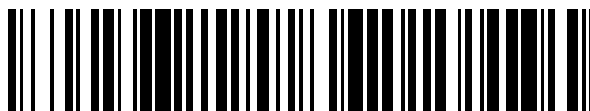


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 726 669**

51 Int. Cl.:

**F24F 3/14** (2006.01)  
**F24F 3/147** (2006.01)  
**F28F 3/04** (2006.01)  
**B23P 15/26** (2006.01)  
**F28D 1/03** (2006.01)  
**F28D 3/04** (2006.01)  
**F28D 9/00** (2006.01)  
**F28D 21/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.11.2014 PCT/US2014/066452**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **28.05.2015 WO15077364**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.11.2014 E 14864659 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2019 EP 3071893**

54 Título: **Métodos y sistemas para intercambiadores de calor de flujo turbulento y resistentes a la corrosión**

30 Prioridad:

**19.11.2013 US 201361906219 P**  
**12.03.2014 US 201461951887 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**08.10.2019**

73 Titular/es:

**7AC TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)**  
**100 Cummings Center Suite 265G**  
**Beverly, US**

72 Inventor/es:

**VANDERMEULEN, PETER, F.;**  
**ALLEN, CARL y**  
**MADIGAN, RICHARD**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 726 669 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**

Métodos y sistemas para intercambiadores de calor de flujo turbulento y resistentes a la corrosión.

5 Referencia cruzada a las solicitudes relacionadas

Esta solicitud reivindica prioridad de la solicitud de patente provisional de Estados Unidos núm. 61/906,219 presentada el 19 de noviembre de 2013, titulada MÉTODOS Y SISTEMAS PARA INTERCAMBIADORES DE CALOR TURBULENTOS Y RESISTENTES A LA CORROSIÓN y de la solicitud de patente provisional de Estados Unidos núm. 61/951,887 presentada el 12 de marzo de 2014 también titulada MÉTODOS Y SISTEMAS PARA INTERCAMBIADORES DE CALOR TURBULENTOS Y RESISTENTES A LA CORROSIÓN.

Antecedentes

15 La presente solicitud se refiere en general al uso de desecantes líquidos para deshumidificar y enfriar una corriente de aire que entra en un espacio. Más específicamente, la solicitud se refiere al uso de membranas microporosas para separar el desecante líquido de la corriente de aire en donde las corrientes de fluido (aire, fluidos refrigerantes y desecantes líquidos) fluyen de forma turbulenta para que se produzcan altas tasas de transferencia de calor y de humedad entre los fluidos. La solicitud se refiere además a intercambiadores de calor resistentes a la corrosión entre dos o tres fluidos. Dichos intercambiadores de calor pueden usar presiones inducidas por la gravedad (sifón) para mantener las membranas microporosas unidas adecuadamente a la estructura del intercambiador de calor.

Los desecantes líquidos se han usado en paralelo al equipo de HVAC con compresión de vapor convencional para ayudar a reducir humedad en los espacios, particularmente en espacios que requieren grandes cantidades de aire exterior o que tienen grandes cargas de humedad dentro del espacio del edificio. Los climas húmedos, como por ejemplo Miami, FL, requieren una gran cantidad de energía para tratar (deshumidificar y enfriar) el aire fresco necesario para la comodidad de los ocupantes de un espacio. Los sistemas de compresión de vapor convencionales solo tienen una capacidad limitada para deshumidificar y tienden a enfriar demasiado el aire, que a menudo requieren sistemas de recalentamiento que requieren mucha energía, lo que aumenta significativamente los costos generales de energía porque el recalentamiento agrega una carga de calor adicional al serpentín de enfriamiento. Los sistemas desecantes líquidos se han usado durante muchos años y generalmente son bastante eficientes para eliminar la humedad de la corriente de aire. Sin embargo, los sistemas desecantes líquidos generalmente usan soluciones salinas concentradas, tal como soluciones de LiCl, LiBr o CaCl<sub>2</sub> y agua. Dichas salmueras son muy corrosivas, incluso en pequeñas cantidades, por lo que se han realizado numerosos intentos a lo largo de los años para evitar que el desecante se traslade a la corriente de aire que se va a tratar. Un enfoque - generalmente clasificado como sistemas desecantes cerrados - usado comúnmente en equipos enfriados por absorción, coloca la salmuera en un recipiente vacío, que luego contiene el desecante. Dado que el aire no se expone directamente al desecante, tales sistemas no tienen ningún riesgo de arrastre de partículas de desecante a la corriente de aire de suministro. Sin embargo, los enfriadores de absorción tienden a ser caros, tanto en términos de primer costo como de mantenimiento. Los sistemas desecantes abiertos permiten un contacto directo entre la corriente de aire y el desecante, generalmente haciendo fluir el desecante sobre un lecho empacado similar a los usados en las torres de enfriamiento. Tales sistemas de lecho empacado tienen otras desventajas además de tener un riesgo de arrastre: la alta resistencia del lecho empacado a la corriente de aire da como resultado una mayor potencia del ventilador y caídas de presión a través del lecho empacado, lo que requiere más energía. Además, el proceso de deshumidificación es adiabático, ya que el calor de condensación que se libera durante la absorción de vapor de agua en el desecante no tiene lugar a donde ir. Como resultado, tanto el desecante como la corriente de aire se calientan por la liberación del calor de condensación. Esto da como resultado una corriente de aire caliente y seco donde se desea una corriente de aire seco y frío, lo que requiere la necesidad de un serpentín de enfriamiento posterior a la deshumidificación. El desecante más caliente también es exponencialmente menos efectivo para absorber el vapor de agua, lo que obliga que el sistema suministre cantidades mucho mayores de desecante al lecho empacado, que a su vez requiere una mayor potencia de la bomba del desecante, ya que el desecante está realizando una doble función, como desecante así como también como fluido de transferencia de calor. La mayor tasa de inundación del desecante también resulta en un mayor riesgo de arrastre del desecante. En general, la tasa de flujo de aire debe mantenerse muy por debajo de la región turbulenta (en números de Reynolds de menos de  $\approx 2,400$ ) para evitar el arrastre. La aplicación de una membrana microporosa a la superficie del desecante líquido tiene varias ventajas. Primero, evita que el desecante se escape (arrastre) a la corriente de aire y se convierta en una fuente de corrosión en el edificio. En segundo lugar, la membrana permite el uso de flujos de aire turbulentos que mejoran la transferencia de calor y humedad, lo que a su vez da como resultado un sistema pequeño, ya que se puede construir de manera más compacta. La membrana microporosa retiene el desecante típicamente al ser hidrofóbico y puede haber una penetración del desecante, pero solo a presiones significativamente más altas que la presión de operación. El vapor de agua en una corriente de aire sobre la membrana se difunde a través de la membrana hacia el desecante subyacente, dando como resultado una corriente de aire más seca. Si el desecante es al mismo tiempo más frío que la corriente de aire, también se producirá una función de enfriamiento, lo que resultará en un efecto de enfriamiento y deshumidificación simultáneos.

La solicitud de patente de Estados Unidos núm. 13/115,800, la publicación de la solicitud de patente de Estados Unidos núm. US 2012/0132513 A1, y la solicitud PCT núm. PCT/US11/037936 de Vandermeulen y otros divulgan varias modalidades para estructuras de placa para la deshumidificación de membranas de corrientes de aire. La solicitud de

patente de Estados Unidos núm. 13/915,199, la solicitud PCT núm PCT/US13/045161 y las solicitudes de patente de Estados Unidos núms. 61/658,205, 61/729,139, 61/731,227, 61/736,213, 61/758,035 y 61/789,357 de Vandermeulen y otros divulgan varios métodos y detalles para la fabricación de placas desecantes de membrana.

5 Kozubal (solicitud de patente de Estados Unidos núm. 2013/0340449) divulga un sistema de dos etapas (en las Figuras 17 y 18) para deshumidificar y enfriar una corriente de aire. La primera etapa este sistema comprende una placa de membrana sobre la cual se dirige una corriente de aire, que puede ser aire exterior. El lado posterior de la placa de membrana tiene una corriente de aire secundaria que también puede ser aire exterior. Un desecante líquido se vierte sobre el lado frontal y detrás de la membrana, lo que resulta en la absorción de humedad de la corriente de aire primaria.  
10 El calor liberado por la absorción de humedad se conduce a través de la pared de la placa hacia la corriente de aire secundaria, que se está humidificando con agua. La evaporación del agua provoca un efecto de enfriamiento cerca de la temperatura de bulbo húmedo de la corriente de aire secundaria. Por lo tanto, la corriente de aire que sale de la primera etapa es seca y cercana a la temperatura de bulbo húmedo de la corriente de aire secundaria. El aire que sale de la primera etapa se dirige ahora hacia una etapa de enfriamiento por evaporación indirecta que comprende un conjunto de placas con una superficie descubierta que forma un primer canal de aire y un canal de evaporación en el lado posterior de esas placas. Una parte del aire primario en la segunda etapa se vacía por sifón y se dirige al canal de evaporación posterior, donde se crea una cantidad significativa de enfriamiento. La cantidad máxima teórica de enfriamiento que se puede lograr en el lado posterior está cerca del punto de rocío de la corriente de aire primaria que ingresa a la segunda etapa. La combinación de las dos etapas puede así deshumidificar y enfriar una corriente de aire aunque con una pérdida de aproximadamente 25-30 % de la corriente de aire primaria en la segunda etapa hacia el canal de evaporación de esa etapa.

Los módulos de membrana a menudo sufren problemas en donde las capas de pegamento o de adhesión se ven afectadas por las diferencias de temperatura entre los distintos componentes. Esto es particularmente difícil en componentes que funcionan a altas temperaturas, como los regeneradores desecantes líquidos. Para inhibir el agrietamiento de los plásticos o las fallas de las uniones o adhesivos, se divulga una estructura de placa de 2 partes que tiene una primera parte fabricada de un plástico más duro (como, por ejemplo, ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno)) y una segunda parte fabricada de un material elástico (como, por ejemplo, caucho EPDM (Monómero de Etileno Propileno Dieno) o Poliuretano). Una de las ventajas de esta estructura es que el material elástico absorbe fácilmente las diferencias en los coeficientes de expansión, al tiempo que proporciona conductos de fluidos y otros elementos como sellos de borde para conductos de aire y elementos de turbulencia para esos mismos conductos de aire.

Los módulos de membrana a menudo sufren problemas en donde las capas de pegamento o de adhesión se ven afectadas por las diferencias de temperatura entre los distintos componentes. Esto es particularmente difícil en los componentes usados para la regeneración del desecante, ya que muchos plásticos comunes tienen altos coeficientes de expansión térmica. A menudo se emplean plásticos especiales para altas temperaturas que son costosos de usar en la fabricación. La unión de grandes áreas de superficie también crea problemas con la adhesión y puede causar fracturas por estrés con el tiempo. Las técnicas de encapsulación (típicamente, un plástico termoestable epoxídico vertido en líquido) tienen cierta capacidad de recuperación si el material de encapsulación sigue siendo algo elástico incluso después del curado. Sin embargo, los sistemas y métodos descritos en la presente descripción son significativamente más resistentes a la expansión causada por las altas temperaturas, lo que mantiene el proceso de fabricación simple y robusto.

Además, un problema cuando se construyen sistemas de acondicionadores y regeneradores para desecantes líquidos de 2 vías es que es difícil diseñar un sistema que proporcione una distribución uniforme del desecante en ambos lados de una lámina delgada de material de soporte plástico. Los sistemas y métodos descritos en la presente descripción muestran un método simple para exponer una corriente de aire a una serie de membranas que cubren el desecante.

Por lo tanto, sigue existiendo la necesidad de un sistema que proporcione un método rentable, que pueda fabricarse y térmicamente eficiente para capturar la humedad de una corriente de aire, al mismo tiempo que enfríe dicha corriente de aire y al mismo tiempo elimine el riesgo de contaminar dicha corriente de aire con partículas de desecante líquido.

Los intercambiadores de calor (en su mayoría para 2 fluidos) se usan con mucha frecuencia en muchas aplicaciones para la transferencia de calor y la recuperación de energía. La mayoría de los intercambiadores de calor se fabrican de metales como cobre, acero inoxidable y aluminio. En general, dichos intercambiadores de calor incorporan un elemento que intenta perturbar los flujos de fluido para mejorar la transferencia de calor entre el fluido y las superficies metálicas. Las capas límite en la superficie de los metales crean mayores resistencias a la transferencia de calor. En bastantes aplicaciones, uno o ambos fluidos pueden ser corrosivos para los metales comúnmente usados. Los recubrimientos de superficie pueden ayudar a prevenir la corrosión, pero también tienden a tener una menor transferencia de calor. Los metales que no son sensibles a la corrosión, como el titanio, generalmente se consideran costosos para usar y difíciles de trabajar con ellos. Pueden usarse plásticos, pero a menudo no pueden soportar las presiones de operación y las temperaturas que se usan típicamente para los fluidos. Por lo tanto, sigue existiendo la necesidad de un intercambiador de calor líquido a líquido resistente a la corrosión y rentable. Por otra parte, el documento US 2003/0230092 describe un acondicionador de aire que comprende una pluralidad de placas dispuestas en una configuración sucesivamente apilada con partes de las mismas con una disposición separada y definiendo entre pares de placas adyacentes sucesivas en las partes separadas una primera y segunda serie de conductos alternos en donde una primera corriente de aire pasa a través de la primera serie de conductos y una segunda corriente de aire pasa a través de la segunda serie de conductos; y dicha configuración

apilada de placas forma integralmente aquí un medio de suministro de líquido para suministrar desde una fuente una cantidad suficiente de un líquido a las superficies internas de la primera serie de conductos de fluido de manera de proporcionar un flujo continuo del líquido desde un primer extremo a un segundo extremo de la pluralidad de placas mientras está en contacto con la primera corriente de aire.

5

## Resumen

En la presente descripción se proporciona un método para fabricar un intercambiador de calor de tres vías para su uso en un sistema de aire acondicionado desecante de acuerdo con la reivindicación 1 y un intercambiador de calor de tres vías para su uso en un sistema de aire acondicionado desecante de acuerdo con la reivindicación 4. De acuerdo con una o más modalidades el desecante líquido fluye hacia abajo de la cara de una placa de soporte como una película descendente. De acuerdo con una o más modalidades, el desecante líquido está cubierto por una membrana microporosa de manera que el desecante líquido no puede entrar en la corriente de aire, pero el vapor de agua en la corriente de aire puede ser absorbido en el desecante líquido. En algunas modalidades, la corriente de aire contiene un turbulador: un material que induce turbulencia en el flujo de aire para que el aire no se vuelva laminar sobre la superficie del desecante. En algunas modalidades, el turbulador es un material de malla de plástico. En algunas modalidades, el turbulador es una serie de cables de plástico que se extienden a través del flujo de aire. En algunas modalidades, la membrana es una membrana de polipropileno estirada biaxialmente. En algunas modalidades, el desecante líquido fluye a través de un material absorbente tal como un material flocado que usa fibras flocadas de nailon o rayón. En algunas modalidades, la membrana se une a través de la pantalla o material absorbente en una placa de soporte. En algunas modalidades, la placa de soporte es un plástico rígido formado térmicamente, tal como una placa formada fabricada a partir de un material plástico común (reciclado) como tereftalato de polietileno ((R)PET), polipropileno (PP), polietileno (PE), poliestireno (alto impacto) ((HI)PS), acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), policarbonato (PC) o de otro plástico adecuado. En algunas modalidades, las placas de soporte están dopadas con aditivos retardadores de fuego o aditivos conductores térmicos. En algunas modalidades, los elementos de salida y distribución del desecante se forman en la placa de soporte para garantizar que el desecante se distribuya uniformemente a lo largo de la superficie de la placa y entre varias placas similares. En algunas modalidades, los elementos de distribución contienen canales de resistencia de salida destinados a inducir una cierta cantidad de presión posterior en las salidas para garantizar tasas de flujo uniformes entre los múltiples orificios de salida en la placa de soporte. En algunas modalidades, los canales de resistencia de salida permiten que el desecante fluya hacia una estructura de distribución de líneas horizontales y puntos que están diseñados para distribuir el desecante uniformemente y ralentizar el régimen de flujo del desecante. En algunas modalidades, la placa de soporte contiene crestas formadas diseñadas para formar una parte de un canal de aire. En algunas modalidades, la placa de soporte contiene otras crestas diseñadas para formar un sello líquido entre dos placas de soporte cuando esas dos placas están unidas entre sí. En algunas modalidades, múltiples líquidos pueden dirigirse a varias áreas en las superficies frontal y posterior de las placas de soporte. En algunas modalidades, el molde termoconformado puede cambiarse mediante el uso de inserciones que permiten que una placa de soporte soporte una corriente de aire vertical y después de cambiar el molde inserta otra placa de soporte para soportar una corriente de aire horizontal. En algunas modalidades, la placa de soporte se enfría en el lado opuesto por un fluido refrigerante. En algunas modalidades, la placa de soporte se enfría en el lado opuesto por evaporación de agua en una corriente de aire secundaria. En algunas modalidades, el fluido refrigerante es agua o una mezcla agua/glicol. En algunas modalidades, el fluido refrigerante fluye a través de una malla plástica en donde la malla plástica establece la distancia entre la placa de soporte y una segunda placa de soporte y en donde el fluido refrigerante se hace turbulento por la malla. En algunas modalidades, la malla es una malla plástica de diamante de doble plano. En algunas modalidades, la segunda placa de soporte está unida a la primera placa de soporte mediante una serie de puntos adhesivos para que las placas no sobresalgan debido a la presión en el fluido refrigerante. En algunas modalidades, las placas de soporte se forman de manera de formar elementos similares de la malla de diamante directamente en la placa de soporte. En algunas modalidades, la placa de soporte está unida a una segunda placa de soporte en donde ambas placas contienen elementos que cumplen las funciones de la malla de diamante: establecer una distancia fija entre las dos placas de soporte y crear un flujo de fluido refrigerante de la mezcla turbulenta. En algunas modalidades, los elementos del material absorbente o del material de pantalla en el lado del desecante también se incorporan en las placas de soporte. En algunas modalidades, los puntos de pegamento en uno o ambos lados del desecante o del fluido refrigerante se reemplazan por una unión térmica, una unión ultrasónica o algún otro método de unión para conectar a una membrana o a una segunda placa de soporte. En algunas modalidades, la placa de soporte en sí misma contiene un adhesivo sobre el plástico que se activa mediante algún proceso, ya sea por calor, sonido ultrasónico o microondas o algún otro método adecuado.

En algunas modalidades, la malla de diamante comprende un plástico co-extruido y un adhesivo. En algunas modalidades, el plástico se recubre con un adhesivo en una etapa de proceso separada. En algunas modalidades, la segunda placa de soporte proporciona una segunda pantalla y malla y se enfrenta a un segundo espacio de aire que contiene un segundo turbulador de aire. En algunas modalidades, un conjunto de placa de membrana así construido se proporciona con múltiples orificios de suministro y drenaje de líquido para que se logre una distribución uniforme de líquido a través de las superficies de la membrana y las placas de soporte. En algunas modalidades, los puertos pueden reconfigurarse de modo que el aire pueda dirigirse de forma horizontal o vertical a través de las membranas. En algunas modalidades, el turbulador de aire se construye de manera que sea eficaz tanto para un flujo de aire horizontal como vertical. En algunas modalidades, los puertos de líquido pueden configurarse de modo que el fluido refrigerante fluya siempre en contra de la dirección del flujo de aire para que se obtenga una función de intercambio de calor a contracorriente. En algunas modalidades, los puertos de drenaje a la placa se construyen de manera que proporcionen un vaciado por sifón de los

5  
10  
líquidos que salen, creando de esta manera una presión negativa entre las placas de soporte con respecto a la presión atmosférica y una presión negativa entre la placa de soporte y la membrana lo que asegura que la membrana se mantenga plana contra el material de pantalla o el tejido absorbente. En algunas modalidades, los sellos principales entre las placas de soporte se construyen para proporcionar una función de autodrenaje para que no queden líquidos dentro del sistema de placa de membrana. En algunas modalidades, los elementos de autodrenaje se forman térmicamente y directamente en la placa de soporte. En algunas modalidades, dichos sellos de autodrenaje crean áreas separadas para los desecantes líquidos y para los fluidos refrigerantes, de modo que una fuga en uno de los sellos no afectará al otro fluido. En algunas modalidades, los puntos de pegamento se minimizan para aprovechar el vaciado por sifón de los líquidos que salen de los canales de la placa, maximizando de esta manera el área de membrana disponible.

15  
20  
Se proporcionan sistemas y métodos en donde los conjuntos de placa de soporte descritos en la sección anterior se conectan mediante la unión térmica de dos placas entre sí, formando de esta manera un canal de aire. En algunas modalidades, cada una de las placas de soporte tiene una membrana unida a sus lados frontales (mirando hacia el espacio de aire). En algunas modalidades, las placas de soporte tienen un material absorbente en el lado posterior (lejos del espacio de aire). En algunas modalidades, las placas de soporte tienen un material absorbente en ambos lados o una membrana en ambos lados. En algunas modalidades, un turbulador de aire se añade al canal de aire mientras que los dos soportes de placas se unen entre sí. En algunas modalidades, el turbulador de aire es otra placa termoconformada o moldeada por inyección que usa plásticos similares a las placas de soporte. En algunas modalidades, el turbulador de aire se fabrica mediante el uso de una malla de plástico extrudido.

25  
En algunas modalidades, una serie de placas y separadores construidos como se discutió anteriormente se colocan en un módulo de membrana. En algunas modalidades, el módulo de membrana contiene una serie de placas más grandes. En algunas modalidades, los puertos en el módulo de membrana pueden reconfigurarse de manera que el fluido refrigerante siempre se dirija contra el flujo de la corriente de aire. En algunas modalidades, el fluido refrigerante se reemplaza por un fluido de calentamiento. En algunas modalidades, el fluido de calentamiento se usa para evaporar vapor de agua del desecante en la corriente de aire a través de la membrana en lugar de absorber vapor de agua en el desecante cuando el fluido está frío.

30  
35  
40  
45  
De acuerdo con una o más modalidades, se describen módulos de tratamiento de aire que comprenden materiales rígidos y flexibles alternos. En algunas modalidades, el elemento flexible forma un canal de distribución de líquido en el lado superior del módulo y un canal de distribución de líquido similar en el lado inferior del módulo, conectado por dos placas de soporte de membrana más rígidas. En algunas modalidades, las placas de soporte tienen orificios para el suministro de fluido y drenaje de fluido incorporados en ellas. En algunas modalidades, las placas de soporte tienen una serie de membranas unidas sobre ellas. En algunas modalidades, las membranas están conectadas a la placa de soporte mediante el uso de un adhesivo. En algunas modalidades, el adhesivo se aplica mediante el uso una plantilla o material de pantalla que también imprime sellos de borde, puntos de soporte para sujetar y distribuir la membrana y los canales de salida para reducir la régimen de flujo del desecante mediante el uso del adhesivo. En algunas modalidades, el sello de borde, los puntos de soporte para sujetar y distribuir la membrana y los canales de salida para reducir la régimen de flujo del desecante y otros elementos se integran en la placa de soporte durante el proceso de conformado térmico. En algunas modalidades, la placa de soporte termoconformada también contiene una serie de elementos dentro de los puntos de soporte que se dirigen lejos de la membrana para que la malla de agua de diamante se pueda eliminar y para evitar la condensación en los puntos de soporte. En algunas modalidades, la placa de soporte se fabrica mediante el uso de un proceso de moldeado por inyección. En algunas modalidades, la placa de soporte moldeada por inyección también contiene una serie de elementos dentro de los puntos de soporte que se dirigen lejos de la membrana para que la malla de agua de diamante se pueda eliminar y para evitar la condensación en los puntos de soporte. En algunas modalidades, la placa de soporte se fabrica mediante el uso de un proceso de conformación térmica de doble pared u otro proceso de fabricación adecuado.

