

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 564 140**

51 Int. Cl.:

B29C 70/44 (2006.01)
B29C 33/10 (2006.01)
B29C 33/40 (2006.01)
B29C 33/48 (2006.01)
B29C 33/50 (2006.01)
B29C 43/36 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.05.2013 E 13169023 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.02.2016 EP 2671709**

54 Título: **Sistema de cámara de aire sin ventilación para el curado de partes de material compuesto**

30 Prioridad:

08.06.2012 US 201213491698

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

18.03.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HOLLENSTEINER, WILLIAM STAHL y
WILLDEN, KURTIS S.**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 564 140 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

Sistema de cámara de aire sin ventilación para el curado de partes de material compuesto

5 INFORMACIÓN DE ANTECEDENTES

1. Campo:

La presente descripción se refiere por lo general a métodos y equipos para la fabricación de partes de resina compuesta, y se ocupa más en particular de un sistema de cámara de aire que se utiliza para el curado de partes de material compuesto dentro de una autoclave.

2. Antecedentes:

Las partes de resina compuesta se pueden curar dentro de una autoclave que aplica calor y presión a la parte durante un ciclo de curado. Algunas geometrías de partes incluyen cavidades internas que pueden provocar que la parte colapse bajo la presión de la autoclave a menos que una herramienta tal como una cámara de aire inflable se coloque en la cavidad para hacer reaccionar la fuerza de presión de la autoclave que se aplica a la parte. Por ejemplo, en la industria aeronáutica, las cámaras de aire inflables se pueden insertar en las cavidades de bandejas de vigas de material compuesto que se curan en autoclave en las herramientas de curado similares a un mandril. Estas cámaras de aire se presurizan por medio de la ventilación a la presión de la autoclave.

Hay varios problemas con las cámaras de aire con ventilación descritas con anterioridad que pueden dar lugar a inconsistencias en las partes curadas. Por ejemplo, una falla al ventilar en forma adecuada la cámara de aire puede impedir que la cámara de aire se presurice lo suficiente como para hacer reaccionar las presiones de la autoclave aplicadas. Del mismo modo, la insuficiencia de la presurización de la cámara de aire puede surgir de la insuficiencia de la cinta de sellado utilizada para sellar un orificio de ventilación que acopla la cámara de aire con una ventilación exterior. También es posible que una pared de la cámara de aire falle o sea penetrada, en cuyo caso los gases de la autoclave pueden ser forzados en la parte a lo largo del ciclo de curado. Estos problemas pueden ser en particular problemáticos cuando se co-cura un número relativamente grande de vigas al mismo tiempo con otras partes. Por ejemplo, cuando una serie de vigas se co-curan con una piel de fuselaje, cada una de las cámaras de aire colocadas en las vigas es una fuente potencial de fugas en la estructura co-curada que puede provocar que toda la estructura sea desechada o ampliamente reprocesada.

Por consiguiente, existe una necesidad de un sistema de cámara de aire sin ventilación que pueda reducir o eliminar los efectos adversos resultantes de fugas en la cámara de aire o una falla al presurizar en forma apropiada la cámara de aire. También hay una necesidad de un sistema de cámara de aire y un método de curado que no requiera la ventilación a la presión de la autoclave, y que pueda eliminar la necesidad de sellos de los orificios de ventilación de la cámara de aire.

La patente WO 2009/020466 describe una estructura compuesta reforzada con forma de complejo y de fibra tridimensional que puede ser formada por el uso de presiones que se contrarrestan aplicadas a una bandeja estructural de capas de fibras. Las capas de fibras están dispuestas sobre un miembro presurizable que se pueden convertir en una parte integral del producto final, o se puede retirar antes de que se finalice el producto. El miembro presurizable puede tomar la forma de un componente termoplástico moldeado o rotomoldeado de golpe hueco o un componente de metal formado superplástico que tiene una abertura de manera tal que el miembro presurizable se pueda ventilar o presurizar y por lo tanto expandir contra las capas de fibra.

SUMARIO

Las realizaciones descritas proporcionan un sistema de cámara de aire sin ventilación que puede reducir o eliminar sustancialmente las inconsistencias en las partes curadas debido a la fuga de la cámara de aire, la fuga del sello y/o o una falla de una cámara de aire para ventilar en forma adecuada las presiones de la autoclave. El sistema descrito puede reducir los desechos de productos y/o la necesidad de un reproceso. Además, el método descrito y el sistema de cámara de aire sin ventilación pueden reducir los costos de mano de obra y mejorar el flujo de producción. Las realizaciones eliminan la necesidad de uso de una cinta de sellado alrededor de un orificio de ventilación en la cámara de aire. Un depósito de fluido está unido en forma permanente al orificio de ventilación de la cámara de aire y se sella por debajo de una bolsa de vacío, lo que de este modo elimina las vías de fuga alrededor de la abertura de la cámara de aire. El depósito presuriza la cavidad de la cámara de aire cuando se presuriza la autoclave. En el caso de una fuga en la cámara de aire, sólo el volumen de la cámara de aire se filtra en la parte.

De acuerdo con la reivindicación 1, se proporciona un aparato para su uso en autoclave para el curado de una carga de parte compuesta que tiene una cavidad interna. El aparato comprende una cámara de aire flexible adaptada para ser colocada en la cavidad para la aplicación de presión sobre la carga de parte compuesta durante el curado, un depósito de fluido para ejercer presión sobre la cámara de aire, el depósito y la cámara de aire están acoplados entre sí en un sistema cerrado y una bolsa flexible sellada sobre la cámara de aire flexible y el depósito de fluido. La bolsa flexible está en contacto cara a cara con el depósito de fluido. La bolsa flexible puede transmitir presión desde la autoclave al depósito de fluido. El aparato también puede comprender una herramienta de curado adaptada para tener la carga de parte compuesta colocada sobre la misma, y en la que el depósito de fluido se encuentra ubicado

en la herramienta de curado y la bolsa flexible está sellada a la herramienta de curado. El depósito de fluido puede ser flexible. La cámara de aire puede incluir un orificio de ventilación, y una porción del depósito de fluido puede estar unida a la cámara de aire e incluir una salida de fluido acoplada al orificio de ventilación en la cámara de aire. El depósito de fluido puede incluir un puerto de vacío sellado debajo de la bolsa flexible adaptado para ser acoplado con una fuente de vacío para aliviar la presión en forma selectiva dentro del depósito de fluido después de que la carga compuesta se ha curado. La cámara de aire puede incluir un tabique que forma una cámara interior dentro de la cámara de aire, y un material de relleno que llena la cámara interior que tiene una densidad que es suficiente para endurecer la cámara de aire cuando la cámara de aire está presionada por el fluido del depósito de fluido. El tabique puede incluir un lateral flexible que está expuesto al fluido del depósito de fluido. El lateral flexible se puede flexionar para aplicar presión en el material de relleno cuando el depósito de fluido presuriza la cámara de aire.

De acuerdo con otro ejemplo descrito, se proporciona un sistema de cámara de aire sin ventilación para su uso en autoclave para el curado de una carga de parte compuesta. El sistema de cámara de aire sin ventilación comprende una cámara de aire adaptada para aplicar presión a la carga de parte compuesta, y un depósito de fluido flexible, adaptado para contener una cantidad de fluido y que se puede comprimir por la presión aplicada por la autoclave para el suministro de presión de fluido a la cámara de aire, en el que el depósito de fluido está acoplado con la cámara de aire en un sistema de fluido cerrado que no se ventila a la autoclave. El depósito de fluido está unido a la cámara de aire. El depósito de fluido incluye una salida de fluido, y la cámara de aire incluye un orificio de ventilación acoplado a la salida de fluido. La cámara de aire incluye un tabique flexible, que se expone al fluido desde el depósito de fluido que forma una cámara interna dentro de la cámara de aire, y un material de relleno dentro de la cámara interna para endurecer la cámara de aire.

En otro ejemplo, se proporciona un aparato para aplicar presión de aire externa sustancialmente uniforme en una parte no curada que tiene una cavidad interna. El aparato comprende una herramienta adaptada para tener la parte colocada sobre la misma, una cámara de aire adaptada para ser colocada dentro de la cavidad interna y en contacto con la parte, la cámara de aire está adaptada para ser presurizada con un fluido, un depósito del fluido acoplado con la cámara de aire, y una bolsa flexible sellada a la herramienta y que cubre la parte, la cámara de aire y el depósito. El depósito está unido a la cámara de aire para formar un solo montaje que se puede instalar en y retirar de la cavidad interna. El depósito incluye paredes flexibles en contacto cara a cara con la bolsa flexible, lo que permite que se aplique una presión externa al depósito a través de la bolsa flexible. La cámara de aire incluye un material de relleno para el endurecimiento de la cámara de aire, y un tabique que separa el material de relleno del depósito de fluido. El depósito y la cámara de aire forman un sistema de fluido cerrado que no se ventila a la presión externa.

De acuerdo con la reivindicación 9, se proporciona un método de autoclave para el curado de una carga de parte compuesta que tiene una cavidad interna. El método comprende la colocación de la carga de parte compuesta sobre una herramienta, la instalación de una cámara de aire dentro de la cavidad, el acoplamiento de la cámara de aire con un depósito de fluido en un sistema cerrado, el sellado de una bolsa flexible sobre la parte y el depósito en contacto cara a cara con el depósito de fluido, y el uso de la bolsa flexible para transmitir la presión de la autoclave al depósito para forzar el fluido desde el depósito hasta la cámara de aire. El acoplamiento de la cámara de aire con el depósito puede incluir la fijación de la cámara de aire al depósito antes de que la cámara de aire se instale en la cavidad. El sellado de la bolsa puede incluir el sellado de la bolsa a la herramienta. El método puede comprender además el endurecimiento de la cámara de aire por medio del llenado de la cámara de aire con un material de relleno, y la separación del material de relleno del fluido por medio de la colocación de un tabique en la cámara de aire. El método también puede comprender el uso de un vacío para extraer la bolsa flexible hacia abajo contra los laterales del depósito.

De acuerdo con un ejemplo adicional, se proporciona un método de autoclave para el curado de una carga de parte compuesta que tiene una cavidad interna. El método comprende el soporte de la carga de parte compuesta dentro de la autoclave, y la presurización de una cámara de aire dentro de la cavidad interna por el uso de presión de la autoclave para forzar el fluido desde un depósito de fluido en la cámara de aire. El uso de la presión de la autoclave para forzar el fluido desde el depósito de fluido en la cámara de aire incluye la evacuación de una bolsa de vacío sellada sobre el depósito de fluido, y el uso de la bolsa para transmitir la presión de la autoclave al depósito de fluido.

En resumen, de acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un aparato para su uso en autoclave para el curado de una carga de material compuesto que tiene una cavidad interna, que incluye una cámara de aire flexible adaptada para ser colocada en la cavidad para la aplicación de presión sobre la carga compuesta durante el curado; y un depósito de fluido para ejercer presión sobre la cámara de aire, el depósito y la cámara de aire están acoplados entre sí en un sistema cerrado.

El aparato puede incluir además una bolsa flexible sellada sobre la cámara de aire flexible y el depósito de fluido, y en el que la bolsa flexible puede estar en contacto cara a cara con el depósito de fluido.

El aparato en el que la bolsa flexible puede transmitir la presión de la autoclave al depósito de fluido.

El aparato puede incluir además una herramienta de curado adaptada para tener la carga compuesta colocada

sobre la misma, y en el que el depósito de fluido puede estar ubicado en la herramienta de curado y la bolsa flexible se sella a la herramienta de curado.

El depósito de fluido puede ser flexible.

