

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 775 509**

51 Int. Cl.:

F28F 3/08 (2006.01)

F28F 13/00 (2006.01)

F28F 21/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.02.2016 PCT/AU2016/050119**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.09.2016 WO16134417**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.02.2016 E 16754670 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2019 EP 3262365**

54 Título: **Método de producir un intercambiador de calor de micronúcleo para un enfriador evaporativo indirecto compacto**

30 Prioridad:

23.02.2015 US 201562119718 P

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

27.07.2020

73 Titular/es:

**SEELEY INTERNATIONAL PTY LTD (100.0%)
112 O'Sullivan Beach Road
Lonsdale, SA 5160, AU**

72 Inventor/es:

**SWINDON, DAVID MARK;
CHEN, NAN;
MAHONEY, SHAUN y
GILBERT, ROBERT WILLIAM**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 775 509 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

Método de producir un intercambiador de calor de micronúcleo para un enfriador evaporativo indirecto compacto

Campo técnico

5 La invención se refiere a un enfriador evaporativo indirecto y, en particular, a un enfriador evaporativo indirecto con un núcleo compacto como se describe, por ejemplo, en la solicitud de patente internacional N° PCT/AU2015/050528 presentada el 8 de septiembre de 2015 (anteriormente solicitud provisional de los Estados Unidos N° 62/047.160 presentada el 8 de septiembre de 2014), titulada "ENFRIADOR EVAPORATIVO INDIRECTO COMPACTO", y asignado al presente cesionario, cuya divulgación se incorpora aquí como referencia. El núcleo compacto también se puede usar en un intercambiador de calor de recuperación de calor.

10 Estado de la técnica

15 En su núcleo, un enfriador evaporativo moderno generalmente comprende una pila de placas delgadas separadas paralelamente. Las placas definen pasajes alternos de flujo de aire húmedo y seco. En los conductos húmedos, una corriente de aire "activa" pasa sobre superficies húmedas, aceptando y transportando el calor sensible y el calor latente de evaporación, dejando superficies húmedas enfriadas por evaporación. En los pasajes secos, una corriente de aire inicialmente caliente se enfría a medida que el calor se transfiere por transferencia convectiva desde la corriente de aire a las superficies de la placa enfriada y por transferencia de calor conductora a través de las placas. El gradiente de temperatura entre las corrientes de aire a cada lado de las placas delgadas conduce el flujo de calor desde el lado del pasaje seco al lado del pasaje húmedo.

20 La patente estadounidense N° 8,636,269 enseña un intercambiador de calor por evaporación formado por láminas de material corrugado, cada lámina tiene una superficie humectable y una superficie opuesta resistente al vapor seco. Las láminas se apilan con superficies humectables una frente a la otra para formar pasajes húmedos y superficies secas enfrentadas entre sí para formar pasajes secos entre las láminas. Dentro de los pasajes, el flujo de aire en el centro de los pasajes tiende a fluir más rápido, mientras que el aire más cercano a las superficies de la lámina fluye más lentamente. El aire es un aislante, por lo que la capa de aire de movimiento lento directamente adyacente a las placas constituye una obstrucción a la transferencia de calor. Para superar esta barrera, se introduce turbulencia en el flujo. De acuerdo con la invención, la dirección general del flujo de aire está en ángulo con las corrugaciones, y el intercambio de calor entre los pasajes húmedo y seco y la evaporación dentro de los pasajes húmedos puede tener lugar fácilmente debido a la intensidad de la mezcla promovida por el flujo diagonal. a través de la construcción corrugada. Sin embargo, a medida que aumenta la turbulencia, también lo hace la resistencia al flujo.

25 30 Los presentes inventores desarrollaron un enfriador evaporativo de dos etapas más compacto como se describe en la solicitud de patente internacional PCT/AU2015/050528, asignado al cesionario actual. Los inventores descubrieron que cuando la separación entre las placas se reduce enormemente y se tiene cuidado para garantizar el flujo laminar en lugar del flujo turbulento, se produce un buen enfriamiento por evaporación y un buen intercambio de calor, lo que permite reducir la longitud de los pasos. Y aunque los pasajes delgados tienen una mayor resistencia al flujo (mayor caída de presión por distancia), a medida que se reduce la longitud del pasaje, la caída de presión se vuelve manejable.

35 Es decir, al empujar el aire a altas velocidades de corte a través de pasajes que tienen un espacio más estrecho entre las placas, y pasajes más cortos, el sistema de enfriamiento por evaporación no solo se vuelve compacto en tamaño, sino que también se vuelve eficiente. Los núcleos más pequeños posibles gracias a este nuevo concepto se denominan en el presente documento "micronúcleos".