50  
55  
En algunas modalidades, el turbulador termoconformado tiene paredes inclinadas en ángulo con respecto a la corriente de aire. En algunas modalidades, las paredes del turbulador se inclinan alternativamente en ángulos opuestos a la corriente de aire. En algunas modalidades, las paredes del turbulador se hacen más pequeñas en la dirección aguas abajo. En algunas modalidades, el turbulador tiene una estructura secundaria que contiene paredes que dirigen la corriente de aire hacia la dirección opuesta desde la estructura de la pared primaria de manera que se mejora la rotación en la corriente de aire. En algunas modalidades, la combinación de paredes primarias y secundarias da como resultado una corriente de aire en contra-rotación a través de un canal de aire.

60  
65  
También se proporcionan métodos y sistemas en donde el lado posterior de una placa termoconformada recibe líneas adhesivas, por ejemplo, a partir de un robot de pegado. En algunas modalidades, las líneas adhesivas forman un suministro de líquido o un canal de drenaje. En algunas modalidades, el suministro de líquido o el canal de drenaje tienen una forma tal que los fluidos pueden drenar fácilmente de ellos cuando se apaga la bomba de líquido. En algunas modalidades, las líneas adhesivas se forman para crear un área para el flujo de líquido en una dirección generalmente dirección vertical. En algunas modalidades, las líneas adhesivas se complementan con una serie de puntos o líneas más pequeñas para unir dos de las placas termoconformadas entre sí y para garantizar una distribución uniforme del líquido a través del lado posterior de las placas termoconformadas. En algunas modalidades, las líneas adhesivas se forman para crear un área para el flujo de líquido en una dirección generalmente horizontal. En algunas modalidades, las líneas adhesivas se forman para crear un área para el flujo de líquido en un patrón de flujo alternando verticalmente hacia arriba y hacia abajo. En

5 algunas modalidades, las líneas que crean los canales ascendentes y descendentes no se extienden hasta los bordes para permitir que el agua drene y el aire salga de la estructura de canal. En algunas modalidades, hay dos puertos de suministro y dos puertos de drenaje para los canales de agua y hay dos secciones de canales de agua hacia arriba y hacia abajo creados por los canales de pegado al tiempo que se mantiene la capacidad de permitir que el agua drene y el aire escape de la estructura canal.

10 Se proporcionan sistemas y métodos en donde los conjuntos de placa de soporte descritos en la sección anterior están conectados mediante la unión térmica de dos placas entre sí, formando de esta manera un canal de aire primario. En algunas modalidades, se forma un canal de aire secundario mediante el uso de líneas adhesivas en el lado posterior de las placas de soporte. En algunas modalidades, el canal de aire primario está en una orientación vertical y el canal de aire secundario está en una orientación horizontal. En algunas modalidades, la corriente de aire del canal de aire primario está expuesta a agua o un desecante líquido detrás de una membrana opcional. En algunas modalidades, el canal de aire secundario es un canal seco sin líquidos en la superficie de esta manera creando de esta manera un sistema enfriamiento por evaporación indirecta si el canal de aire primario utiliza agua. En algunas modalidades, el canal de aire secundario es un canal húmedo en donde el agua o el agua de mar se proporciona como un líquido secundario en la superficie del canal secundario en un material absorbente tal como un flocado hecho con materiales como nailon o rayón. En algunas modalidades, dicho canal enfría el canal primario y el canal primario contiene un desecante para enfriar y deshumidificar la corriente de aire primaria. En algunas modalidades, el canal de aire secundario usa líneas adhesivas para contener y dirigir el líquido secundario. En algunas modalidades, los elementos de dirección de aire también se logran mediante el uso de líneas adhesivas en el canal secundario.

25 Se proporcionan sistemas y métodos en donde los conjuntos de placa de soporte descritos en la sección anterior están conectados mediante la unión térmica de dos placas entre sí, formando de esta manera un canal de aire primario. En algunas modalidades, el aire seco y relativamente caliente se dirige a través del canal de aire primario. En algunas modalidades, el canal de aire primario está en el lado posterior de las placas y es un canal seco sin líquidos en sus paredes. En algunas modalidades, el canal secundario está en el lado frontal de las placas y recibe una parte del aire primario que se dirige en un contraflujo a la corriente de aire primaria. En algunas modalidades, la corriente de aire secundaria se dirige sobre un área de membrana detrás de la cual fluye agua o agua de mar. En algunas modalidades, el flujo de aire secundario crea un fuerte efecto de enfriamiento en el canal de aire primario que resulta en una corriente de aire primaria saliente que es fría y seca. En algunas modalidades, la corriente de aire de salida secundaria es relativamente cálida y muy húmeda. En algunas modalidades, las líneas adhesivas para el canal de aire primario se extienden de manera que crean un sello de borde para el canal de aire.

35 Se proporcionan sistemas y métodos en donde los conjuntos de placa de soporte descritos anteriormente están conectados entre sí mediante la unión térmica de dos placas, formando de esta manera un canal de aire primario. En algunas modalidades, las placas tienen provisiones para dos líquidos y dos corrientes de aire. En algunas modalidades, el aire seco y relativamente caliente se dirige a través de un canal de aire primario. En algunas modalidades, el canal de aire primario está en el lado frontal de las placas y es un canal húmedo con un primer líquido en sus paredes. En algunas modalidades, el primer líquido es un desecante líquido. En algunas modalidades, se forma un canal secundario en el lado posterior de las placas y recibe una corriente de aire secundaria. En algunas modalidades, la corriente de aire secundaria se dirige sobre un área húmeda, que tiene agua o agua de mar que fluye sobre ella, constituyendo un segundo líquido. En algunas modalidades, el flujo de aire secundario a través del segundo líquido crea un efecto de enfriamiento en el canal de aire primario que resulta en una corriente de aire primaria saliente que está fría y seca. En algunas modalidades, la corriente de aire de salida secundaria es relativamente cálida y húmeda. En algunas modalidades, las líneas adhesivas para el canal de aire secundario se extienden de manera que se crea un sello de borde para el canal de aire. En algunas modalidades, la corriente de aire en el canal secundario se dirige primero desde una orientación principalmente vertical a un flujo horizontal contrario al flujo en el canal de aire primario. Subsecuentemente el flujo se desvía para volverse vertical nuevamente y convertirse en un flujo de aire de escape. En algunas modalidades, el primer líquido se dirige por los canales adhesivos hacia el lado frontal de las placas de soporte. En algunas modalidades, el segundo líquido se dirige por los canales adhesivos para formar una superficie húmeda en el lado posterior de las placas de soporte. En algunas modalidades, las placas de turbulencia pueden agregarse en los canales de aire primario y/o secundario. En algunas modalidades, los elementos se agregan mediante el uso de líneas adhesivas o partes termoconformadas de las placas de soporte para asegurar una distribución uniforme de flujo de aire a lo largo de los canales de aire primario y secundario.

55 Se proporcionan sistemas y métodos en donde los conjuntos de placa de soporte descritos anteriormente se forman con dos etapas distintas y se conectan mediante la unión térmica de dos placas entre sí formando de esta manera un canal de aire primario. En algunas modalidades, las placas tienen provisiones para dos etapas, cada una con dos líquidos y dos corrientes de aire. En algunas modalidades, la primera etapa recibe una corriente de aire relativamente caliente y húmeda en el canal primario. En algunas modalidades, la primera etapa contiene un desecante detrás de una membrana microporosa expuesta al canal de aire primario. En algunas modalidades, el lado posterior de la primera etapa contiene un canal de evaporación con un flujo de aire secundario. En algunas modalidades, el lado posterior de la primera etapa contiene un canal de líquido con un fluido de transferencia de calor. En algunas modalidades, el flujo de aire secundario está en contraflujo a la corriente de aire en el canal primario. En algunas modalidades, el fluido de transferencia de calor está en contraflujo a la corriente de aire en el canal primario. En algunas modalidades, el aire tratado de la primera etapa en el canal primario se dirige a una segunda etapa que contiene una membrana no microporosa detrás de la cual fluye un desecante líquido. En algunas modalidades, la segunda etapa proporciona enfriamiento evaporativo indirecto tanto al

aire en el canal primario como al desecante detrás de la membrana no microporosa. En algunas modalidades, el lado posterior de la segunda etapa contiene un canal de evaporación con un flujo de aire secundario. En algunas modalidades, el lado posterior de la segunda etapa contiene un canal de líquido con un fluido de transferencia de calor. En algunas modalidades, el flujo de aire secundario está en contraflujo a la corriente de aire en el canal primario. En algunas modalidades, el fluido de transferencia de calor en el lado posterior de la segunda etapa está en contraflujo a la corriente de aire en el canal primario en la segunda etapa. En algunas modalidades, parte del aire que sale de la segunda etapa se dirige hacia el canal de aire secundario en el lado posterior de la segunda etapa. En algunas modalidades, la segunda etapa contiene disposiciones para dos líquidos y dos corrientes de aire. En algunas modalidades, el primer líquido en la segunda etapa es un desecante líquido y se dirige detrás de una membrana no microporosa expuesta a un canal de aire primario. La membrana no microporosa proporciona un enfriamiento sensible del desecante líquido pero no puede tener lugar ningún intercambio de masa. En algunas modalidades, el segundo líquido es agua o agua de mar y se dirige al lado posterior de la placa donde se crea un canal humedecido para una corriente de aire secundaria. En algunas modalidades, el canal secundario en la segunda etapa crea un efecto de enfriamiento significativo, enfriando así el desecante líquido y el canal de aire primario en la segunda etapa. En algunas modalidades, la corriente de aire en el canal secundario de la segunda etapa se desvía mediante líneas adhesivas para que fluya uniformemente. En algunas modalidades, la corriente de aire en el canal secundario de la segunda etapa se desvía mediante líneas adhesivas para convertirse en una corriente de aire de escape. En algunas modalidades, el desecante líquido y el exceso de agua de la segunda etapa se recolectan en el lado inferior de la segunda etapa y se dirigen como entradas a una primera etapa. Ya que tanto el desecante líquido como el exceso de agua están relativamente fríos, la primera etapa funcionará de manera más efectiva y el desecante líquido puede operarse a concentraciones más bajas. En algunas modalidades, el desecante líquido se proporciona primero a la segunda etapa detrás de una membrana no porosa o capa delgada, de modo que el desecante se enfríe sensiblemente y luego el desecante enfriado se dirige a la primera etapa donde se dirige detrás de una membrana porosa y donde estará deshumidificando y enfriando la corriente de aire. En algunas modalidades, el agua se dirige primero hacia el lado posterior de la primera etapa y el exceso de agua que no se ha evaporado se recoge en el lado inferior de la primera etapa y luego se dirige hacia el lado posterior de la segunda etapa donde tiene lugar una segunda etapa de evaporación.

Se proporcionan métodos y sistemas en donde dos líquidos intercambian calor entre ellos a través de una serie de placas plásticas termoconformadas paralelas. En algunas modalidades, los fluidos son fluidos corrosivos. En algunas modalidades, los fluidos funcionan como desecantes. En algunas modalidades, los desecantes contienen LiCl, CaCl<sub>2</sub>, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, LiBr y agua u otras disoluciones de sal de Haluro. En algunas modalidades, un líquido está caliente y el otro líquido está frío. En algunas modalidades, la estructura de placa paralela comprende placas con un sello de borde adhesivo. En algunas realizaciones, el material plástico es un tereftalato de polietileno (reciclado) ((R)PET), polipropileno (PP), polietileno (PE), poliestireno (alto impacto) ((HI)PS), acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), policarbonato (PC) u otro plástico adecuado. En algunas modalidades, las placas se termoconforman de manera de proporcionar en el primer canal de líquido sellos de suministro de líquido y sellos de borde, así como elementos de turbulencia en el primer canal. En algunas modalidades, el segundo canal de líquido contiene un material de malla para distribuir uniformemente el flujo líquido en el segundo canal. En algunas modalidades, el segundo canal contiene líneas adhesivas que forman un sello de borde así como también líneas adhesivas que forman sellos de suministro de líquido y/o elementos de distribución de líquido.

Se proporcionan métodos y sistemas en donde dos líquidos intercambian calor entre ellos a través de una serie de placas plásticas termoconformadas paralelas. En algunas modalidades, los dos canales de líquido se forman en una placa única termoconformada. En algunas modalidades, la placa termoconformada contiene formas que son una imagen de espejo entre sí de manera que cuando la placa se dobla en el centro, los elementos opuestos se encuentran y algunos de los elementos opuestos pueden unirse por calor o adherirse para formar un canal de líquido. En algunas modalidades, el canal de líquido así formado contiene sellos de borde, sello para el líquido en un segundo canal y elementos de turbulencia o distribución destinadas a mejorar la transferencia de calor y promover la uniformidad del líquido. En algunas modalidades, se forma un segundo canal sobre la placa plegada del primer canal mediante un conjunto de líneas adhesivas. En algunas modalidades, el canal de líquido adhesivo así formado contiene sellos de borde, sello para el líquido en el primer canal y elementos de turbulencia o distribución destinadas a mejorar la transferencia de calor y promover la uniformidad del líquido. En algunas modalidades, varios de los pares de placas así formados se apilan juntos para formar un intercambiador de calor completo.

Se proporcionan métodos y sistemas en donde un material primario de placa termoconformada se proporciona con una capa de cubierta de un plástico de bajo punto de fusión tal como polietileno. En algunas modalidades, la capa de cubierta se adhiere a la membrana mediante la aplicación de calor. En algunas modalidades, se aplica una capa de cubierta al material termoconformado de base y, subsecuentemente, se aplica un tratamiento de corona, plasma, mecánico o químico a la capa de cubierta para mejorar la distribución del líquido sobre la capa de cubierta. En algunas modalidades, el lado posterior del material termoconformado de base también es plasma de corona, tratado mecánica o químicamente para mejorar la adhesión de otros materiales como sellos adhesivos. En algunas modalidades, el lado posterior del material termoconformado se proporciona con un material de flocado o absorbente para mejorar la distribución del fluido y la evaporación.

De ninguna manera la descripción de las solicitudes pretende limitar la descripción a estas solicitudes. Pueden imaginarse muchas variaciones en la construcción para combinar los diversos elementos mencionados anteriormente, cada uno con

sus propias ventajas y desventajas. La presente divulgación de ninguna manera se limita a un conjunto particular o combinación de tales elementos.

#### Breve descripción de las figuras

- 5 Las Figuras 1A y 1B (colectivamente, la Figura 1) representan una construcción de placa de membrana de tres vías.  
Las Figuras 2A y 2B (colectivamente la Figura 2) muestran una construcción de placa de membrana de 3 vías termoconformada en donde el canal de fluido de transferencia de agua o calor se forma con los componentes termoconformados.
- 10 La Figura 3 muestra una estructura de placa termoconformada de 3 fluidos en donde los canales de aire y desecante se forman en la placa y el flujo de aire se dirige para ser vertical.  
La Figura 4 muestra una estructura de placa termoconformada de 3 fluidos en donde los canales de aire y desecante se forman en la placa y el flujo de aire se dirige para ser horizontal.
- 15 La Figura 5 ilustra un detalle de la esquina superior derecha de la Figura 3 y la Figura 4 que muestran elementos diseñados para garantizar un flujo de desecante uniforme sobre la placa.  
La Figura 6 muestra los elementos y los componentes en el lado posterior de la placa termoconformada de la Figura 3 y la Figura 4.  
La Figura 7 muestra los primeros pares de dos placas en un módulo de membrana de tres fluidos en donde cada par de dos placas contiene dos de las placas en la Figura 3 y en donde las dos placas están unidas entre sí para formar un canal de aire.
- 20 La Figura 8A muestra formas alternativas de dirigir los fluidos de transferencia de calor en el lado posterior de la placa de la Figura 6 en donde la dirección del flujo de fluido de transferencia de calor es principalmente vertical, y desde el lado inferior hasta el lado superior de la placa.  
La Figura 8B muestra formas alternativas de dirigir los fluidos de transferencia de calor en el lado posterior de la placa de la Figura 6 en donde la dirección del flujo de fluido de transferencia de calor es principalmente horizontal y desde el lado derecho al lado izquierdo de la placa.
- 25 La Figura 9A ilustra una forma alternativa de dirigir un fluido de transferencia de calor en el lado posterior de la placa de la Figura 6, en donde el fluido se dirige alternativamente hacia arriba y hacia abajo a lo largo del lado posterior de la placa y generalmente a contraflujo hacia la corriente de aire presente en el lado opuesto de la placa.  
La Figura 9B ilustra un método alternativo de dirigir un fluido de transferencia de calor en el lado posterior de la placa de la Figura 6, en donde el fluido se proporciona desde dos puertos de suministro y se dirige a dos puertos de drenaje y generalmente fluye en una dirección contraria a la corriente de aire presente en el lado opuesto de la placa, mientras se mantiene la capacidad de eliminar aire atrapado en las placas y la capacidad de autodrenaje cuando se detiene el flujo de agua.
- 30 La Figura 10A muestra una estructura termoconformada del turbulador de aire que se pretende usar en un canal de aire de un módulo de membrana de 2 o 3 fluidos para mejorar la transferencia de calor y masa en el canal de aire.  
La Figura 10B muestra un detalle de la estructura del turbulador de aire de la Figura 10A.  
La Figura 11 muestra una estructura de turbulador de aire alternativa, que comprende una malla extruida de plástico o metal.
- 40 La Figura 12 ilustra una vista en despiece de toda la estructura del par de 2 placas del módulo de membrana de la trayectoria 3 fluidos de la Figura 7, en donde un fluido es aire, otro es un desecante líquido o agua detrás de una membrana delgada y el tercero es un fluido de transferencia de calor y el aire y el fluido de transferencia de calor se encuentran en una dirección vertical de contraflujo.  
La Figura 13A ilustra una vista en despiece de una estructura alternativa de un par de 2 placas de módulo de membrana de trayectoria de 3 fluidos, en donde un fluido es aire, otro es un desecante líquido o agua detrás de una membrana delgada y el tercero es una corriente de aire limpiador humidificado en un flujo cruzado en dirección a la otra corriente de aire.
- 45 La Figura 13B muestra una vista en sección transversal de la parte inferior de la placa 301 de la Figura 13A.  
La Figura 13C muestra una sección en primer plano del área de placa/membrana de la placa 301 de la Figura 13B.  
La Figura 13D ilustra una sección transversal de un conjunto de dos de las placas 301 de la Figura 13A.  
La Figura 13E muestra una sección transversal en primer plano del conjunto de placa de la Figura 13D e ilustra donde puede ocurrir condensación.  
La Figura 13F muestra una modalidad alternativa de la Figura 13E diseñada para prevenir la condensación mediante el uso de una parte termoconformada.
- 50 La Figura 13G ilustra otra modalidad más de la Figura 13E también diseñada para prevenir la condensación mediante el uso de un núcleo moldeado por inyección.  
La Figura 14 ilustra una vista en despiece de una estructura alternativa de un par de 2 placas de módulo de membrana de trayectoria de 3 fluidos, en donde un fluido es una corriente de aire secundaria, otro es un desecante líquido o agua (mar) detrás de una membrana delgada y el tercero es una corriente de aire seco primario en una dirección de flujo transversal a la otra corriente de aire.
- 60 La Figura 15 ilustra un aspecto frontal de un módulo alternativo de membrana de trayectoria de 3 fluidos, en donde un fluido es una corriente de aire primaria, otro es un desecante líquido o agua (mar) detrás de una membrana delgada y la tercera es una corriente de aire secundaria expuesta al desecante líquido o agua (mar) en una dirección de contraflujo a la corriente de aire primaria.
- 65 La Figura 16 ilustra un aspecto posterior de la estructura de placa de la Figura 15 que muestra el canal de aire primario y el sistema de recolección y distribución de agua (mar) o desecante.



La Figura 17A muestra un aspecto frontal de una estructura de placa de módulo de membrana de trayectoria de 4 fluidos en donde una corriente de aire primaria se expone a un desecante líquido o agua (mar) detrás de una membrana delgada y en donde se expone un segundo líquido (desecante o agua (mar)) a una corriente de aire secundaria en el lado posterior de la placa y en contraflujo a la corriente de aire primaria.

5 La Figura 17B muestra el mismo aspecto frontal de la estructura de placa de la Figura 17A con la estructura de turbulencia de aire eliminada.

La Figura 17C muestra el mismo aspecto frontal de la estructura de placa de la Figura 17A con la estructura de aire turbulento y la membrana eliminada.

10 La Figura 17D muestra un aspecto posterior de la estructura de placa de la Figura 17A que ilustra cómo se dirige la corriente de aire secundaria para que esté en contraflujo a la corriente de aire primaria.

La Figura La Figura 18A muestra un aspecto frontal de una estructura de placa que utiliza 2 secciones para deshumidificar o enfriar una corriente de aire primaria. En la primera sección tiene lugar el enfriamiento y la deshumidificación y una sección activa utiliza una membrana micro-porosa y en la segunda sección, el enfriamiento se lleva a cabo utilizando una película delgada no porosa para enfriar la corriente de aire, así como un material desecante.

15 La Figura 18B muestra un aspecto posterior de una estructura de placa de la Figura 18A que utiliza 2 secciones para enfriar el aspecto frontal. En una sección, el enfriamiento se consigue mediante el sifonado de un poco de aire primario desde el aspecto frontal y en la otra sección el enfriamiento se consigue mediante la utilización de una corriente de aire secundaria. Ambas corrientes de aire están principalmente en flujo contrario a la corriente de aire primaria.

20 La Figura 18C muestra el aspecto frontal de la estructura de placa de la Figura 18A con una trayectoria desecante y una trayectoria de evaporación de agua que comienzan en la segunda sección y posterior a una primera sección de la placa.

La Figura 19 ilustra una estructura de placa termoconformada para funcionar como un intercambiador de calor entre fluidos, principalmente líquidos.

La Figura 20A ilustra una modalidad alternativa de un intercambiador de calor de placas termoconformadas en donde se forman dos mitades en una sola placa.

25 La Figura 20B muestra la estructura de placa o la Figura 20A que está plegada en una estructura de par de placas.

La Figura 21 ilustra la formación de un segundo canal de líquido en la estructura de placa de la Figura 20B mediante el uso un adhesivo.

#### Descripción detallada

30

La Figura 1 ilustra una estructura de placa de 3 fluidos en donde el primer fluido se dirige verticalmente a través de una malla 1572 a lo largo de una superficie de membrana 603. Un desecante líquido se dirige detrás de la membrana 603 hacia una malla delgada 606, que funciona para establecer la distancia y distribuir el desecante líquido sobre la superficie de las placas de soporte 609. Las placas de soporte 609 están montadas para formar un canal de agua con una malla de agua 608. La malla de agua 608 también funciona para distribuir el agua uniformemente entre las dos placas 609 y para mantener las dos placas 609 en diferencias uniformes. El canal de agua se mantiene típicamente bajo una presión negativa con respecto a la atmósfera y la malla de agua sirve para mantener las placas 609 planas bajo esa presión negativa. Del mismo modo, el desecante suele aspirar a través de la malla 606 y, por lo tanto, la malla 606 también funciona para mantener el canal del desecante a una distancia fija y uniforme de la placa de soporte. Un beneficio adicional de tener presión negativa con respecto a la atmósfera tanto en el canal del desecante como en el canal del agua es que cualquier fuga que ocurra en la membrana 603 o en los sellos 1302 resultará en que entre aire o agua en el desecante, en lugar de que el desecante o el agua salgan de la estructura de placa. Esto hace al sistema inherentemente seguro para pérdidas de líquido.

45

La Figura 2 ilustra una modalidad alternativa, en donde las placas de soporte 1581, la malla de canal de agua 1582 y la malla de desecante 1583 se han (termo)formado en la propia estructura de placa de soporte. Dos placas 1581 pueden unirse por calor para formar una estructura de placa de membrana y múltiples estructuras placa de membrana pueden unirse con las estructuras de sellado en un módulo de membrana. Aunque la estructura puede funcionar, una modalidad alternativa sería termoconformar la estructura de canal de aire en lugar de la estructura de canal de agua. Este enfoque tiene tres ventajas principales: primero, la termoconformación de la estructura de canal de aire permite reducir dramáticamente el número de sellos de agua como se ilustrará más adelante, porque cada sello de agua se puede formar en las placas de soporte. En segundo lugar, la unión de membrana es más fácil y la membrana se puede mantener plana en lugar de tener que ajustarse a las ranuras más profundas que se muestran en la Figura 2. En tercer lugar, las partes restantes del canal de agua, como la malla de agua, aún pueden formarse en el termoconformado si se desea y las placas pueden ensamblarse con muchas estructuras de flujo diferente como se demostrará.