5 La cámara de aire puede incluir un orificio de ventilación, y una porción del depósito de fluido puede estar unido a la cámara de aire e incluir una salida de fluido junto con el orificio de ventilación en la cámara de aire.

10 El depósito puede incluir un puerto de vacío adaptado para ser acoplado con una fuente de vacío para aliviar la presión en forma selectiva dentro del depósito de fluido.

15 La cámara de aire puede incluir un tabique que forma una cámara interior dentro de la cámara de aire, y un material de relleno puede llenar la cámara interior y tener una densidad que es suficiente para endurecer la cámara de aire cuando la cámara de aire está presionada por el fluido del depósito de fluido.

El tabique puede incluir un lateral flexible que está expuesto al fluido del fluido del depósito de fluido, y el lateral flexible se puede flexionar para aplicar presión en el material de relleno cuando el depósito de fluido presuriza la cámara de aire.

20 De acuerdo con otro ejemplo de la invención, se proporciona un sistema de cámara de aire sin ventilación para su uso en autoclave para el curado de una carga de parte compuesta, que incluye una cámara de aire adaptada para aplicar presión a la carga de parte compuesta; y un depósito de fluido flexible, adaptado para contener una calidad de fluido y que se puede comprimir por medio de la presión aplicada por la autoclave para el suministro de presión de fluido a la cámara de aire, en el que el depósito de fluido está acoplado con la cámara de aire en un sistema de fluido cerrado que no se ventila a la autoclave.

El depósito de fluido puede estar unido a la cámara de aire.

30 El depósito de fluido puede incluir una salida de fluido, y la cámara de aire incluye un orificio de ventilación junto con la salida de fluido.

La cámara de aire puede incluir un tabique flexible, que se expone al fluido desde el depósito de fluido que forma una cámara interna dentro de la cámara de aire, y un material de relleno dentro de la cámara interna para endurecer la cámara de aire.

35 De acuerdo con todavía otro ejemplo de la invención, se proporciona un aparato para aplicar presión de aire externa sustancialmente uniforme en una parte que tiene una cavidad interna, que incluye una herramienta adaptada para tener la parte colocada sobre la misma; una cámara de aire adaptada para ser colocada dentro de la cavidad interna y en contacto con la parte, la cámara de aire está adaptada para ser presurizada con un fluido; un depósito del fluido está acoplado con la cámara de aire; y una bolsa flexible está sellada a la herramienta y que cubre la parte, la cámara de aire y el depósito.

40 El depósito puede estar unido a la cámara de aire para formar un solo montaje que se puede instalar en y retirar de la cavidad interna.

45 El depósito puede incluir paredes flexibles en contacto cara a cara con la bolsa flexible, lo que permite que se aplique una presión externa al depósito a través de la bolsa flexible.

50 La cámara de aire puede incluir un material de relleno para el endurecimiento de la cámara de aire, y un tabique que separa el material de relleno del depósito de fluido.

El depósito y la cámara de aire pueden formar un sistema de fluido cerrado que no se ventila a la presión externa.

55 De acuerdo con todavía otro ejemplo de la invención, se proporciona un método de autoclave para el curado de una carga de material compuesto que tiene una cavidad interna, que incluyen la colocación de la carga compuesta sobre una herramienta; la instalación de una cámara de aire dentro de la cavidad; el acoplamiento de la cámara de aire con un depósito de fluido; el sellado de una bolsa flexible sobre la carga compuesta y el depósito; y el uso de la bolsa flexible para transmitir la presión de la autoclave al depósito para forzar el fluido desde el depósito hasta la cámara de aire.

60 El acoplamiento de la cámara de aire con el depósito puede incluir la fijación de la cámara de aire al depósito antes de que la cámara de aire se instale en la cavidad.

El sellado de la bolsa puede incluir el sellado de la bolsa a la herramienta.

65 El método puede incluir además el endurecimiento de la cámara de aire por medio del llenado de la cámara de aire

con un material de relleno, y la separación del material de relleno del fluido por medio de la colocación de un tabique en la cámara de aire.

El método puede incluir además el uso de un vacío para extraer la bolsa flexible hacia abajo contra los laterales del depósito.

El método puede incluir además el retiro de la bolsa flexible de la carga compuesta y el depósito después de que la carga compuesta se ha curado; y aliviar la presión dentro de la cámara de aire por medio de la portación del depósito a una fuente de vacío después de que la bolsa flexible se ha retirado.

De acuerdo con un ejemplo adicional de la presente invención, se proporciona un método de autoclave para el curado de una carga de parte compuesta que tiene una cavidad interna, que incluye el soporte de la carga de parte compuesta dentro de la autoclave; y la presurización de una cámara de aire dentro de la cavidad interna por el uso de presión de la autoclave para forzar el fluido desde un depósito de fluido en la cámara de aire.

El uso de la presión de la autoclave para forzar el fluido desde el depósito de fluido en la cámara de aire puede incluir la evacuación de una bolsa de vacío sellada sobre el depósito de fluido, y el uso de la bolsa para transmitir la presión de la autoclave al depósito de fluido.

Las características, funciones y ventajas se pueden conseguir en forma independiente en varias realizaciones de la presente descripción, o se pueden combinar en otras realizaciones en las que se puede observar más detalles con referencia a la siguiente descripción y las figuras.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Los rasgos novedosos que se consideran característicos de las realizaciones ventajosas se exponen en las reivindicaciones adjuntas. Sin embargo, las realizaciones ventajosas, así como también un modo preferido de uso, otros objetivos y ventajas de la misma, se comprenderán mejor como referencia a la siguiente descripción detallada de una realización ventajosa de la presente descripción cuando se lea conjuntamente con las figuras adjuntas, en la que :

La FIGURA 1 es una ilustración de un diagrama de bloques funcional de un sistema de cámara de aire sin ventilación de acuerdo con las realizaciones descritas.

La FIGURA 2 es una ilustración de una vista en perspectiva de una viga de resina compuesta curada por el uso del sistema de cámara de aire sin ventilación que se muestra en la FIGURA 1.

La FIGURA 3 es una ilustración de una vista en perspectiva de una herramienta de curado que se utiliza para el curado de una carga de viga compuesta.

La FIGURA 4 es una ilustración similar a la FIGURA 3 pero que muestra una carga de viga que se ha colocado en la herramienta.

La FIGURA 5 es una ilustración similar a la FIGURA 4 pero que muestra una cámara de aire inflable que se ha colocado dentro de la cavidad de la carga de viga.

La FIGURA 6 es una ilustración similar a la FIGURA 5 pero que además muestra una carga de piel que se ha colocado en la carga de viga.

La FIGURA 7 es una ilustración similar a la FIGURA 6 pero que muestra una chapa de prensado que se ha instalado sobre la carga de piel.

La FIGURA 8 es una ilustración similar a la FIGURA 7 pero que muestra la cinta de sellado que se ha aplicado alrededor de la periferia de la herramienta de curado.

La FIGURA 9 es una ilustración de una vista en perspectiva de un extremo de la herramienta de curado que se muestra en la FIGURA 8, un depósito de fluido flexible que se ha instalado en la herramienta de curado y se ha acoplado con la cámara de aire flexible.

La FIGURA 10 es una ilustración de una vista en sección tomada a lo largo de la línea 10-10 en la FIGURA 9, pero que además muestra una bolsa de vacío que se ha instalado y sellado a la herramienta de curado.

La FIGURA 11 es una ilustración de una vista en sección similar a la FIGURA 10, pero que muestra una realización alternativa que emplea un tabique dentro de la cámara de aire, la cámara de aire se muestra en su estado no presurizado.

La FIGURA 12 es una ilustración similar a la FIGURA 11, pero que muestra la cámara de aire que se ha presurizada a través de la presión de la autoclave aplicada al depósito de fluido a través de la bolsa de vacío.

La FIGURA 13 es una ilustración de una vista esquemática que muestra los volúmenes de líquido que alcanzan la carga compuesta en el caso de una fuga en el sistema de cámara de aire sin ventilación.

La FIGURA 14 es una ilustración de un diagrama de flujo de un método de autoclave para el curado de una carga de parte compuesta que tiene una cavidad interna por el uso de un sistema de cámara de aire sin ventilación.

La FIGURA 15 es una ilustración de un diagrama de flujo de un método alternativo de autoclave para el curado de una carga de parte compuesta por el uso de un sistema de cámara de aire sin ventilación.

La FIGURA 16 es una ilustración de un diagrama de flujo de la producción de aeronaves y la metodología de servicio.

La FIGURA 17 es una ilustración de un diagrama de bloques de una aeronave.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Haciendo referencia primero a la FIGURA 1, una parte de resina compuesta no curada 20, que de aquí en adelante se denomina como una "carga", una "carga de material compuesto", una "carga de parte compuesta" o una "carga de viga", se cura en una herramienta de curado 22 colocada en una autoclave 26 en la que el calor y la presión de la autoclave se aplican a la carga compuesta 20. La carga de material compuesto 20 incluye uno o más vacíos internos, áreas o cavidades atrapadas o encerradas, que para facilitar la descripción, de aquí en adelante se denominarán en forma colectiva como una cavidad 28. Una cámara de aire flexible e inflable 30 se coloca dentro de la cavidad 28 antes de un ciclo de curado con el fin de hacer reaccionar las presiones de la autoclave aplicadas a la carga 20 durante el curado. Un depósito de fluido flexible 32 se monta en la herramienta de curado 22 y se acopla con la cámara de aire 30 de una manera que forma un sistema cerrado de la cámara de aire 25 que no se ventila a la atmósfera dentro de la autoclave 26. En otras palabras, la cámara de aire 30 y el depósito de fluido 32 forman un sistema de fluido cerrado que no está directamente expuesto a la atmósfera interna de la autoclave 26. Una bolsa flexible, tal como una bolsa de vacío 24, se coloca sobre y se sella a la herramienta de curado 22, que cubre la carga compuesta 20, la cámara de aire 30 y el depósito de fluido 32. La bolsa flexible 24 está adaptada para ser acoplada con una fuente de vacío 64 adecuada para la evacuación de la bolsa flexible 24. Durante el curado, la cámara de aire 30 se presuriza con un fluido que sustancialmente no se puede comprender (no mostrada) suministrada desde el depósito de fluido 32.

De acuerdo con lo que se discutirá en más detalle a continuación, debido a que tanto la cámara de aire 30 como el depósito de fluido 32 se encuentran debajo de la bolsa de vacío 24, la cámara de aire 30 no se ventila a la atmósfera interna de la autoclave 26, es decir, la cámara de aire 30 es sin ventilación. Más bien, la combinación de la cámara de aire 30 y el depósito de fluido 32 forma un sistema de cámara de aire sin ventilación cerrado 25 que es controlado por la presión de aire de la autoclave ejercida sobre la bolsa de vacío 24. En forma opcional, la cámara de aire 30 puede incluir un tabique interno 35 que separa sustancialmente el volumen interno total de la cámara de aire 30 del fluido suministrado desde el depósito de fluido 32. La reducción de la presión dentro del depósito de fluido 32 permite que la cámara de aire 30 colapse ligeramente en forma parcial, lo que impide que la cámara de aire 30 se "bloquee" en la carga de material compuesto 20 y facilite la fácil extracción de la cámara de aire 30 de la carga de material compuesto curada 20.

