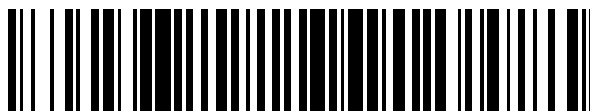


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 701 901**

51 Int. Cl.:

F24F 3/147 (2006.01)

B01D 46/52 (2006.01)

B31D 5/04 (2007.01)

F24F 12/00 (2006.01)

F28F 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.01.2009 PCT/CA2009/000023**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.07.2009 WO09089615**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.01.2009 E 09702227 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.09.2018 EP 2304326**

54 Título: **Cartuchos de membrana con plisado transversal, y método y aparato para elaborar cartuchos de membrana con plisado transversal**

30 Prioridad:

14.01.2008 US 6442 P

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

26.02.2019

73 Titular/es:

**CORE ENERGY RECOVERY SOLUTIONS INC.
(100.0%)
1455 East Georgia Street
Vancouver, BC V5L 2A9 , CA**

72 Inventor/es:

**MONTIE, GREG;
DEAN, JAMES, FRANKLIN;
MULLEN, CURTIS y
HILL, ROBERT**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 701 901 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

Cartuchos de membrana con plisado transversal, y método y aparato para elaborar cartuchos de membrana con plisado transversal

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere a cartuchos de membrana con plisado transversal. Más particularmente, la invención se refiere a cartuchos en los que la membrana está plegada de una manera particular. La invención incluye un método para fabricar tales cartuchos de membrana con plisado transversal, así como aparatos que pueden usarse en el método de fabricación. Los cartuchos son útiles en intercambiadores de calor y vapor de agua y en otras aplicaciones.

Antecedentes

- 10 Los intercambiadores de calor y vapor de agua (también conocidos como humidificadores) se han desarrollado para una variedad de aplicaciones, que incluyen ventilación de edificios (HVAC), aplicaciones médicas y respiratorias, secado de gases y, más recientemente, para la humidificación de reactivos de celdas de combustible para la generación de energía eléctrica. Muchos de estos dispositivos implican el uso de una membrana permeable al agua a través de la cual se transfiere el vapor de agua y, siempre que haya una temperatura diferencial a través de la
- 15 membrana, el calor, entre las corrientes de fluido que fluyen en los lados opuestos de la membrana.

- Los intercambiadores de vapor de agua y calor de tipo placa plana utilizan placas de membrana que se construyen mediante el uso de piezas discretas de una membrana plana permeable al agua (por ejemplo, Nafion®, celulosa, polímeros u otras membranas sintéticas o naturales) sostenidas por un marco y/o material separador. Las placas de membrana suelen estar apiladas, selladas y configuradas para adaptarse a corrientes de fluidos que fluyen en
- 20 configuraciones de flujo cruzado o contracorriente entre pares de placas alternas, de modo que el calor y el vapor de agua se transfieran a través de la membrana, mientras que limitan la mezcla o contaminación cruzada de las corrientes de fluidos.

- Un ventilador de recuperación de calor (HRV) es un dispositivo mecánico que incorpora un intercambiador de calor con un sistema de ventilación para proporcionar ventilación controlada a un edificio. El intercambiador de calor calienta o enfría el aire fresco entrante mediante el uso del aire de escape. Los dispositivos que intercambian humedad además del calor entre las dos corrientes de aire generalmente se conocen como ventiladores de recuperación de energía (ERV), a veces también se conocen como ventiladores de recuperación de entalpía. Dos motivos principales para
- 25 instalar un ERV son un aumento en el ahorro de energía y una mejor calidad del aire interior. Los sistemas de ERV generalmente comprenden una carcasa de chapa metálica, ventiladores para mover las corrientes de aire, conductos, así como filtros, componentes electrónicos de control y otros componentes. El componente clave en el ERV que transfiere el calor y el vapor de agua entre las corrientes de aire se denomina núcleo del ERV. A menudo, los núcleos del ERV se construyen como los intercambiadores de vapor de agua y calor de tipo placa plana descritos anteriormente.

- Un beneficio de los diseños de los intercambiadores de vapor de agua y calor de tipo placa plana para el ERV, y otras
- 35 aplicaciones, es que son fácilmente expansibles. Es posible ajustar la cantidad, así como las dimensiones, de las placas de membrana modulares para diferentes aplicaciones de uso final. Sin embargo, con los intercambiadores de tipo placa plana hay una gran cantidad de juntas y bordes que necesitan ser sellados. Como resultado, es posible que fabricar dichos dispositivos sea difícil y costoso. También se puede limitar su durabilidad, con la posible deslaminación de la membrana del marco y la falla de los sellos, lo que produce fugas, un rendimiento deficiente y contaminación
- 40 cruzada (fugas entre corrientes).

- En otros diseños de intercambiadores de calor y vapor de agua, las diversas placas de membrana separadas se reemplazan por un solo cartucho de membrana elaborado mediante el plegamiento de una tira continua de membrana en forma de concertina, zigzag o acordeón, con una serie de pliegues alternos paralelos. De manera similar, para los
- 45 intercambiadores de calor, es posible moldear una tira continua de material con líneas de pliegue y plegarla a lo largo de dichas líneas para obtener una configuración apropiada para el intercambio de calor. Al plegar la membrana de esta manera, la cantidad de bordes que deben unirse puede reducirse considerablemente. Por ejemplo, en lugar de tener que unir dos bordes por capa, puede ser necesario solo unir un borde por capa porque el otro borde es un borde plegado. Sin embargo, las configuraciones de flujo que pueden lograrse con los cartuchos de membrana con plisado de estilo concertina son limitadas y, por lo general, todavía existe la necesidad de sellar un poco los bordes. Otra
- 50 desventaja es la mayor caída de presión como resultado del tamaño a menudo más pequeño de las áreas de entrada y salida del cartucho plisado.

La patente US2004/0226685 describe una pila de membranas que comprende una multitud de membranas y espaciadores dispuestos para transferir calor y humedad entre corrientes en una forma de flujo cruzado.

- La patente US3585131 describe membranas plegadas que comprenden una multitud de sellados y espaciadores para
- 55 obtener un cartucho de membrana de flujo cruzado.

Compendio de la invención

El presente enfoque proporciona un cartucho de membrana con plisado transversal de forma única que proporciona una pila o arreglo de aberturas en capas o pasajes de fluido, y que utiliza pliegues de membrana para sellar los bordes. En realizaciones preferidas, el cartucho de membrana con plisado transversal se fabrica mediante el uso de dos longitudes o tiras de membrana. Cada tira de membrana se somete a un proceso de plisado repetido, que incorpora también una etapa de unión de las dos tiras de membrana a través de la diagonal de la capa. Los pasajes resultantes se configuran en una disposición de flujo cruzado alterno. El cartucho puede fabricarse o modificarse fácilmente para otras configuraciones de flujo, que incluyen disposiciones de flujo conjunto y contraflujo, como se describe en más detalle a continuación.

En particular, un método para elaborar un cartucho con plisado transversal que tiene múltiples capas de membrana comprende colocar dos tiras de membrana, que se extienden en direcciones sustancialmente opuestas borde a borde, generalmente, en el mismo plano. Las tiras se colocan de modo una parte de un borde de una de las tiras de membrana sea adyacente y sustancialmente paralela a una parte de la otra tira de membrana, y formen una primera costura. Las partes de borde adyacentes de las tiras de membrana se unen a lo largo de la primera costura para formar una de las capas de membrana en el cartucho. Cada tira de membrana se pliega luego a un ángulo de 45° hacia, y luego se superpone a, la primera costura, para formar una segunda costura, nuevamente entre las partes de borde adyacentes de las tiras de membrana. La segunda costura se orienta a 90° con respecto a la primera costura. Las partes de borde adyacentes de las tiras de membrana se unen a lo largo de la segunda costura para formar otra capa de membrana del cartucho. Nuevamente, cada tira de membrana se pliega en un ángulo de 45° hacia, y luego se superpone a, la segunda costura, para formar otra primera costura orientada a 90° con respecto a la segunda costura en la capa anterior. Las etapas de unión y plegado se repiten para formar un cartucho con plisado transversal con una pila o arreglo de pasajes en capas entre las capas de membrana. Los pliegues de membrana definen un par de paredes paralelas para cada pasaje, de modo que cada pasaje esté sellado por un pliegue a lo largo de dos bordes.

El cartucho con plisado transversal resultante puede ser un prisma rectangular de base cuadrada, en donde las capas de membrana son sustancialmente cuadradas, y el área (A) del cuadrado depende del ancho (W) de las tiras de membrana, donde $A = 2W^2$. Cada una de las primeras y segundas costuras forma una diagonal de una de las capas de membrana sustancialmente cuadradas, donde cada una de las primeras y segundas costuras tendrá aproximadamente $2W$ de longitud. La cantidad de pliegues puede variar para proporcionar cartuchos con la cantidad deseada de capas.

En realizaciones del presente método, las partes adyacentes de las tiras de membrana pueden colocarse de modo que se apoyen entre sí, o de modo que se superpongan ligeramente, a lo largo de las costuras. Se pueden unir mediante varios métodos, que incluyen: aplicar cinta adhesiva o unir o soldar adhesivamente o térmicamente los bordes de la membrana entre sí a lo largo de las costuras.

Un método para elaborar un cartucho con plisado transversal puede comprender, además, recortar o cortar un cartucho de base cuadrada, formado como se describió anteriormente, para proporcionar un cartucho terminado con una forma tridimensional diferente. Por ejemplo, el método puede comprender cortar a través de las múltiples capas de membrana para formar un cartucho hexagonal en forma de prisma.

Cada una de las capas de membrana en el cartucho con plisado transversal tendrá una cantidad de esquinas (la cantidad de esquinas dependerá de si se recorta el cartucho y cómo). Un método para elaborar un cartucho con plisado transversal puede comprender, además, aplicar un material sellante en las esquinas de cada una de las capas de membrana. Por ejemplo, la etapa de sellado puede comprender rellenar los bordes en capas (bordes que son perpendiculares a las capas de membrana) del cartucho con un material sellante. En realizaciones en las que se recorta el cartucho con plisado transversal, la etapa de sellado puede comprender, además, rellenar algunas de las caras en capas del cartucho con un material sellante.

Un método para elaborar un cartucho con plisado transversal puede comprender, además, insertar un separador entre al menos algunas de las múltiples capas de membrana. Esto se puede hacer durante el proceso de plisado transversal, o se pueden insertar separadores en los pasajes del cartucho una vez que se forma el cartucho. En algunas realizaciones, el separador se usa para definir múltiples canales de flujo de fluido discretos dentro del pasaje, por ejemplo, para mejorar el flujo de corrientes de fluido a través de superficies opuestas de la membrana. Los separadores también pueden usarse para proporcionar soporte a la membrana y/o para proporcionar una separación más uniforme de las capas.

La presente invención abarca cartuchos de membrana con plisado transversal que se obtienen o pueden obtenerse mediante el uso de las realizaciones de los métodos descritos en la presente memoria.

Los cartuchos de membrana con plisado transversal comprenden múltiples capas de membrana plegada que definen una pila o un arreglo en capas de pasajes de fluido. Cada capa comprende una parte de al menos dos tiras de membrana unidas borde con borde para formar al menos una costura. Cada uno de los pasajes comprende dos bordes paralelos que están sellados por la membrana plegada. Las costuras en las capas de membrana adyacentes del cartucho están orientadas a 90° entre sí.

