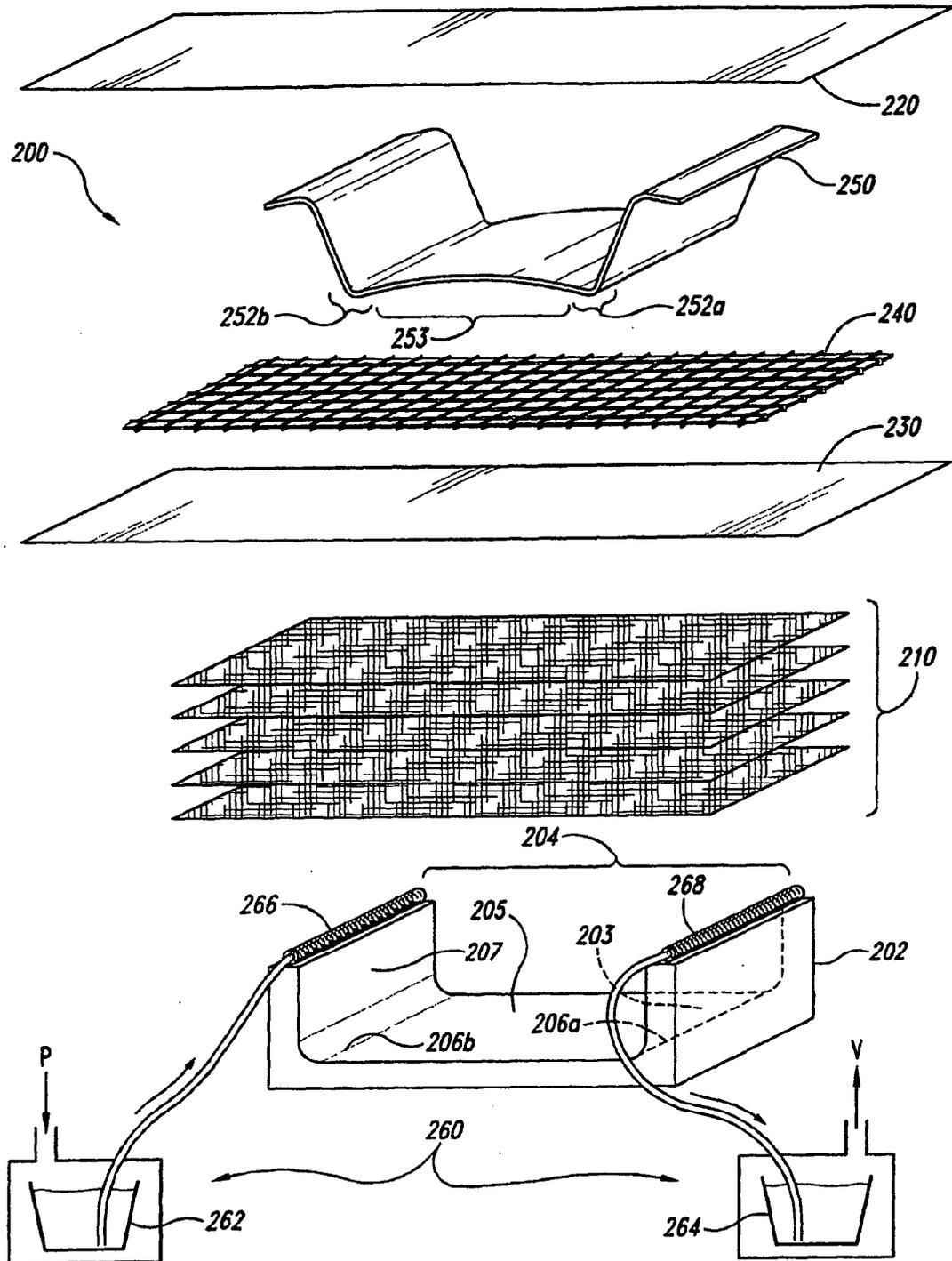


Fig. 2

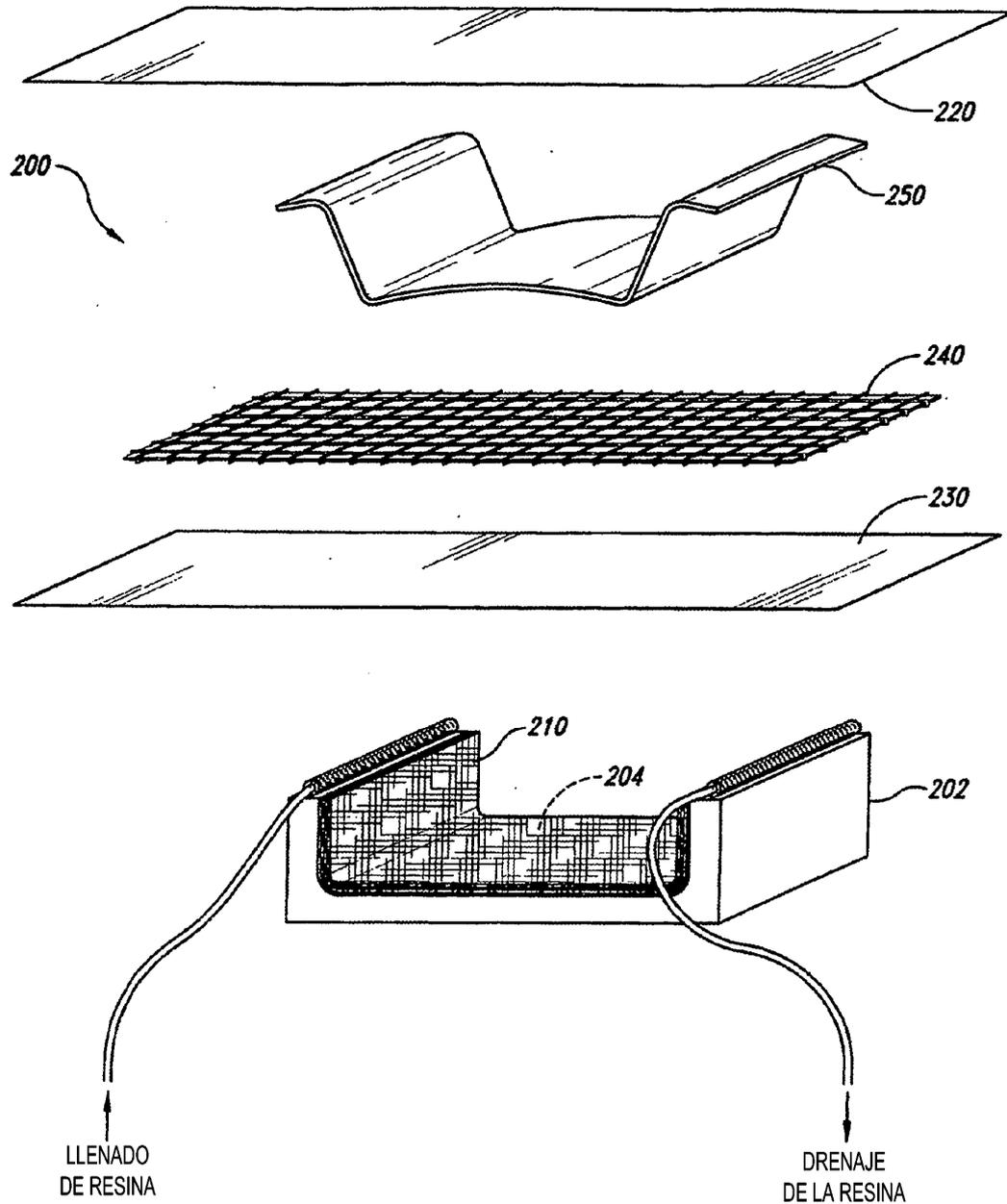


Fig. 3A