Con referencia ahora a la FIGURA 2, el sistema de cámara de aire sin ventilación descrito y el método de curado se puede emplear para curar cualquiera de una variedad de partes de resina compuesta de varias geometrías, que tienen una o más cavidades internas. Por ejemplo, y sin limitación, el sistema y el método descritos se pueden utilizar en la fabricación de una fibra de material compuesto reforzado con de viga de resina 23, que puede comprender una bandeja de múltiples pliegues de material preimpregnado. La viga 23 incluye una sección de sombrero 27 que forma una cavidad interna 31, un par de secciones de brida 29 que se extienden lateralmente y una sección de piel 33 sustancialmente plana que se consolida junto con las secciones de brida 29 durante el curado. Otras geometrías de vigas son posibles.

Las FIGURAS 3 a 10 ilustran respectivamente las etapas sucesivas en la preparación del aparato mostrado en la FIGURA 1 para el curado de la viga 23 mostrada en la FIGURA 2. Con referencia en particular a la FIGURA 3, una herramienta de curado 22 hecha de cualquier material adecuado incluye una cavidad interna 28 que define una cara de la herramienta de sección de sombrero 32, y un par de caras de herramienta de la sección de brida 34 que se que se extienden lateralmente. Las caras de herramienta 32, 34 están configuradas para coincidir con, respectivamente, la geometría de la sección de sombrero y las secciones de brida 27, 29 respectivamente de la viga 23. La herramienta de curado 22 tiene una superficie de herramienta superior sustancialmente plana 36 que rodea la cavidad interna 28, una superficie achaflanada 38 en un extremo de la cavidad 28, y una sección de extremo sustancialmente plana 40. Un extremo de la cavidad interna 28 está abierta en 42. De acuerdo con lo que se verá más adelante, la herramienta de curado 22 se puede utilizar para montar las cargas de viga compuestas, y para curar las cargas montadas dentro de una autoclave 26 (FIGURA 1). Si bien la herramienta de curado 22 ilustrada tiene una geometría que está adaptada para que coincida con las características de la viga 23, se debe tener en cuenta que el sistema de cámara de aire sin ventilación descrito 25 se puede utilizar con herramientas de curado que tengan cualquiera de diversas otras geometrías, dependiendo de la aplicación y la carga de parte compuesta particular a ser curada.

Haciendo referencia a la FIGURA 4, una carga de viga compuesta 20 se coloca en la herramienta de curado 22. La carga de viga 20 comprende un sombrero 20a que rellena la cavidad 28 y acopla la cara de la herramienta 32 (FIGURA 3), y un par de bridas que se extienden lateralmente 20b que acoplan, respectivamente, las caras de la herramienta 34. La carga de viga 20 podría estar tendida sobre una herramienta de bandeja separada (no se muestra) y luego transferirse a la herramienta de curado 22, o, en forma alternativa, en función de la geometría de la carga de parte, puede ser posible colocar la bandeja de viga directamente en la herramienta de curado 22.

Con referencia ahora a la FIGURA 5, después de que la carga de viga 20 se ha colocado en la herramienta de curado 22, una cámara de aire flexible 30 se coloca dentro de la cavidad 28 (FIGURA 4) de la carga de viga 20 con el fin de hacer reaccionar las presiones de la autoclave que se aplican durante un ciclo de curado. La cámara de aire 30 puede estar formada de cualquier material adecuado tal como, por ejemplo, y sin limitación, un elastómero. Un

agente de liberación se puede aplicar a la cámara de aire 30 antes de que se instale para facilitar el retiro posterior de la cámara de aire de la cavidad 28 después del curado. La cámara de aire 30 incluye un orificio de ventilación de la cámara de aire 44 que está adaptado para acoplarse con el depósito de fluido 32 mostrado en la FIGURA 1, de acuerdo con lo que se discutirá a continuación. En este ejemplo, la cámara de aire 30 está configurada para que coincida sustancialmente con la geometría de la cavidad 28 y tenga una superficie superior sustancialmente plana 30a que está sustancialmente a nivel con las superficies de herramienta plana 36 de la herramienta de curado 22.

Con referencia ahora a la FIGURA 6, después de que la cámara de aire 30 se ha instalado de acuerdo con lo mostrado en la FIGURA 5, una carga de piel de material compuesto sustancialmente plana 46 se coloca en la herramienta de curado 22, que recubre la cámara de aire 30 y en contacto cara a cara con las bridas 20b (FIGURA 5) de la carga de viga 20 y las superficies de herramienta planas 36. A continuación, de acuerdo con lo mostrado en la FIGURA 7, una chapa de prensado 48 se puede instalar sobre la carga de piel compuesta plana 46 con el fin de aplicar sustancialmente una presión uniforme sobre la carga de piel 46 durante el proceso de curado. También, aunque no se muestra en la FIGURA 7, se pueden instalar capas de cáscara, películas y/o respiraderos de liberación u otros componentes junto con la chapa de prensado 48, dependiendo de la aplicación. De acuerdo con lo mostrado en la FIGURA 8, una cinta de sellado adecuada 50 u otro sellador adecuado se aplica al perímetro de la herramienta de curado 22 en preparación para el embolsado al vacío de la herramienta 22. En este punto, una base de la sonda de vacío 52 se puede aplicar a la sección de extremo plana 40 de la herramienta de curado 22.

A continuación, de acuerdo con lo mostrado en la FIGURA 9, un depósito de fluido flexible 32 se une a la cámara de aire 30 de manera tal que la cámara de aire 30 y el depósito de fluido 32 puedan ser instalados y retirados como un solo montaje, si se desea. El depósito de fluido 32 se acopla con el orificio de ventilación 44 (FIGURA 8) en la cámara de aire 30 y se apoya en la superficie achaflanada 38 de la herramienta de curado 22 cuando la cámara de aire 30 está en su lugar dentro de la cavidad de carga de material compuesto 28. El depósito de fluido 32 puede estar unido en forma permanente y sellado a la cámara de aire 30, lo que de este modo evita la necesidad de volver a conectar la cámara de aire 30 a una fuente de presión cada vez que la cámara de aire 30 se instala en una carga de material compuesto 20 en la preparación para un proceso de curado. Esta disposición también elimina la necesidad de colocar un sellador alrededor del orificio de ventilación 44 cada vez que la cámara de aire se instala en una carga de material compuesto 20. El depósito de fluido 32 puede estar fabricado de cualquier material adecuado tal como, sin limitación, un elastómero. Una sonda de vacío 54 se monta en la base de la sonda de vacío 52, y está adaptada para ser acoplada con una fuente de vacío (no mostrada) para la evacuación de la bolsa de vacío 24 durante un ciclo de curado.

Con referencia ahora a la FIGURA 10, el depósito de fluido 32 puede tener una forma de sección transversal por lo general rectangular o cuadrada con lados 32a que son flexibles y se pueden deformar plásticamente hacia dentro de acuerdo con lo mostrado por las líneas discontinuas 32b cuando se aplica presión externa al depósito de fluido 32. Una porción 32b del depósito de fluido 32 está unido en contacto cara a cara a un extremo de la cámara de aire 30, e incluye una salida de fluido 41 que está alineada y acoplada con el orificio de ventilación 44 en la cámara de aire 30, lo que permite que el fluido fluya entre el depósito de fluido 32 y la cámara de aire 30. En otras realizaciones, el depósito de fluido 32 puede tener una forma diferente, y puede o no puede estar unido a la cámara de aire 30. Después de la instalación del depósito de fluido 32 que se muestra en la FIGURA 9, la bolsa flexible 24, que a veces se denomina como una bolsa de vacío 24, formada de cualquier material adecuado, tal como poliéster o nylon, se instale sobre la herramienta 22, lo que cubre el depósito de fluido 32, las cargas de viga 20, 46, y la cámara de aire 30. La bolsa de vacío 24 está en contacto cara a cara con el depósito de fluido 32. La bolsa de vacío 24 está sellada a la periferia de la herramienta de curado 22 y alrededor de la sonda de vacío 54 con cinta de sellado 50 u otros selladores adecuados. La evacuación de la bolsa de vacío 24 atrae a la bolsa de vacío 24 hacia el contacto cara a cara con los laterales del depósito de fluido 32, lo que permite que la presión de la autoclave P_A se aplique al depósito de fluido 32.

En forma opcional, el depósito de fluido 32 puede incluir un puerto de vacío 60 que está adaptada para ser acoplada con una fuente de vacío (no mostrada) después de que la bolsa de vacío 24 se ha retirado después de un ciclo de curado. El puerto de vacío 60 está cerrado y sellado debajo de la bolsa de vacío 24 durante el curado, pero incluye un dispositivo de válvula u otro (no mostrado) que permite la conexión del volumen interno 56 del depósito de fluido 32 a la fuente de vacío después que se completa el curado y la bolsa de vacío se ha retirado. El acoplamiento del depósito de fluido 32 a la fuente de vacío de esta manera libera la presión de fluido dentro del depósito de fluido 32, lo que a su vez reduce la presión dentro de la cámara de aire 30, lo que permite que la cámara de aire 30 se desinfe o colapse ligeramente. La deflación de la cámara de aire 30 de esta manera reduce la dimensión máxima de la sección transversal (no mostrada) de la cámara de aire 30 una cantidad que es suficiente para permitir que la cámara de aire 30 sea retirada de la viga curada.

Durante el curado llevado a cabo dentro de una autoclave, la presión de la autoclave P_A obliga a la bolsa de vacío 24 contra la herramienta de curado 22, lo que de este modo compacta la carga compuesta 20 a la vez que aplica una presión al depósito de fluido 32. La presión de la autoclave P_A aplicada al depósito de fluido 32 hace que el fluido 45 fluya desde el volumen interno 56 del depósito de fluido 32 a través del orificio de ventilación de la cámara de aire 44 hacia la cámara de aire 30, lo que de ese modo presuriza internamente la cámara de aire 30. Esta presurización de la cámara de aire 30 provoca que una fuerza 55 se aplique a la carga de material compuesto 20 que reacciona la

presión de la autoclave P_A aplicada a la carga compuesta 20. Cuando se ha completado el curado, la presión de la autoclave P_A se retira de la bolsa de vacío 22, y por lo tanto se elimina del depósito de fluido 32. La disminución resultante en la presión del fluido dentro del depósito de fluido 32 permite que el fluido fluya desde la cámara de aire 58 a través del orificio de ventilación 44 de nuevo hacia el depósito de fluido 32.

De acuerdo con lo discutido con anterioridad, el depósito de fluido 32 se puede sellar en forma permanente a la cámara de aire 30, lo que de este modo evita la necesidad de colocar un sellador alrededor del orificio de ventilación 44 (FIGURA 8) cada vez que la cámara de aire 30 se instala en una carga de material compuesto 20. Por lo tanto, el sellado permanente del depósito de fluido 32 a la cámara de aire 30 puede eliminar las fugas alrededor del orificio de ventilación 44 en la carga compuesta 20. En el caso de una fuga en cualquiera de la cámara de aire 30 o el depósito de fluido 32, la fuga de fluido en la carga de material compuesto 20 se limita al volumen total de la cámara de aire 30 y el depósito de fluido 32 desde el sistema de cámara de aire 25 (FIGURA 1) es un sistema cerrado y no permite que el aire de la autoclave entre en la cavidad de carga de material compuesto 28 (FIGURA 4).