En algunas realizaciones, cada capa comprende una parte de dos tiras de membrana unidas borde con borde para

formar una costura. En este caso, el cartucho con plisado transversal se forma inicialmente como un prisma rectangular de base cuadrada, en donde las capas de membrana son sustancialmente cuadradas, y cada una de las costuras forma una diagonal de una de las capas de membrana cuadrada. Los pasajes de fluido adyacentes en el cartucho están orientados a 90° entre sí.

- 5 En otras realizaciones, el cartucho con plisado transversal es una forma tridimensional diferente. Esto se puede lograr, por ejemplo, mediante el uso de más de dos tiras de membrana en un proceso similar de plisado transversal, o al cortar o recortar un cartucho con forma de prisma rectangular de base cuadrada.

10 Como se mencionó en referencia al método descrito anteriormente, las tiras de membrana pueden apoyarse entre sí o pueden superponerse a lo largo de las costuras. Se pueden unir mediante varios tipos de unión, por ejemplo, cinta adhesiva o una soldadura térmica o una unión adhesiva.

El cartucho de membrana con plisado transversal preferiblemente comprende, además, sellos que se extienden a lo largo de los bordes en capas de los cartuchos. En algunas realizaciones, el cartucho de membrana con plisado transversal comprende además sellos que cubren una o más de las caras en capas del cartucho.

- 15 En algunas realizaciones, el cartucho con plisado transversal comprende separadores dispuestos entre al menos algunas de las múltiples capas de membrana. Los separadores pueden ser de varios tipos, incluidos materiales de lámina corrugada, materiales de malla e inserciones de plástico moldeado.

20 Los cartuchos de membrana con plisado transversal pueden usarse en una variedad de aplicaciones, incluso en intercambiadores de calor y vapor de agua. Los cartuchos son particularmente adecuados para su uso como núcleos en aplicaciones de ventilador de recuperación de energía (ERV). También pueden usarse en aplicaciones de ventilación de recuperación de calor (HRV), aplicaciones de filtro de aire, aplicaciones de secadores de gas, aplicaciones de recuperación de energía de gases de combustión, aplicaciones secuestrantes, aplicaciones de separadores de gases/líquidos y aplicaciones de celdas de combustible. Cualquiera sea la aplicación, el cartucho generalmente se coloca dentro de algún tipo de alojamiento.

25 Una realización de un intercambiador de calor y vapor de agua, para transferir calor y vapor de agua entre una primera corriente de fluido y una segunda corriente de fluido, comprende un alojamiento con un primer puerto de entrada, un primer puerto de salida, un segundo puerto de entrada y un segundo puerto de salida. Un cartucho con plisado transversal se encuentra dentro del alojamiento. El cartucho con plisado transversal comprende múltiples capas de un material de membrana permeable al agua plisada que define una pila de primeros y segundos pasajes de fluido alternos. Cada capa del cartucho comprende una parte de cada una de las dos tiras de material de membrana permeable al agua unidas por una costura. Los primeros pasajes de fluido conectan de forma fluida el primer puerto de entrada y el primer puerto de salida, y los segundos pasajes de fluido conectan de forma fluida el segundo puerto de entrada y el segundo puerto de salida. Las dos corrientes están preferiblemente aisladas entre sí de forma fluida en el intercambiador.

35 Los cartuchos con plisado transversal del tipo descrito en la presente memoria pueden elaborarse mediante el uso de un proceso de fabricación continuo que puede automatizarse parcial o totalmente. Preferiblemente, el equipo utiliza uno o más componentes giratorios para facilitar el proceso de plisado transversal.

40 Por ejemplo, un montaje de equipo de fabricación para elaborar un cartucho de membrana con plisado transversal comprende: un marco que incluye una placa con altura ajustable con una superficie de trabajo superior; un par de carretes de membrana desde los cuales se pueden estirar dos tiras de membrana borde con borde en direcciones sustancialmente opuestas a través de la superficie de trabajo superior de la placa; y un mecanismo de unión por costura para unir las partes de borde adyacentes de las dos tiras de membrana en la superficie de trabajo superior de la placa para formar una capa de membrana. En algunas realizaciones, cada uno del marco, la placa con altura ajustable y los carretes de membrana son giratorios. El montaje puede configurarse de modo que el marco y la placa de altura ajustable giratorios giren a través de 90° (en torno a un eje perpendicular al centro de la placa con altura ajustable) después de que se forme cada capa de membrana. El montaje puede configurarse de modo que los carretes de membrana giren a través de 180° después de que se forme cada capa de membrana. El montaje puede configurarse para que los carretes de membrana giren a través de 180° simultáneamente con la rotación de 90° del marco y placa con altura ajustable giratorios.

Breve descripción de los dibujos

50 Las Figuras 1a-f muestran una serie de diagramas esquemáticos simplificados que ilustran las etapas de una técnica de plisado transversal que puede usarse para elaborar un cartucho de membrana con plisado transversal, como un núcleo del ERV.

55 Las Figuras 2a-b muestran realizaciones de cartuchos con plisado transversal terminados. Específicamente, la Figura 2a ilustra un cartucho de flujo cruzado de base cuadrada y la Figura 2b ilustra un cartucho hexagonal. La Figura 2c muestra cómo se puede cortar un cartucho de base cuadrada para formar un cartucho hexagonal.

Las Figuras 3a-b muestran realizaciones de cartuchos con plisado transversal con separadores que se utilizan para

mejorar la distribución del flujo. Específicamente, la Figura 3a ilustra un cartucho de flujo cruzado de base cuadrada con separadores corrugados y la Figura 3b ilustra un cartucho hexagonal de contraflujo con insertos de plástico moldeado.

5 Las Figuras 4a-d son vistas en planta esquemáticas que muestran ejemplos de cuatro perfiles de corte de plisado transversal hexagonal diferentes y ejemplos de patrones de flujo y regiones de contraflujo que pueden lograrse dentro de un cartucho con plisado transversal.

10 Las Figuras 5a-c muestran tres realizaciones diferentes de una membrana que tiene elementos formados en una o ambas superficies. Específicamente, la Figura 5a ilustra una membrana que tiene nervaduras diagonales en ambos lados; la Figura 5b ilustra una membrana que tiene un elemento de lunares en ambos lados; y la Figura 5c ilustra una membrana que tiene protuberancias alargadas en ambos lados.

Las Figuras 6a-f son diagramas operacionales esquemáticos simplificados que ilustran el equipo de fabricación que puede usarse para elaborar un cartucho mediante el uso de la presente técnica de plisado transversal en un proceso parcialmente automatizado y que muestra las etapas del proceso.

15 La Figura 7 muestra otra realización del equipo de fabricación que puede usarse para elaborar un cartucho mediante el uso de la presente técnica de plisado transversal en un proceso parcialmente automatizado.

La Figura 8 muestra una realización de un intercambiador de calor y humedad, tal como un ERV, que comprende un cartucho con plisado transversal dispuesto en un alojamiento.

La Figura 9 es un diagrama esquemático simplificado que ilustra una realización de un ERV para transferir calor y vapor de agua entre las corrientes de aire que entran y salen de un edificio.

20 Descripción detallada de la invención

Los cartuchos con plisado transversal del tipo descrito en la presente memoria tienen características de sellado mejoradas. La configuración de plegamiento particular es ventajosa porque reduce la cantidad de bordes que deben sellarse, especialmente en relación con los intercambiadores de vapor de agua y calor de tipo placa donde las piezas individuales de membrana se apilan y deben sellarse a lo largo de dos bordes, e incluso en relación con dispositivos de membrana plisada con cartuchos de membrana con plisado tipo acordeón. En gran medida, los cartuchos con plisado transversal se basan en los pliegues de la membrana (que se producen a lo largo de los bordes opuestos de cada capa) para sellar y separar los flujos de fluido en las corrientes adyacentes. Por lo tanto, la cantidad total de sellos, «área de sellado» o «longitud de sellado» tiende a ser menor. Como resultado, la tendencia a fugas y contaminación cruzada de las corrientes de proceso se reduce considerablemente. Los núcleos del ERV que comprenden cartuchos con plisado transversal del tipo descrito en la presente memoria han dado resultados superiores en pruebas de fugas de pasajes presurizados, en relación con los diseños de núcleos de placas planas convencionales.

Las Figuras 1a-f muestran una serie de diagramas esquemáticos simplificados que ilustran las etapas de una técnica de plisado transversal que puede usarse para elaborar un cartucho de membrana con plisado transversal 100, como un núcleo del ERV. En la Figura 1a las dos tiras de membrana 110a y 120a se dibujan en direcciones sustancialmente opuestas a partir de dos carretes de membrana, 110 y 120, respectivamente. Las tiras de membrana 110a y 120a están dispuestas borde con borde en el mismo plano en la superficie superior de un marco base o plataforma 105. La costura resultante 130 forma la diagonal de un cuadrado, como se muestra en la Figura 1b. Si las tiras de membrana tienen el ancho W como se muestra, la longitud de la costura 130 es aproximadamente $2W$ y el área del cuadrado es aproximadamente $2W^2$. Los bordes de las tiras de membrana 110a y 120a se unen a lo largo de la costura 130. Para la primera capa del cartucho, se retira una pieza triangular (como se indica mediante las líneas punteadas en la Figura 1a) del extremo de cada tira de membrana, recortando la tira en un ángulo de 45° , para formar una capa de base cuadrada para el cartucho. En la siguiente etapa, que se muestra en las Figuras 1c-e, cada tira de membrana 110a y 120a se pliega luego, en un ángulo de 45° con respecto a su borde, hacia la costura 130 y sobre la parte superior del cuadrado para formar otra costura diagonal 140 orientada a 90° de la costura 130 en la capa anterior. Las tiras de membrana se unen de manera similar a lo largo de esta costura 140. El proceso de plisado y unión (que se muestra en las Figuras 1a-e) se repite luego para obtener la cantidad deseada de capas en el cartucho de membrana 100. Para la última capa del cartucho, el extremo de cada tira de membrana se recorta nuevamente a 45° para formar la superficie superior cuadrada del cartucho. El cartucho de membrana con plisado transversal resultante tiene aberturas o pasajes alternos en capas orientados a 90° entre sí; cada abertura se extiende desde una cara lateral hasta la cara lateral opuesta. Se puede suministrar un primer fluido a una cara del cartucho y pasará a través de los pasajes en capas y saldrá por la cara opuesta, como lo indican las flechas 140a y 140b en la Figura 1f. Se puede suministrar un segundo fluido a una cara adyacente del cartucho y pasará a través de los pasajes en capas alternas, y saldrá por la cara opuesta como lo indican las flechas 150a y 150b en la Figura 1f. Esto permite una configuración de flujo cruzado de dos fluidos diferentes a través de capas alternas del cartucho.

Dichos cartuchos pueden elaborarse en una amplia variedad de tamaños, y la altura del cartucho terminado dependerá de la cantidad de capas plegadas, así como del grosor de la membrana y el separador (si corresponde) en cada capa. Por ejemplo, se han elaborado cartuchos con plisado transversal para aplicaciones de ERV donde las dimensiones

del cuadrado varían de 8" x 8" a 3' x 3', y la cantidad de capas es de 100-200.