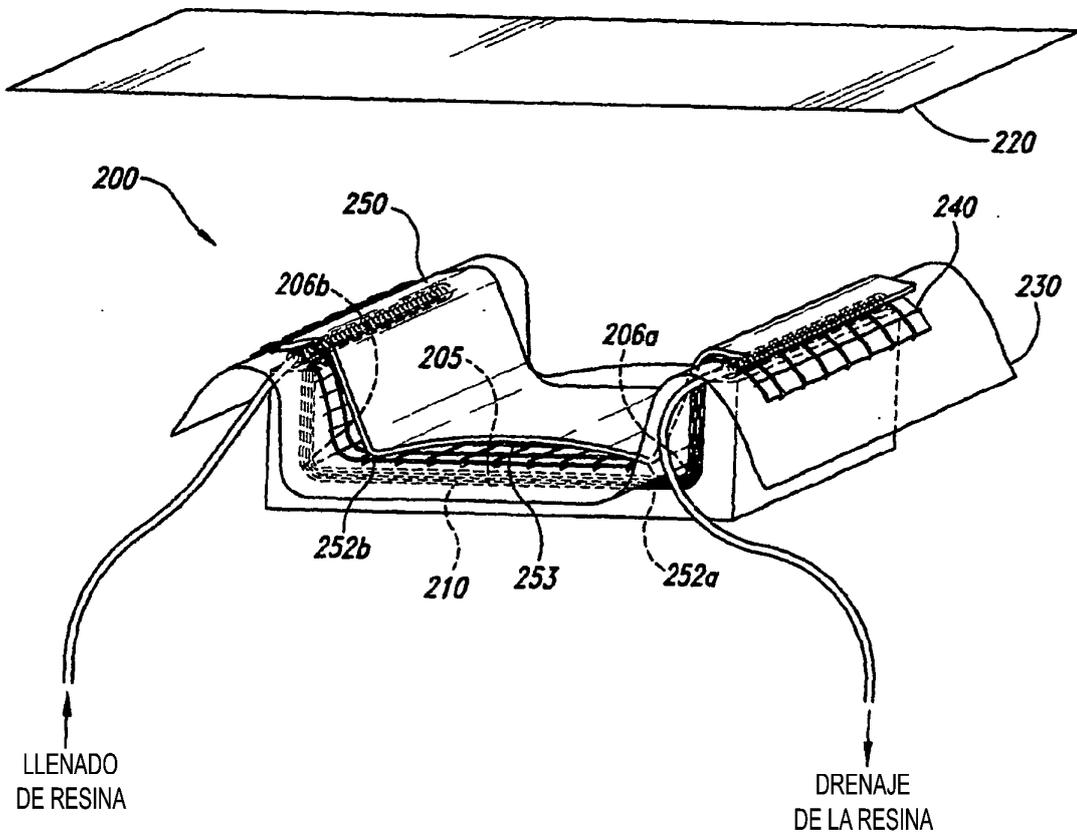


Fig. 3B

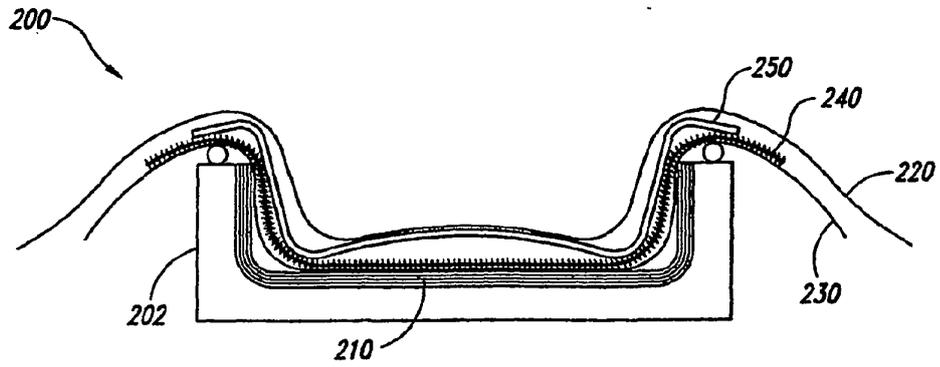


Fig. 3C