60

La Figura 3 ilustra un aspecto frontal de una estructura de placa de tres fluidos termoconformada en donde la corriente de aire entrante 309 está en una orientación principalmente vertical. La placa formada 301 contiene elementos para la distribución de aire y agua, algunos de las cuales se ilustrarán en figuras posteriores. La placa formada generalmente se fabrica a partir de un material plástico común como tereftalato de polietileno (reciclado) ((R)PET), polipropileno (PP), polietileno (PE), poliestireno (alto impacto) ((HI)PS), acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), policarbonato (PC) u otro plástico adecuado. Es posible recubrir el material plástico con una capa adhesiva para ayudar a la adhesión de otros componentes o usar un recubrimiento flocado u otro recubrimiento hidrofílico para ayudar a distribuir líquidos sobre la superficie. Los recubrimientos flocados se realizan generalmente con materiales hidrofílicos, como hilos cortados de nailon o rayón y se aplican fácilmente a los materiales de la placa.

65

Los puertos de suministro de desecante líquido 302 (que usan un canal adhesivo, que se mostrará en la Figura 6), funcionan para dirigir el desecante líquido (u otros líquidos, como el agua o el agua de mar) hacia una zona cabecera. El desecante líquido se dirige luego a una zona de distribución, lo que garantiza que el desecante se distribuya uniformemente a través de la placa 301. La zona activa comprende pequeños puntos 308 hechos mediante el uso de un adhesivo o formados directamente en la placa y unidos térmicamente o soldados por ultrasonidos a una membrana opcional. Los puntos 308 funcionan para contener la membrana plana y también continúan distribuyendo el desecante asegurando una caída vertical uniforme y lenta del desecante. Los puntos son normalmente de aproximadamente 2-3 mm de diámetro y separados 7-8 mm, de una forma que menos de 10-15 % de la superficie activa se usa por los puntos de pegamento. Por supuesto, es conveniente mantener los puntos al mínimo para garantizar el área activa más grande. La película desecante que cae finalmente llega a una zona de recolección que contiene una serie de ranuras de salida 307, que llevan el desecante líquido a un conjunto de orificios de drenaje 306. Sería posible no usar una membrana en la superficie y confiar en el material de flocado para su distribución. La membrana puede ser una membrana microporosa permeable a las moléculas gaseosas como la membrana Celgard EZ9020 fabricada por Celgard LLC, 13800 South Lakes Drive, Charlotte, SC 28273. Sin embargo, la membrana también puede ser una membrana no porosa, tal como una lámina de plástico delgada, si se desea solo un contacto sensible como se muestra en la Figura 18A y la Figura 18B.

El aire entrante 309 se expone a la capa de desecante que corre entre los puntos 308 y se humedece y calienta o deshumidifica y enfría según lo determinado por la temperatura y concentración del desecante. El aire de salida 310 ha alcanzado cierto nivel de equilibrio con el desecante líquido generalmente asumiendo una temperatura cercana a la temperatura del desecante y una humedad relativa que coincida con la concentración del desecante.

La corriente de aire 309 es restringida en los lados por una cresta formada 304, que sirve para formar el canal. La cresta 304 establece el borde del canal, la altura de la cresta (típicamente 1-3 mm) establece la mitad de la altura del canal de aire cuando dos de las placas 301 están montadas juntas como se muestra en la Figura 7. Un conjunto de puertos de suministro 305 y puertos de drenaje 303 para un fluido secundario tal como un fluido de transferencia de calor se agrega a la placa 301 para proporcionar un sumidero térmico o una fuente para el desecante. Si la corriente de aire de entrada es caliente y húmeda, la película desecante en la superficie de la placa 301 absorberá cantidades significativas de calor sensible y latente, que luego se conducirá térmicamente a través de la placa en el fluido de transferencia de calor en el lado posterior de la estructura de la placa como se muestra en la Figura 6. Por supuesto, también es posible hacer correr la corriente de aire de entrada del lado inferior hacia arriba, en cuyo caso la función del puerto de suministro 305 y el puerto de drenaje 303 también se invierten para mantener un contraflujo entre la corriente de aire 309 y el fluido de transferencia de calor en el lado posterior de la placa. Debido a que la membrana es muy delgada, generalmente no es posible que el desecante fluya más que por gravedad en una dirección vertical. Pero como la cantidad de flujo de masa de desecante puede ser significativamente menor que la del flujo de aire 309 o el flujo de masa de fluido de transferencia de calor en el lado posterior de la placa, el impacto en el intercambio de masa y calor que no está en un contraflujo perfecto es relativamente pequeño.

La Figura 4 a continuación, muestra una versión modificada de la placa termoconformada de 3 fluidos de la Figura 3 en donde el molde de termoconformado se ha modificado de modo que la corriente de aire entrante 403 es principalmente horizontal al retirar una sección de la pared lateral 304 en la Figura 3. Se deben agregar dos pequeñas secciones de la pared 402 para definir un canal de aire horizontal. La placa 401 se puede fabricar en el mismo molde termoconformado que la placa 301 de la Figura 3 mediante el uso de un par de inserciones en el molde. En los sistemas de tratamiento de aire, a menudo es conveniente un flujo de aire horizontal ya que se empaqueta más fácilmente en un sistema de aire acondicionado.

La Figura 5 muestra una vista en primer plano de la esquina superior derecha de la placa termoconformada de la Figura 3. El puerto de suministro de desecante 302 está rodeado por una protuberancia 508 que forma una sección del canal de suministro de desecante. De manera similar, el orificio de drenaje del fluido de transferencia de calor 303 está rodeado por una protuberancia 509 que forma una sección del canal de suministro de fluido de transferencia de calor. Las protuberancias 508 y 509 y el borde del canal de aire 304 tienen aproximadamente 1,5 a 2,0 mm de altura sobre la superficie de la placa 301. En el lado posterior del panel (que se mostrará en la Figura 6), un canal permite que el desecante fluya desde el puerto de suministro 302 a los pequeños orificios de salida 504. Estos orificios de salida son pequeños, aproximadamente de 1-2 mm de diámetro y separados entre 20-30 mm para garantizar una distribución uniforme del desecante en el panel. Sin embargo, a las bajas velocidades de flujo deseadas, el desecante tiene una tendencia a salir de los orificios 504 más cercanos al puerto de suministro 302 y no se distribuye a los orificios 504 cerca del centro de la placa. Por lo tanto, los canales de salida del desecante 505 se forman donde el desecante sale primero de los orificios 504. Estos canales tienen aproximadamente 1-2 mm de ancho y aproximadamente 0,25 mm de altura (la altura de los elementos de termoconformado 501, 502, 503, 504 y 506 son todas iguales a aproximadamente 0,25 mm) y funcionan como una ligera resistencia al flujo del desecante que sale de los agujeros 504. Este aumento en la resistencia al flujo causa que el desecante en el canal 610 en la Figura 6 se convierta en un poco presurizado (idealmente aproximadamente 500 a 2000 Pa), lo que a su vez asegura que todos los orificios 504 obtengan la misma cantidad de flujo de desecante. Además, una presión superior en el canal 610 también garantiza que otras placas en el módulo de membrana obtengan la cantidad adecuada de flujo de desecante y se logre una distribución uniforme del desecante.

Cuando el desecante sale del canal 505, el desecante corre hacia una obstrucción 506 que divide el flujo de desecante en dos. Una sección de líneas y patrones de puntos 503 garantiza que el desecante se divida más y eventualmente fluya

uniformemente a través del área activa y los puntos 308. Sin embargo, la resistencia al flujo que se crea por los elementos de la zona de distribución, hace que el desecante intente retroceder en las zonas inactivas 507. Esto es indeseable, ya que el área inactiva típicamente no se enfría y, por lo tanto, el desecante puede calentarse rápidamente. Las líneas de bloqueo 502 evitan que el desecante entre en las zonas inactivas 507. Algunos puntos adicionales 508 aseguran que las membranas permanezcan planas sobre la zona inactiva.

Un sello desecante principal 501 es donde se puede unir una membrana por medio de unión por calor, unión por adhesivo o microondas, ultrasonidos u otros métodos de unión. El sello medio 501 es continuo y rodea toda la zona desecante, lo que garantiza que ningún desecante pueda escapar a la corriente de aire 309.

La Figura 6 muestra el lado posterior de la placa 301 de la Figura 3. Los puertos de suministro de desecante 302 son donde un desecante líquido entrará en un canal de suministro 610. Los bordes del canal de suministro 601 pueden formarse por varios métodos pero un método conveniente es formarlos con un adhesivo como poliuretano 550 o 5200 de 3M mediante el uso de un sistema robotizado de pegado. El desecante sale a través de los orificios 504 hacia el lado opuesto (frontal) de la placa, como se muestra en la Figura 3 y la Figura 4. El uso de un robot adhesivo permite que el lado inferior 608 del canal de suministro se forme de manera que el desecante se drene automáticamente del panel cuando se detenga. En el lado inferior de la placa, el desecante drene a través de los orificios 307 desde el lado frontal hacia el canal de drenaje 611. El canal de drenaje 611 también puede formarse como el canal de suministro mediante el uso de un adhesivo y como el canal de suministro, el borde de sellado 606 se puede inclinar en el lado inferior 609 para permitir que el desecante drene automáticamente cuando cesa el flujo. El desecante finalmente se drenará de los puertos 306.

Se muestra además en la Figura 6 el canal 612 de fluido de transferencia de calor. Los bordes 602 del canal de fluido de transferencia de calor 612 están formados por el mismo adhesivo que los canales de desecante 610 y 611 y pueden estar inclinados en el lado inferior 607 también para drenar el fluido de transferencia de calor. El fluido ingresa a través de los puertos 305 y la uniformidad está asegurada por algunas obstrucciones de entrada 605 que pueden formarse por líneas o puntos cortos de adhesivo para crear una pequeña cantidad de caída de presión. Una malla de agua 603 como en la Figura 1 se usa para espaciar las diversas placas 301 y para asegurar una distribución uniforme del fluido. Los puntos adhesivos 604 aseguran que exista una cierta integridad estructural de las estructuras de la placa en caso de que se aplique una presión positiva al fluido (en el funcionamiento normal, la presión del fluido se mantiene negativo a la atmósfera, pero durante el inicio o espera la presión puede ser positiva). El fluido de transferencia de calor corre en el canal 612 y eventualmente sale a través de los orificios de drenaje 303.

La Figura 7 muestra una estructura de dos placas que combina dos de las placas 301. Los bordes del canal de aire 304 están unidos por calor o adhesivo entre sí formando de esta manera el canal de aire 701 y el aire 702 puede entrar en el espacio entre las dos placas 301. Si se usan membranas en las placas 301, éstas se aplicarían antes de unir las dos placas 301 entre sí. Las protuberancias 508 y 509 también se unen al mismo tiempo que los bordes del canal de aire 304 (no se muestran en la figura), formando de esta manera una sección corta de transferencia de calor y un canal de desecante. Las líneas adhesivas 601 y 602 se aplican subsecuentemente. Los puntos de pegamento 604 se colocan (la malla de agua 603 se coloca entonces pero no se muestra en la figura). Mientras que el adhesivo aún no está curado, se puede colocar una estructura de dos placas en las líneas de adhesivos, creando de esta manera una pila continua de placas de membrana 301.

Repetiendo la estructura de la Figura 7 múltiples veces, se puede fabricar un módulo de membrana que comprende muchos canales de aire, desecante y fluido de transferencia de calor.

La Figura 8A muestra cómo se puede dirigir el fluido de transferencia de calor mediante la colocación de algunas obstrucciones de entrada 605, la malla de agua (no se muestra) y los puntos adhesivos 604 para asegurar una distribución uniforme del fluido. El fluido que ingresa en 801 se dirige para que fluya uniformemente hacia arriba y drene a través de las zonas de salida 802.

La Figura 8B es el patrón de adhesivos que se usan en el lado posterior del panel 401 de la Figura 4. El fluido de transferencia de calor ahora debe fluir principalmente en una dirección horizontal. El fluido de transferencia de calor ingresa en las zonas 803 y encuentra las obstrucciones de adhesivo 805. De nuevo, la malla de agua (no se muestra) y los puntos adhesivos 604 están posicionados para asegurar una distribución uniforme del fluido. El fluido sale por las zonas 804.

La Figura 9A muestra un método alternativo para fabricar el canal de fluido en el lado posterior de las placas 401. El fluido ingresa a 904 y se dirige al principio principalmente hacia arriba 903 por la obstrucción 902. El flujo fluye principalmente hacia abajo en el siguiente canal y continúa alternando hacia arriba y hacia abajo hasta llegar a la salida 908. El sello principal 901 garantiza que el fluido de transferencia de calor permanezca contenido. Una abertura estrecha 905 en el lado inferior de las obstrucciones inferiores 902 garantiza, en combinación con una sección inferior inclinada 907, que el fluido de transferencia de calor se puede drenar fácilmente del canal. De manera similar, una abertura estrecha en el lado superior 906 de los canales superiores garantiza que el aire no quede atrapado en los canales cuando la estructura de placa se llena con fluido de transferencia de calor.

La Figura 9B muestra un método alternativo para dirigir el flujo de agua en el lado posterior de las placas 401, en una dirección generalmente contraria al flujo de aire en el lado opuesto. El fluido de transferencia de calor ingresa en los puertos 951 y 952 al mismo tiempo. Esto es a menudo preferible sobre una sola línea de suministro más grande, como se muestra en la Figura 9A. Luego, el fluido de transferencia de calor se dirige hacia el centro de la placa, donde un puerto más grande permite que el fluido de transferencia de calor fluya nuevamente hacia el lado superior e inferior. Este patrón de flujo ascendente y descendente alternativo tiene una longitud de canal reducida para cada trayectoria de flujo y, por lo tanto, requiere menos energía de la bomba. Además, como se muestra en la Figura 9A, el diseño puede implementarse con aberturas de escape de aire 906 y pequeñas aberturas de drenaje 905. Estos se pueden replicar en el centro de la placa con canales de escape de aire 956 y con canales de drenaje 955. Además, para evitar una bolsa de fluido en la última sección del canal superior, se puede agregar fácilmente un drenaje 957. El fluido de transferencia de calor finalmente sale por los drenajes 958 y 959. Esta configuración permite las mismas conexiones de fluido que se muestran para la trayectoria del flujo de fluido vertical en la Figura 8A.

La Figura 10A ilustra una placa de turbulador de aire que se forma en un proceso termoconformado o un proceso de moldeo por inyección. La estructura de borde principal 1001 está dimensionada de modo que tenga las mismas dimensiones que la altura y el ancho del canal de aire 701 en la Figura 7. Los pequeños turbuladores 1002 están alineados de modo que la transferencia de calor y masa entre la corriente de aire y la corriente de desecante se maximizan al tiempo que minimiza la caída de presión resultante.

La Figura 10B ilustra una vista de cerca de una sección del turbulador de aire de la Figura 10A. Pequeñas tiras de material plástico 1003 y 1004 conectan los turbuladores 1002 entre sí. Cada turbulador tiene una pequeña sección plana 1005 que garantiza que el turbulador permanezca en su lugar y no pueda vibrar contra la membrana, lo que podría dañar la membrana. Además, la altura H de cada turbulador se establece para que sea igual al espacio de aire 701 en la Figura 7. La distancia W entre los turbuladores se selecciona típicamente para que sea el doble de la altura H.

La Figura 11 ilustra un turbulador de aire alternativo 1101 fabricado mediante el uso un troquel de extrusión y comúnmente está disponible por varios fabricantes, por ejemplo de una malla OB1200 de polipropileno negro fabricada por Industrial Netting, 7681 Setzler Pkwy N. Minneapolis, MN 55445, EE.UU. Las hebras de plástico horizontales 1102 y las verticales 1103 funcionan para crear un efecto turbulento, que mejora la transferencia de calor y masa en los canales y lo hace muy rentable.

La Figura 12 muestra una vista en "despiece" de la estructura completa de 2 placas como se ha discutido hasta ahora. Una primera placa termoconformada 301 tiene una membrana 1201 unida a una esquina que se ha eliminado para mostrar la esquina superior izquierda de la placa 301. Un flujo de aire vertical 1202 se dirige hacia abajo sobre la superficie de la membrana 1201. Un turbulador de aire 1001 se une preferentemente por calor o adhesivo a los bordes del canal de aire 304. Una segunda placa 301 se une al turbulador de aire 1001 al mismo tiempo. Luego, un robot de pegado aplica las líneas de desecante 601 y 606 y las líneas de canal de agua 602, los puntos adhesivos 604 y las obstrucciones 605. Se puede agregar una malla de agua 603 o los elementos de la malla de agua podrían integrarse en el lado posterior de las placas 301 como se explicó anteriormente.

La Figura 13A ilustra una construcción alternativa de la estructura de dos placas en donde el turbulador 1001 se reemplaza por el turbulador 1101 y el canal de fluido de transferencia de calor 612 se reemplaza por una corriente de aire secundaria 1306. La corriente de aire secundaria puede usarse para proporcionar enfriamiento evaporativo indirecto para la corriente de aire primaria a través de la placa 301. En la implementación de la Figura 13A, la corriente de aire secundaria está principalmente en flujo cruzado a la corriente de aire primaria. La corriente de aire secundaria entra en el lado posterior de la placa 301 a través de las obstrucciones 1304 destinadas a garantizar un flujo de aire uniforme a través de la superficie 1303. El canal de entrada de agua (evaporativo) 1301 ahora está diseñado para proporcionar humectación a un material absorbente 1302, que a su vez proporciona agua a una superficie húmeda 1303 en el lado posterior de la placa 301. El material absorbente puede ser cualquier material conveniente que distribuya uniformemente el agua, como un material de algodón o rayón. La superficie húmeda 1303 es preferentemente una superficie flocada o un material similar que se extiende uniformemente para asegurar una distribución uniforme del agua. Cualquier agua que no se haya evaporado en la superficie 1303 es recogida por el colector 1305 y drenada para su posible reutilización o desecho. El enfriamiento evaporativo que se logra en el aire 1306 solo es capaz de alcanzar la temperatura de bulbo húmedo de la corriente de aire 1306, lo que significa que la corriente de aire 1202 solo se puede enfriar a esa misma temperatura. Como veremos, esto puede requerir la adición de una etapa de enfriamiento secundario.

La Figura 13B muestra una vista en sección transversal de la placa 301 de la Figura 13A. Como se discutió antes, la membrana 1201 está unida a los puntos 308. Los puertos de drenaje 305 y 306 para el agua o desecante respectivamente y el sello adhesivo 606 en el lado posterior de la placa se muestran de nuevo.

La Figura 13C muestra una sección transversal en primer plano de las áreas de la membrana 1201 y el punto 308. La membrana 1201 puede unirse por el adhesivo al lado superior de los puntos 308 con un adhesivo conveniente tal como una fusión en caliente, poliuretano o adhesivo de silicona. Sin embargo, también es conveniente no tener adhesivos, ya que algunos adhesivos pueden tener dificultades para adherirse a la membrana o pueden dañar la membrana debido a la presencia de solventes en el adhesivo. Un método de fabricación alternativo funciona de la siguiente manera: la placa de soporte base 1308 puede termoconformarse mediante el uso de métodos convencionales pero ya contiene una capa

de "cubierta" adherida muy delgada generalmente hecha con polietileno, acrílico o ASA (acrilonitrilo estireno éster acrílico) 1307. La capa de cubierta ahora se puede unir por calor a la membrana: se aplica una pequeña cantidad de calor, que funde la capa de cubierta, lo que da como resultado una fuerte unión entre la membrana y la capa de cubierta/estructura material base. Sin embargo, el material de la capa de cubierta suele ser de baja energía de superficie, lo que hace que el material sea bastante hidrofóbico y que tenga una mala distribución del desecante entre los puntos 308. Un tratamiento de corona de la superficie 1311 aumenta la energía de la superficie y da como resultado una uniformidad de desecante mucho mejor. A la inversa, el lado posterior 1303 de la placa 301 también puede tratarse con corona en la superficie 1310. Esto es útil si el sello adhesivo 606 no se adhiere fácilmente al material base 1308 y también mejora la distribución del líquido. Alternativamente, si se pretende que la superficie posterior 1303 evapore el agua, se puede emplear una superficie absorbente tal como un flocado de nailon o rayón 1309.

La Figura 13D ilustra parte de un conjunto de dos de las placas 301 de la Figura 13A con un borde de sello adhesivo 606 para el canal de drenaje del desecante líquido y puntos adhesivos 604 formados para conectar las dos placas 301 como se describió anteriormente. Como se mostró anteriormente, las placas 301 se forman para aceptar una membrana 1201, que está sujeta por los puntos 308.

La Figura 13E muestra una sección ampliada de la estructura de la Figura 13D. El material de base 1308 está conectado a la membrana 1201. El área 1312 donde el desecante líquido fluye entre el material de base 1308 y la membrana 1201 se forma alrededor de los puntos 308 como se explicó anteriormente. Sin embargo, en dependencia de la ubicación de los puntos adhesivos 604, se puede formar condensación 1314 en la superficie de la membrana. Si el fluido de transferencia de calor fluye detrás de los puntos termoconformados indicados por la etiqueta 1313 en la figura, entonces el fluido de transferencia de calor más frío puede producir condensación en la superficie de la membrana si la humedad en la corriente de aire es alta y la concentración desecante es baja. En zonas donde los puntos adhesivos 604 están alineados con los puntos 308, el inicio de la condensación es a temperaturas mucho más bajas. Para ayudar a prevenir la condensación, se puede colocar un punto adhesivo 604 detrás de cada punto termoconformado 308, pero en la práctica es difícil de lograr con un robot de pegado debido a la gran cantidad de puntos (varios miles por placa). Típicamente, la condensación no se producirá en la propia membrana a menos que el desecante esté muy diluido. Muchas otras soluciones son posibles como se mostrará en la Figura 13F y la Figura 13G.

La Figura 13F muestra una forma alternativa de termoconformar los puntos 308 de la Figura 13E. El centro 1315 de los puntos se forma hacia atrás para crear una estructura de soporte que contacta con el lado opuesto 1316. La ventaja de este enfoque es que los puntos adhesivos 604 pueden eliminarse en su mayoría. La malla 612 en la Figura 6 también es reemplazada por las estructuras 1315 y 1316 y, por lo tanto, también se elimina. Además, la falta de líquido de fluido de transferencia de calor detrás de los puntos da lugar a una superficie más cálida, y por lo tanto, un menor riesgo de condensación.

La Figura 13G ilustra otra solución mediante el uso de una estructura moldeada por inyección 1317 que tiene soportes moldeados 1318, formando de esta manera un canal 1319 para el fluido de transferencia de calor. La menor conductividad térmica del plástico da como resultado áreas de membrana más cálidas debajo de los puntos de contacto con la membrana y, por lo tanto, menos posibilidades de condensación.

La Figura 14 ahora ilustra una construcción diferente de la estructura de placa de la Figura 12 y 13A, en donde el canal de transferencia de calor 612 o los canales evaporativos indirectos 1303 se han eliminado por completo. Eso significa que la placa 1401 es una versión modificada de la placa 301 en donde se han eliminado todos los puertos y protuberancias asociadas con el segundo líquido. El puerto de suministro de desecante 1403 y el puerto de drenaje 1403 son los únicos puertos que aún se necesitan. La protuberancia del borde del canal de aire 1402 está esencialmente sin cambios respecto a la cresta formada 304 en la Figura 3. El lado posterior de la placa 1405 ahora se vuelve muy simple y las únicas líneas adhesivas necesarias son las líneas para la distribución de desecante 601 y el drenaje 606. La corriente de aire 1406 ahora puede considerarse la corriente de aire primaria y la corriente de aire 1202 ahora puede considerarse una corriente de aire secundaria. El líquido distribuido a través de los puertos 1403 ahora puede ser agua de mar o agua de desecho y la membrana opcional 1201 ahora se usa para evitar que la sal salga del agua de mar, lo que, por supuesto, reduce el riesgo de corrosión y el arrastre de partículas de sal de esa agua de mar. El sistema de la Figura 14, en efecto, se convierte en un evaporador indirecto de flujo cruzado con una membrana que protege el líquido de evaporación (agua de mar).