Una realización alternativa del sistema de cámara de aire sin ventilación descrito se muestra en las FIGURAS 11 y 12. En esta realización, la cámara de aire 30 incluye un tabique interno 35 que separa la cámara interior 65 de la cámara de aire 30 del fluido suministrado por el depósito de fluido 32. El tabique 35 está hecho de un material flexible y puede estar formado de manera integral con la cámara de aire 30. La cámara de la cámara de aire 65 se llena con un material de relleno fluido 66 que tiene un CTE (coeficiente de expansión térmica) relativamente bajo y una densidad seleccionada para proporcionar la cámara de aire 30 con un nivel de endurecimiento deseado. Un lateral 75 del tabique 35 está expuesto al fluido suministrado por depósito de fluido 32. El fluido desde el depósito 56 que es forzado contra la cámara de aire 30 por la presión de la autoclave P_A , ejerce una presión de fluido P_F (FIGURA 12) contra el tabique 35, lo que provoca que el tabique 35 se flexione hacia dentro a la posición 35a. mostrada en la FIGURA 12, lo que de este modo presuriza el material de relleno 66. La presurización del material de relleno 66 da lugar a una presión hacia el exterior 68 que se ejerce contra la carga de material compuesto 20.

Con referencia ahora a la FIGURA 13, en el caso de una fuga en el sistema de cámara de aire sin ventilación 25 que se ha descrito con anterioridad, el volumen de aire dentro de la autoclave (FIGURA 1) 26 no alcanza la carga de material compuesto 20, porque el sistema de cámara de aire 25 está sellado por debajo de la bolsa de vacío 24. Más bien, la cantidad total de fluido, posiblemente, llegue a la carga de material compuesto 20 en el caso de una fuga en cualquiera de la cámara de aire 30 o el depósito de fluido 32 (FIGURAS 10 a 12) se limita al volumen interior del depósito de fluido 56 más el volumen de la cámara de la cámara de aire 65.

La atención se dirige ahora a la FIGURA 14, que ilustra por lo general las etapas de un método de autoclave para el curado de que utilizan el sistema de cámara de aire sin ventilación 25 que se ha descrito con anterioridad. Comenzando en el paso 70, una carga de resina compuesta 20 se coloca en una herramienta adecuada, que puede ser una herramienta de curado. En el paso 72, una cámara de aire inflable y flexible 30 se instala en una cavidad interna 28 de la carga 20. En el paso 74, la cámara de aire flexible 30 se acopla con un depósito de fluido flexible 32 que contiene una cantidad de fluido. En el paso 76, la carga de material compuesto 20 junto con el depósito de fluido 32 se recubre con una bolsa flexible 24 tal como una bolsa de vacío, que a continuación se sella a la herramienta de curado 22. En el paso 78, la presión de la autoclave P_A se aplica a la bolsa 24 con el fin de comprimir el depósito de fluido 32 y forzar el fluido desde el depósito 32 hacia la cámara de aire 30, para presionar con ello la cámara de aire 30 para hacer reaccionar las fuerzas aplicadas a la carga compuesta 20 por la presión de la autoclave. En forma opcional, en el paso 80, un tabique interno 35 dentro de la cámara de aire 30 se puede emplear para transmitir la presión a la cámara de aire 30 por el uso de la presión del fluido generada por el depósito de fluido 32. Además, en forma opcional, en el paso 82, después del curado y el retiro de la bolsa de vacío 24, la presión dentro del depósito de fluido 32 puede ser aliviada para ayudar en el retiro de la cámara de aire, por medio del acoplamiento del depósito de fluido 32 con una fuente de vacío adecuada.

Un método alternativo para el curado de una carga de parte compuesta 20 se muestra en la FIGURA 15. En el paso 84, una carga de parte compuesta 20 se coloca en una herramienta 22, y en el paso 86, se instala una cámara de aire 30 en una cavidad 28 de la carga de parte compuesta 20. La cámara de aire 60 se acopla con un depósito de fluido 32 en el paso 88. A continuación, de acuerdo con lo mostrado en el paso 90, una bolsa flexible 24 se sella sobre la carga de parte compuesta 20 y el depósito de fluido 32. En el paso 92, la bolsa flexible 24 se utiliza para transmitir la presión de la autoclave al depósito de fluido 32 para forzar el fluido desde el depósito 32 hacia la cámara de aire 60.

Las realizaciones de la descripción se pueden utilizar en una variedad de aplicaciones potenciales, en particular en la industria del transporte, que incluyen por ejemplo, la industria aeroespacial, marina, aplicaciones de automoción y otras aplicaciones donde se puede utilizar el curado en autoclave de partes de material compuesto. Por lo tanto, con referencia ahora a las FIGURAS 16 y 17, las realizaciones de la descripción se pueden utilizar en el contexto de un método de fabricación y servicio de aeronave 94 de acuerdo con lo mostrado en la Figura 16 y una aeronave 96 de acuerdo con lo mostrado en la figura 16. Las aplicaciones de aeronaves de las realizaciones descritas pueden incluir, por ejemplo, sin limitación, el curado de los miembros de refuerzo tales como, sin limitación, barras, vigas y travesaños, por nombrar sólo unos pocos. Durante la preproducción, el método representativo 94 puede incluir la especificación y el diseño 98 de la aeronave 96 y la adquisición de materiales 100. Durante la producción, se lleva a

cabo la fabricación de componentes y submontajes 102 y la integración del sistema 104 de la aeronave 96. A partir de entonces, la aeronave 96 puede ir a través de la certificación y entrega 96 con el fin de ser puesta en servicio 108. Mientras se encuentra bajo el servicio de un cliente, la aeronave 96 se programa para el mantenimiento y el servicio de rutina 110, que también puede incluir una modificación, una reconfiguración, una remodelación, y así sucesivamente.

Cada uno de los procesos del método 94 puede ser llevado a cabo por un integrador de sistemas, un tercero, y/o un operador (por ej., un cliente). A los efectos de esta descripción, un integrador de sistema 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 línea aérea, una compañía de arrendamiento, una entidad militar, una organización de servicio, y así sucesivamente.

De acuerdo con lo mostrado en la FIGURA 17, la aeronave 96 producida por el método representativo 94 puede incluir un fuselaje 112 con una pluralidad de sistemas 114 y un interior 116. Los ejemplos de sistemas de alto nivel 114 incluyen uno o más de un sistema de propulsión 118, un sistema eléctrico 120, un sistema hidráulico 122, y un sistema ambiental 124. Se puede incluir cualquier número de otros sistemas. Si bien se muestra un ejemplo aeroespacial, los principios de la descripción se pueden aplicar a otras industrias, tales como las industrias del automóvil y marinas.

Los sistemas y métodos incorporados en este documento se pueden emplear durante una cualquiera o más de las etapas del método de producción y servicio 94. Por ejemplo, los componentes o submontajes correspondientes al proceso de producción 102 se pueden fabricar o elaborar de una manera similar a los componentes o submontajes producidos mientras que la aeronave 96 está en servicio. Además, una o más realizaciones de aparatos, realizaciones del método, o una combinación de las mismas se pueden utilizar durante las etapas de producción 102 y 104, por ejemplo, por medio de la aceleración sustancial del montaje o la reducción del costo de una aeronave 96. Del mismo modo, una o más de las realizaciones de aparatos, las realizaciones del método, o una combinación de las mismas se pueden utilizar mientras que la aeronave 96 está en servicio, por ejemplo, y sin limitación, para el mantenimiento y el servicio 110.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para su uso en autoclave para el curado de una carga de material compuesto (20) que tiene una cavidad interna (28), que comprende:
5 una cámara de aire flexible (30) adaptado para ser colocado en la cavidad para la aplicación de presión sobre la carga compuesta durante el curado;
un depósito de fluido (32) para ejercer presión sobre la cámara de aire, el depósito y la cámara de aire están acoplados entre sí en un sistema cerrado (25); y
10 una bolsa flexible (24) sellada sobre la cámara de aire flexible y el depósito de fluido en el que la bolsa flexible está en contacto cara a cara con el depósito de fluido.
2. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la bolsa flexible (24) transmite la presión desde la autoclave (26) hasta el depósito de fluido (32).
- 15 3. El aparato de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, que además comprende:
una herramienta de curado (22) adaptada para tener la carga compuesta (20) colocada sobre la misma, y en el que el depósito de fluido (32) se encuentra ubicado en la herramienta de curado y la bolsa flexible (24) está sellada a la herramienta de curado.
- 20 4. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el depósito de fluido (32) es flexible.
- 25 5. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que:
la cámara de aire (30) incluye un orificio de ventilación (44), y
una porción (32) del depósito de fluido (32) está unida a la cámara de aire e incluye una salida de fluido (41) acoplada con el orificio de ventilación en la cámara de aire.
- 30 6. El aparato de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que el depósito (32) incluye un puerto de vacío (60) adaptado para ser acoplado con una fuente de vacío (64) para aliviar la presión en forma selectiva dentro del depósito de fluido.
- 35 7. El aparato de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que la cámara de aire (30) incluye:
un tabique (35) que forma una cámara interior (65) dentro de la cámara de aire, y
un material de relleno (66) que llena la cámara interior y que tiene una densidad que es suficiente para endurecer la cámara de aire cuando la cámara de aire está presionada por el fluido del depósito de fluido (32).
- 40 8. El aparato de acuerdo con la reivindicación 7, en el que:
el tabique (35) incluye un lateral flexible que está expuesto al fluido desde el fluido del depósito de fluido (32),
45 y
el lateral flexible se flexiona para aplicar presión en el material de relleno (66) cuando el depósito de fluido presuriza la cámara de aire (30).
9. Un método de autoclave para el curado de una carga de material compuesto (20) que tiene una cavidad interna (28), que comprende:
50 la colocación (70) de la carga compuesta en una herramienta (22);
la instalación (72) de una cámara de aire (30) dentro de la cavidad;
el acoplamiento (74) de la cámara de aire con un depósito de fluido (32) en un sistema cerrado
55 el sellado (76) de una bolsa flexible (24) a través de la carga compuesta y el depósito en contacto cara a cara con el depósito de fluido; y
el uso de (78) de la bolsa flexible para transmitir la presión de la autoclave al depósito para forzar el fluido desde el depósito hasta la cámara de aire.
- 60 10. El método de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el acoplamiento (74) de la cámara de aire (30) con el depósito (32) incluye la fijación de la cámara de aire al depósito antes de que la cámara de aire se instale en la cavidad.
- 65 11. El método de acuerdo con cualquiera de la reivindicación 9 o la reivindicación 10, en el que el sellado (76) de la bolsa (24) incluye el sellado de la bolsa a la herramienta (22).

12. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, que además comprende:
- 5 el endurecimiento de la cámara de aire (30) por medio del llenado de la cámara de aire con un material de relleno (66), y
la separación del material de relleno del fluido por medio de la colocación (80) de un tabique (35) en la cámara de aire.
13. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, que además comprende:
- 10 el uso de un vacío para extraer la bolsa flexible (24) hacia abajo contra los laterales del depósito (32).
14. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, que además comprende:
- 15 el retiro de la bolsa flexible (24) de la carga compuesta (20) y el depósito (32) después de que la carga de material compuesto se ha curado; y
el alivio de la presión dentro de la cámara de aire por medio de la portación del depósito a una fuente de vacío después de que la bolsa flexible se ha retirado (82).