40 Sin embargo, a medida que el espacio entre las láminas se vuelve más delgado, surge un problema en la fabricación. Los micronúcleos pequeños deben estar conectados a grandes entradas y salidas de aire. Cada vez es más problemático conectar, en un proceso de fabricación a escala comercial, los colectores de entrada y salida a los pasos de flujo húmedo y seco cada vez más pequeños.

45 Además, el método de fabricación convencional implica producir placas individuales, apilar las placas individuales, alinear las estructuras funcionales de las placas y de alguna manera unir o fijar las placas entre sí. Esto es tiempo y trabajo intensivo.

Se necesita un método de fabricación para fabricar de manera económica y confiable un intercambiador de calor "micronúcleo" u otros núcleos compactos de intercambiador de calor a escala comercial, y en particular utilizando materiales y técnicas de fabricación disponibles comercialmente.

50 Cualquier discusión de documentos, actos, materiales, dispositivos, artículos o similares que se ha incluido en la presente solicitud tiene el único fin de proporcionar un contexto para la presente invención. No debe tomarse como una admisión de que cualquiera o todos estos asuntos forman parte de la base de la técnica anterior o eran conocimiento general común en el campo relevante para la presente invención tal como existía antes de la fecha de prioridad de cada solicitud de esta solicitud.

55 A lo largo de esta especificación, se entenderá que la palabra "comprende", o variaciones tales como "comprende" o "que comprende", implica la inclusión de un elemento, número entero o paso, o grupo de elementos, números enteros o pasos, pero no la exclusión, de cualquier otro elemento, entero o paso, o grupo de elementos, enteros o pasos.

En esta especificación, una declaración de que un elemento puede ser "al menos una de una lista de opciones" debe entenderse que el elemento puede ser cualquiera de las opciones enumeradas, o puede ser una combinación de dos o más de las opciones enumeradas

Sumario de la invención

5 Según un primer aspecto, la presente invención proporciona un método para formar un núcleo de un intercambiador de calor, que comprende las siguientes etapas en cualquier orden:

- proporcionando un rollo de material hidrófobo que tiene un primer y un segundo lado,
- proporcionar un material flocado en al menos un área de superficie parcial de al menos un lado del material hidrofóbico para hacer que el área de superficie flocada sea humectable,
- 10 • grabado del material hidrofóbico para formar estructuras de guía del flujo de aire en el mismo,
- definición de líneas de plegado en dicho material hidrófobo,
- formación de hendiduras a lo largo de las líneas de plegado,
- plisado de los pliegues del material hidrófobo para formar pasajes húmedos y secos alternos, los pasajes húmedos formados entre superficies humectables opuestas, los pasajes secos formados entre superficies no flocada,
- 15 por lo que el plegado hace que las hendiduras en los pliegues se abran y formen entradas y salidas de aire en comunicación con los pasajes de flujo de aire, y
- sellado de los bordes formados por dichos primer y segundo lados de dicho material hidrófobo.

Según un segundo aspecto, la presente invención proporciona un método para formar placas para un núcleo de un intercambiador de calor, el método comprende:

- 20 • proporcionar una lámina de material que tiene un primer lado y un segundo lado,
- proporcionar flocado en al menos un área superficial parcial de al menos un lado de la lámina, para hacer que el área de superficie flocada se pueda humedecer,
- formación de estructuras de guía de flujo de aire en el al menos un lado de la lámina del primer lado y del segundo lado,
- 25 • definición de líneas de plegado en la lámina y, por lo tanto, definir placas que se extiendan entre líneas de plegado adyacentes, y
- formación de hendiduras a lo largo de las líneas de plegado,
- donde el plisado de los pliegues de la lámina en las líneas de plegado forma pasajes húmedos y secos alternativos entre las placas, los pasajes húmedos formados entre superficies humectables opuestas, los pasajes secos formados entre superficies no flocadas, y por lo que el plisado de los pliegues hace que las hendiduras en los pliegues se abran y formen entradas y salidas de aire en comunicación con los pasajes de flujo de aire
- 30

Según un tercer aspecto, la presente invención proporciona un conjunto de placas para un núcleo de un intercambiador de calor, comprendiendo cada placa:

- 35 • una lámina de material que tiene un primer lado y un segundo lado;
- reunirse en al menos un área de superficie parcial de al menos un lado de la lámina para hacer que el área de superficie reunida sea humectable; y
- estructuras de guía del flujo de aire formadas sobre al menos un lado de la lámina del primer lado y del segundo lado;
- el conjunto de placas comprende además líneas de plegado definidas entre cada par de placas adyacentes, y en el que se proporcionan hendiduras a lo largo de las líneas de plegado, por lo que el plisado de los pliegues del conjunto de placas forma un núcleo que comprende pasajes alternos húmedos y secos, los pasajes húmedos formados entre superficies humectables opuestas, los pasajes secos formados entre superficies no flocadas, y por lo que las hendiduras en los pliegues estén abiertas y formen entradas y salidas de aire en comunicación con los pasajes de flujo de aire.
- 40

45 Según un cuarto aspecto, la presente invención proporciona un medio legible por ordenador no transitorio para formar un núcleo de un intercambiador de calor, que comprende instrucciones que forman un archivo de planos digitales que, cuando se ejecuta por uno o más procesadores, origina la realización de lo siguiente:

- impresión tridimensional de un conjunto de placas, cada placa comprende:
- una lámina de material que tiene un primer lado y un segundo lado,
- 50 • reunirse en al menos un área de superficie parcial de al menos un lado de la lámina para hacer que el área de superficie reunida sea humectable; y
- estructuras de guía del flujo de aire formadas sobre al menos un lado de la lámina del primer lado y del segundo lado;
- el conjunto de placas comprende además líneas de plegado definidas entre cada par de placas adyacentes, y en el que se proporcionan hendiduras a lo largo de las líneas de plegado, por lo que el plisado de los pliegues del conjunto de placas forma un núcleo que comprende pasajes alternos húmedos y secos, los pasajes húmedos formados entre superficies humectables opuestas, los pasajes secos formados entre superficies no flocadas, y por lo que las hendiduras cuando están plegadas están abiertas y forman entradas y salidas de aire en comunicación con los pasajes de flujo de aire.
- 55

En algunas realizaciones de la invención, solo un lado de la lámina está flocada.

En algunas realizaciones de la invención, los canales de flujo de aire se extienden generalmente perpendicularmente a las líneas de plegado. Los canales de flujo de aire en algunas realizaciones están configurados de modo que, una vez que la lámina está plegada en pliegues para formar el núcleo, los canales que tienen superficies desflocadas suministran aire desde las entradas definidas por un primer subconjunto de las hendiduras colocadas en un primer lado del núcleo, hasta salidas definidas por un segundo subconjunto de las hendiduras y posicionadas en un segundo lado del núcleo opuesto al primer lado. Además, en tales realizaciones, los canales que tienen superficies flocadas que están configurados preferiblemente para suministrar aire desde las entradas de retorno definidas por un tercer subconjunto de las hendiduras colocadas en el segundo lado del núcleo y que reciben una porción de la salida de aire del segundo subconjunto de hendiduras, a una salida de retorno definida por un cuarto subconjunto de hendiduras posicionadas en el primer lado del núcleo.

En algunas realizaciones de la invención, el material hidrófobo está adicionalmente engarzado o marcado parcialmente a lo largo de las líneas de plegado para facilitar el plegado del material a lo largo de las líneas de plegado.

A diferencia de los métodos de fabricación de la técnica anterior, en los que se forman, alinean y fijan placas individuales entre sí, en el presente documento se describe un método de fabricación en el que una lámina continua de material, que puede ser de cualquier material adecuado, incluyendo metal y plástico, por ejemplo, el PVC de un rollo continuo está grabado para formar estructuras de guía del flujo de aire. Las hendiduras se forman preferiblemente a lo largo de líneas de plegado. El material de las líneas de plegado entre las hendiduras forma una bisagra viva, que puede estar parcialmente engarzada o marcada, de modo que las láminas pueden plegarse fácilmente en pliegues.

El relieve imprime dos diseños, que se alternan de una placa a la siguiente. El plegado da como resultado que los diseños en relieve alternos se superpongan, y los diseños alternativos cooperan para formar pasajes de aire con las respectivas entradas de aire, una zona de intercambio de calor y salidas de aire entre láminas sucesivas. Es decir, una primera y segunda lámina forman al menos una primera entrada de aire, zona de intercambio de calor y salida de aire entre ellas. La segunda lámina coopera con una tercera lámina para formar al menos una primera entrada de aire, una zona de intercambio de calor y una salida de aire entre ellas. La tercera lámina coopera con una cuarta lámina para formar al menos una primera entrada de aire, una zona de intercambio de calor y una salida de aire entre ellas. Por supuesto, cada diseño en relieve forma preferiblemente al menos 10, preferiblemente al menos 20, más preferiblemente al menos 30 pasajes de flujo de aire. Este plegado y formación de pasajes de aire continúa hasta que se ha formado un número deseado de pliegues y se ha alcanzado un núcleo neto de deseado de flujo de aire mediante la suma del flujo de aire de los pasajes individuales.