La Figura 15 muestra una forma de convertir la orientación de la corriente de aire de flujo cruzado, que es menos efectiva que la orientación de la corriente de aire de contraflujo. Como se describe en Kozubal, la Figura 18 y la Figura 19 (US 2013/0340449), a veces es beneficioso deshumidificar una corriente de aire, mientras que se minimiza su aumento templado en una primera etapa, y luego se enfría aún más esa corriente de aire en una segunda etapa mediante el uso de un evaporador indirecto y desviando algo de aire seco para permitir que el evaporador indirecto logre una temperatura final del aire mucho más baja. Una corriente de aire primaria 2002 se dirige a lo largo del lado posterior de una placa termoconformada similar a la de la Figura 14. A medida que el aire 2003 sale por el canal posterior, se desvía una pequeña cantidad de aire 2004 (generalmente no más del 25-30%) y se dirige a lo largo de frontal de la placa, donde eventualmente sale como aire corriente de aire escape 2005. La placa 2001 tiene una obstrucción termoconformada 2007 que desvía la corriente de aire hacia los lados y las obstrucciones de salida 2006 se forman de manera que el flujo de aire flujo a través de la zona activa sea uniforme. Los puertos de suministro de líquido 302 ahora se pueden usar como antes para llevar una corriente de agua de mar o agua sobre la zona activa, que puede ser cubierta opcionalmente por una membrana. Los

puertos de drenaje 306 funcionan como antes en la Figura 14. La estructura de la Figura 15 crear un enfriador por evaporación indirecta de flujo cruzado.

La Figura 16 muestra el canal posterior de la Figura 15, en donde la corriente de aire entrada 2002 puede dirigirse a través de algunos puertos de entrada opcionales 2103 a lo largo de superficie posterior 2101. Los puertos de salida opcionales 2104 se usan para garantizar patrones de flujo de aire uniformes y la corriente de aire de salida 2003 se puede desviar parcialmente a la parte frontal del panel, como se explicó anteriormente. El canal de entrada de líquido adhesivo 601 alrededor de los puertos de suministro 302 es como antes de dirigir el líquido a la parte frontal de la placa a través de los puertos 504. Sin embargo, se puede agregar una línea adicional de adhesivo 2105 que sirva para contener la corriente de aire 2002. Asimismo, el canal de drenaje 606 alrededor de los puertos de drenaje 306 y 307, tiene una línea adhesiva 2102 extendida para contener la corriente de aire 2002.

La Figura 17A ilustra cómo un líquido adicional puede ser añadido a la estructura de la Figura 16 y cómo la estructura de placa 2201 se puede modificar para usar una corriente de aire secundaria completamente separada, en lugar de sifonear parte del aire desde el lado posterior. La corriente de aire 2202 se dirige sobre un área inactiva pequeña antes de llegar a la zona activa 2207 debajo de la malla del turbulador de aire 2205. Los puertos de suministro duales 2203 se forman en la placa como se indica anteriormente en la Figura 3, puertos 302 y 303. Sin embargo, dado que los flujos serán diferentes, los puertos pueden dimensionarse de manera diferente a la Figura 3. De manera similar, los puertos de drenaje 2206 se pueden formar como los puertos 305 y 306 en la Figura 3. El aire de salida 2204 ha sido tratado en la zona activa.

La Figura 17B muestra la misma placa de la Figura 17A con la malla de aire 2205 eliminada. La zona activa 2207 puede estar cubierta por una membrana 2208.

La Figura 17C muestra la estructura de placa 2201 sin ningún componente adicional, ya que saldría del proceso termoconformado. Como antes en la Figura 3, la estructura de placa 2201 contiene todos los elementos 2209 asociados con la zona activa, cabecera y de distribución del desecante y el área de recolección que se discutieron en la Figura 3 y 5.

La Figura 17D muestra cómo el canal posterior de la placa 2201 puede estar formado por un robot de pegado. La corriente de aire de entrada 2210 se desvía por obstrucción 2211 a un flujo horizontal 2218 a través de un turbulador de aire opcional 2217 y luego se dirige por una obstrucción de salida 2213 a una corriente de aire de escape 2219. Al igual que en las figuras anteriores, un canal de suministro de desecante 2212 y un canal de drenaje de desecante 2213 se forman para dirigir los líquidos hacia la parte frontal del panel. El canal de suministro de agua 2215 y el material absorbente 2220 se usan para crear una superficie húmeda 2221. Cualquier exceso de agua se drenará en el canal de recolección 2216. La corriente de aire secundaria ahora recoge la humedad de la superficie húmeda y se enfría a medida que atraviesa la sección horizontal. Esto crea un efecto de enfriamiento en el material de la placa 2201, que luego se dirige hacia el lado frontal de la placa donde la corriente de aire primaria también se enfría en un arreglo de contraflujo como puede verse en la figura.

La Figura 18A muestra una estructura de placa 2301 que combina dos áreas activas. Kozubal (US 2013/0340449) describe un proceso de dos etapas en donde las etapas son distintas. La primera etapa es una etapa de flujo cruzado en donde el flujo de aire primario es horizontal, el desecante es vertical y la corriente de aire secundaria también es vertical. La segunda etapa es una etapa de contraflujo, con el flujo de aire primario horizontal en un canal seco y la corriente de aire secundaria se desvía de la corriente de aire primaria de manera que también sea horizontal y en contraflujo a la corriente de aire primaria. Esta corriente de aire secundaria es la húmeda y funciona como un evaporador indirecto. Sin embargo, aún quedan dos problemas con el sistema descrito por Kozubal: la primera etapa sigue siendo una etapa de flujo cruzado que la hace menos efectiva como lo sería una etapa de contraflujo, y el desecante en la primera etapa solo se enfría a la temperatura de bulbo húmedo de la corriente de aire secundaria de la primera etapa. Como esta temperatura suele ser relativamente alta, la concentración de desecante también debe ser alta para obtener una deshumidificación adecuada. Una alta concentración de desecante no es deseable porque también requiere altas temperaturas de regeneración para eliminar el exceso de agua. La estructura de la Figura 18A y la Figura 18B resuelve ambos problemas: los canales de aire secundarios se construyen de manera que la primera y la segunda etapa se encuentran en contraflujo, y el desecante líquido se enfría primero en la segunda etapa antes de ser usado en la primera etapa. Esto permite que el sistema funcione a concentraciones de desecante mucho más bajas, dando como resultado temperaturas de regeneración más bajas.

La corriente de aire primaria 2302 luego ingresa a la primera etapa del tratamiento de aire donde se usan una membrana microporosa 2304 y un turbulador de aire 2303 para exponer la corriente de aire a un desecante enfriado debajo de la membrana 2304. La corriente de aire seco y frío resultante 2319 se dirige luego a la segunda etapa en donde un segundo turbulador de aire 2309 y una segunda membrana (preferiblemente no microporosa) sirven para enfriar sensiblemente la corriente de aire, dando como resultado una corriente de aire frío y seco 2320. Una parte 2321 de la corriente de aire seco 2320 se desvía hacia el lado posterior de la placa y se explicará en la Figura 18B.

La tubería de desecante líquido 2315 primero dirige un desecante líquido para los puertos de suministro 2311, donde se ejecuta debajo de la membrana no microporosa 2310. El desecante líquido frío luego se recoge a través de los puertos 2314 y se dirige por la tubería 2316 y una pequeña bomba desecante (no se muestra), a la tubería de suministro superior

2317 y a los puertos de suministro 2305 en la primera etapa. El desecante frío ahora corre por la superficie debajo de la membrana microporosa 2304 y se recoge a través de los puertos 2308 en el tubo de drenaje 2318. Al mismo tiempo, el agua (o agua de mar) para la evaporación en el lado posterior de las placas se dirige a través de los puertos 2306 y 2312. El exceso de agua se recoge a través de los puertos 2307 y 2313 y puede eliminarse del sistema.

La Figura 18B muestra los canales posteriores en la placa 2301 de la Figura 18A. Una corriente de aire secundaria 2329 entra por el lado inferior de la placa 2301 y encuentra una obstrucción 2338 que desvía la corriente de aire a través de una primera etapa. La corriente de aire desviada 2335 encuentra un área activa 2336, que puede comprender una superficie absorbente que utiliza el flocado como se describió anteriormente. El agua o el agua de mar para la evaporación se suministra a través de los puertos 2306 y el material absorbente 2332 para correr sobre la superficie flocada 2336. Cualquier exceso de agua se recolecta mediante el drenaje de agua 2333 y se dirige a los puertos de drenaje 2307. El aire de salida es dirigido por la obstrucción 2340 y las obstrucciones 2332 se usan para crear un flujo de aire uniforme para convertirse en la corriente de aire de escape 2337. Un desecante líquido se dirige a través de los puertos 2305 hacia el canal 2330 y hacia el frontal de la placa 2301 como antes. El desecante líquido usado se recoge a través de los puertos de drenaje 2308 en el canal de drenaje 2334.

La segunda etapa de la Figura 18B desvía un poco de aire 2321 desde la corriente de aire primaria 2320 al área activa 2326, que puede comprender una superficie absorbente que utiliza el flocado como se describió anteriormente. El área activa 2326 enfría y humidifica la corriente de aire 2327 cuando corre sobre la superficie activa. El agua o el agua de mar para la evaporación se suministra a través de los puertos 2312 y el material absorbente 2324 para correr sobre la superficie flocada 2326. Cualquier exceso de agua se recolecta mediante el drenaje de agua 2325 y se dirige a los puertos de drenaje 2313. El aire de salida es dirigido por la obstrucción 2338 y las obstrucciones 2323 se usan para crear un flujo de aire uniforme para convertirse en la corriente de aire de escape 2339. Un desecante líquido se dirige a través de los puertos 2311 hacia el canal 2322 y hacia el lado frontal de la placa 2301 como en la primera etapa. El desecante líquido enfriado se recoge a través de los puertos de drenaje 2314 en el canal de drenaje 2326.

El sistema descrito anteriormente funciona así como una primera etapa de contraflujo en donde se usa un desecante líquido frío para enfriar y deshumidificar una corriente de aire primaria y una segunda etapa en donde se produce aire seco y desecante frío. El aire fresco y seco se usa para un espacio de construcción y el desecante frío se usa en la primera etapa para proporcionar el enfriamiento y el secado de la corriente de aire primaria. Debe quedar claro que el primer y el segundo canal de evaporación en el lado posterior de la placa 2301 también pueden reemplazarse por un canal de agua líquido como se muestra en la Figura 6. También debe quedar claro que se podría agregar una tercera o cuarta o incluso más etapas para lograr una distribución cada vez más fina del desecante. Incluso se podría imaginar una membrana con una porosidad graduada (reducción de porosidad como la corriente de aire va más allá del canal de aire) en donde la zona más abierta/porosa se enfrenta a la entrada de aire corriente y la zona menos porosa/cerrada se enfrenta a la salida de la corriente de aire.

La Figura 18C muestra con más claridad los recorridos de fluido a través de la placa de la Figura 18A. El agua o el agua de mar o residual para la evaporación se introduce en el lado superior derecho de la tubería de entrada 2322. El agua fluye hacia el lado posterior de la segunda sección de la placa como se muestra en la Figura 18B y comienza a evaporarse. El exceso de agua que no se ha evaporado se recogerá a través de la tubería de drenaje 2323 y se dirigirá hacia el lado superior de la primera sección en la tubería de suministro 2324. Una segunda evaporación tiene lugar en el lado posterior de la primera sección y cualquier exceso final de agua se recoge a través de la tubería 2325 y se drena. Alternativamente, es posible introducir agua en la tubería de suministro alternativo 2326, después de lo cual fluye en el lado posterior de la primera etapa y se recoge en el drenaje 2325, después de lo cual se dirige hacia el lado superior del segundo estado a través de la tubería 2327. Luego, el agua fluye a través del lado posterior de la segunda etapa y se recoge a través de la tubería 2328 y se drena. El flujo de desecante ya se discutió en la Figura 18A. Al disponer el desecante líquido y el agua de evaporación en una disposición de dos etapas o múltiples etapas, como se muestra, se puede lograr un cuasi-flujo-contracorriente de aire y agua/desecante con un mejor rendimiento en el intercambio de calor y masa que una disposición de flujo cruzado y el desecante más frío se puede aplicar a la corriente de aire entrante, lo que reduce de esta manera la concentración de desecante requerida.

La Figura 19 ilustra cómo las placas termoconformadas también se pueden usar para proporcionar un intercambiador de calor líquido a líquido. Una primera placa termoconformada 3001 contiene un elemento de sello principal 3002 usado para contener un primer líquido. El primer líquido ingresa a través del puerto 3003 y se dirige sobre los elementos de turbulencia 3011. El primer líquido llega después al puerto de drenaje 3006. Un segundo fluido se dirige a través del puerto 3004 y sobre la superficie de la placa 3007, que es una imagen de espejo de la placa termoconformada 3001. Las placas 3001 y 3007 están unidas por calor para formar un solo canal para el primer líquido. El lado posterior de las placas 3001 y 3007 también puede tener elementos de turbulencia (no mostradas). Alternativamente, puede usarse una malla de turbulencia 3010 para la distribución y agitación del segundo líquido. Como antes, se usa un sello adhesivo hecho con un robot dispensador de adhesivo y adhesivos como el adhesivo de poliuretano 3M 550 o 5200 para formar un sello 3008 para el segundo fluido. El sello adhesivo 3009 y 3012 se usan para permitir que el primer fluido pase al siguiente par de placas sin mezclarse con el segundo fluido. Un intercambiador de calor completo comprende múltiples pares de placas como se describió en la figura.

- La Figura 20A ilustra un método alternativo para termoconformar una placa de intercambiador de calor líquido a líquido. Las dos placas de imagen de espejo 3001 y 3007 de la Figura 19 puede ser termoconformadas en una sola lámina 3101. Los puertos de suministro 3102A y 3102B y 3106A y 3106B se alinearán a medida que la placa se pliega, como se muestra en la Figura 20B. También las crestas alrededor de los puertos de suministro 3103A y 3103B y 3106A y 3106B entrarán en contacto cuando la placa se doble por la mitad, como se muestra en la Figura 20B. Además, los sellos de borde 3105A y 3105B entrarán en contacto cuando se doblen. Los elementos del turbulador 3104A y 3104B se diseñan para no hacer contacto total, sino solo para contacto en áreas pequeñas, lo que fuerza a los líquidos hacia los lados y más en un movimiento de turbulencia.
- 5
- 10 La Figura 20B muestra la placa termoconformada 3101 de la Figura 20A parcialmente plegada. Después de un plegado completo sobre los sellos de los bordes 3105A y 3105B, las crestas 3103A, 3107A, 3103B y 3107B entrarán en contacto y se unirán por calor herméticamente entre sí. Las crestas de turbulencia 3104A y 3104B pueden unirse por calor en las áreas donde se desea el contacto para la resistencia estructural.
- 15 La Figura 21 ahora muestra cómo la placa plegada 3101 de la Figura 20A y la Figura 20B está sellada por un sello adhesivo 3201 alrededor del segundo canal. Un sello adhesivo 3202 se usa alrededor del puerto de salida 3106B y un sello adicional 3204 se usa alrededor del puerto 3102B. Pueden usarse obstrucciones de distribución adicionales 3203 y 3205 para garantizar flujos de líquido uniformes a través de las placas. No se necesitará sello alrededor de los puertos 3103B y 3107B ya que el proceso de unión por calor ya logró este sello. La estructura de la Figura 21 ahora se puede
- 20 apilar varias veces para formar un intercambiador de calor de placas económico para líquidos a baja presión.
- Habiendo descrito así varias modalidades ilustrativas, debe apreciarse que para los expertos en la técnica se les ocurrirán fácilmente diversas alteraciones, modificaciones y mejoras. Si bien algunos ejemplos presentados en la presente descripción implican combinaciones específicas de funciones o elementos estructurales, debe entenderse que esas
- 25 funciones y elementos pueden combinarse de otras maneras de acuerdo con la presente divulgación para lograr los mismos o diferentes objetivos. En particular, los actos, elementos y características discutidos en relación con una modalidad no pretenden ser excluidos de roles similares u otros en otras modalidades. Además, los elementos y componentes descritos en la presente descripción pueden dividirse en componentes adicionales o unirse para formar
- 30 menos componentes para realizar las mismas funciones. Por consiguiente, la descripción anterior y los dibujos adjuntos son solo a manera de ejemplo, y no pretenden ser limitativos.



Reivindicaciones

1. Un método para fabricar un intercambiador de calor de tres vías para usar en un sistema de aire acondicionado desecante, que comprende las etapas de:
- 5 (a) formar una pluralidad de placas, cada una de las cuales incluye al menos un puerto de suministro de desecante líquido (302), al menos un puerto de drenaje de desecante líquido, al menos un puerto de suministro de fluido de transferencia de calor y al menos un puerto de drenaje de fluido de transferencia de calor, cada placa incluye además uno o más elementos que definen una región de desecante líquido en un lado de la placa en comunicación fluida con el al menos un puerto de suministro de desecante líquido y al menos un puerto de drenaje del desecante líquido, cada placa incluye además uno o más elementos que definen una región de transferencia de calor en un lado opuesto de la placa en comunicación fluida con al menos un puerto de suministro de fluido de transferencia de calor y al menos un puerto de drenaje de fluido de transferencia de calor, cada placa incluye además una pluralidad de orificios en uno de sus extremos superiores en comunicación fluida con al menos un puerto de suministro de desecante líquido para distribuir el desecante líquido a través de la región de desecante líquido, cada placa incluye además elementos que definen una restricción de flujo de desecante líquido en cada uno de los orificios para aumentar la uniformidad del desecante líquido distribuido a través de la región del desecante líquido;
- 10 (b) unir una membrana (603) a uno o más de los elementos de cada una de las placas que definen la región del desecante líquido para recubrir la región del desecante líquido; y
- 15 (c) unir las placas de forma apilada con placas alternativas que se invierten de manera que la membrana (603) de cada placa esté orientada hacia la membrana de una placa adyacente y defina un espacio de flujo de aire entre las membranas, de manera que la región del fluido de transferencia de calor en cada placa esté conectada a la región del fluido de transferencia de calor en una placa adyacente, y de manera que los puertos de suministro de desecante líquido (302) de las placas estén en comunicación fluida sellada, los puertos de drenaje del desecante líquido (306) de las placas estén en comunicación fluida sellada, los puertos de suministro de fluido de transferencia de calor de las placas estén en comunicación fluida sellada, y los puertos de drenaje de fluido de transferencia de calor de las placas estén en comunicación fluida sellada.
- 20 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la etapa (a) comprende termoformar la pluralidad de placas o moldear por inyección la pluralidad de placas.
- 30 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la etapa (b) comprende unir la membrana (603) a uno o más elementos mediante el uso de soldadura de adhesivo, soldadura ultrasónica, unión por radiofrecuencia (RF), unión por microondas, adhesivo activado por calor o adhesivo sensor de presión.
- 35 4. Un intercambiador de calor de tres vías para usar en un sistema de aire acondicionado desecante, que comprende:
- 40 una pluralidad de placas, cada una de las cuales incluye al menos un puerto de suministro de desecante líquido (302), al menos un puerto de drenaje de desecante líquido, al menos un puerto de suministro de fluido de transferencia de calor y al menos un puerto de drenaje de fluido de transferencia de calor, cada placa que incluye además uno o más elementos que definen una región de desecante líquido en un lado de la placa en comunicación fluida con al menos un puerto de suministro de desecante líquido y al menos un puerto de drenaje del desecante líquido, cada placa que incluye además uno o más elementos que definen una región de fluido de transferencia de calor en un lado opuesto de la placa en comunicación fluida con al menos un puerto de suministro de fluido de transferencia de calor y al menos un puerto de drenaje de fluido de transferencia de calor, cada placa también incluye una pluralidad de orificios en su extremo superior en comunicación fluida con al menos un puerto de suministro de desecante líquido (302) para distribuir el desecante líquido a través de la región de desecante líquido, cada placa también incluye elementos que definen una restricción de flujo de desecante líquido en cada uno de los orificios para aumentar la uniformidad del desecante líquido distribuido a través de la región de desecante líquido; y en donde el intercambiador de calor de tres vías comprende además:
- 45 una membrana (603) unida a uno o más elementos de cada una de las placas que definen la región de desecante líquido para el recubrimiento de la región de desecante líquido;
- 50 en donde las placas se unen juntas de manera apilada con placas alternativas que se invierten de manera que la membrana (603) en cada placa se enfrenta a la membrana en una placa adyacente y define una brecha de corriente de aire entre las membranas, de manera que la región del fluido de transferencia de calor en cada placa está conectada a la región del fluido de transferencia de calor en una placa adyacente, y de manera que los puertos de suministro de desecante líquido (302) de las placas están en comunicación fluida sellada, los puertos de drenaje del desecante líquido (306) de las placas están en comunicación fluida sellada, los puertos de suministro de fluido de transferencia de calor de las placas están en comunicación fluida sellada, y los puertos de drenaje de fluido de transferencia de calor de las placas están en comunicación fluida sellada.
- 55 5. El intercambiador de calor de acuerdo con la reivindicación 4, en donde uno o más elementos que definen la región del desecante líquido y uno o más elementos que definen la región del fluido de transferencia de calor comprender crestas.
- 60 65

6. El intercambiador de calor de acuerdo con la reivindicación 4, en donde la región del desecante líquido de cada placa comprende además una pluralidad de elementos separados en la misma con una capa de cubierta sobre los elementos separados, y en donde la membrana (603) está unida a la capa de cubierta.
- 5 7. El intercambiador de calor de acuerdo con la reivindicación 6, en donde la capa de cubierta comprende material de polietileno, acrílico o acrilonitrilo estireno éster acrílico.
8. El intercambiador de calor de acuerdo con la reivindicación 6, en donde la membrana (603) está separada aproximadamente 0,1 y 0,2 mm de la superficie de líquido de la región de desecante líquido de la placa.
- 10 9. El intercambiador de calor de acuerdo con la reivindicación 4, en donde las placas están configuradas para permitir el flujo de aire horizontal a través del espacio de la corriente de aire o el flujo de aire vertical a través del espacio de la corriente de aire.
- 15 10. El intercambiador de calor de acuerdo con la reivindicación 4, en donde al menos algunas de las placas incluyen elementos para desviar una parte del flujo de aire que fluye a través de los espacios de la corriente de aire, de manera que la porción sifoneada del flujo de aire puede fluir a través de una superficie húmeda.
- 20 11. El intercambiador de calor de acuerdo con la reivindicación 10, en donde la superficie húmeda está cubierta por una membrana (603).
12. El intercambiador de calor de acuerdo con la reivindicación 4, que comprende además un patrón de elementos adhesivos formados en la región de fluido de transferencia de calor para promover un flujo uniforme del fluido de transferencia de calor.
- 25 13. El intercambiador de calor de acuerdo con la reivindicación 4, que comprende además un turbulador de aire en el espacio de la corriente de aire entre cada par de placas adyacentes.
14. El intercambiador de calor de acuerdo con la reivindicación 13, en donde el turbulador de aire comprende una pluralidad de triángulos de turbulencia para crear un vórtice en rotación contraria en la corriente de aire.
- 30 15. El intercambiador de calor de acuerdo con la reivindicación 14, en donde la distancia entre los triángulos turbulentos adyacentes es generalmente el doble de la altura de un triángulo correspondiente.
- 35 16. El intercambiador de calor de acuerdo con la reivindicación 13, en donde el turbulador de aire comprende una estructura de malla.
17. El intercambiador de calor de acuerdo con la reivindicación 4, que comprende además un sello de pegamento formado en cada una de las placas para dirigir el desecante líquido a través de los orificios o un sello de pegamento formado en cada una de las placas para dirigir el flujo del fluido de transferencia de calor.
- 40 18. El intercambiador de calor de acuerdo con la reivindicación 4, que comprende además elementos formados en la región del fluido de transferencia de calor para dirigir el flujo del fluido de transferencia de calor en una dirección horizontal o dirección vertical.
- 45