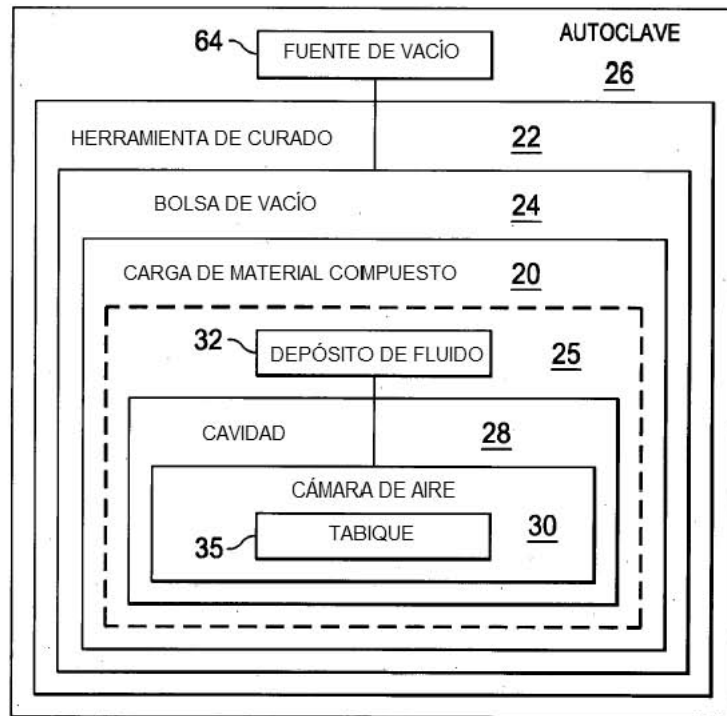


FIGURA 1

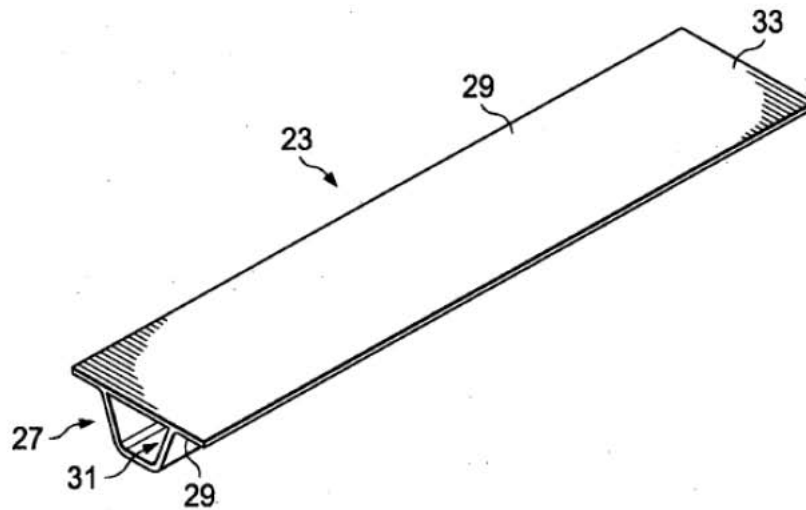


FIGURA 2

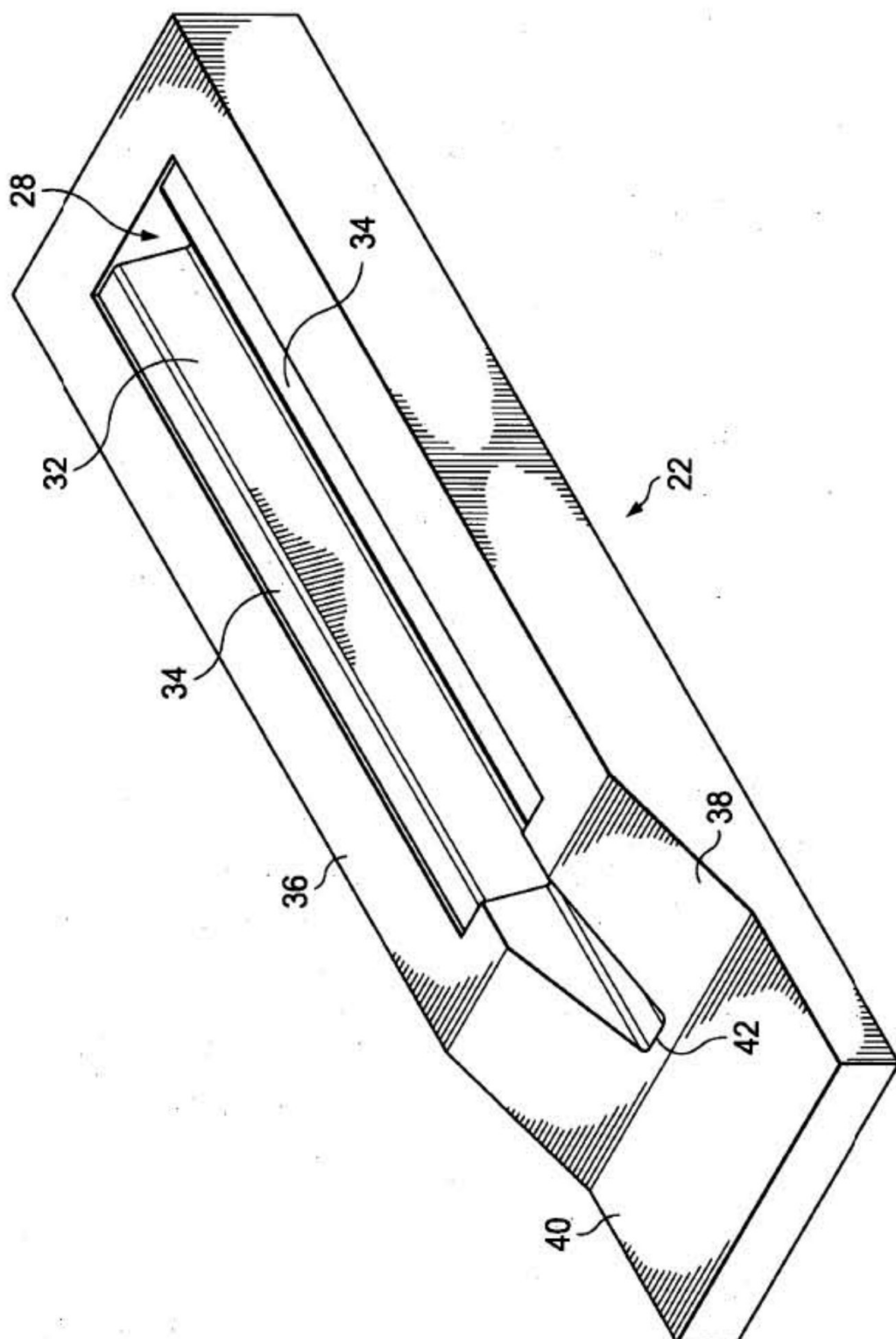