Se pueden usar varios métodos para unir las dos tiras de membrana a lo largo de las costuras diagonales (por ejemplo, 130 y 140 en la Figura 1b y 1e) en cada capa del cartucho con plisado transversal. Por ejemplo, las tiras de membrana pueden unirse entre sí mediante el uso de una cinta adhesiva adecuada, seleccionada en función de la naturaleza de la membrana y/o la aplicación de uso final para el cartucho. Por ejemplo, se ha usado cinta de polipropileno de 1/2" - 1" de ancho con éxito con membranas poliméricas permeables al agua para aplicaciones de ERV. Si se usa cinta adhesiva, los bordes de la membrana se apoyan preferiblemente (borde con borde), aunque pueden superponerse ligeramente a lo largo de cada costura diagonal. La cinta adhesiva puede colocarse a lo largo de la costura en contacto con cada tira de membrana y formando un sello. Preferiblemente, la cinta es suficientemente ancha para cubrir adecuadamente la costura y justarse a la variabilidad en el proceso de fabricación, sin ocultar demasiado la superficie de la membrana. Dependiendo de las propiedades de la membrana, en algunos casos los bordes pueden unirse térmicamente o soldarse por vibración a lo largo de las costuras diagonales. Otra opción es unir de forma adhesiva las tiras de membrana a lo largo de sus bordes contiguos, mediante el uso de un adhesivo o agente de unión adecuado. Por ejemplo, se puede aplicar un agente de unión líquido en una o dos partes a una o ambas superficies de membrana a lo largo de cada una de las costuras diagonales. Para la unión térmica, la soldadura por vibración o la unión adhesiva, preferiblemente el ancho del rollo de membrana está ligeramente sobredimensionado, de modo que los bordes de la membrana se puedan superponer ligeramente a lo largo de las costuras diagonales. Cualquiera sea el método que se utilice para unir las tiras de membrana a lo largo de las costuras diagonales, preferiblemente, se forma un buen sellado de modo que los fluidos no pasen entre las capas a través de una brecha o fuga en la costura, lo que causa una mezcla o contaminación cruzada no deseada de las corrientes de proceso en la aplicación particular de uso final del cartucho.

Un cartucho con plisado transversal de base cuadrada elaborado mediante el uso de la técnica descrita anteriormente se puede cortar para formar diferentes formas prismáticas, poliedros u otras formas tridimensionales, dependiendo de la aplicación de uso final, la configuración de flujo deseada y el empaque. Las Figuras 2a y 2b muestran realizaciones de cartuchos con plisado transversal terminados. Específicamente, la Figura 2a ilustra un cartucho de flujo cruzado de base cuadrada 200, y la Figura 2b ilustra un cartucho 250 que tiene forma prismática hexagonal con capas de membrana de seis lados. La Figura 2c muestra cómo un cartucho de base cuadrada 270, similar al que se muestra en la Figura 2a, puede cortarse o recortarse (a lo largo de las líneas punteadas, al retirar dos piezas en forma de prisma triangular 275) para formar un cartucho hexagonal 280, similar al que se muestra en la Figura 2b.

En realizaciones preferidas, un cartucho con plisado transversal se proporciona con sellos a lo largo de sus «bordes en capas» (en las esquinas de cada capa plegada). En un enfoque, estos sellos se forman al «rellenar» los bordes en capas para formar un sello entre las caras adyacentes del cartucho. Los sellos de los bordes rellenos cierran los orificios creados en las esquinas producidas por el proceso de plisado transversal, y también pueden proporcionar un marco mediante el cual el cartucho se mantiene unido. En las Figuras 2a y 2b, los bordes en capas son los bordes verticales de los cartuchos. El cartucho con plisado transversal 200 en la Figura 2a tiene cuatro sellos rellenos de borde en capas 205. El cartucho hexagonal 250 en la Figura 2b tiene dos sellos rellenos de borde en capas 255 y dos sellos de cara en capas 260 que cubren y bloquean las aberturas en las dos caras cortadas del cartucho hexagonal 250. Los sellos pueden formarse mediante el uso de un material adecuado, por ejemplo, se puede usar un material de epoxi y goma de dos partes.

Los cartuchos con plisado transversal con diferentes formas tridimensionales también pueden formarse mediante el uso de más de dos tiras de membrana en un proceso de plisado transversal. Aunque esto puede aumentar la complejidad del proceso de plisado transversal, este enfoque puede resultar en menos desperdicio de material en relación con el recorte de un cartucho de base cuadrada para obtener una forma diferente. Por ejemplo, es posible elaborar un cartucho hexagonal con múltiples capas de membrana mediante la colocación de dos tiras de membrana, que se extienden en direcciones sustancialmente opuestas borde con borde, generalmente en el mismo plano. Las tiras se colocan de modo una parte de un borde de una de las tiras de membrana sea adyacente y sustancialmente paralela a una parte de un borde de la otra tira de membrana, y formen una primera costura. Las partes de borde adyacentes de las tiras de membrana se unen a lo largo de la primera costura para formar una capa de membrana de dos piezas. Una tercera tira de membrana puede colocarse a través de la capa de membrana de dos piezas a 90° de la primera costura. Cada una de las dos tiras de membrana originales se dobla en un ángulo de 45°, hacia, y luego se superpone a, las partes extremas opuestas de la primera costura, de modo que las dos tiras de membrana se alineen a lo largo de los bordes opuestos de la tercera tira de membrana. Esto forma un par de segundas costuras a 90° de la primera costura. Las partes de borde de la tercera tira de membrana se unen a las partes de borde de cada una de las otras dos tiras de membrana a lo largo de las segundas costuras para formar una capa de membrana de tres piezas. Cada una de las dos tiras de membrana se pliega en un ángulo de 45° hacia, y luego se superpone a, las segundas costuras, para formar otra primera costura orientada a 90° con respecto a la segunda costura en la capa anterior. Las dos tiras se unen nuevamente para formar otra capa de dos piezas. Las etapas de unión y plegado se repiten para formar un cartucho con plisado transversal con una pila o arreglo de pasajes en capas entre capas de membrana de dos y tres piezas alternas. Se pueden aplicar sellos a los bordes y las caras del cartucho como se describió anteriormente.

Los cartuchos con plisado transversal del tipo descrito en la presente memoria pueden comprender, además, separadores colocados entre las capas de membrana, por ejemplo, para ayudar con la distribución del flujo de fluido

y/o para ayudar a mantener la separación de las capas. Por ejemplo, pueden colocarse inserciones de malla, inserciones de aluminio corrugado o inserciones moldeadas de plástico (como se describe en la solicitud de patente de Estados Unidos publicada n.º 2008/0085437 titulada *"Pleated Heat and Humidity Exchanger with Flow Field Elements"*, en algunos de los pasajes entre las capas de membrana adyacentes. La Figura 3a muestra un cartucho cuadrado de flujo cruzado 300 con separadores de papel de aluminio corrugado insertados entre cada capa de membrana, en donde dos de los separadores 310 y 320 se muestran sacados de los pasajes de capas adyacentes. Los separadores están orientados de modo que los canales corrugados son paralelos a la dirección del flujo a través del pasaje en el que se insertan, en donde los separadores adyacentes 310 y 320 se orientan a 90° entre sí, para proporcionar una configuración de flujo cruzado. La Figura 3b muestra un cartucho hexagonal 350 con separadores moldeados de plástico insertados entre cada capa de membrana, en donde dos de los separadores 360 y 370 se muestran sacados de los pasajes de capas adyacentes. Los separadores 360 y 370 son sustancialmente iguales entre sí, con canales de flujo en forma de S, pero están orientados a 180° entre sí para proporcionar una configuración de contraflujo parcial. Por ejemplo, se podría suministrar un primer fluido a la cara 362 del cartucho 350, y se podría dirigir a través de pasajes en capas alternas del cartucho mediante un separador 360, y luego podría salir del cartucho por la cara opuesta 364. Se podría suministrar un segundo fluido a la cara 372 del cartucho 350, y se podría dirigir a través de los otros pasajes del cartucho mediante un separador 370, y luego podría salir del cartucho por la cara opuesta 374. En la región central de las capas, el primer y el segundo fluido podrían tener, por lo tanto, una configuración de contraflujo. Con la misma disposición de separadores, los fluidos podrían suministrarse de modo que en la región central los fluidos estén en una configuración de flujo conjunto, por ejemplo, al suministrar el primer fluido a la cara 362 y el segundo fluido a la cara 374. Se pueden utilizar diferentes diseños de separadores para las capas alternas o en diferentes ubicaciones de los cartuchos; no es necesario que todos sean iguales.

Se pueden insertar separadores entre las capas de membrana después de que se forme el cartucho o se pueden insertar durante el proceso de plisado transversal, por ejemplo, entre las etapas que se muestran en la Figura 1b y la Figura 1c que se describieron anteriormente.

Los cartuchos con plisado transversal del tipo descrito en la presente memoria pueden formarse inicialmente como cartuchos de base cuadrada. Tal como se describió con referencia a la Figura 3b, dichos cartuchos pueden recortarse para formar un cartucho hexagonal que puede configurarse con una región de contraflujo. El contraflujo de los fluidos generalmente se prefiere con respecto a las configuraciones de flujo cruzado para aplicaciones de ERV y otras aplicaciones determinadas. La configuración de flujo y las propiedades operativas de un cartucho hexagonal de contraflujo pueden ajustarse al variar la profundidad de remoción y el ángulo de recorte.

Las Figuras 4a-d son vistas en planta esquemáticas que muestran ejemplos de cuatro perfiles de corte de plisado transversal hexagonal diferentes y ejemplos de patrones de flujo y regiones de contraflujo que pueden lograrse dentro de cartucho. La Figura 4a muestra una realización de un cartucho donde se usan recortes verticales de 45° paralelos y un área igual para retirar dos prismas triangulares 410a y 415a de un cartucho de base cuadrada para crear un cartucho hexagonal 400a. Los pares de flechas discontinuas 420a y 430a en la Figura 4a indican posibles vías de flujo de dos corrientes de fluido diferentes que pasan a través de pasajes alternos del cartucho. Se suministra un primer fluido a la cara de entrada 422a, pasa a través del cartucho como lo indican las flechas 420a y sale a través de la cara de salida 424a. Se suministra un segundo fluido a la cara de entrada 432a, pasa a través de los pasajes alternos del cartucho como lo indican las flechas 430a, y sale a través de la cara de salida 434a. En la región sombreada 440a, las vías de flujo son esencialmente contrarias entre sí.

La Figura 4b muestra una realización de un cartucho donde se usan recortes verticales de ángulo obtuso paralelos y la misma área para retirar dos prismas triangulares 410b y 415b de un cartucho de base cuadrada para crear un cartucho hexagonal 400b. Las flechas discontinuas 420b y 430b en la Figura 4b indican posibles vías de flujo de dos corrientes de fluido diferentes que pasan a través de pasajes alternos del cartucho. Se suministra un primer fluido a la cara de entrada 422b, pasa a través del cartucho como lo indican las flechas 420b y sale a través de la cara de salida 424b. Se suministra un segundo fluido a la cara de entrada 432b, pasa a través de las capas alternas del cartucho como lo indica la flecha 430b, y sale a través de la cara de salida 434b. En la región sombreada 440b, las vías de flujo son esencialmente contrarias entre sí. Al ajustar el ángulo de recorte, el área de la región de contraflujo 440b aumenta (con respecto a 440a en la Figura 4a), pero el área de las caras de entrada y salida para la segunda corriente de fluido (432b y 434b) es considerablemente más pequeña que para la primera corriente de fluido (caras 432b y 434b) como se muestra en la Figura 4b. Este perfil y la configuración de flujo podrían ser útiles para aplicaciones que se benefician de una gran región de contraflujo o que tienen una menor velocidad de una de las corrientes dentro del cartucho. Los pasajes alternos pueden ser de paso (o altura) diferencial, lo que modifica aún más la velocidad de flujo dentro de esta disposición.