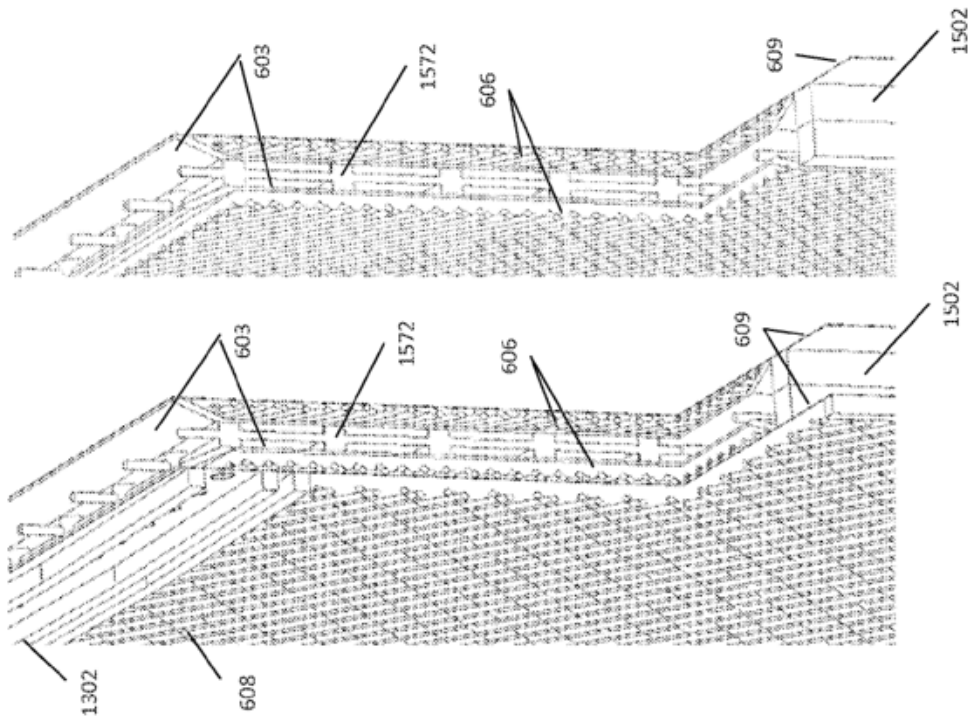


FIG. 1B

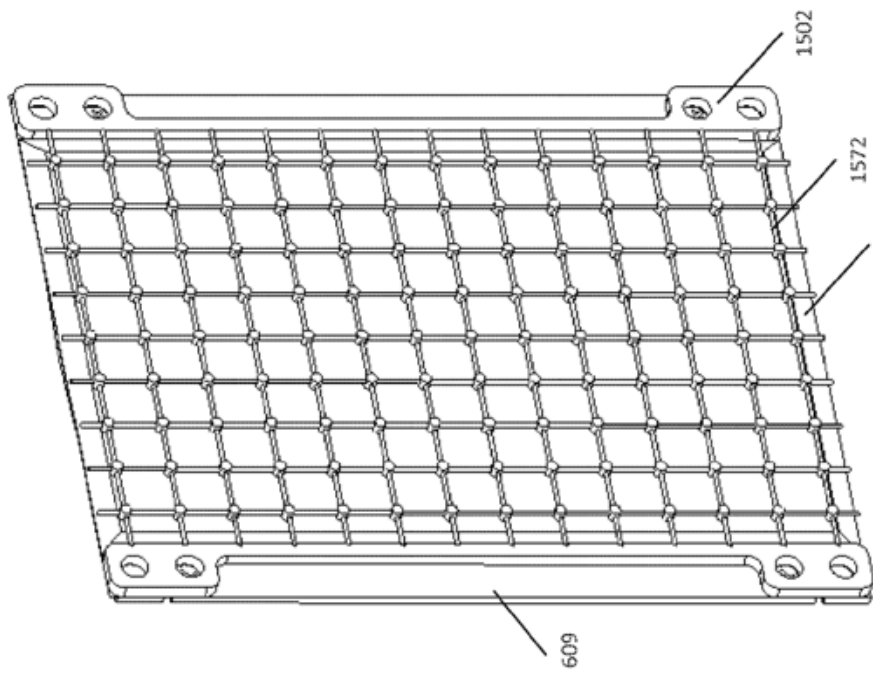
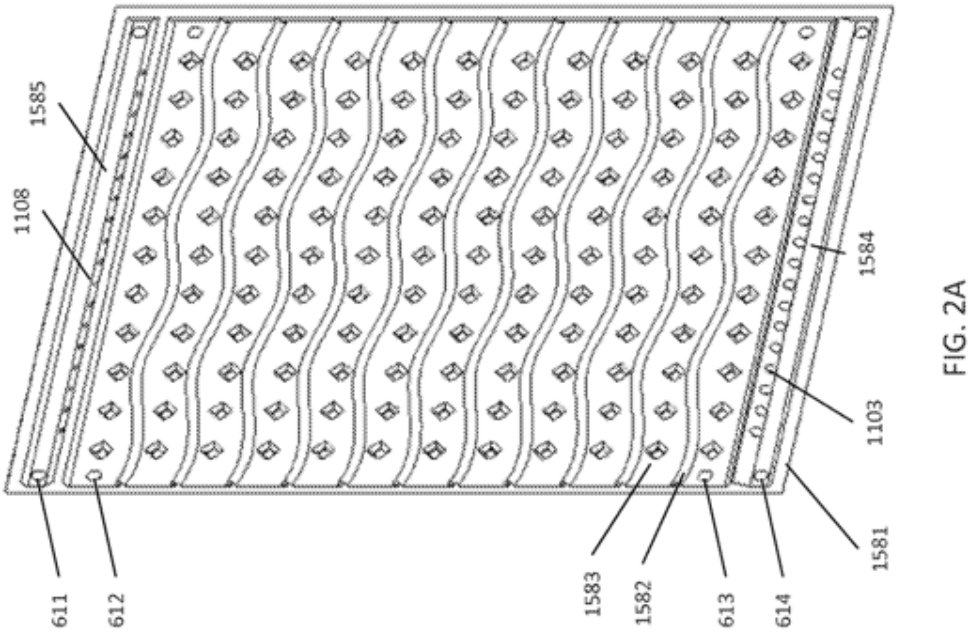
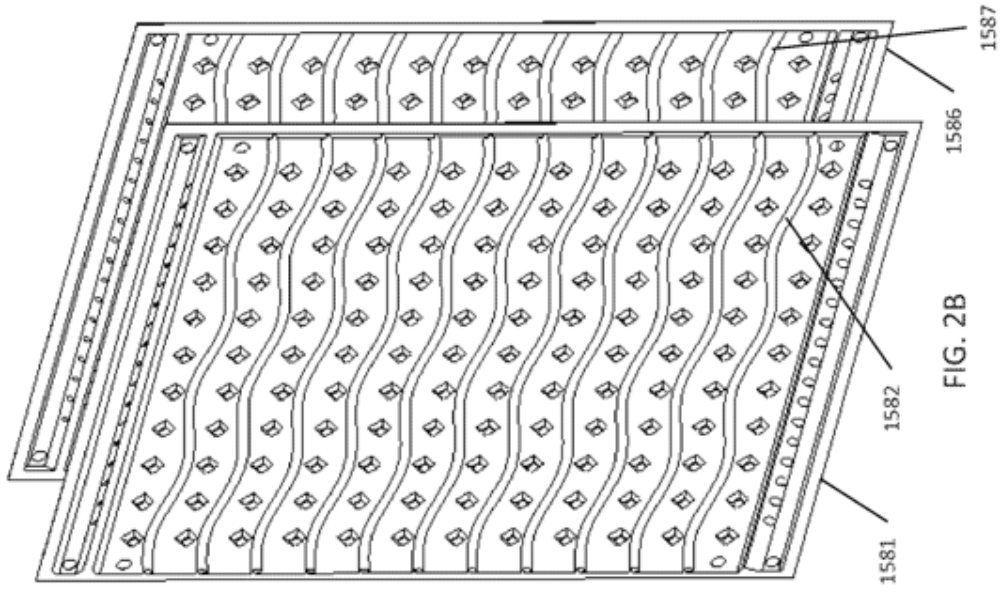