La lámina de material se agrupa preferiblemente al menos parcialmente sobre al menos un lado de la lámina. Cuando el pliegue está plegado, dos superficies flocadas se enfrentan entre sí y dos superficies no flocadas se enfrentan entre sí. El material de flocado sirve para promover el movimiento del agua por acción capilar y la evaporación del agua al aumentar el área de superficie. En lo sucesivo, una superficie flocada se denominará "superficie de paso húmeda". Una superficie no flocada, al menos en las regiones que formarán los pasos secos en las zonas de intercambio de calor, se denominará en lo sucesivo la "superficie de paso seco". En consecuencia, después del plegado, una superficie de paso húmeda se enfrenta a una superficie de paso húmeda y una superficie de paso seca se enfrenta a una superficie de paso seca.

El grabado en relieve sirve para imprimir un diseño que asegurará no solo la separación deseada del material plisado en pliegues, sino también la durabilidad mecánica y la rigidez estructural del material plisado. Preferiblemente, el grabado en relieve forma estructuras elevadas tales como paredes de canales o nodos que están orientados no solo paralelos a la dirección del flujo como en la zona de intercambio de calor, sino también diagonal a la dirección del flujo, por ejemplo, en la zona de entrada y salida de aire, por lo tanto, impartiendo rigidez. El grabado preferiblemente forma además orejetas y receptáculos sobre al menos algunas de las placas para que, cuando el plisado de los pliegues reúne superficies de placa adyacentes, se captura una oreja de una placa en un receptáculo correspondiente de otra placa, por ejemplo, en una captura de ajuste a presión o por fricción al aplicar una fuerza adecuada. Una vez capturados, las orejetas y los receptáculos sirven para asegurar el plisado de los pliegues en la configuración plegada deseada y para fijar el núcleo en la posición de trabajo.

La lámina es preferiblemente de un material con propiedades elásticas y de elasticidad tales que la etapa de doblado o plegado hace que las hendiduras se abran para formar aberturas de entrada y salida de aire. En algunas realizaciones, se pueden proporcionar estructuras adecuadas en relieve o formadas inmediatamente adyacentes a las hendiduras para estimular a las hendiduras a abrirse cuando la lámina está plegada.

Los beneficios de importancia comercial alcanzados por el método de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención incluyen:

- La alineación precisa de la placa del intercambiador de calor se logra automáticamente ya que las placas nunca se separan entre sí en el proceso de producción,
- El espaciado preciso de la placa del intercambiador de calor se logra automáticamente a través de este proceso que proporciona una excelente consistencia de rendimiento,

- El método de plegado permite la adopción de tecnología de plegado para apilar las placas del intercambiador de calor en una excelente alineación con el 50% de los puntos de sellado garantizados por el material de la placa plegada,
- El método de plegado asegura que se logren puntos críticos de sellado en los pliegues,
- 5 • Los sellos requeridos en lugares distintos a los puntos de plegado están sujetos a flujos de aire que permiten un sellado simple con un sellador de rodillo,
- El uso de la tecnología de plegado permite seleccionar la altura de la pila del núcleo de intercambio de calor simplemente apilando el número requerido de placas,
- 10 • El método de producción es fácilmente adaptable a una variedad de materiales poliméricos. Actualmente se floca el PVC, pero puede ser una combinación de muchos materiales poliméricos que proporcionan un material de barrera impermeable en un lado y un material adecuado de retención y distribución de agua en el otro lado,
- La longitud y el ancho de los pliegues del intercambiador de calor se pueden cambiar fácilmente. Los rodillos de grabado deben cambiarse, pero todos los demás componentes del proceso son simples cambios de configuración de la máquina,
- 15 • La ubicación precisa del intercambiador de calor plisado permite la aplicación automatizada inmediata de placas finales, colector, tanque de agua y sumidero.