FIGURA 3

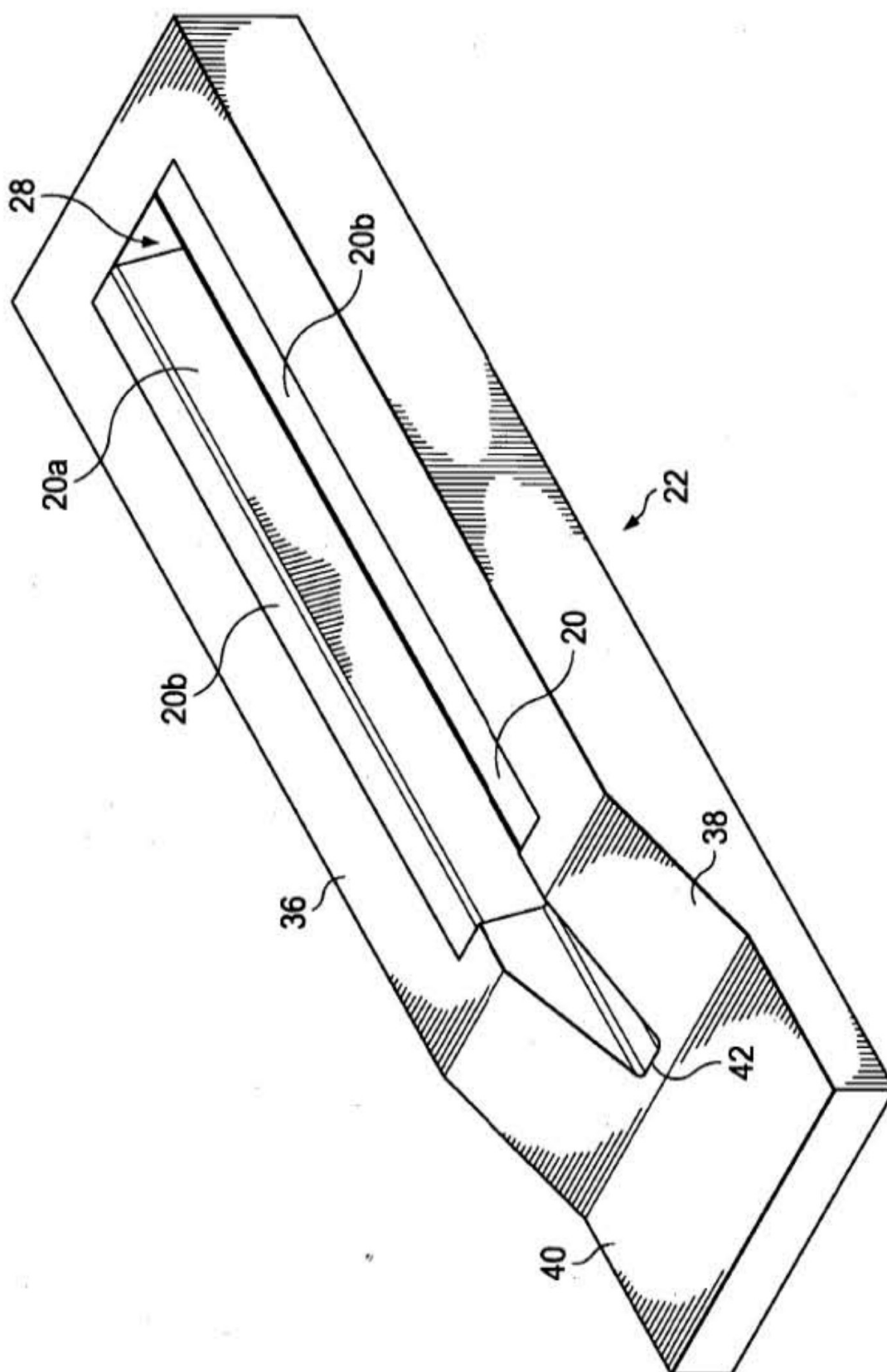


FIGURE 4

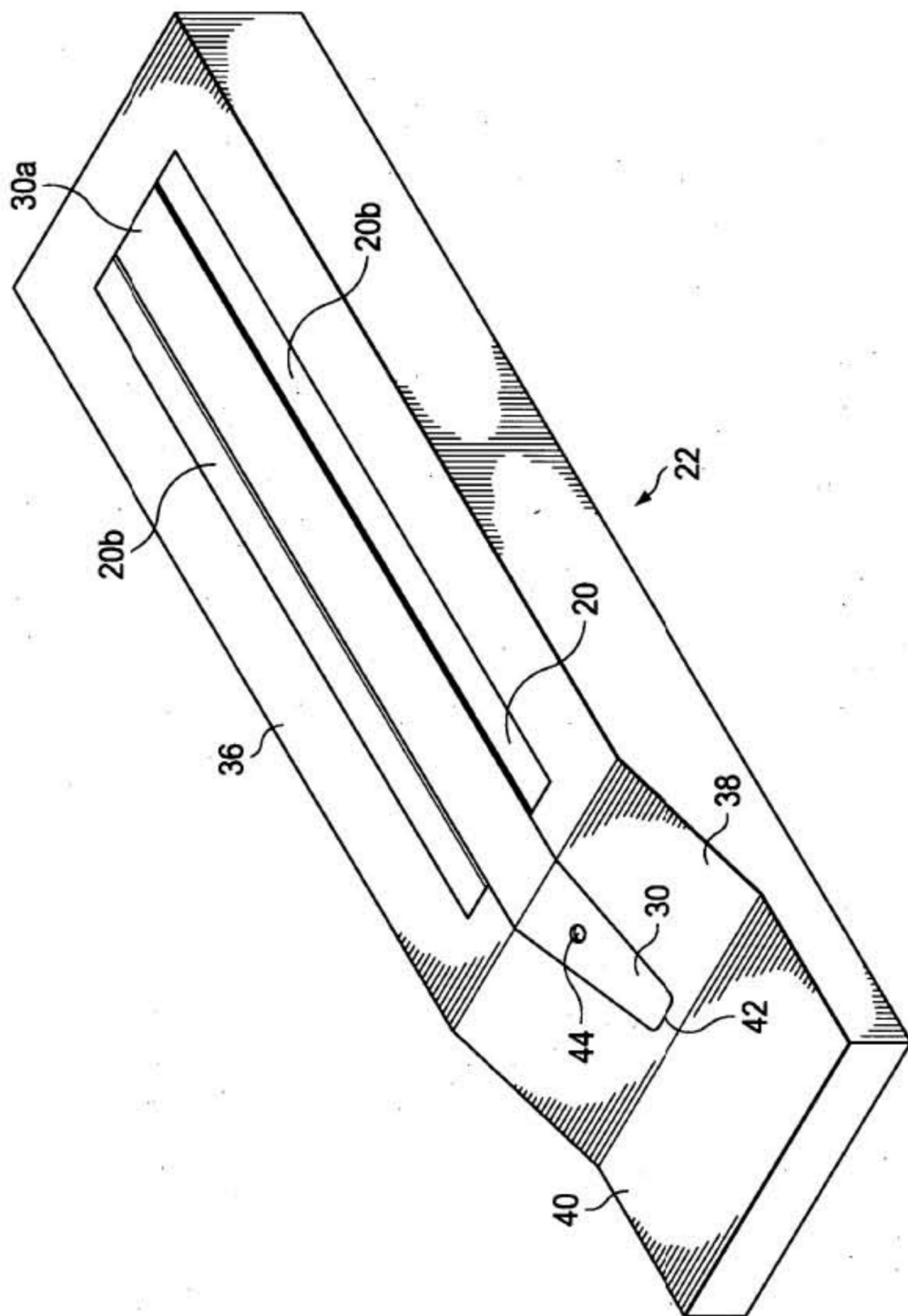
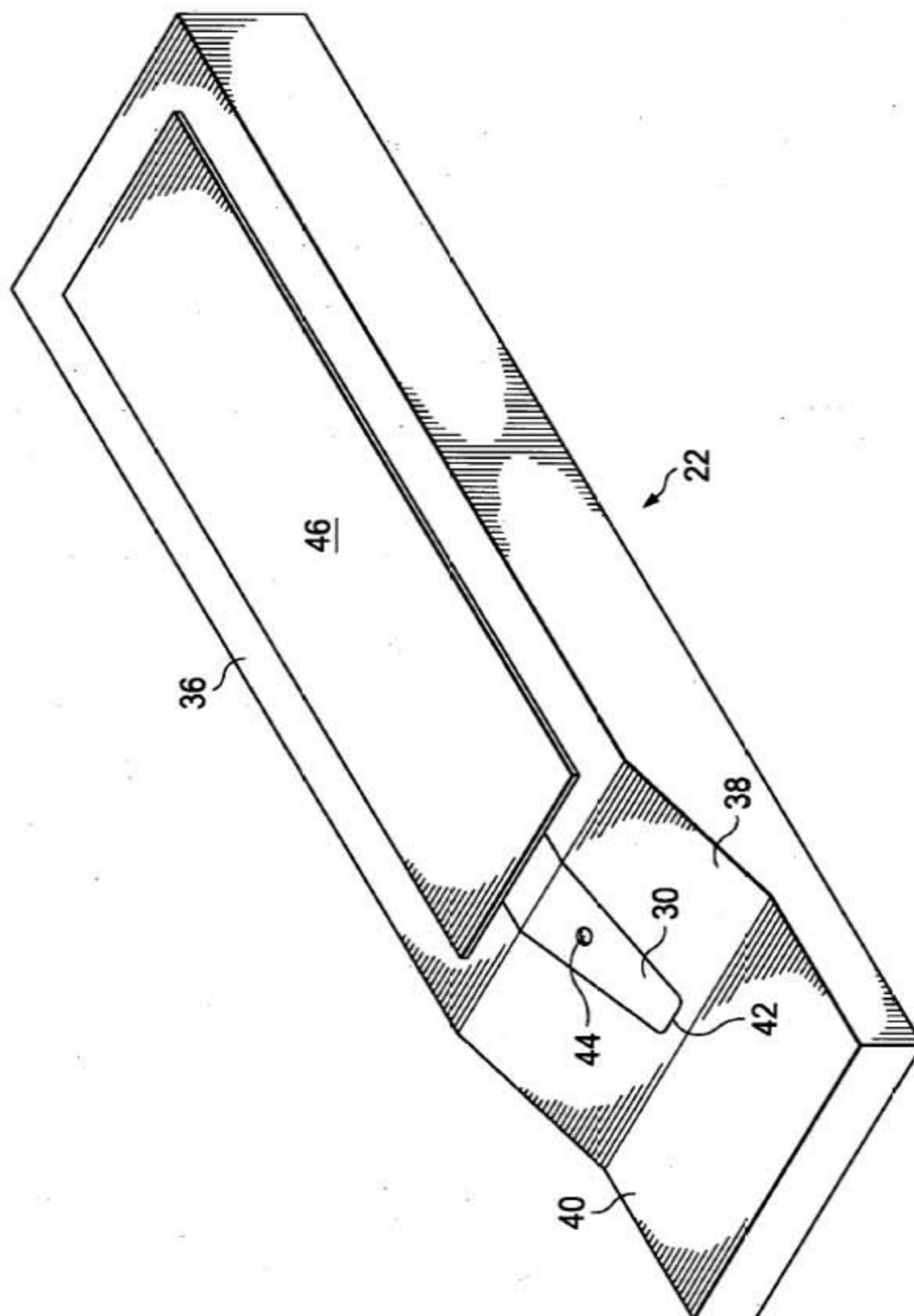