FIG. 1A



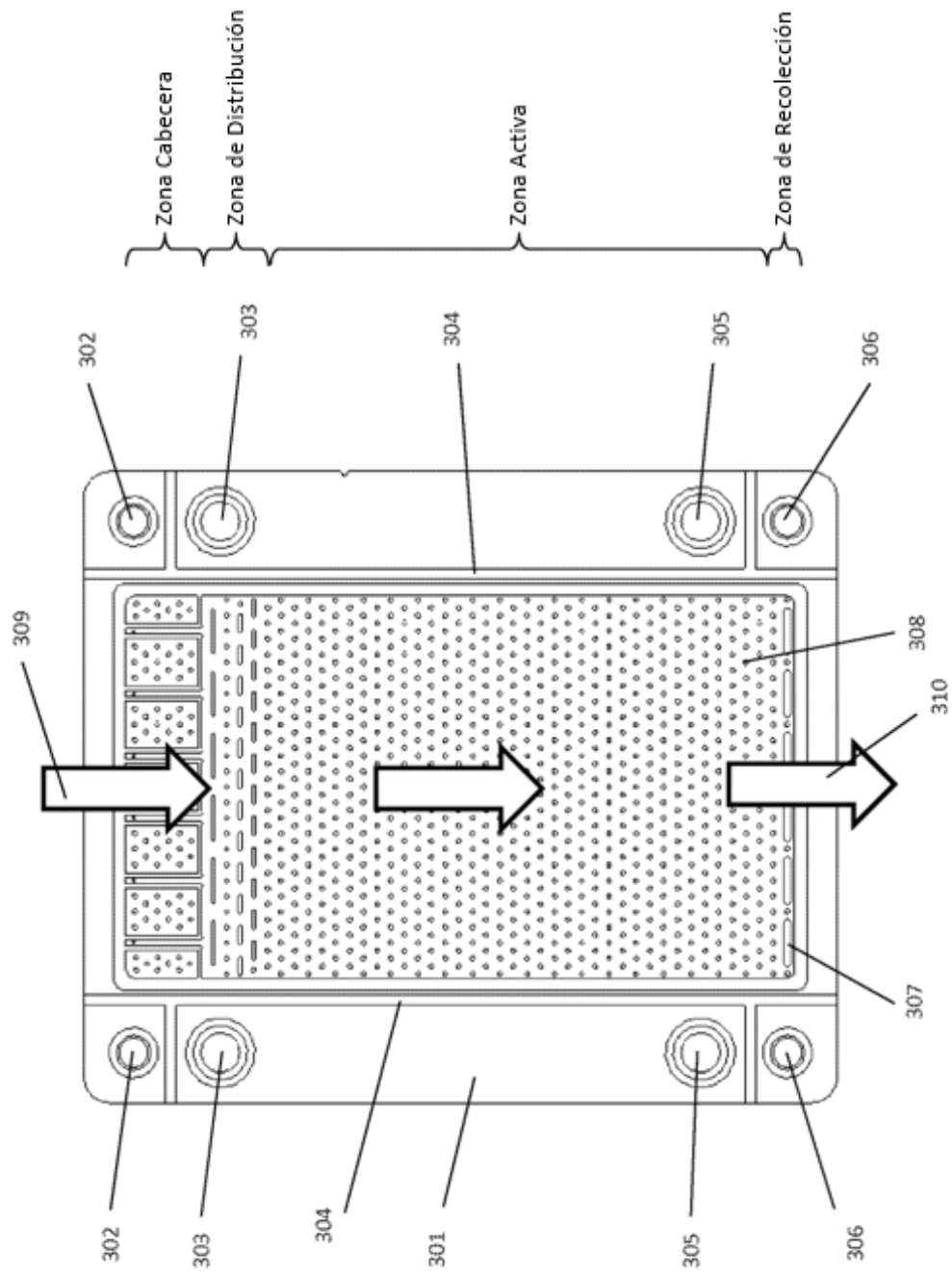


FIG. 3

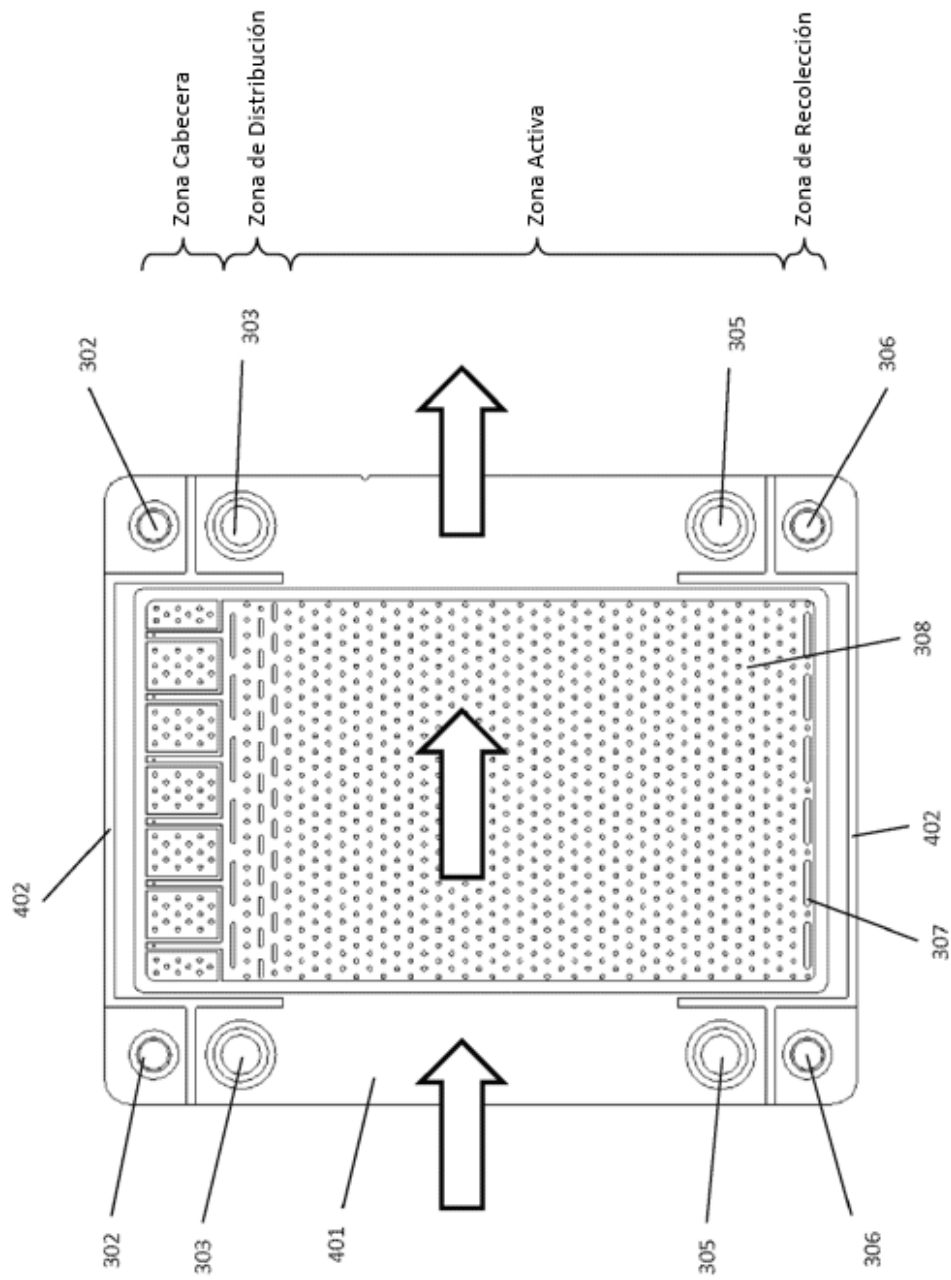


FIG. 4

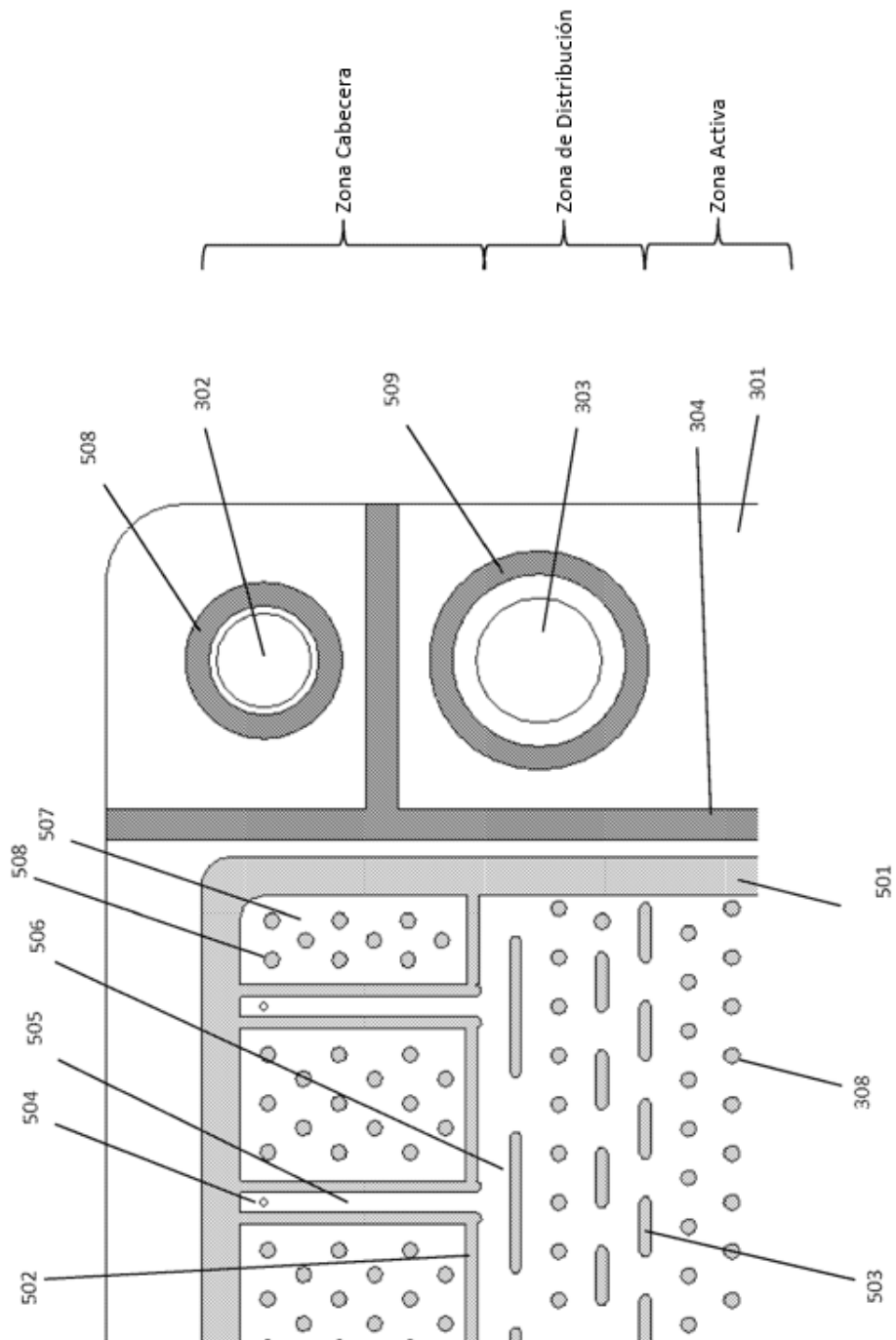


FIG. 5

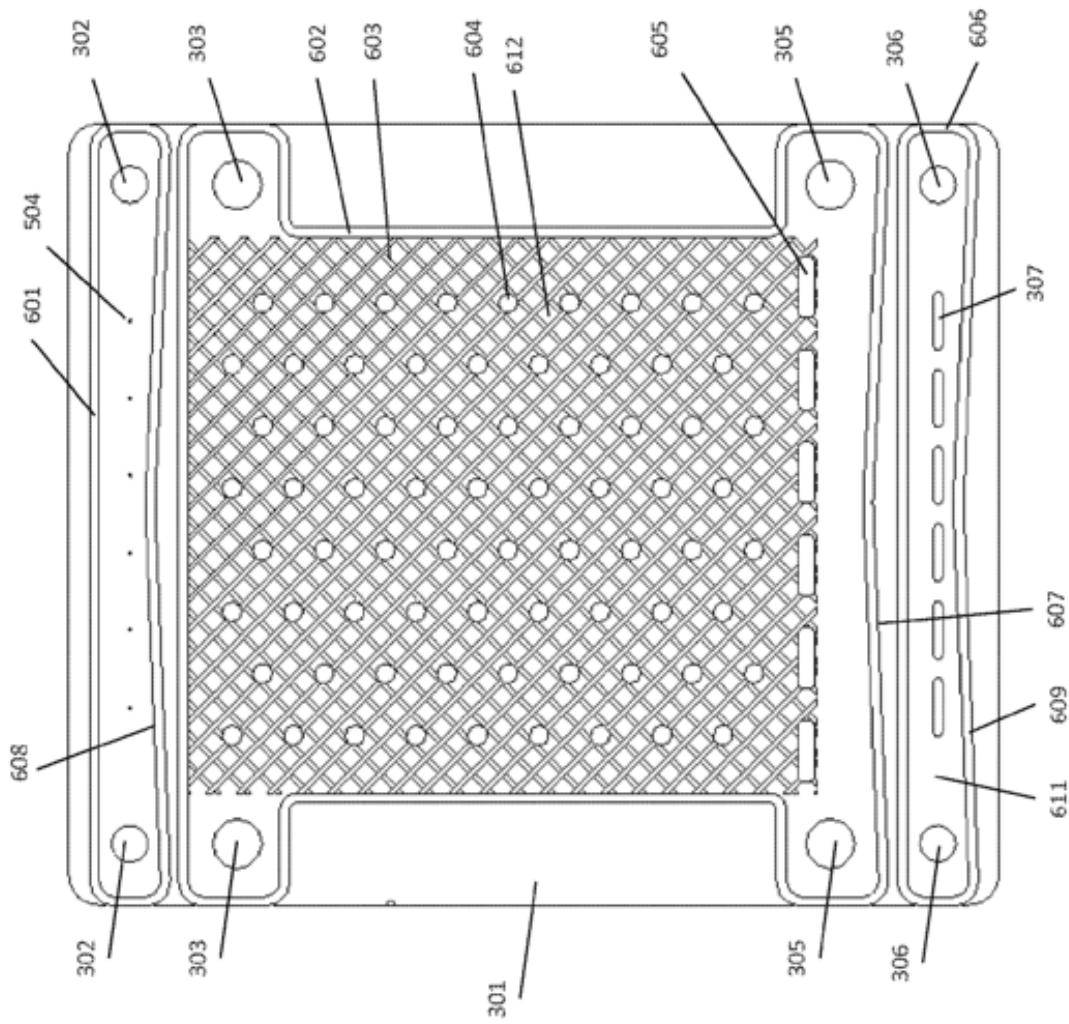


FIG. 6



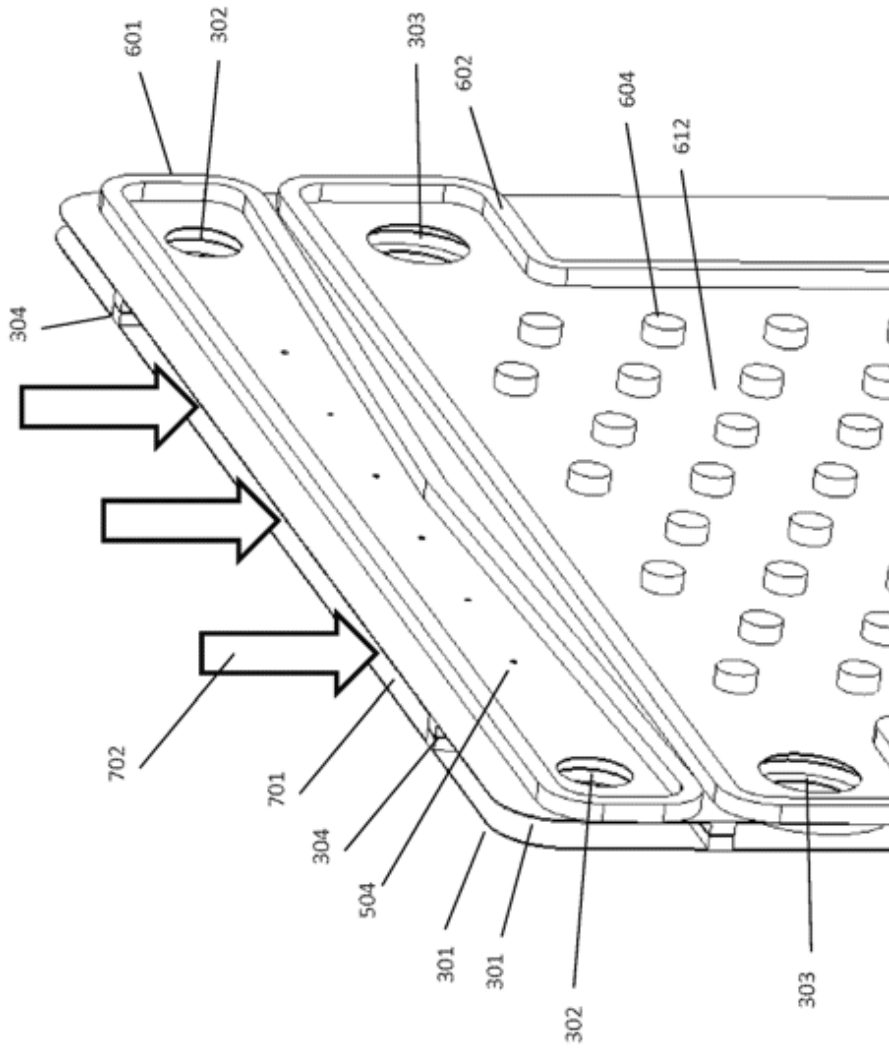


FIG. 7

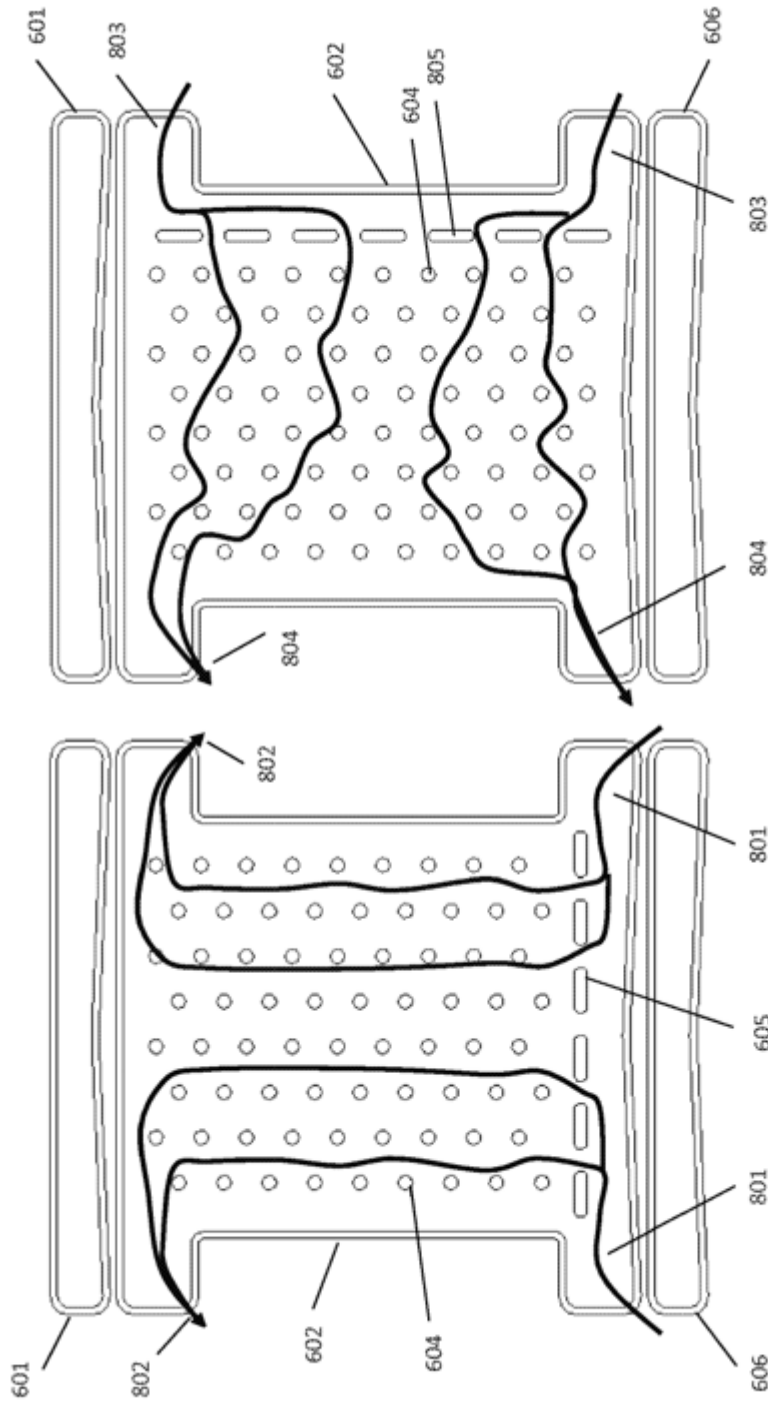


FIG. 8B

FIG. 8A

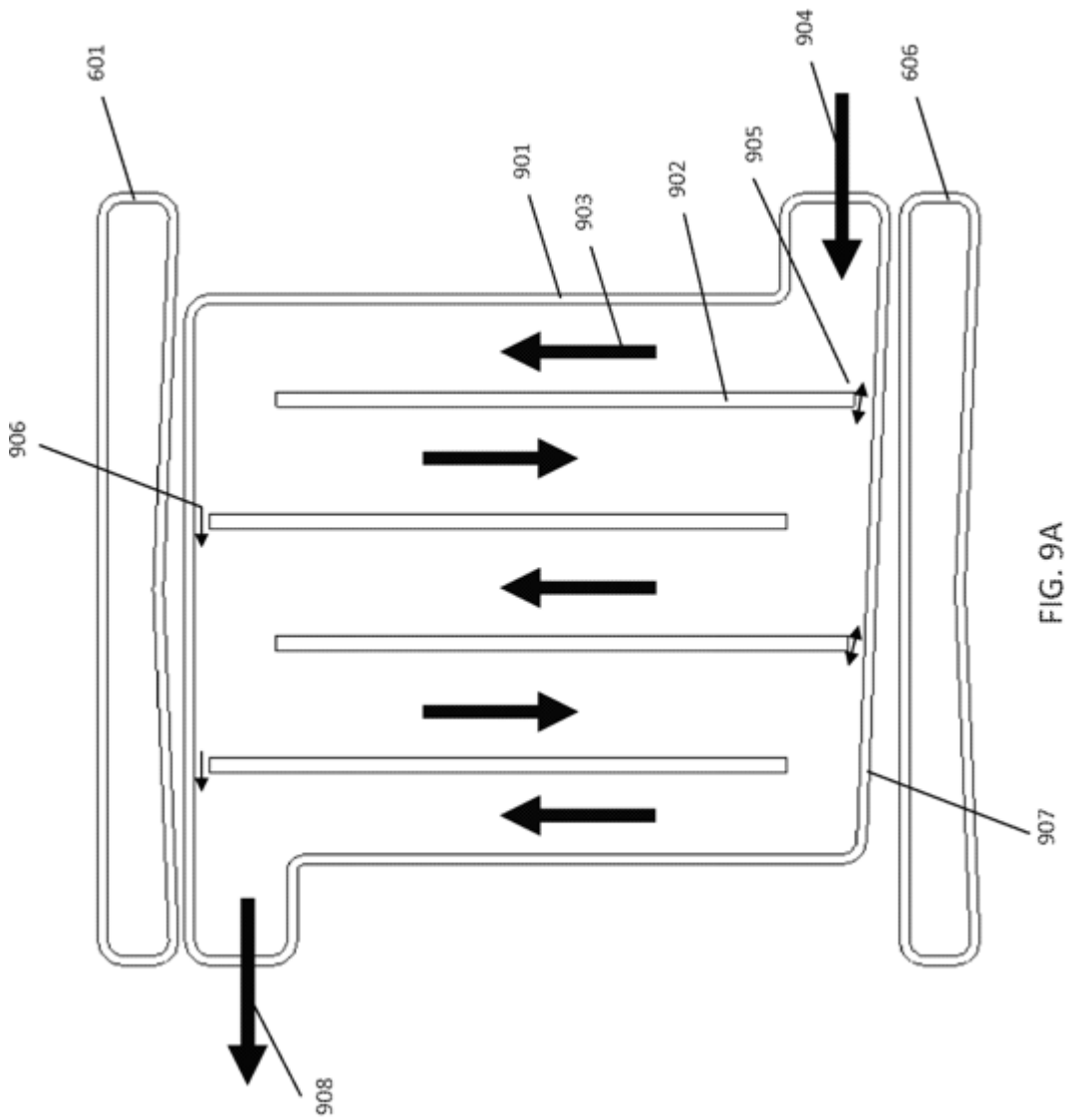


FIG. 9A

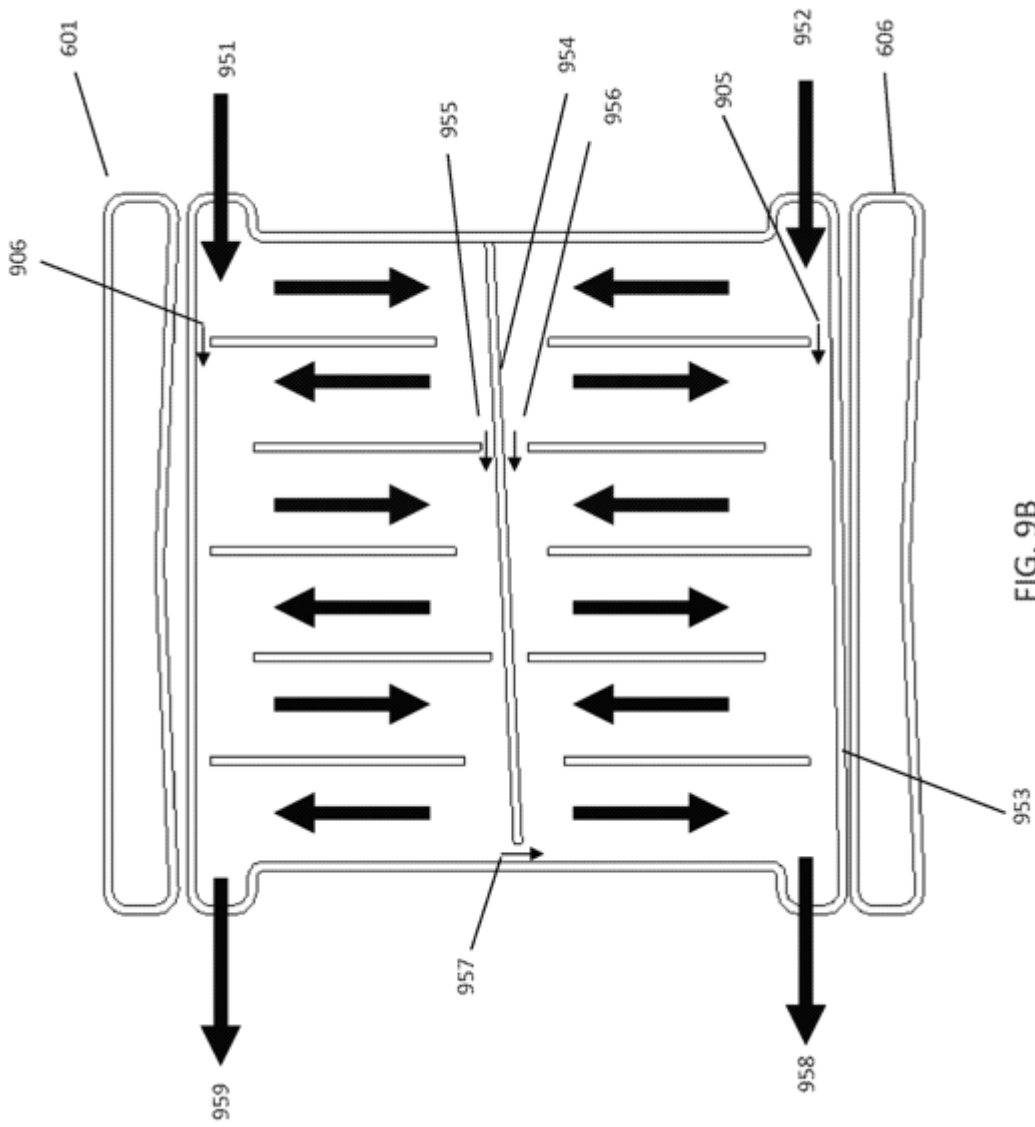
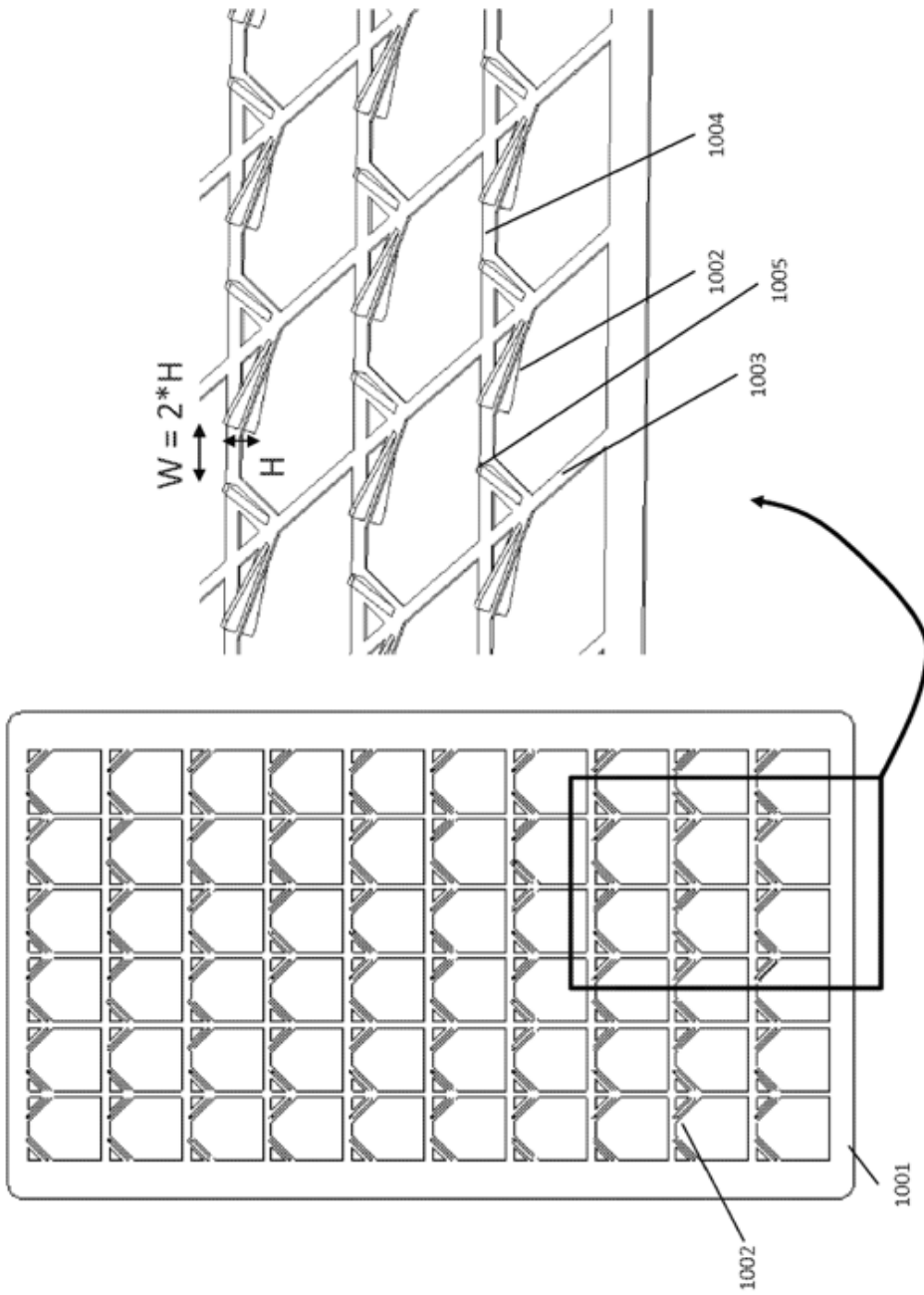