Las Figuras 4c y 4d muestran realizaciones de un cartucho donde se usan recortes a 45° paralelos en un área desigual para crear una gran región de contraflujo, pero donde el área de las caras de entrada es diferente del área de las caras de salida de ambos fluidos. Estas características pueden ser ventajosas en algunas aplicaciones, donde la variación resultante en las propiedades de flujo del fluido, velocidades, efectos de mezcla, gradientes de presión y/o gradientes de temperatura dentro de las capas puede proporcionar efectos beneficiosos.

En la Figura 4c se retiran dos prismas triangulares de tamaño desigual 410c y 415c de un cartucho de base cuadrada para crear un cartucho hexagonal 400c. Se suministra un primer fluido a la cara de entrada 422c, pasa a través del

cartucho como lo indica la flecha dividida 420c y sale a través de la cara de salida 424c más pequeña. Se suministra un segundo fluido a la cara de entrada 432c, pasa a través del cartucho como lo indican las flechas divididas 430 y sale a través de la cara de salida 434c más pequeña. En la región sombreada 440c, que ocupa una gran proporción del área de cada capa, las vías de flujo son esencialmente contrarias entre sí. En la Figura 4d, nuevamente se retiran dos prismas triangulares de tamaño desigual 410d y 415d de un cartucho de base cuadrada para crear un cartucho hexagonal 400d. Se suministra un primer fluido a la cara de entrada 422d, pasa a través del cartucho como lo indica la flecha dividida 420d y sale a través de la cara de salida 424d más grande. Se suministra un segundo fluido a la cara de entrada 432d, pasa a través del cartucho como lo indica la flecha dividida 430d y sale a través de la cara de salida 434d más grande. Nuevamente, la región de contraflujo sombreada 440d ocupa una gran proporción del área de cada capa.

El material de membrana utilizado en cartuchos con plisado transversal del tipo descrito en la presente memoria puede seleccionarse para que tenga propiedades adecuadas para la aplicación particular de uso final. Preferiblemente, la membrana es flexible o plegable mecánicamente de modo que puede plegarse como se describe en la presente memoria sin dividirse. El proceso de plisado transversal se compone de dos pliegues en un área, lo que enfoca la tensión del pliegue en las esquinas del cartucho. Preferiblemente, la membrana también formará y mantendrá una cresta cuando esté plegada, en lugar de tender a desplegarse y abrirse nuevamente.

Para el ERV u otras aplicaciones de intercambiador de calor y vapor de agua, la membrana es permeable al agua. Además de las membranas permeables al agua más convencionales, se pueden usar membranas porosas con un recubrimiento de película delgada que bloquean sustancialmente el flujo de gas a través de la membrana, pero que permiten el intercambio de vapor de agua. También se pueden usar membranas porosas que contienen uno o más aditivos o recubrimientos hidrofílicos. Las membranas porosas con aditivos o recubrimientos hidrofílicos tienen propiedades convenientes para uso en intercambiadores de vapor de agua y calor en general y, en particular, para uso en intercambiadores de vapor de agua y calor con un cartucho de membrana con plisado transversal. Los ejemplos de membranas porosas con aditivos hidrofílicos incluyen polietileno (PE) relleno de sílice de Entek, Daramic o NSG; PVC relleno de sílice de Amersil; PEEK relleno de sílice de SiM; y membranas compuestas recubiertas con PFSA (ácido perfluorosulfónico) de Fumatech. Estos tipos de membranas tienen propiedades favorables de transferencia de calor y vapor de agua, son poco costosas, mecánicamente fuertes, dimensionalmente estables, fáciles de plisar, se pueden unir a materiales de juntas tales como poliuretano, son resistentes a las condiciones de clima frío y tienen una permeabilidad baja a la mezcla de gases cuando están húmedas y secas. La relación de aditivo hidrofílico con respecto a polímero es importante. Es necesario que haya suficiente aditivo para permitir la transferencia de agua, pero también un polímero adecuado para proporcionar resistencia y durabilidad a la membrana. Para las aplicaciones de ERV, se ha descubierto que las membranas porosas con aditivos hidrofílicos ofrecen ventajas sobre los materiales de membrana de ERV convencionales incluso en diseños de membrana tipo placa convencionales. Las pruebas de muestras de membrana y núcleos del ERV han revelado que las membranas porosas con aditivos hidrofílicos generalmente proporcionan una mejor transferencia de calor y vapor de agua. También son más duraderas que las membranas de papel recubiertas con desecante que se usan comúnmente en aplicaciones de ERV, particularmente, cuando se exponen a niveles altos de condensación (saturación alta) y en condiciones de congelación y descongelación.

Se pueden usar membranas asimétricas con propiedades diferentes en cada superficie. Si las dos tiras de membrana asimétricas están orientadas de la misma manera en el proceso de fabricación, un conjunto de pasajes en el cartucho con plisado transversal terminado tendrá propiedades diferentes a las del conjunto de pasajes alternos. Por ejemplo, las tiras de membrana podrían estar recubiertas o laminadas en un lado, de modo que los pasajes para solo una de las dos corrientes de fluido estén recubiertos con el recubrimiento o laminado.

Es posible agregar o incorporar elementos o perfiles externos a la membrana para mejorar la distribución del fluido entre las capas y/o para ayudar a mantener la separación de las capas. Las Figuras 5a-c muestran tres realizaciones diferentes de membranas que tienen elementos formados en una o ambas superficies. Específicamente, la Figura 5a ilustra una membrana 500 que tiene nervaduras diagonales en ambos lados. Las nervaduras 510 en la superficie superior de la membrana están orientadas a 45° con respecto a los bordes de la tira de membrana y a 90° con respecto a las nervaduras 520 que se encuentran en la parte inferior de la membrana. Con las nervaduras orientadas de esta manera, cuando se forma una membrana con plisado transversal mediante el proceso de plisado transversal descrito en la presente memoria, las nervaduras se orientarán de forma paralela a los pliegues en la membrana, de modo que las nervaduras en una capa estén orientadas de forma perpendicular a las nervaduras en la capa adyacente, proporcionando una configuración de flujo cruzado. La Figura 5b ilustra una membrana 530 que tiene protuberancias a lunares 535 en ambas superficies en un patrón de cuadrícula regular. La Figura 5c ilustra una membrana 540 que tiene protuberancias alargadas 445 en una superficie. En la realización ilustrada, las protuberancias están orientadas a 45° con respecto a los bordes de la tira de membrana, de modo que en un cartucho con plisado transversal se orientarán en la dirección del flujo primario, nuevamente de forma paralela a los pliegues de la membrana. Si la membrana tiene elementos en una sola superficie, como en este ejemplo, entonces solo los pasajes alternos en el cartucho terminado tendrán la superficie de la membrana con los elementos. Es posible moldear, estampar o formar de otro modo las nervaduras u otras protuberancias o elementos integralmente con el material de la membrana, o pueden agregarse a la membrana posteriormente, por ejemplo, mediante un proceso de deposición o laminación. Dichas membranas «con elementos» pueden usarse en cartuchos con plisado transversal del tipo descrito en la presente memoria con o sin el uso de separadores adicionales.

Los cartuchos con plisado transversal del tipo descrito en la presente pueden comprender más de un tipo de membrana. Por ejemplo, en algunas realizaciones, en lugar de usar dos tiras o carretes de membrana que son esencialmente iguales, pueden usarse dos tipos diferentes de membrana. Esto dará como resultado un cartucho con plisado transversal donde cada capa comprende dos tipos de membranas diferentes.

- 5 Un proceso de plisado transversal del tipo descrito con referencia a las Figuras 1a-f puede realizarse manualmente o puede ser parcial o totalmente automatizado para la fabricación en volumen.

Las Figuras 6a-f son una serie de diagramas esquemáticos simplificados que ilustran una realización de un montaje del equipo de fabricación 600 que puede usarse para elaborar un cartucho con plisado transversal mediante el uso de la presente técnica de plisado transversal en un proceso parcialmente automatizado y que ilustra las etapas del proceso de fabricación. El montaje del equipo de fabricación 600 comprende un marco giratorio 610 que comprende una placa base 605, cuatro columnas de esquina 604 (tres son visibles en las Figuras. 6a-f), una plataforma rígida superior (no visible) y un mecanismo 608 de varilla roscada o resorte que mantiene el nivel de trabajo (la altura a la que se produce el plisado de la membrana) a un nivel sustancialmente constante. Dos rollos de membrana 620 y 630 se ubican en los carretes giratorios 625 y 635, respectivamente. El mecanismo de unión de cinta 640 se ubica sobre el marco 610. En la etapa ilustrada en la Figura 6a, se han dibujado dos tiras de membrana 620a y 630a en direcciones opuestas a los carretes 620 y 630, respectivamente, dispuestas borde con borde en el mismo plano en la plataforma superior del marco 610, y unidas a lo largo de la costura diagonal con cinta adhesiva 645 para formar una capa del cartucho. La Figura 6b muestra una placa de plegamiento 650 colocada en la capa del cartucho. La placa de plegamiento 650 puede usarse para ayudar a crear pliegues uniformes y paralelos en las tiras de membrana. En la etapa ilustrada en la Figura 6c, el marco 610, junto con la placa de plegamiento 650 y el cartucho parcialmente completo, se hace girar 90° en un cojinete o husillo 660 en la dirección de la flecha. Esto comienza a retorcer las tiras de membrana 620a y 630a como se muestra. Los dos carretes de membrana 620 y 630 se hacen girar 180° en direcciones opuestas mediante la rotación de los carretes 625 y 635 como se muestra en la Figura 6d. Por lo tanto, nuevamente se dibujan dos tiras de membrana 620a y 630a en direcciones opuestas desde los carretes 620 y 630, y cada una se pliega sobre la placa de plegamiento 650 para obtener una cresta aguda, de modo que estén dispuestas borde con borde con la costura diagonal resultante a 90° con respecto a la costura en la capa anterior. El carrete de membrana y los mecanismos de rotación del marco se pueden vincular en una relación de 2:1 para que funcionen de forma simultánea en lugar de en secuencia. La Figura 6e muestra el mecanismo de unión mediante cinta 640 bajado de modo que se aplica un trozo de cinta 645 a lo largo de la costura que une las dos tiras de membrana 620a y 630a. El mecanismo de unión mediante cinta 640 se retrae luego y la placa de plegamiento 650 se retira como se muestra en la Figura 6f. Estas etapas se repiten hasta que el cartucho tenga la cantidad deseada de capas. A medida que se forma el cartucho, la plataforma superior se mueve hacia abajo y el cartucho queda contenido dentro del marco 610 con las capas plegadas mantenidas alineadas mediante las cuatro columnas de esquina 604. Debido a la rotación del marco, en el momento en que se pega, cada costura diagonal está en la misma orientación con respecto al mecanismo de unión mediante cinta 640, por lo que no es necesario hacer girar el mecanismo 640. Los cartuchos se pueden fabricar con una gran cantidad de capas y luego se pueden cortar a alturas de cartucho individuales más pequeñas (con menos capas), proporcionando de ese modo un proceso más continuo.