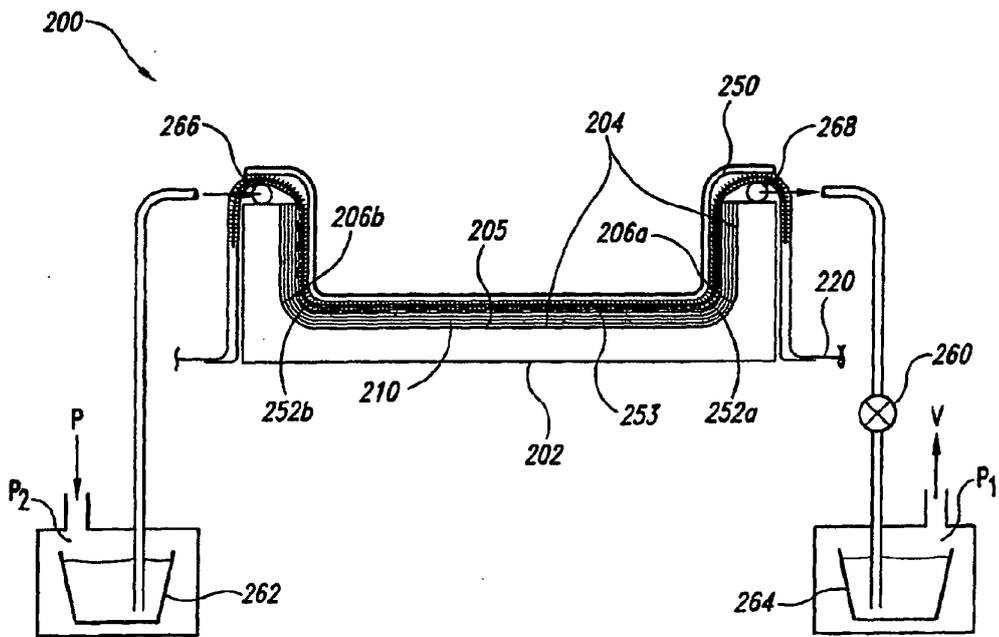


Fig. 3D

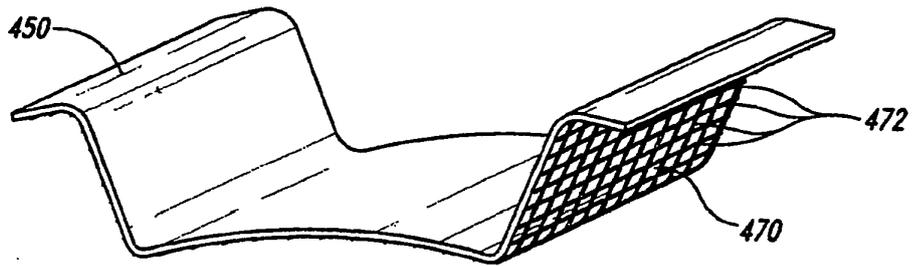


Fig. 4