FIGURE 5



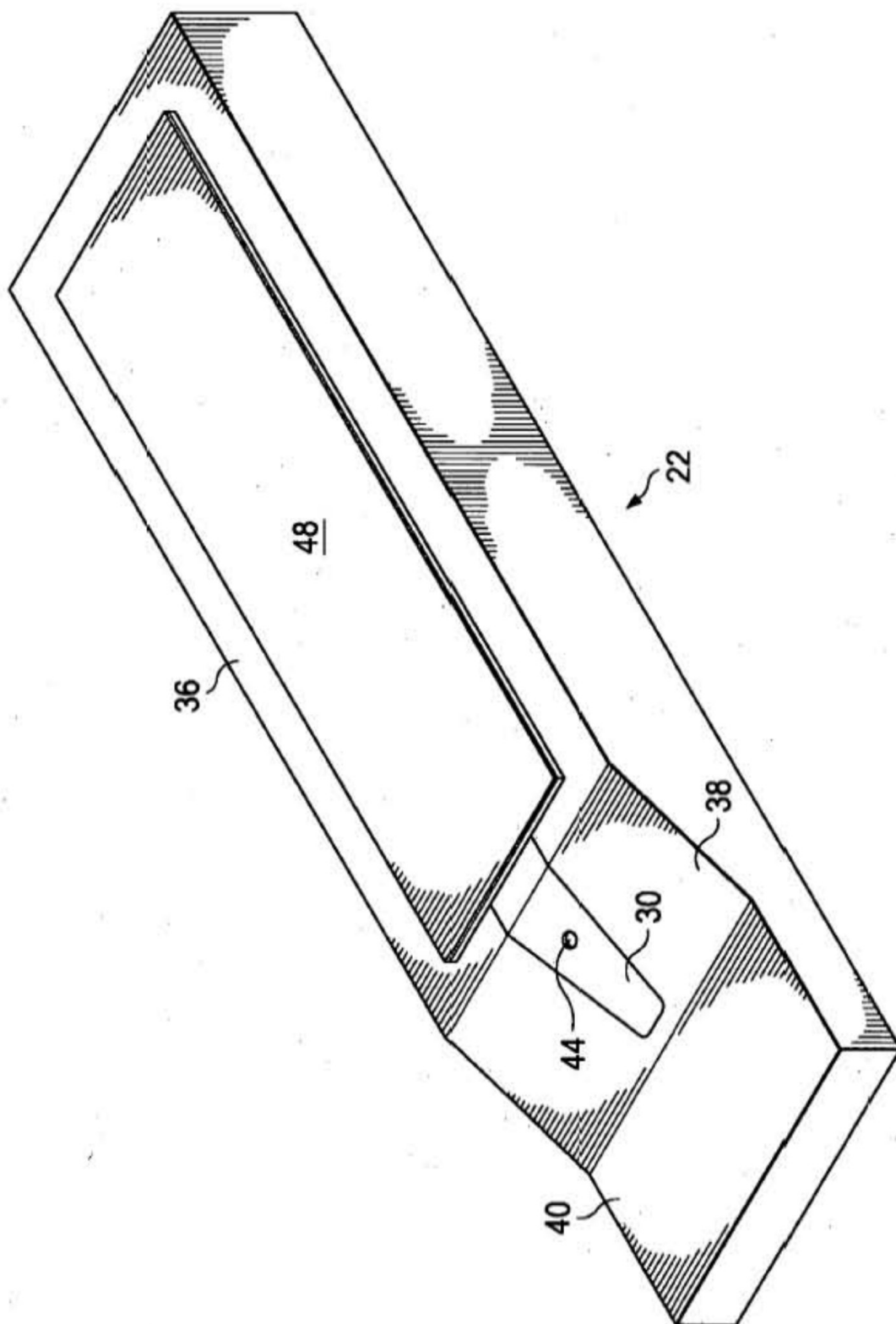


FIGURA 7

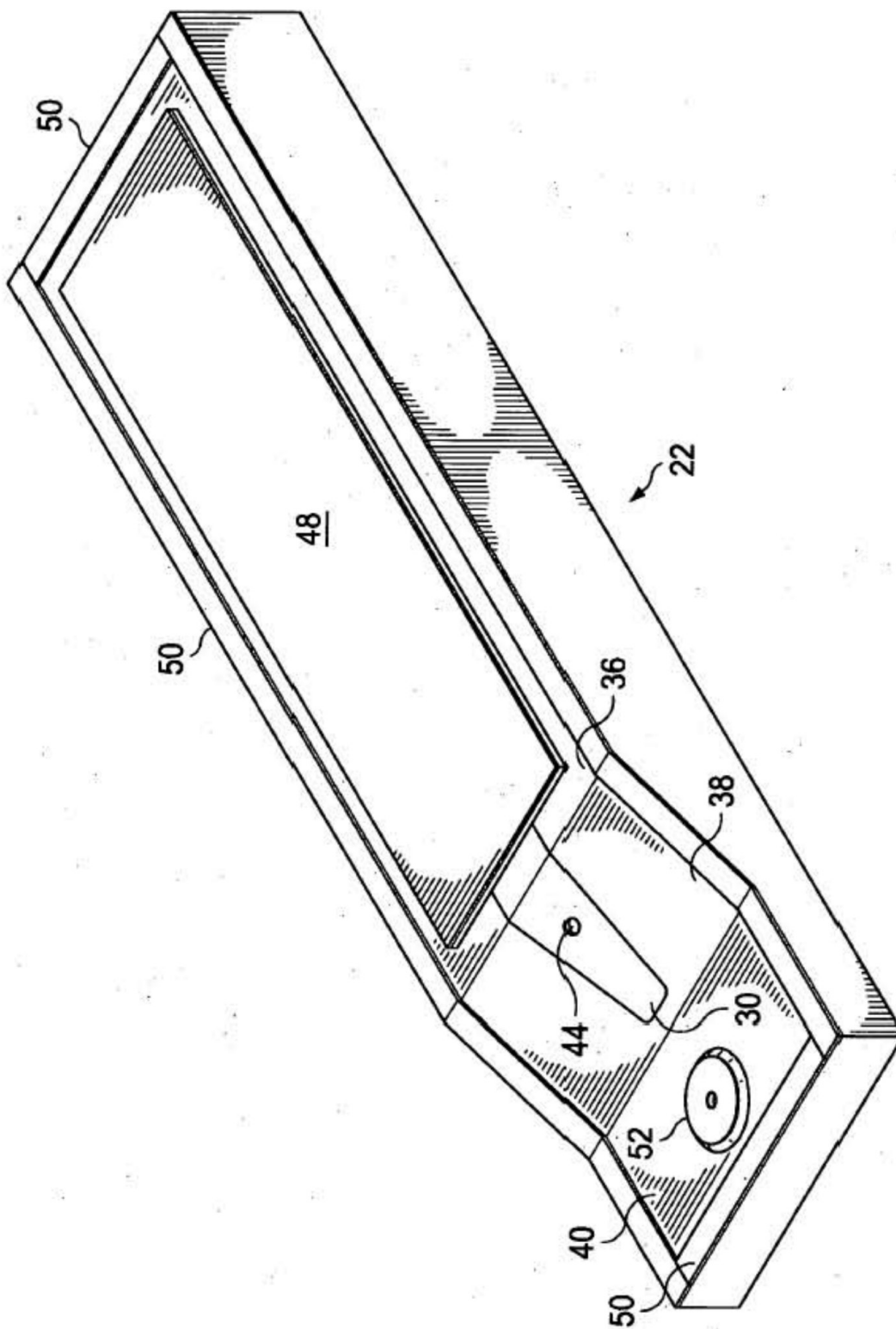


FIGURE 8

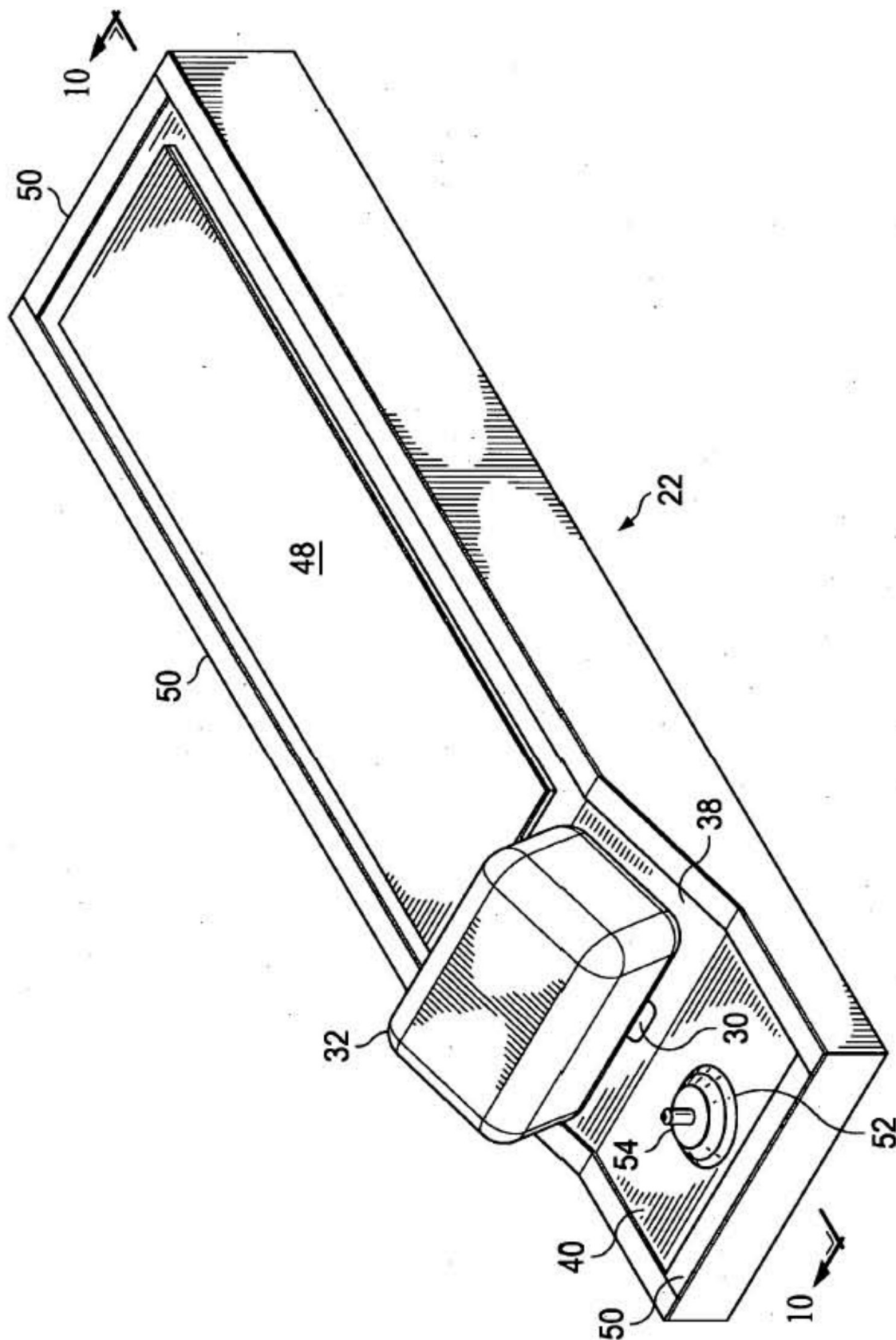


FIGURA 9

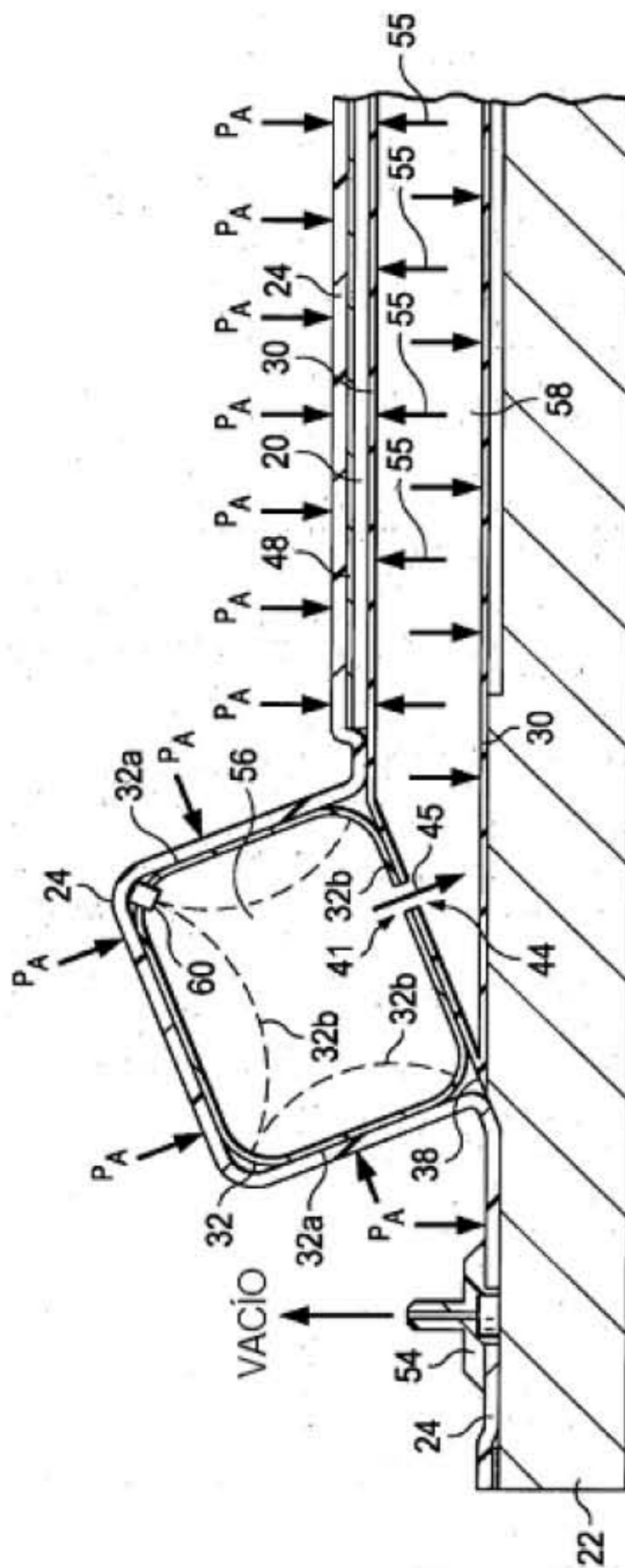
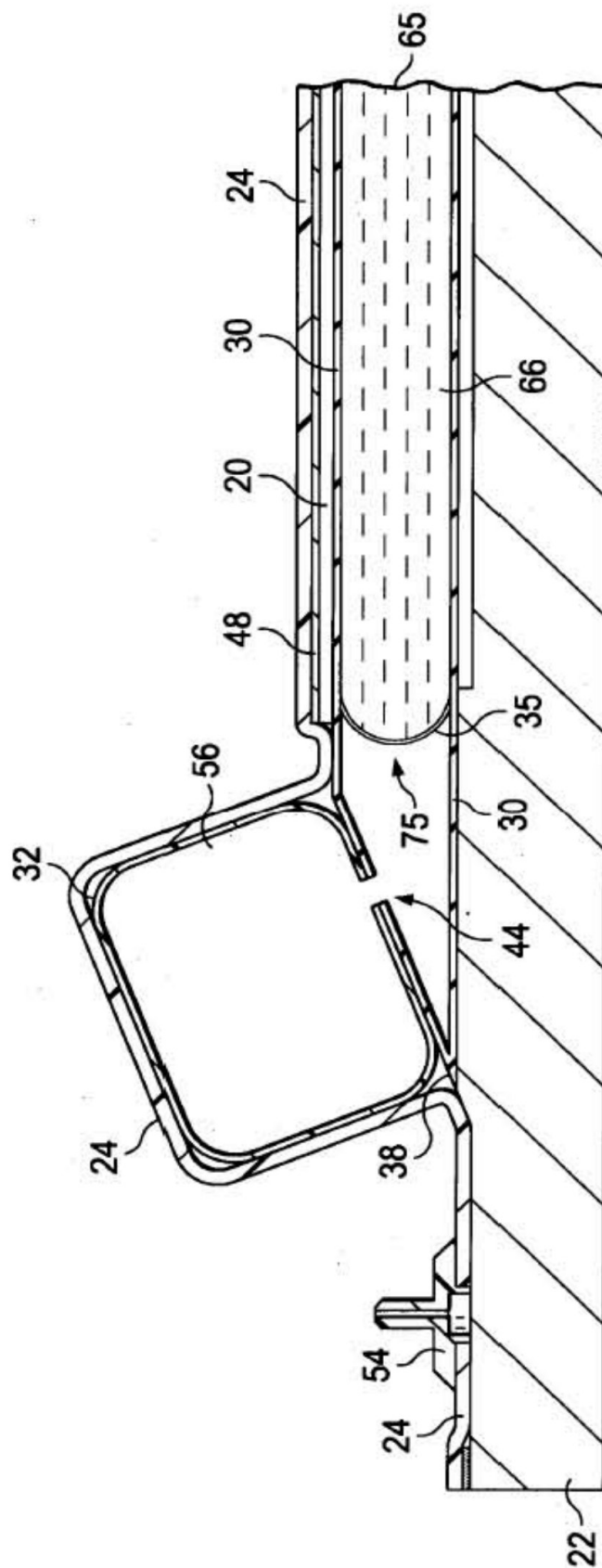