Se han desarrollado otras realizaciones de equipos de fabricación similares para lograr el mismo resultado. Por ejemplo, al restringir el marco para que no gire, y hacer que los carretes de membrana giren en torno al marco en incrementos de 90° en una grúa pórtico elevada, se puede realizar un proceso de plisado transversal similar al descrito anteriormente.

La Figura 7 muestra otra realización de un montaje del equipo de fabricación 700 que puede usarse para elaborar un cartucho mediante el uso de la presente técnica de plisado transversal en un proceso parcialmente automatizado. El montaje del equipo de fabricación 700 comprende un marco giratorio 710 que comprende una placa base 705, cuatro columnas de esquina 704, una plataforma rígida superior 715, y un mecanismo de varilla roscada 708 que mantiene el nivel de trabajo en un nivel sustancialmente constante. Los carretes giratorios 725 y 735 sostienen los dos carretes de membrana y se colocan por encima y en cada lado del marco 710. Los carretes 725 y 735 se montan en los soportes 728 y 738, y se conectan para que giren mediante el accionamiento de los motores 722 y 732, respectivamente. Después de cada etapa de plegamiento, el marco 710 se hace girar 90° en un cojinete o husillo en el alojamiento 760, y los carretes 725 y 735 giran 180° en direcciones opuestas. La plataforma 715 es una plataforma de trabajo con altura ajustable que se mueve a través de la varilla roscada 708 y su altura se ajusta según la cantidad de vueltas del marco 710 durante el proceso de plisado. El paso del hilo se ajusta para adaptarse a cuatro capas de altura por revolución, ya que el marco 710 solo gira 90° por capa del cartucho. El dispensador automático de cinta 740 se ubica de forma conveniente sobre el marco 710, y puede configurarse para dispensar la longitud correcta de la cinta con cada rotación del marco 710. Un dispositivo de recogida y colocación, como el selector de separadores 790, puede configurarse para emitir automáticamente un separador 795 al operador para colocarlo entre las capas plegadas del cartucho. Se puede usar un accesorio de vacío para aplicar un vacío parcial para sujetar las tiras de membrana hacia abajo en cada lado de la plataforma 715 durante el proceso de encintado de cada capa, para ayudar al operador a mantener una costura recta y paralela para adherirse durante esa etapa. Por ejemplo, es posible montar un par de ventosas de vacío 775 en el nivel de trabajo en tubos de acero 770 y conectarlas a una bomba de vacío (no se muestra).

Las realizaciones del equipo de fabricación descrito en la presente memoria pueden adaptarse para permitir la producción completamente automatizada de cartuchos de membrana con plisado transversal.

Como puede verse en las Figuras 1a-f, hay muy poco desperdicio de membrana en la técnica de plisado transversal. Se utiliza casi toda la membrana, excepto las piezas triangulares que se recortan de la primera y la última capa de cada cartucho. Además, en el cartucho terminado, casi toda la superficie de la membrana es accesible a los fluidos que se dirigen a través del cartucho y están disponible para proporcionar el fluido deseado y/o transportar calor.

5 El presente cartucho de membrana con plisado transversal puede usarse en varios tipos de intercambiadores de calor y vapor de agua. Por ejemplo, como se mencionó anteriormente, los presentes cartuchos de membrana con plisado transversal pueden usarse como núcleo en los ventiladores de recuperación de energía (ERV) para transferir calor y vapor de agua entre las corrientes de aire que entran y salen de un edificio. Esto se logra haciendo fluir las corrientes en los lados opuestos del cartucho de membrana con plisado transversal. La membrana permite que el calor y la
10 humedad se transfieran de una corriente a otra mientras impiden sustancialmente que las corrientes de aire se mezclen o se crucen.

La Figura 8 es una vista isométrica simplificada de una realización de un intercambiador de calor y humedad 800, tal como un ERV, con un cartucho de membrana con plisado transversal 810 dispuesto dentro de un alojamiento 815 (ilustrado con un lado retirado para revelar el cartucho con plisado transversal 810). El cartucho con plisado transversal 810 comprende un arreglo en capas de un primer y segundo pasaje de fluidos alternos orientados a 90° entre sí, separados por capas de un material de membrana permeable al agua. El cartucho con plisado transversal 810 comprende cuatro sellos 820a, 820b, 820c y 820d, formados a lo largo de los cuatro bordes en capas de los cartuchos (que se extienden horizontalmente en la vista ilustrada). Estos se pueden formar al rellenar los bordes en capas del cartucho como se describió anteriormente. Los sellos 820a, 820b y 820c forman un sello contra las paredes internas del alojamiento 815 para formar cámaras de fluido separadas; por ejemplo, los sellos pueden cooperar con bridas, ranuras u otros elementos en las paredes internas del alojamiento 815. El sello 820d forma un sello contra la placa de sellado 850.
15
20

El alojamiento 815 comprende el primer puerto de entrada 830, conectado a un ventilador 832 que dirige una primera corriente de fluido hacia la cámara 834, a través de un conjunto de pasajes en el cartucho 810, hacia la cámara 836 y hacia afuera a través del primer puerto de salida 838. El alojamiento 815 también comprende el segundo puerto de entrada 840, conectado a un ventilador 842 que atrae una segunda corriente de fluido hacia la cámara 844, a través de los pasajes en capas alternos en el cartucho 810 (en una configuración de flujo cruzado con el primer fluido) hacia la cámara 846 y luego hacia afuera a través del segundo puerto de salida 848. La placa de sellado 850 se extiende entre los ventiladores 832 y 842 para sellar la primera cámara de entrada 832 desde la segunda cámara de salida 848. Se pueden colocar juntas o sellos adicionales contra el interior del alojamiento entre los puertos de entrada y salida para impedir cortocircuitos de los fluidos entre el lugar donde se unen el cartucho con plisado transversal y el alojamiento. En un ERV, el aire de escape cálido y húmedo podría dirigirse hacia el exterior desde el interior de un edificio a través de los puertos 830 y 838. Una corriente de suministro de aire más frío y seco podría dirigirse hacia el edificio desde el exterior a través de los puertos 840 y 848. El vapor de agua y el calor podrían transferirse desde la corriente saliente a la corriente entrante a medida que las corrientes fluyen a través del cartucho con plisado transversal 810 en una disposición de flujo cruzado, tal como se muestra.
25
30
35

La Figura 9 es un diagrama esquemático simplificado de un ERV 900 para transferir calor y vapor de agua entre las corrientes de aire que entran y salen de un edificio 960. Los ERV suelen incluir bombas o aletas para mover las corrientes de aire, conductos, así como filtros, componentes electrónicos de control y otros componentes que no se muestran en la Figura 9. La corriente de aire de entrada 920 ingresa al edificio 960 desde el exterior a través de un puerto de entrada de aire 925. El aire de entrada pasa a través del ERV 900 en un lado de un núcleo de la membrana con plisado transversal 910 del tipo descrito en la presente, y se dirige al edificio (por ejemplo, al sistema de calefacción y/o ventilación) a través del puerto 930. La corriente de aire saliente 940 del edificio 960 se dirige al ERV 900 a través del puerto 945. Pasa por el lado opuesto del núcleo 910 de la membrana con plisado transversal y sale del edificio por el puerto de escape 950. El calor y el vapor de agua se transfieren a través del núcleo de la membrana con plisado transversal 910 entre la corriente de aire de entrada 920 y la corriente de aire de escape 940. Por ejemplo, dependiendo del entorno externo, el aire de escape del edificio puede usarse para enfriar y deshumidificar el aire más caliente que se introduce al edificio, o el aire de escape para calentar y humidificar el aire de entrada.
40
45

Otras aplicaciones posibles para los cartuchos con plisado transversal del tipo descrito en la presente incluyen:

50 1) Humidificadores de celdas de combustible donde el cartucho con plisado transversal comprende un material de membrana permeable al agua. Para esta aplicación, el humidificador se puede configurar con una disposición de flujo cruzado o contraflujo para efectuar la transferencia de calor y vapor de agua desde y hacia un reactivo de la celda de combustible o corriente de producto. Por ejemplo, se puede usar para reciclar el calor y el vapor de agua de la corriente de escape de una celda de combustible en funcionamiento que transfiere energía latente y sensible de una corriente a otra.
55

2) Recuperación de gases de combustión o dispositivos de filtración. El gas de combustión es un gas de escape que sale a la atmósfera a través de una chimenea, horno, caldera, generador de vapor, planta de energía u otra fuente similar. Muy a menudo, se refiere a los gases de escape de combustión producidos en las plantas de energía. Se puede usar un cartucho con plisado transversal para recuperar o filtrar gases de combustión, vapor de agua y calor, con un sello de alta calidad que limite la fuga de gases.
60

3) Secuestro (carbono). Un cartucho con plisado transversal puede comprender una capa de material secuestrante, por ejemplo, en capas de membrana alternas para transferir, absorber o atrapar calor, vapor de agua, materiales o contaminantes.

5 4) Secadores en los que se utiliza un cartucho de plisado transversal para secar los gases mediante la transferencia de agua de una corriente a otra a través de una membrana permeable al agua.

5) Separadores de gases/líquidos en los que el cartucho con plisado transversal comprende un material de membrana que promueve la transferencia selectiva de gases o líquidos particulares.

10 6) Filtración de gas, nuevamente donde el cartucho con plisado transversal comprende un material de membrana que promueve la transferencia selectiva de un gas en particular, y se puede usar para separar ese gas de otros componentes.

15 Otros materiales de membrana (láminas o películas delgadas), además de los materiales de membrana selectivamente permeables, podrían plisarse para formar cartuchos, mediante el uso de la técnica de plisado transversal que se describe en la presente memoria, para una variedad de aplicaciones diferentes. Por ejemplo, se podrían usar láminas de metal o láminas plegables para los intercambiadores de calor, y se podrían usar materiales de lámina porosa para otras aplicaciones tales como filtros.

20 La orientación preferida del cartucho dependerá de la aplicación particular de uso final. Por ejemplo, en muchas aplicaciones se puede preferir una orientación lateral con pasajes orientados verticalmente (por ejemplo, para facilitar el drenaje); en otras aplicaciones puede ser conveniente tener los pasajes en capas en una pila vertical; o funcionalmente puede no importar cómo esté orientado el cartucho. Se puede utilizar más de un cartucho en serie o en paralelo, y se pueden incluir varios cartuchos en un único alojamiento, por ejemplo, apilados o uno al lado del otro.