FIG. 9B



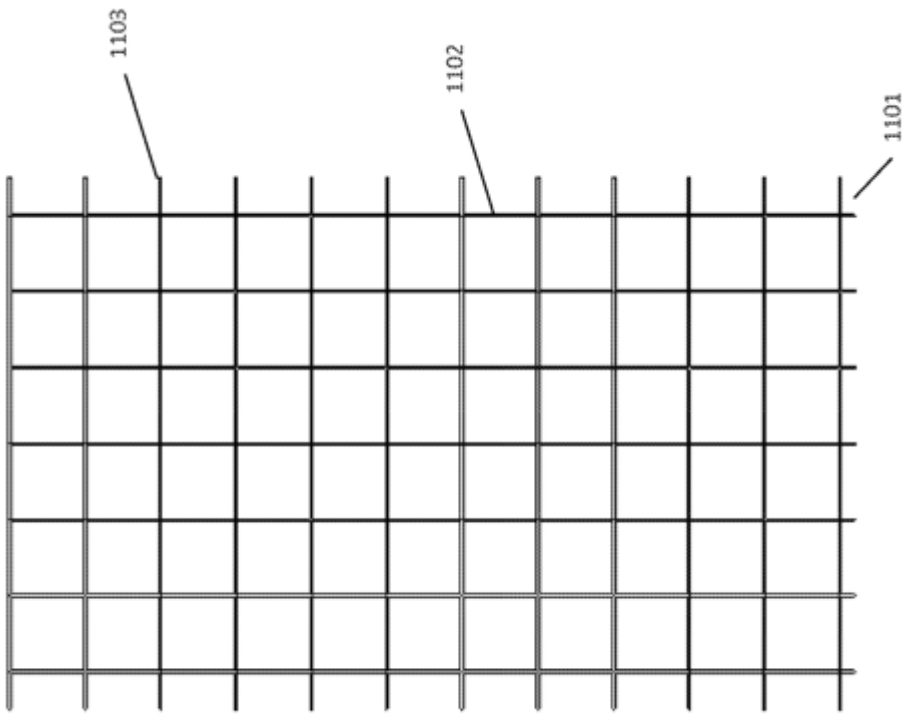


FIG. 11

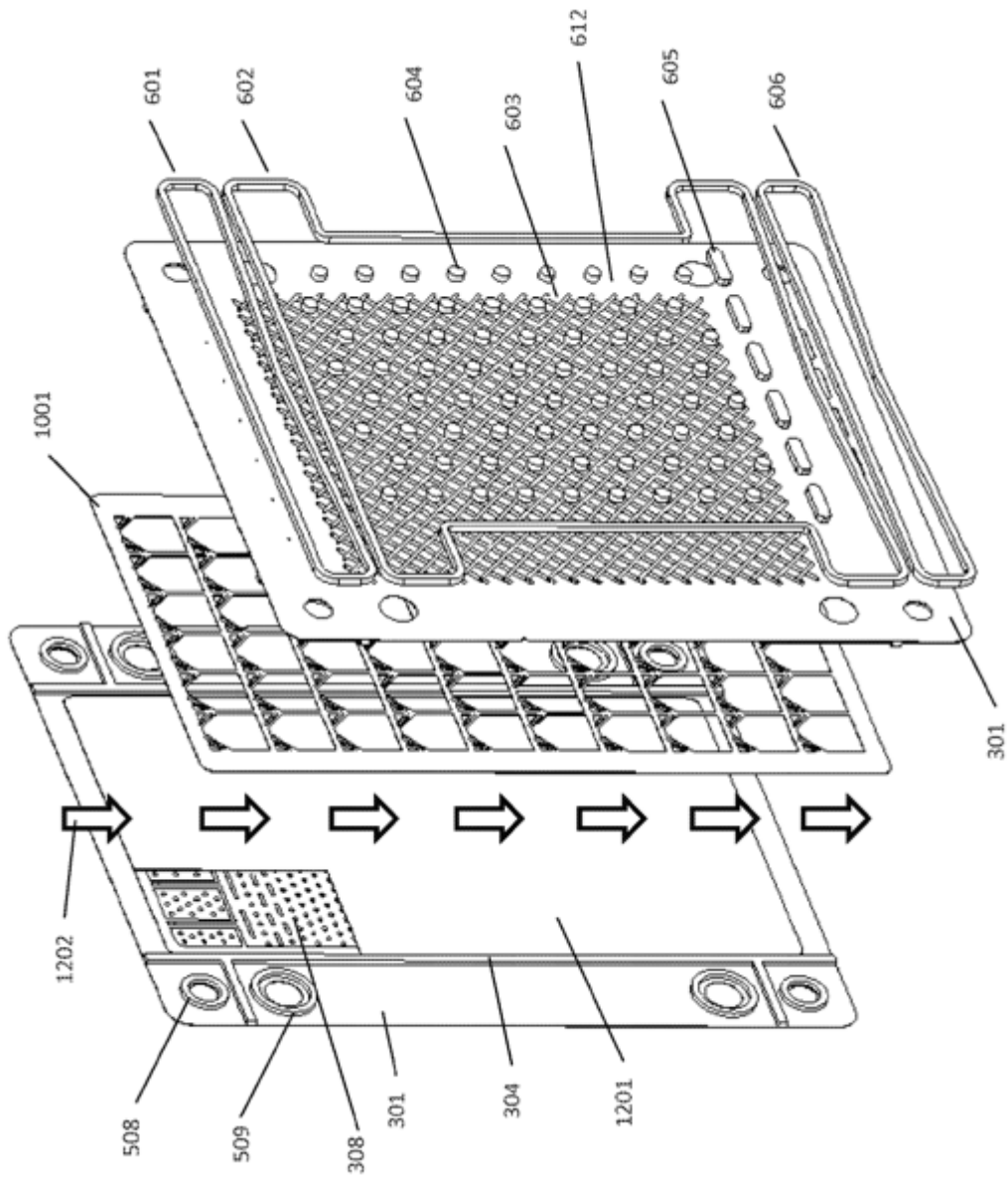


FIG. 12

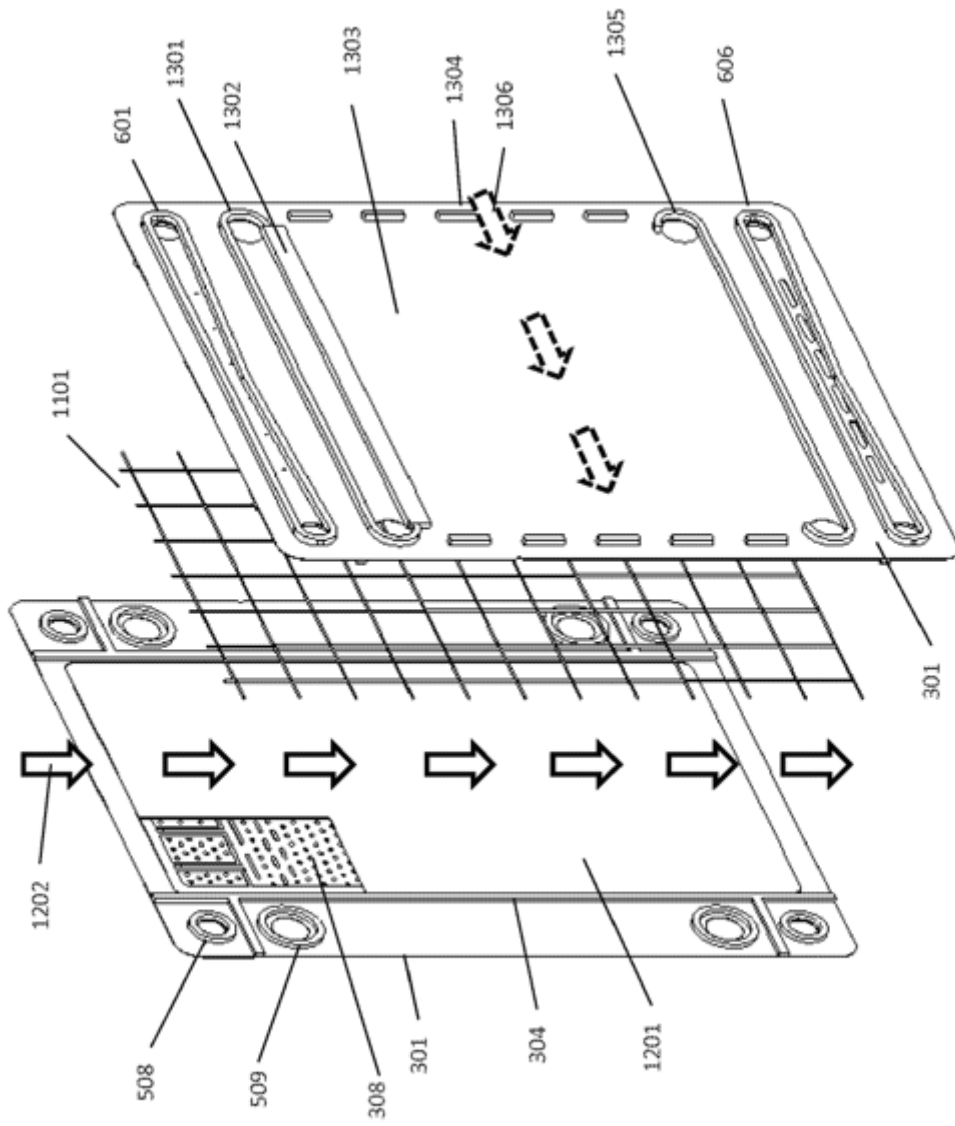


FIG. 13A



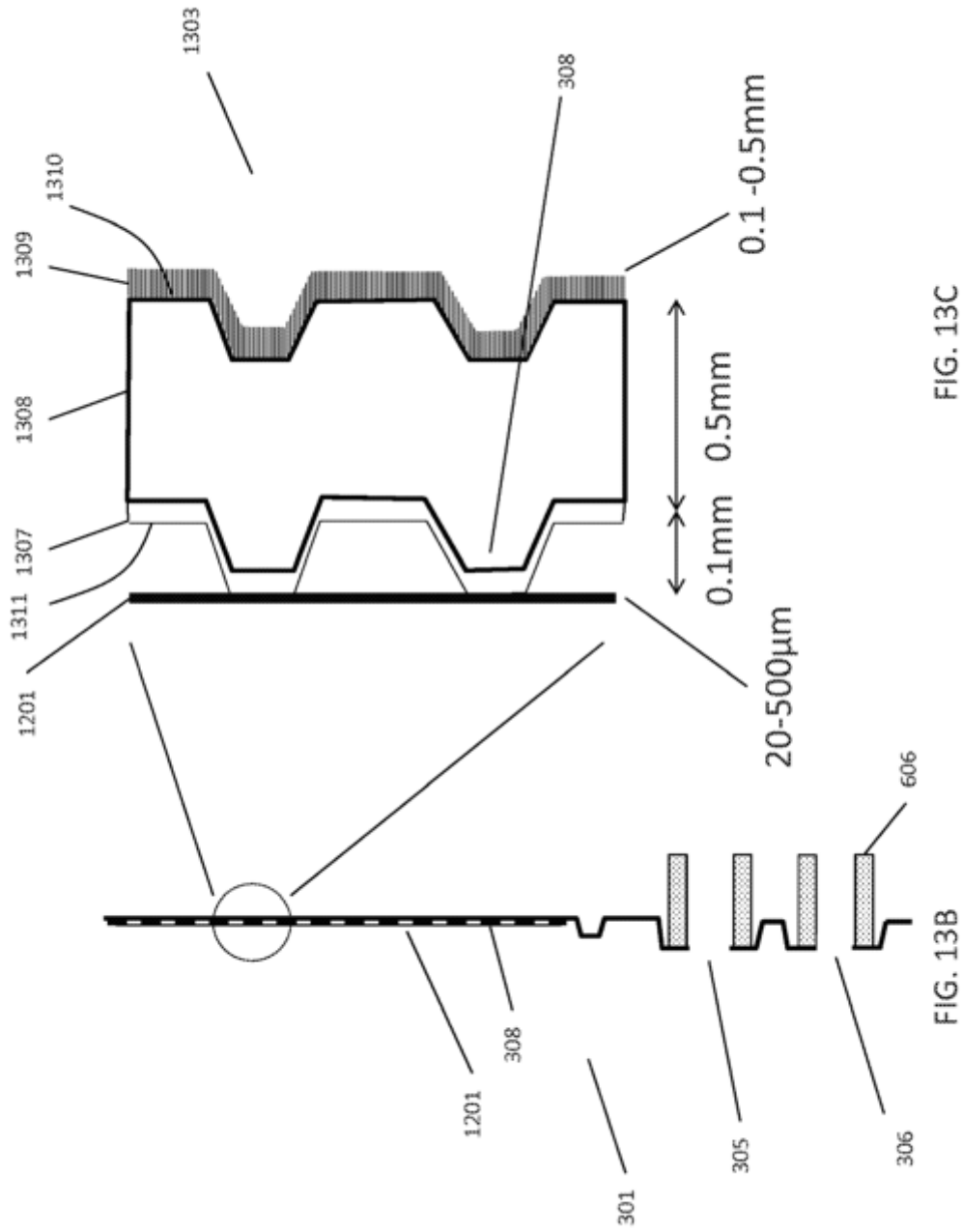
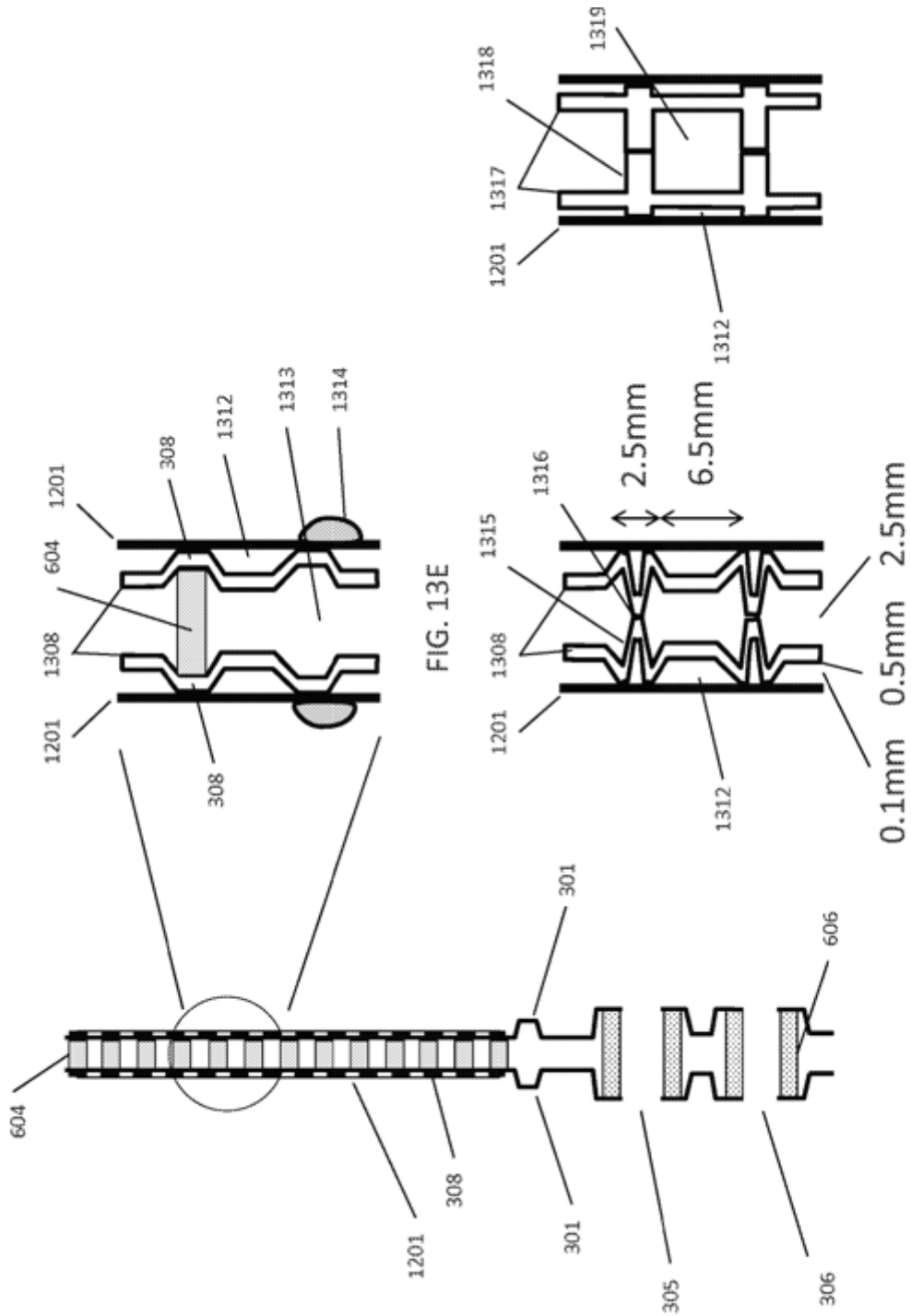