FIGURA 10



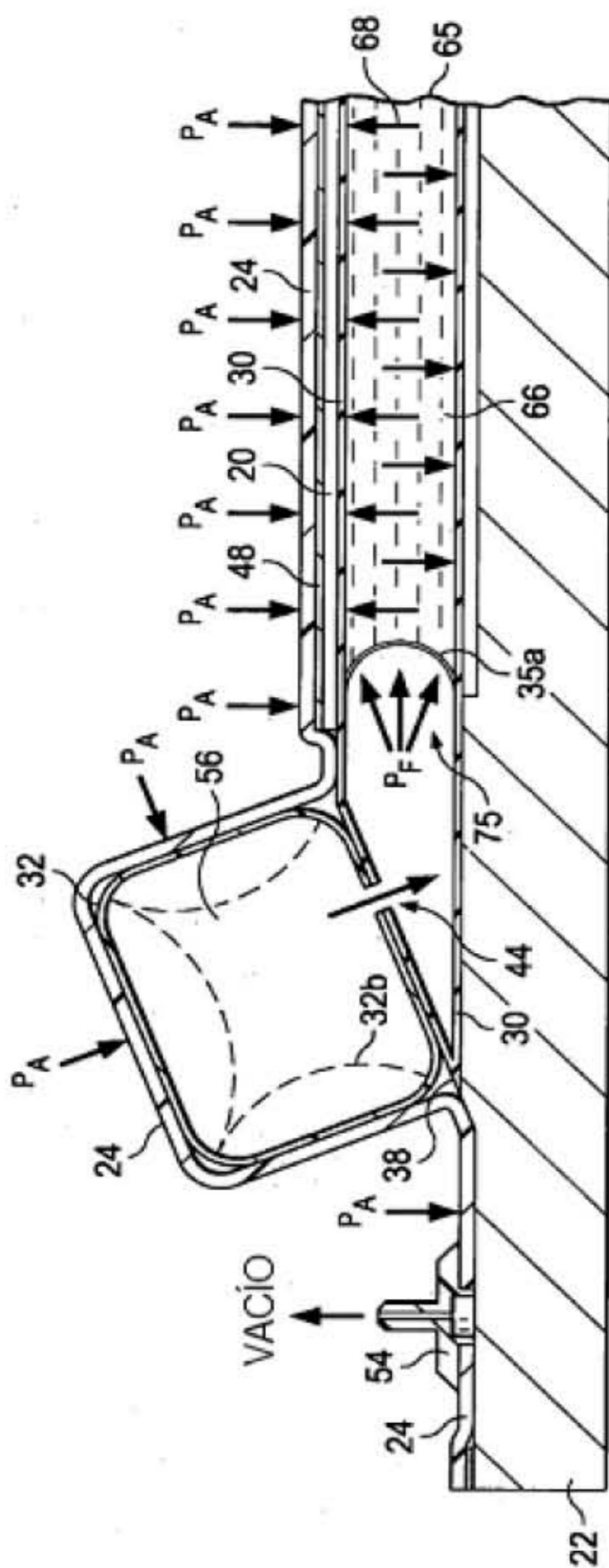


FIGURA 12

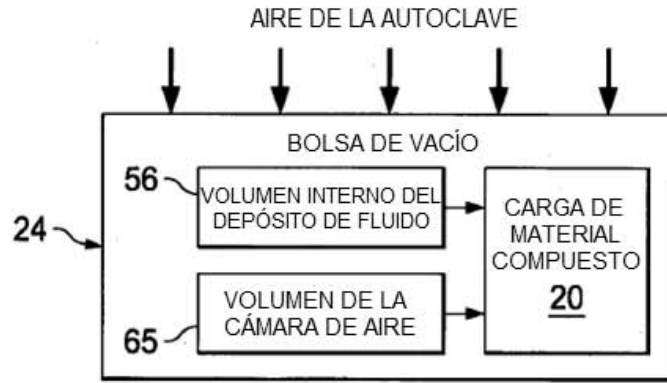


FIGURA 13

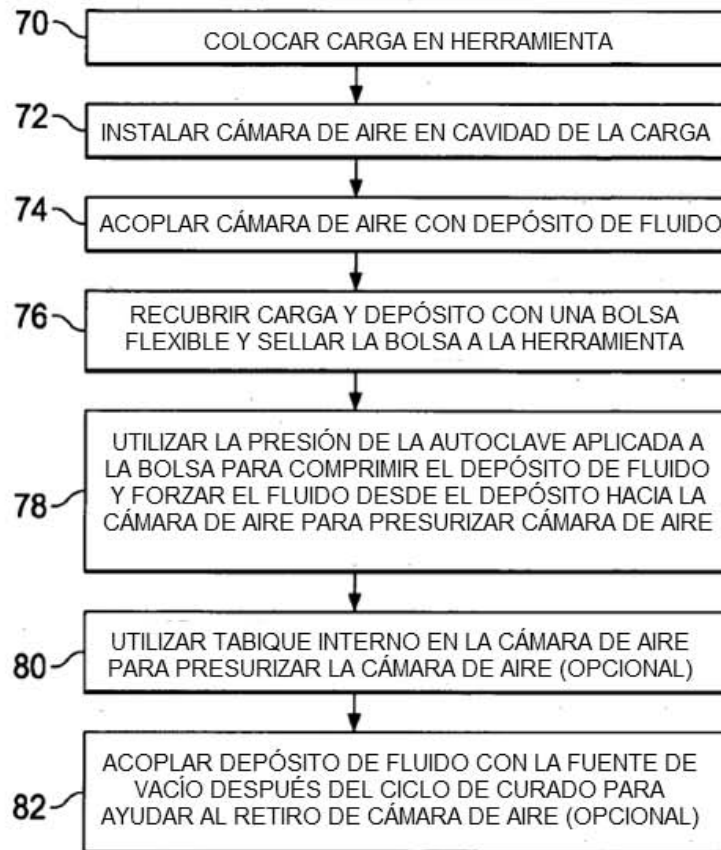


FIGURA 14

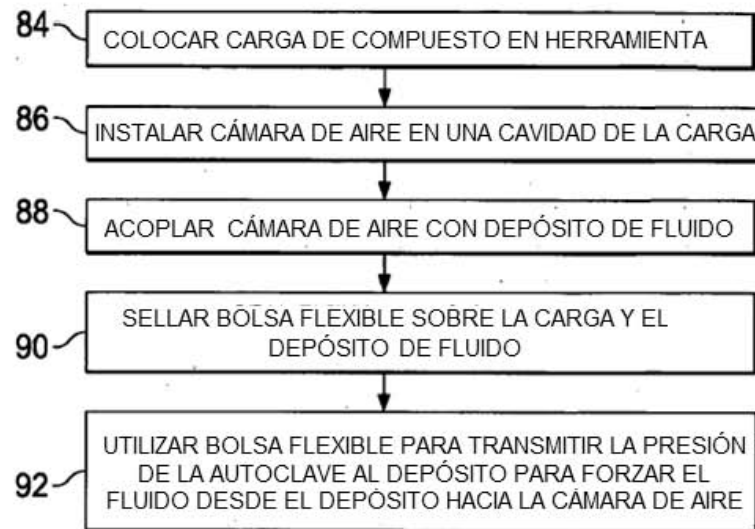


FIGURA 15

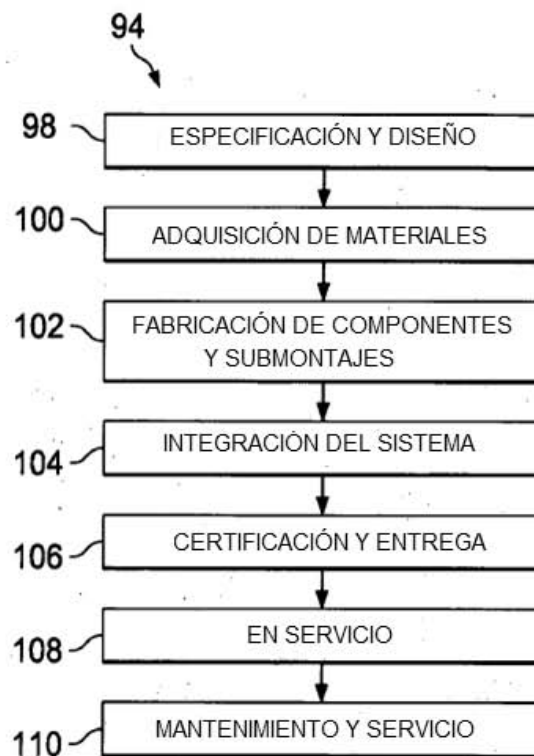


FIGURA 16

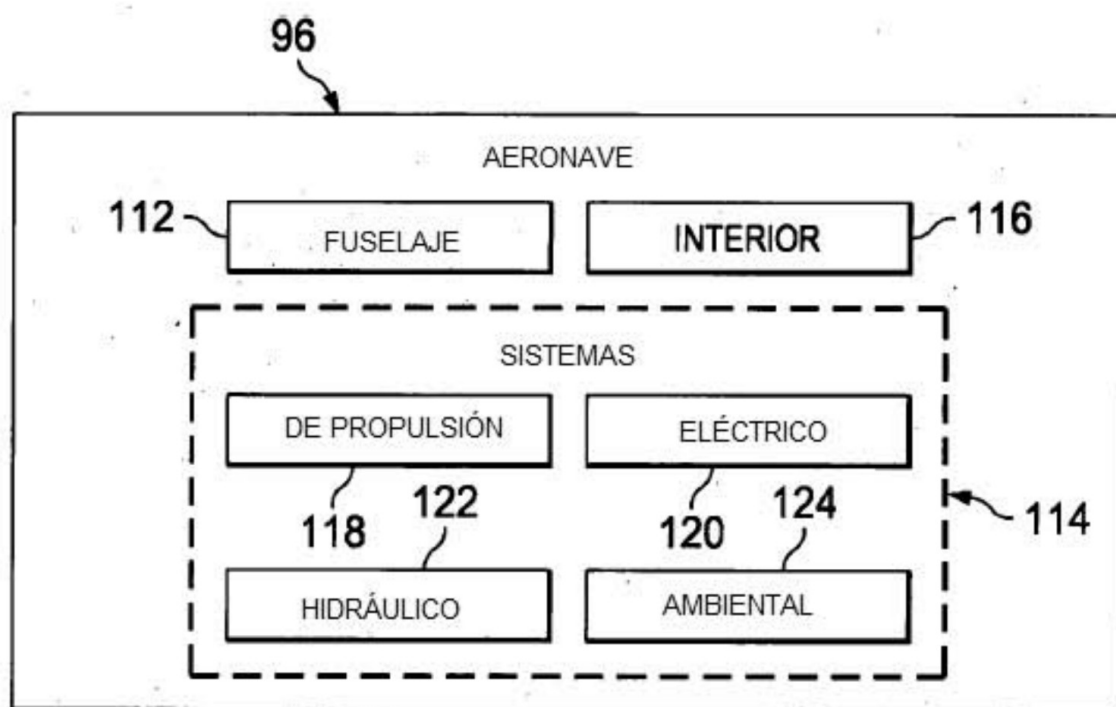


FIGURA 17