REIVINDICACIONES

1. Un método para elaborar un cartucho con plisado transversal que comprende múltiples capas de membrana, en donde el método comprende:
- 5 a) colocar dos tiras de membrana, que se extienden en direcciones sustancialmente opuestas, de modo que una parte de un borde de una tira de membrana sea adyacente a una parte de un borde de la otra tira de membrana, formando una primera costura;
- b) unir las partes de borde adyacentes de las tiras de membrana a lo largo de la primera costura para formar una capa de membrana;
- 10 c) hacer un pliegue de 45° en cada tira de membrana hacia la primera costura, y que luego se superpone a esta, para formar una segunda costura a 90° con respecto a la primera costura;
- d) unir las partes de borde adyacentes de las tiras de membrana a lo largo de la segunda costura para formar otra capa de membrana;
- e) hacer un pliegue de 45° en cada tira de membrana hacia la segunda costura, y que luego se superpone a esta, para formar otra primera costura a 90° con respecto a la segunda costura;
- 15 f) repetir las etapas (b) a (e), formando de ese modo el cartucho con plisado transversal con un arreglo apilado de pasajes entre las capas de membrana.
2. El método de la reivindicación 1, en donde las capas de membrana son sustancialmente cuadradas, y cada una de la primera y la segunda costura forma una diagonal de una de las capas de membrana sustancialmente cuadradas.
3. El método de reivindicación 2, en donde cuando cada una de las dos tiras de membrana tiene el ancho W , la primera y la segunda costura tienen una longitud de aproximadamente $2W$ y el área de cada una de las capas de membrana cuadrada es de aproximadamente $2W^2$.
- 20 4. El método de la reivindicación 1, en donde unir las partes de borde adyacentes de las tiras de membrana comprende aplicar cinta adhesiva a lo largo de las costuras.
5. El método de la reivindicación 1, en donde las partes de borde adyacentes de las tiras de membrana se colocan de modo que se superponen parcialmente a lo largo de las costuras, y en donde unir las partes de borde adyacentes de las tiras de membrana comprende la unión térmica, la unión adhesiva o la soldadura por vibración de las partes de borde a lo largo de las costuras.
- 25 6. El método de la reivindicación 1, en donde el cartucho con plisado transversal tiene al menos cuatro bordes en capas que se extienden en la dirección de las capas, y en donde el método comprende, además, rellenar los bordes en capas del cartucho con un material sellante.
- 30 7. El método de la reivindicación 1, en donde el método comprende, además, insertar un separador entre al menos algunas de las múltiples capas de membrana, en donde cada separador define múltiples canales de flujo de fluido discretos dentro de uno de los pasajes.
8. El método de la reivindicación 1, en donde el método comprende, además, insertar un separador entre al menos algunas de las múltiples capas de membrana, en donde el separador se selecciona de un material de lámina corrugada, un material de malla y un inserto de plástico moldeado.
- 35 9. El método de la reivindicación 1, que comprende, además, cortar a través de las múltiples capas de membrana del cartucho con plisado transversal para formar un cartucho en forma de prisma hexagonal que tiene seis bordes en capas que se extienden en la dirección de las capas y seis caras en capas que se extienden en la dirección de las capas, en donde el método comprende, además, rellenar dos de los bordes en capas y dos de las seis caras en capas del cartucho con un material sellante.
- 40 10. El método de la reivindicación 1, en donde la membrana es una membrana permeable al agua.
11. El método de la reivindicación 1, en donde las tiras de membrana tienen elementos de superficie en al menos una de sus superficies.
- 45 12. Un cartucho con plisado transversal que comprende múltiples capas de membrana plegada que definen una pila de pasajes de fluido, en donde cada capa comprende una parte de cada una de las dos tiras de membrana unidas por una costura, en donde las costuras en las capas de membrana adyacentes del cartucho están orientadas a 90° entre sí.
- 50 13. El cartucho con plisado transversal de reivindicación 12, en donde cada una de las dos tiras de membrana tiene el ancho W , y las costuras tienen una longitud de aproximadamente $2W$ y el área de cada una de las capas de

membrana cuadrada es de aproximadamente $2W^2$.

- 5 14. El cartucho con plisado transversal de la reivindicación 12 para uso en un intercambiador de calor y vapor de agua para transferir calor y humedad entre una primera corriente de fluido y una segunda corriente de fluido, en donde la membrana plegada es de un material de membrana permeable al agua plegada que define una pila de primeros y segundos pasajes de fluido alternos a través de los cuales se dirigen la primera y la segunda corriente de fluido, respectivamente.

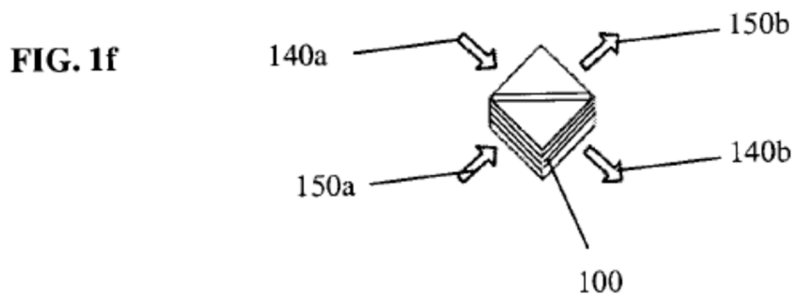
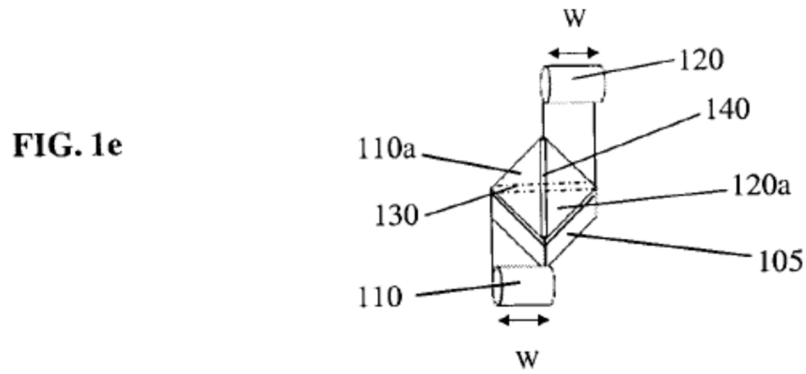
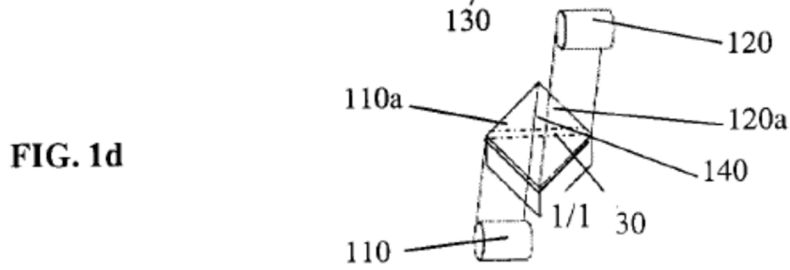
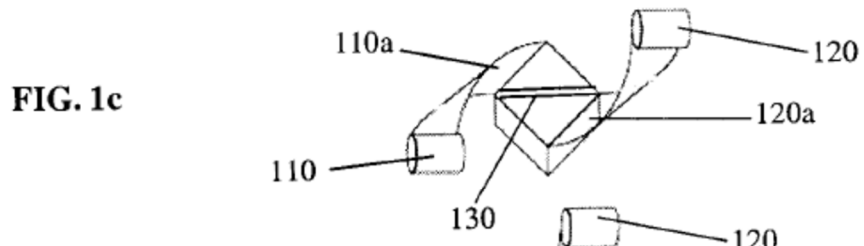
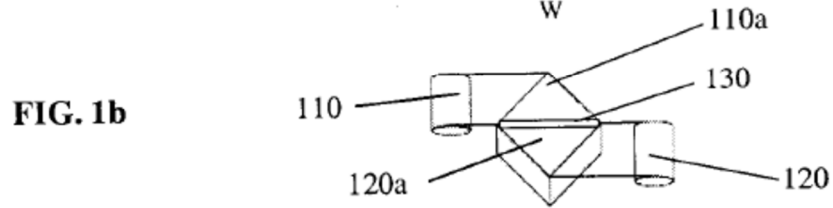
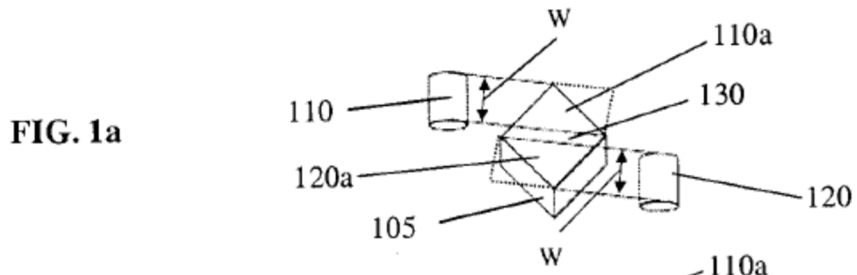