FIG. 13C

FIG. 13B



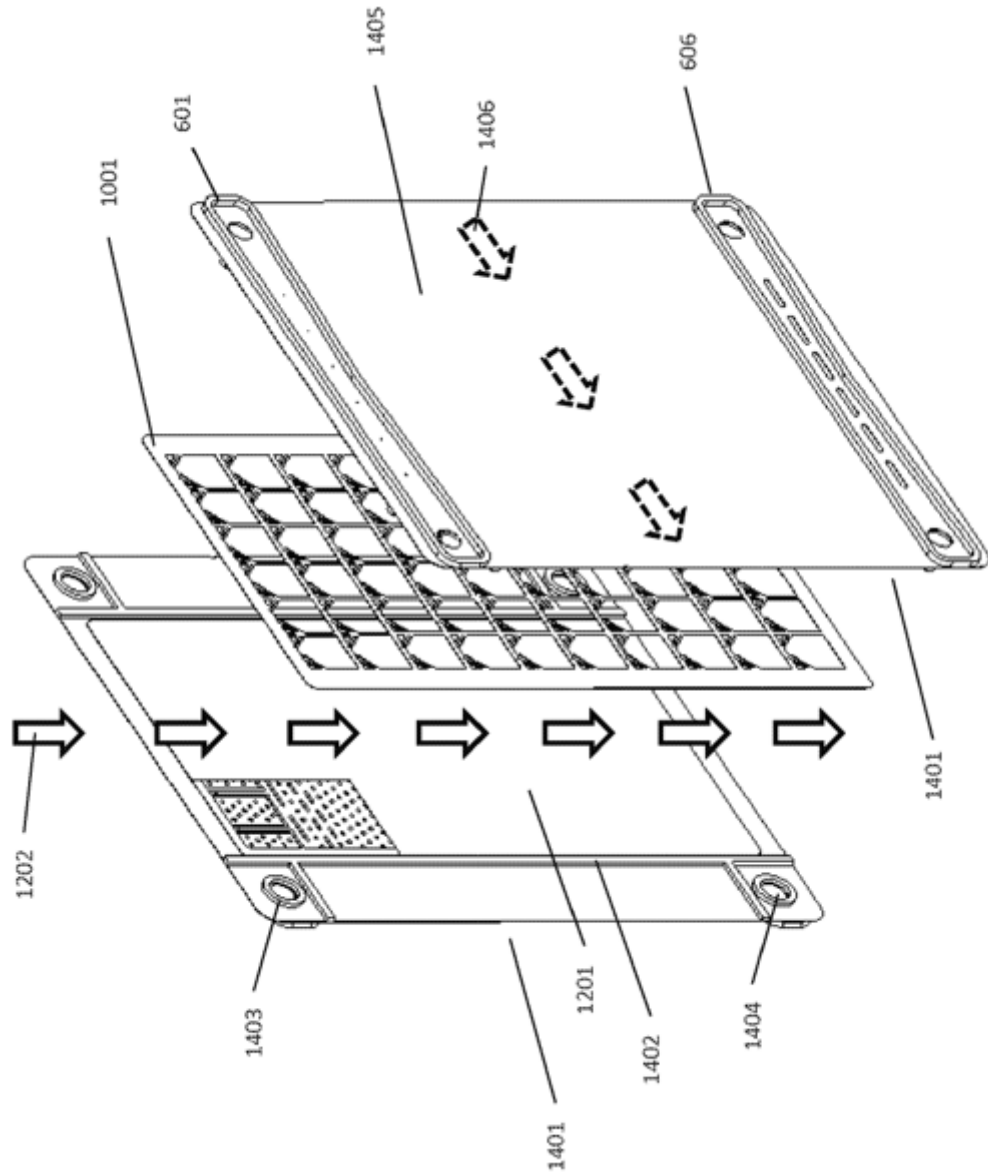


FIG. 14

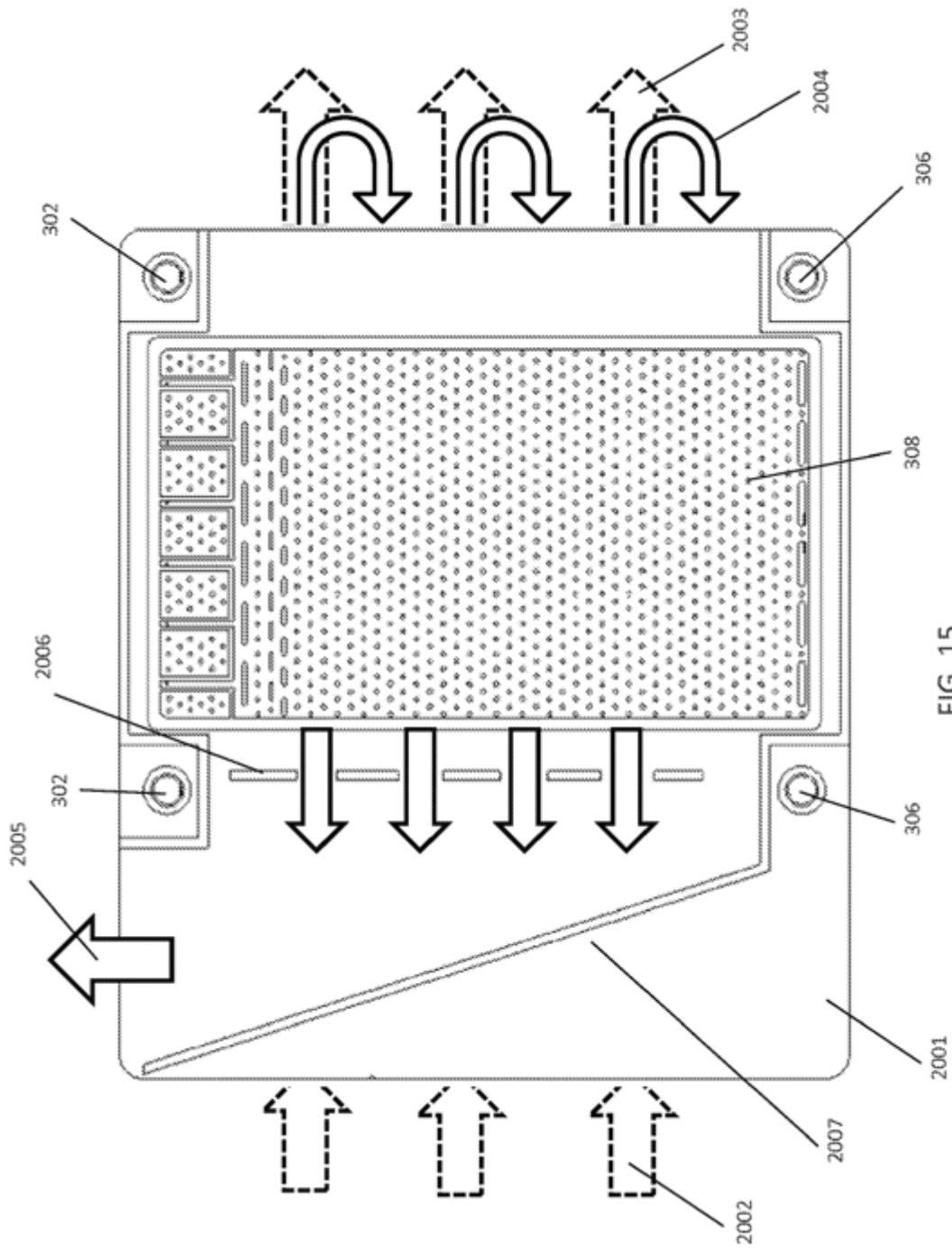


FIG. 15

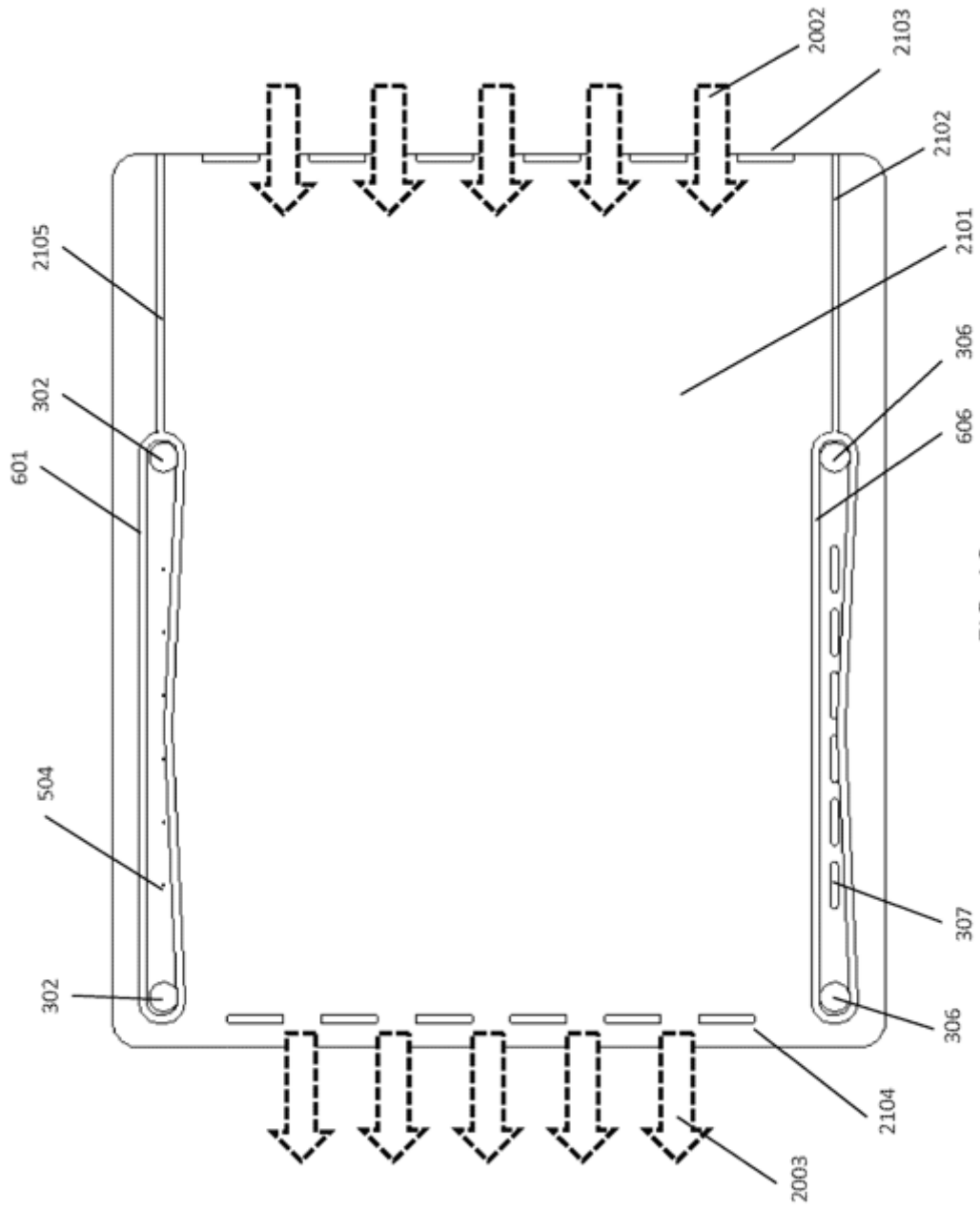


FIG. 16

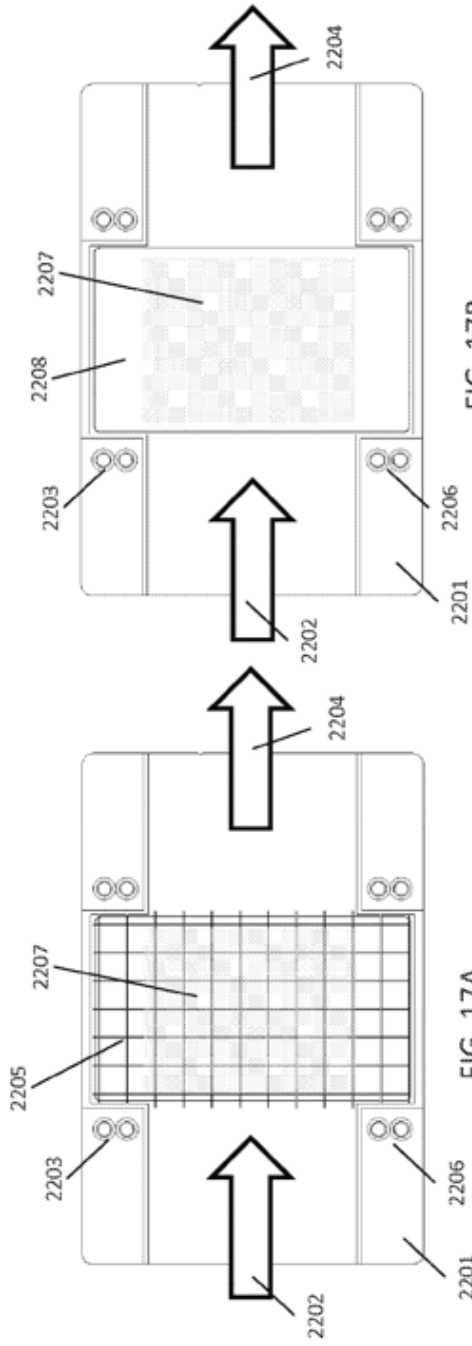


FIG. 17B

FIG. 17A

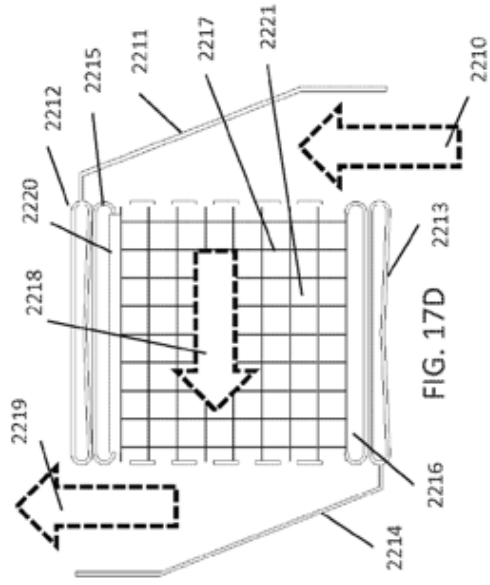


FIG. 17D

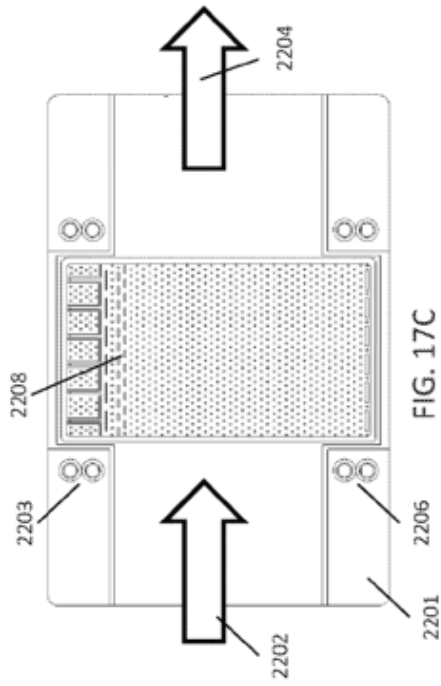
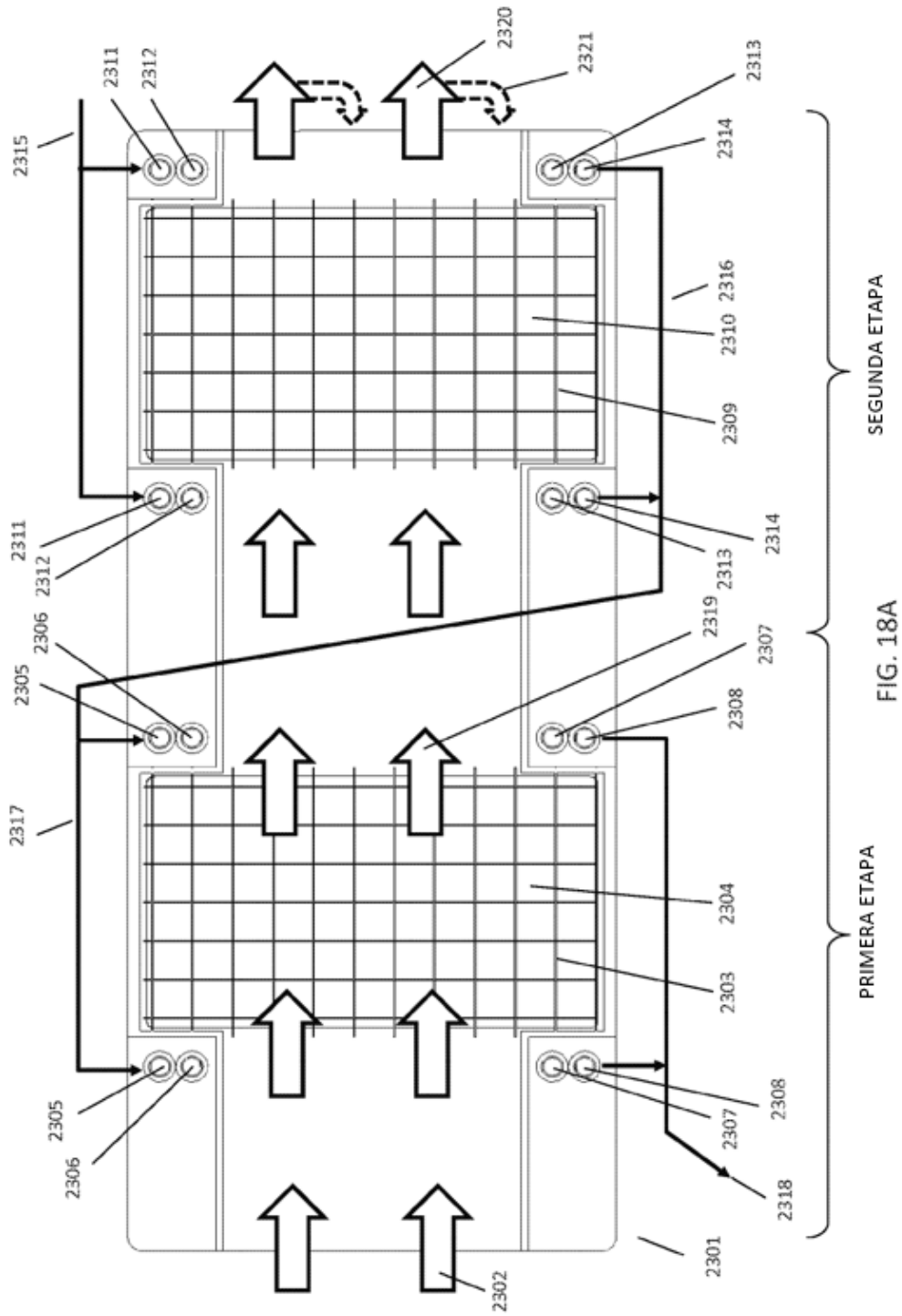
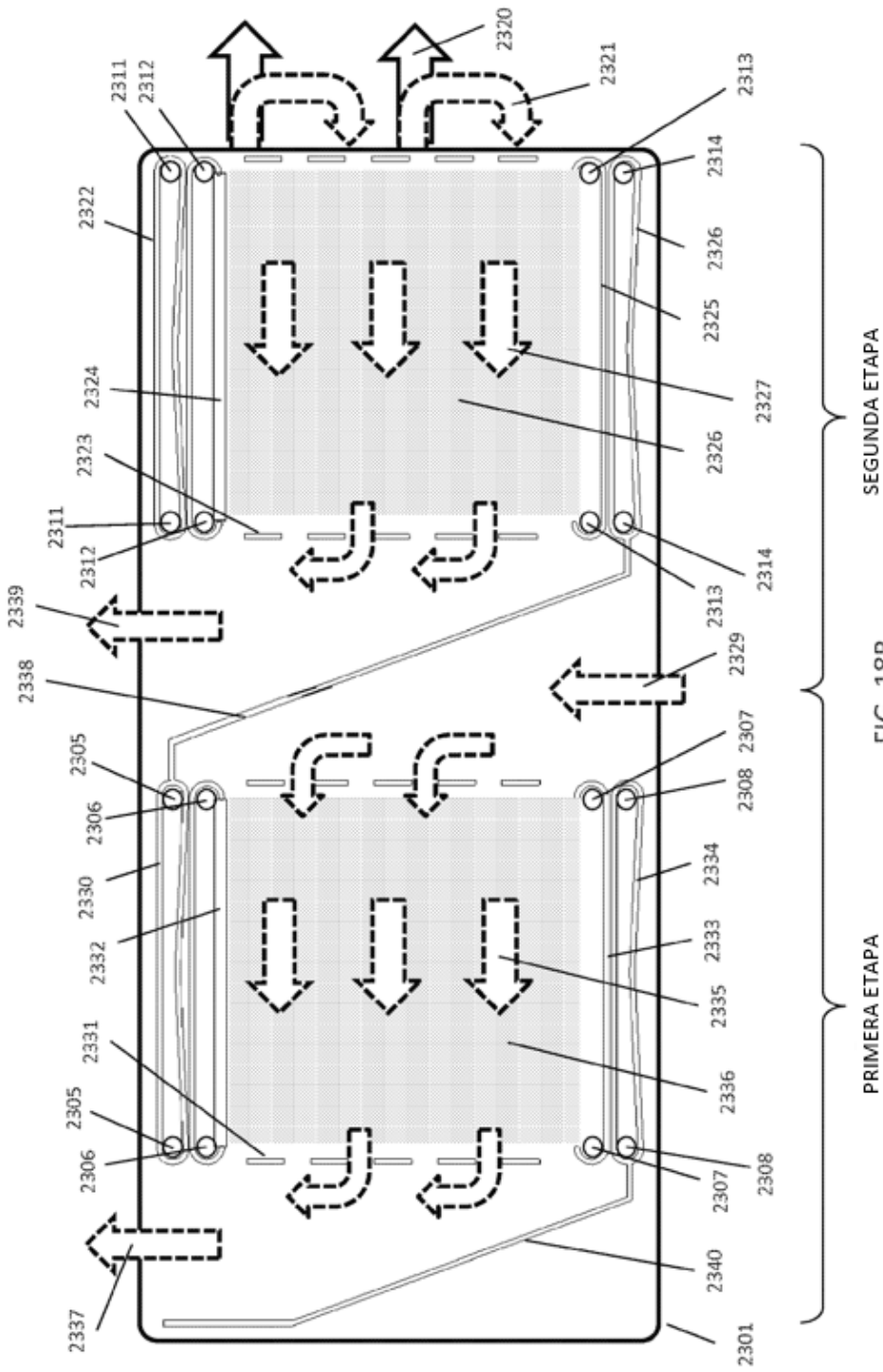


FIG. 17C





SEGUNDA ETAPA

FIG. 18B

PRIMERA ETAPA



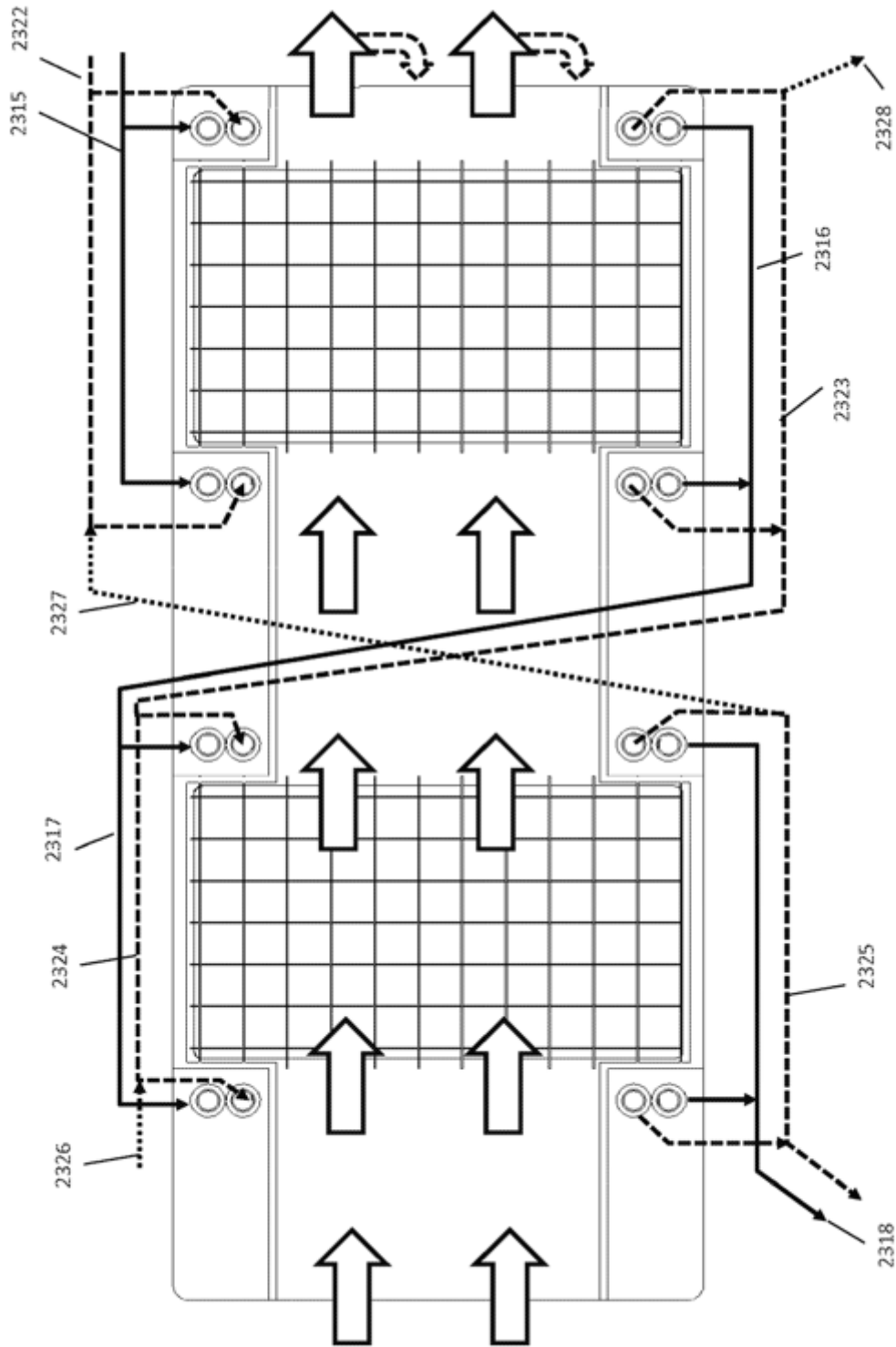


FIG. 18C

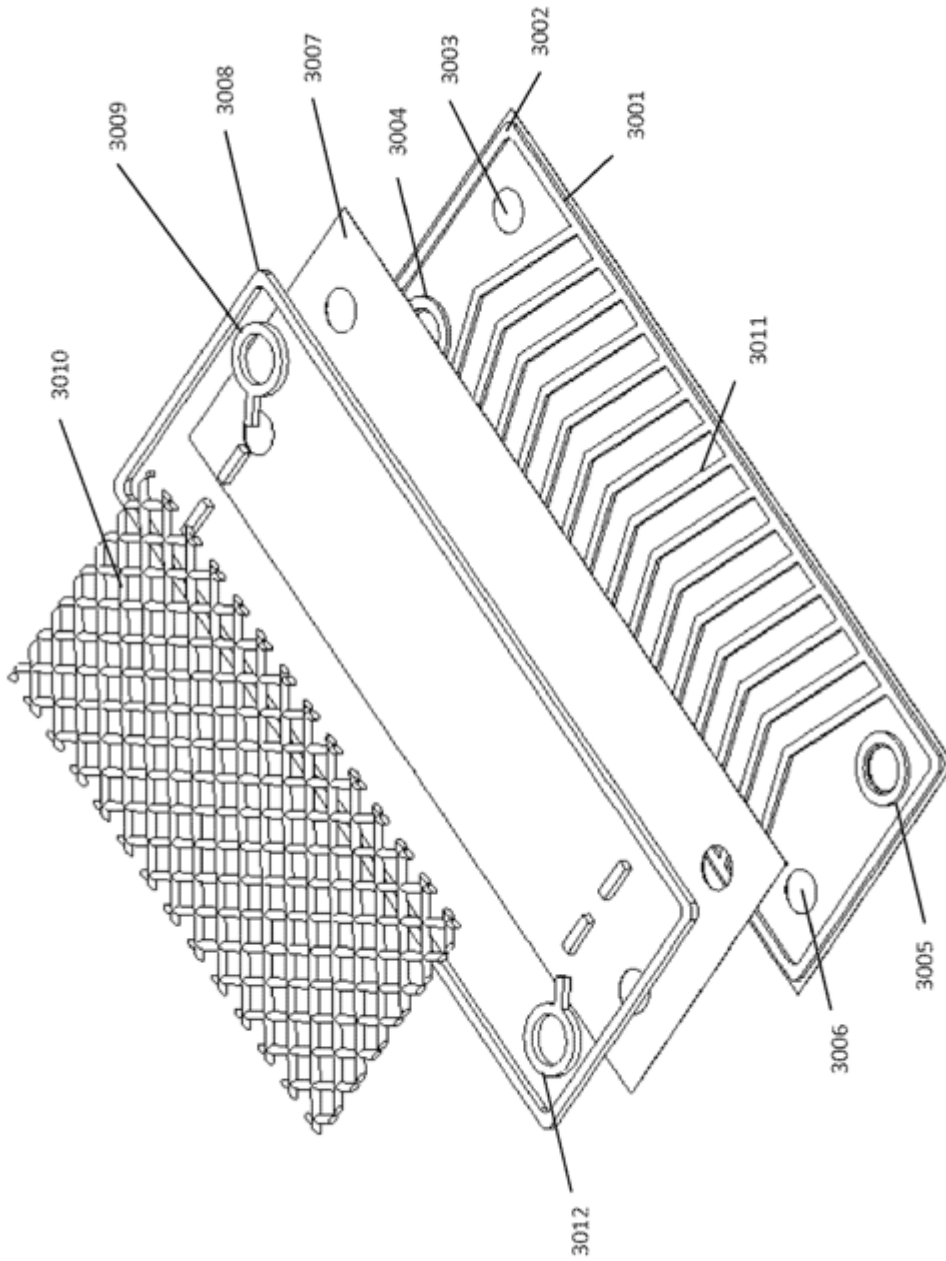
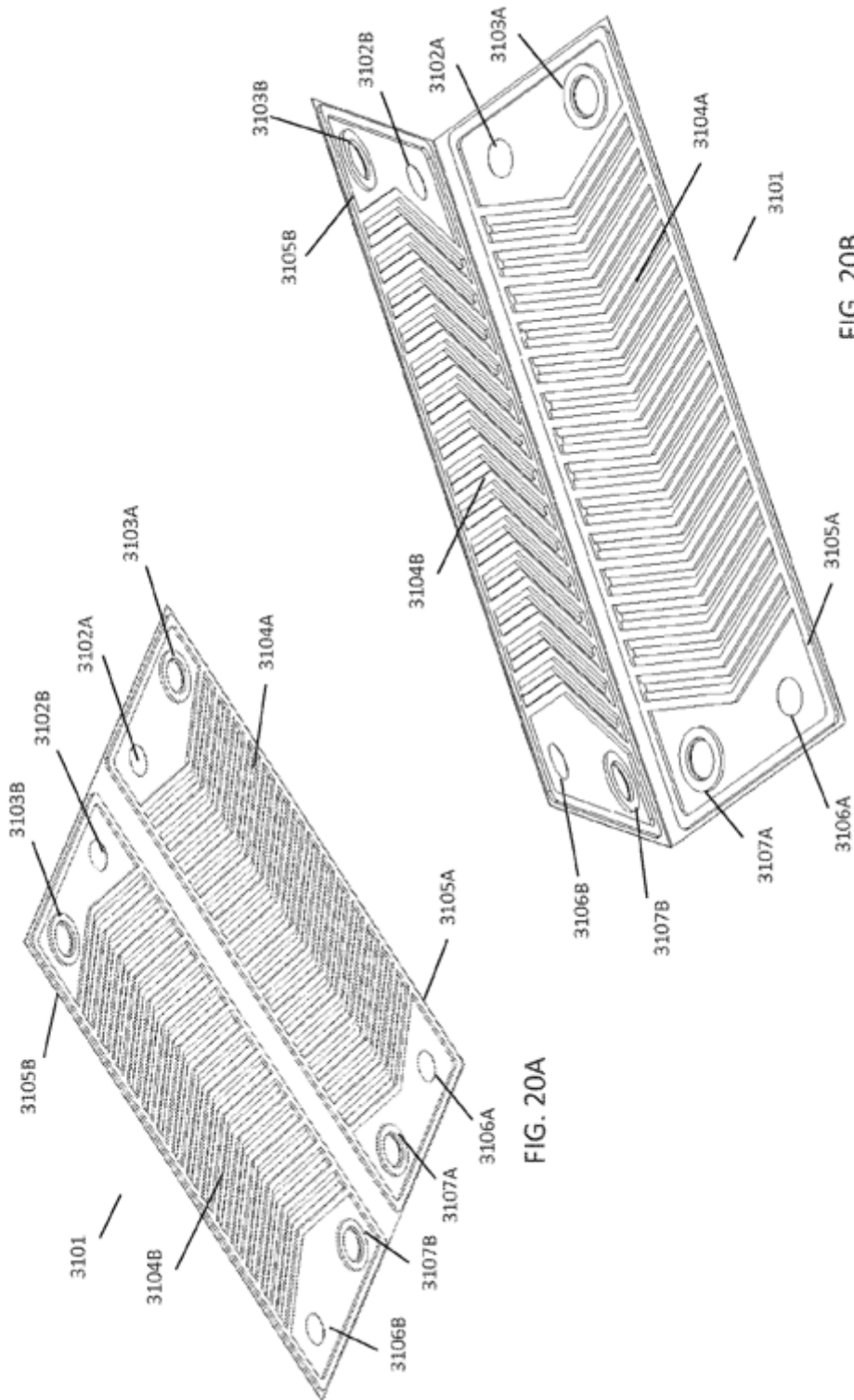


FIG. 19



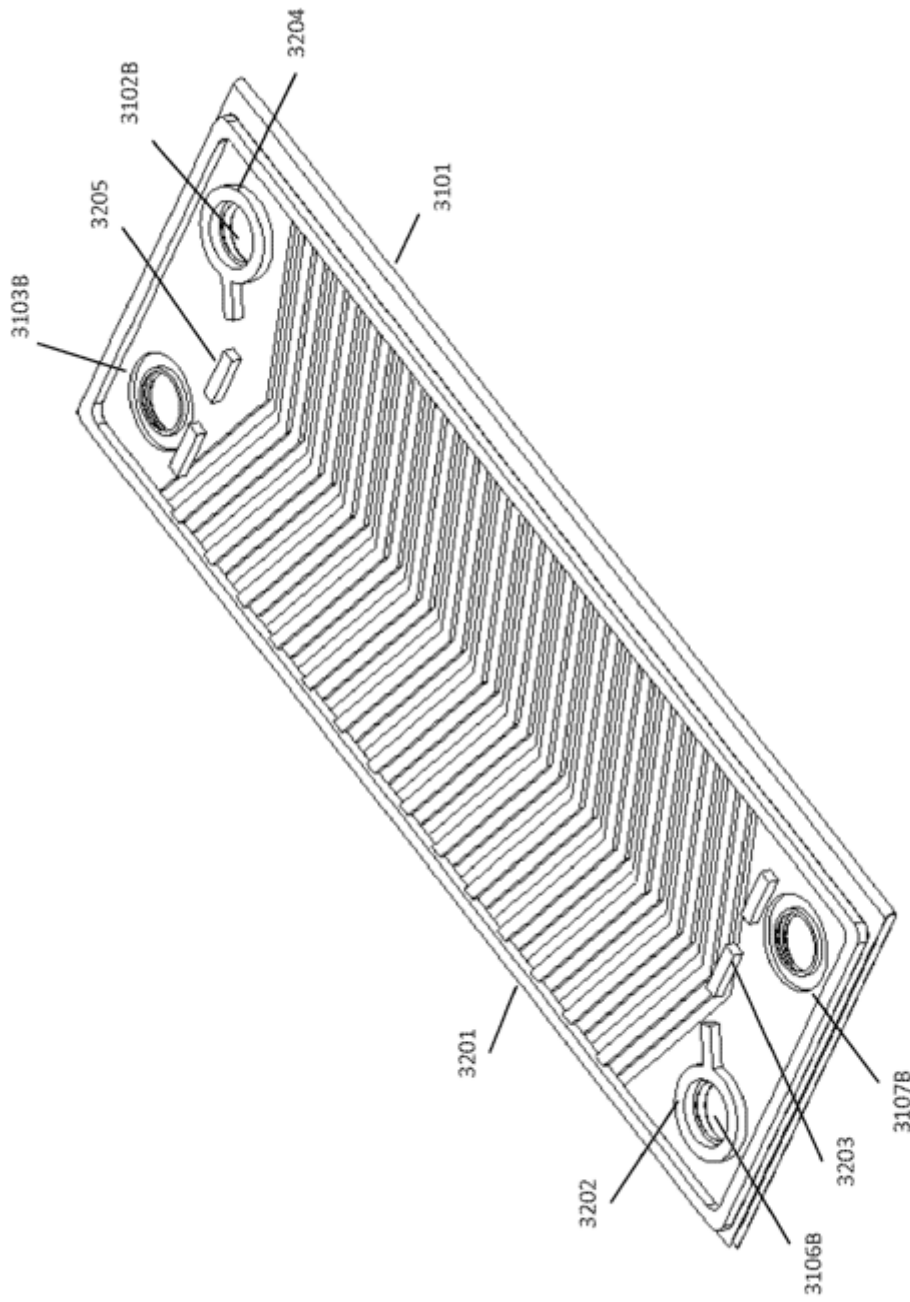


FIG. 21