FIG. 2a

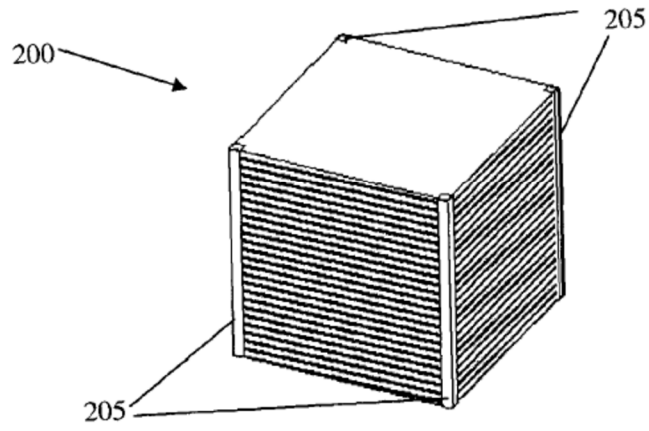


FIG. 2b

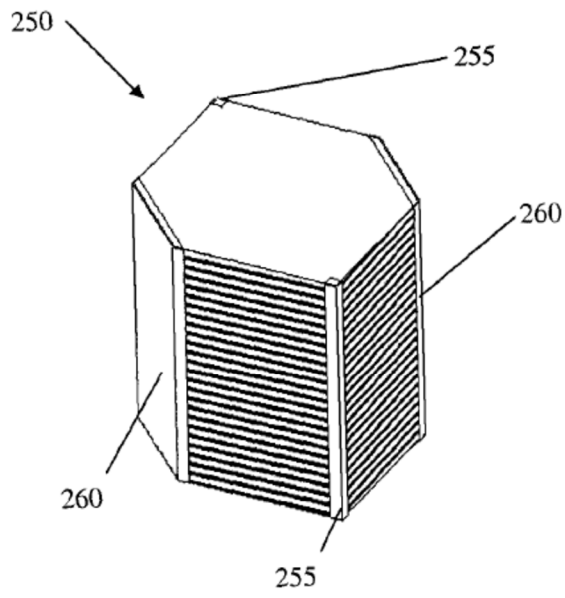


FIG. 2c

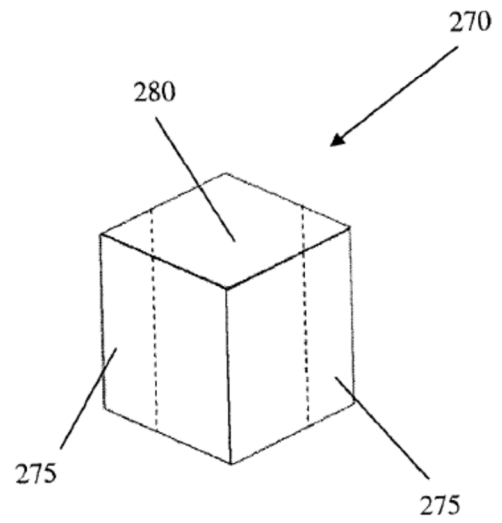


FIG. 3a

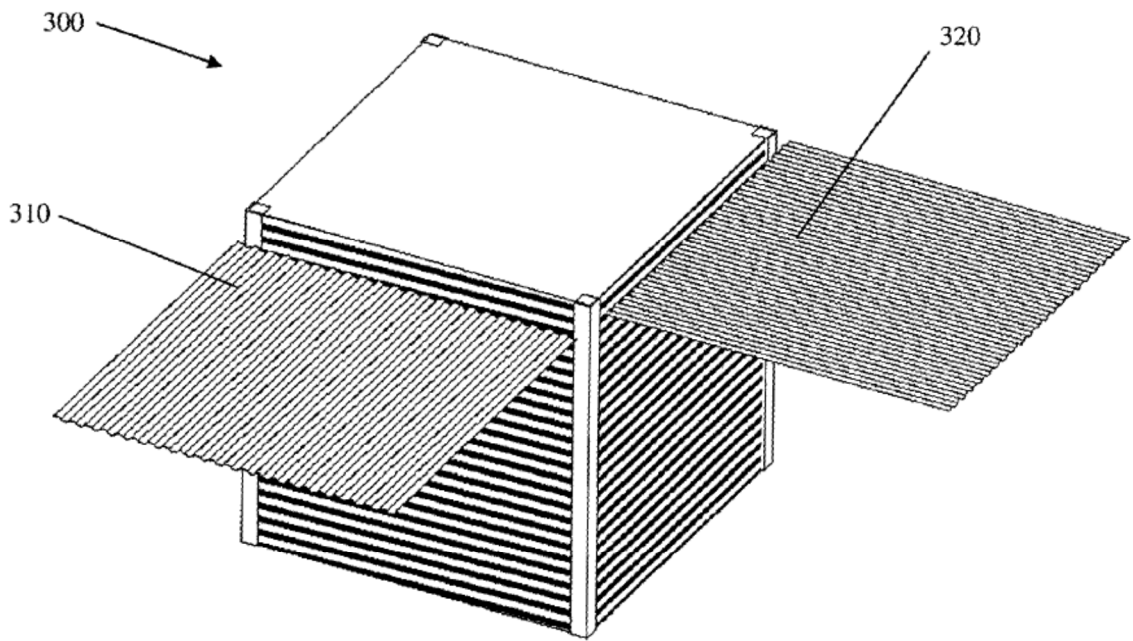


FIG. 3b

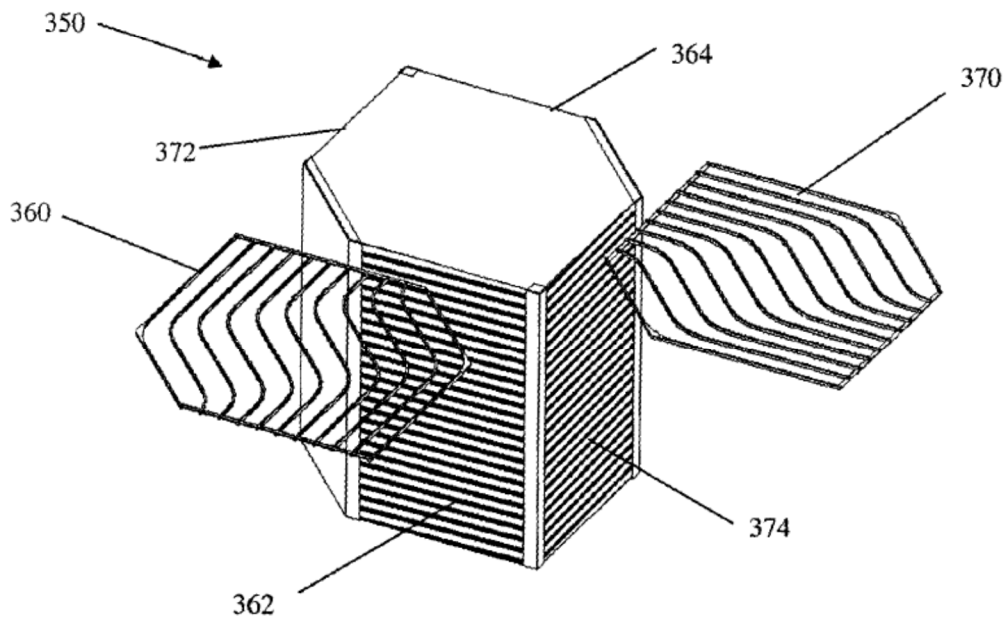


FIG. 4a

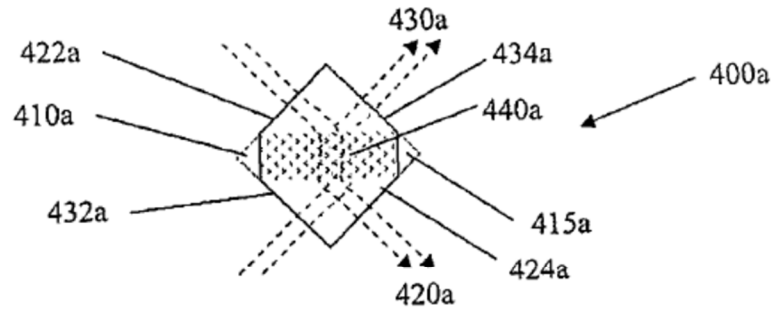


FIG. 4b

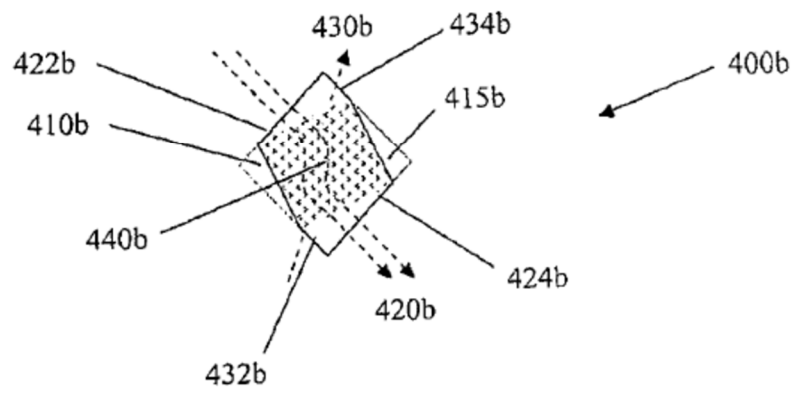


FIG. 4c

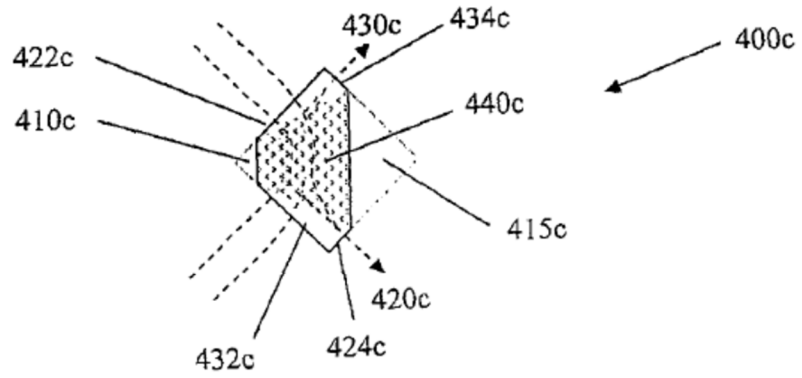


FIG. 4d

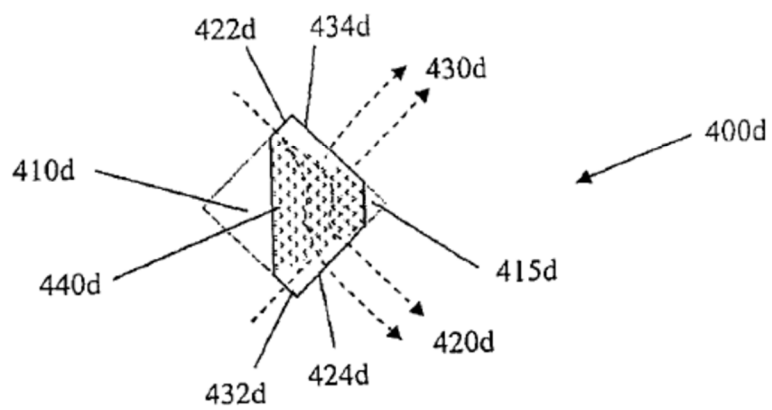


FIG. 5a

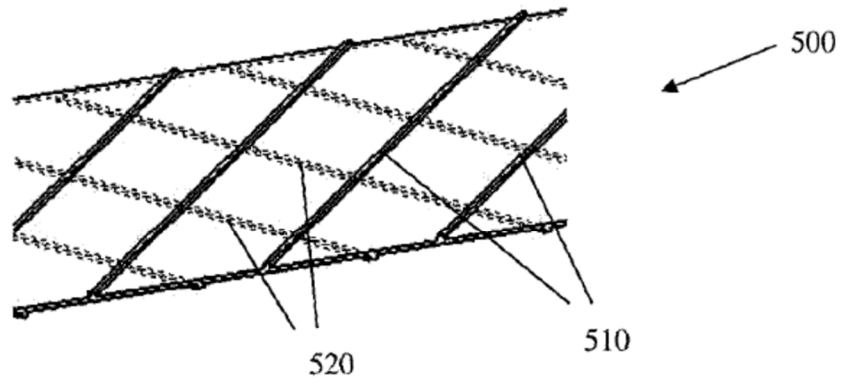


FIG. 5b

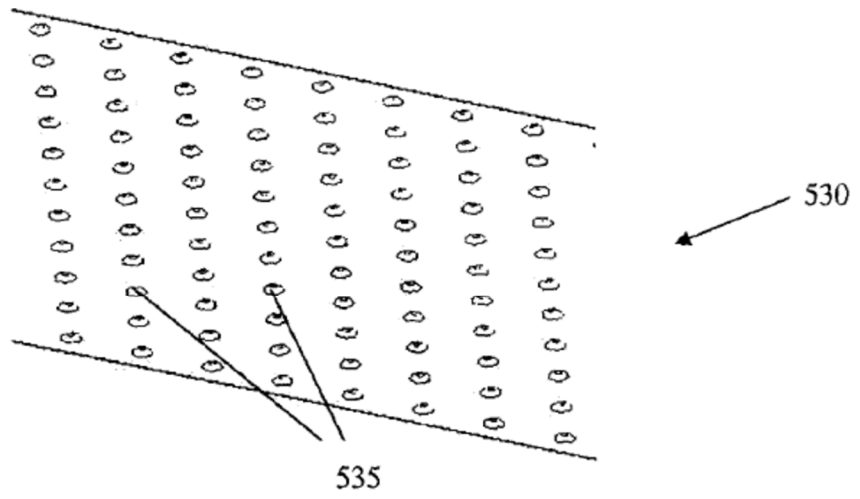


FIG. 5c

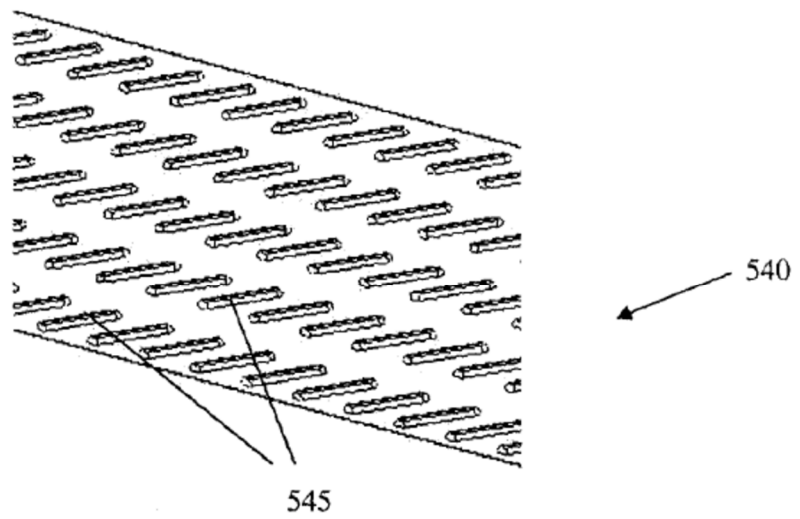


FIG. 6a

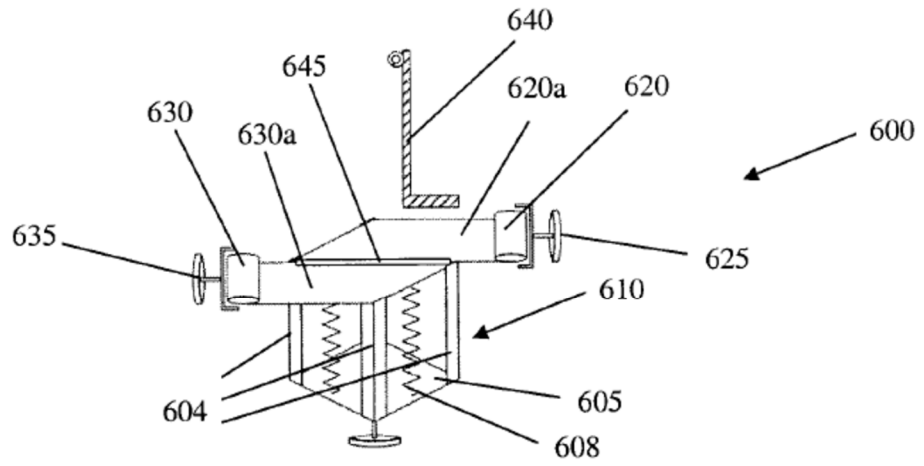


FIG. 6b

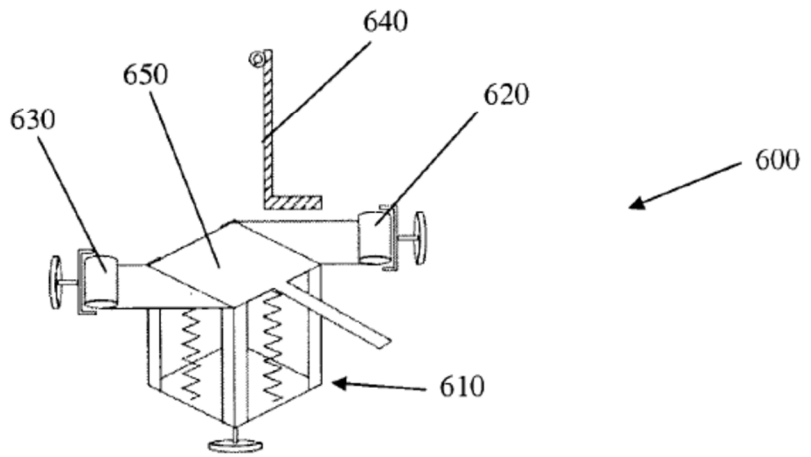


FIG. 6c

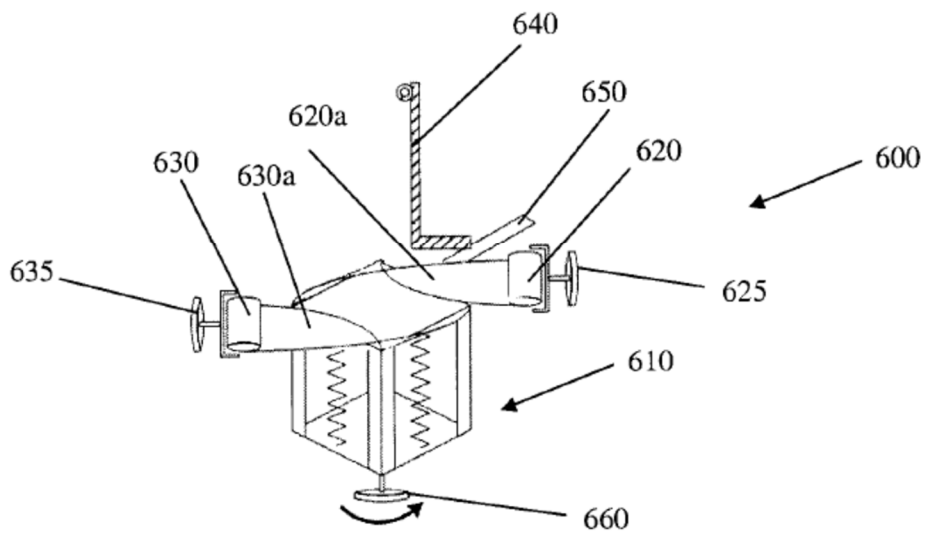


FIG. 7

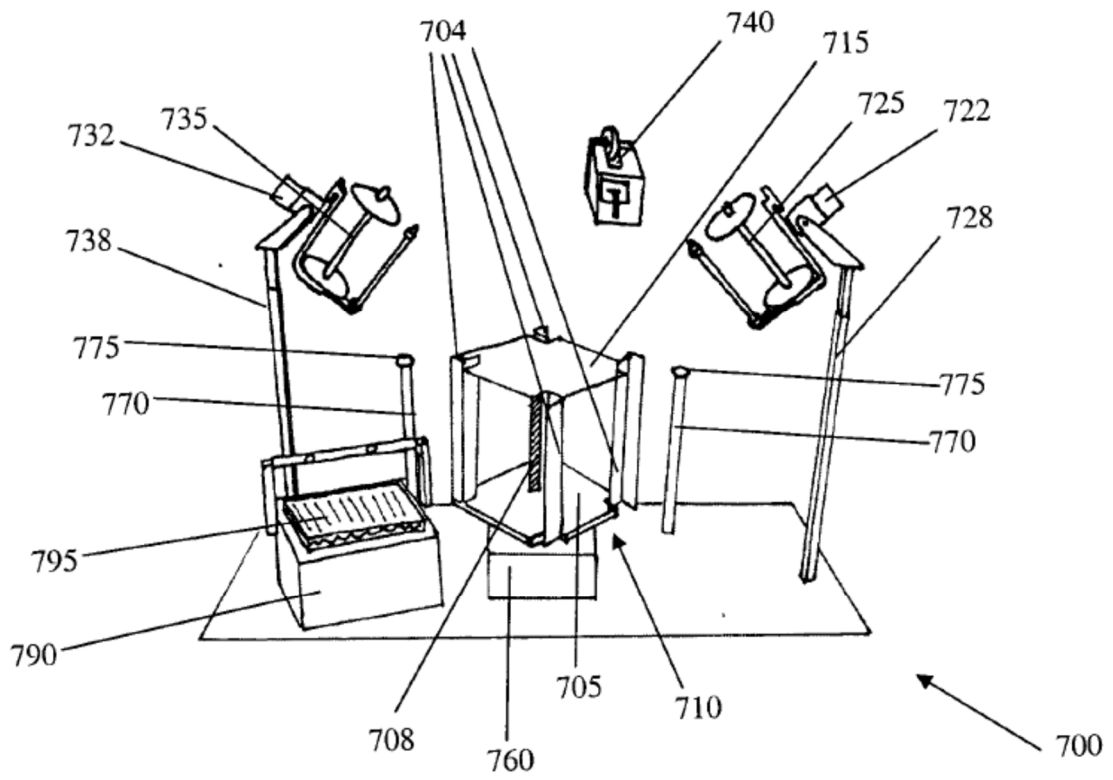


FIG. 8

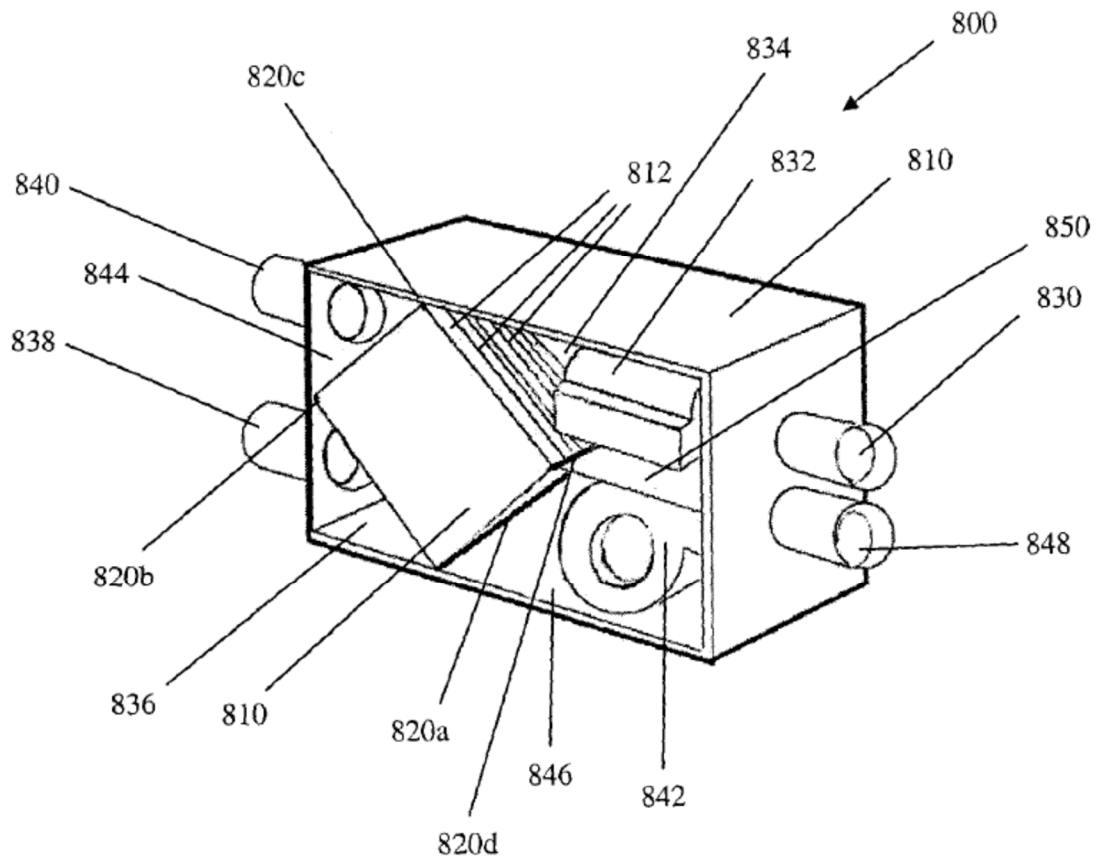


FIG. 9