La invención tiene aplicaciones no solo para, por ejemplo, enfriadores evaporativos indirectos, sino que también es útil para intercambiadores de calor de gas a gas (por ejemplo, aire a aire) (recuperadores de calor, sistemas de recuperación de calor) y/o líquido a gas (por ejemplo, intercambiadores de calor de agua a aire) y/o intercambiadores de calor de líquido a líquido.

El intercambiador de calor puede ser un enfriador evaporativo indirecto o un enfriador evaporativo directo. En el caso de un enfriador por evaporación directa, el flocado puede proporcionarse en ambas superficies de cada placa para formar de ese modo la estructura de evaporación directa deseada.

El grabado en relieve puede realizarse mediante grabado, tallado, moldeo, termoformado, conformado al vacío de plástico o cualquier otro medio adecuado para crear pasajes de flujo de aire deseados definidos por las superficies estampadas de las placas del núcleo

Breve descripción de los dibujos

Ahora se describirá un ejemplo de la invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- La figura 1 muestra un núcleo simplificado compuesto por una pila de placas con pasajes secos y húmedos alternados,
- 30 La figura 2 es una vista en perspectiva de un intercambiador de calor de micronúcleo producido mediante el apilamiento de placas individuales de acuerdo con una realización de la presente invención,
- La figura 3 es una vista parcial ampliada del intercambiador de calor de micronúcleo de la figura 2,
- La figura 4 es una vista en planta de una lámina en relieve de material hidrófobo con hendiduras formadas a lo largo de líneas de plegado de acuerdo con otra realización de la presente invención,
- 35 Figs. 5A y 5B son una vista en perspectiva que muestra la formación del micronúcleo por plegado (lado izquierdo) que incluye la formación de entradas y salidas de aire a medida que las hendiduras se abren al plegar el material,
- La figura 6 es una vista en planta de una parte de la realización de la figura 5, que muestra cómo las hendiduras en una línea de plegado forman aberturas para los pasajes húmedos y las hendiduras en el siguiente plegado forman aberturas para los conductos secos,
- 40 La figura 7 representa esquemáticamente un enfriador evaporativo con micronúcleo,
- La figura 8 muestra una estructura de enfriador evaporativo, usando el micronúcleo de acuerdo con una realización de la invención, y
- La figura 9 muestra el diseño de un enfriador evaporativo.

Descripción de una realización preferida

- 45 El flocado es el proceso de depositar muchas partículas pequeñas de fibra (llamadas filamento) en una superficie. El flocado se define como la aplicación de partículas finas a las superficies recubiertas con adhesivo. En una máquina de flocado, el "filamento" recibe una carga negativa de alto voltaje mientras el sustrato horizontal está conectado a tierra. El material de flocado vuela verticalmente sobre el sustrato uniéndose al pegamento aplicado previamente.
- El plisado de materiales en procesos de fabricación a escala industrial es bien conocido, y ejemplos de materiales plisados incluyen filtros de aire y filtros de aceite.
- 50 El grabado en relieve también es bien conocido. EP 0 055 711 B1, titulado "Intercambiador de calor de bajo perfil y método para hacer el mismo", enseña a formar un núcleo de intercambio de calor para un calentador que comprende plegar una tira unitaria y alargada de material conductor de calor para formar una pluralidad de paredes que definen un pasaje de fluido entre ellas. Sin embargo, el aire fluye paralelo a los pliegues, no transversal a los pliegues. US 6,892,795, titulado "Matriz de regeneración en relieve para intercambiador de calor", enseña una matriz de

- regeneración para efectuar la transferencia de calor entre dos corrientes de aire en contracorriente separadas en parte por sellos frontales. La matriz incluye tiras de material enrollado alrededor de un eje para proporcionar una pluralidad de capas. La matriz también incluye relieves ubicados en al menos algunas de las capas y que proporcionan espacios intercalados entre al menos algunas de las capas, de modo que los espacios entre capas se extienden a través de la matriz sustancialmente paralelos al eje. Los relieves tienen una altura uniforme e incluyen relieves primarios y secundarios. Los relieves primarios se extienden sustancialmente paralelos al eje para dividir los espacios entre capas en pasajes de gas y resistir sustancialmente la fuga de gas circunferencial entre los pasajes de gas. Los relieves primarios también son para alinearse con los sellos frontales para evitar fugas de gas circunferenciales entre las dos corrientes de aire que fluyen a contracorriente, y están espaciados sucesivamente para que, como máximo, dos relieves primarios sucesivos se alineen con los sellos frontales. Los relieves secundarios mantienen los espacios entre capas con una separación sustancialmente uniforme entre los relieves primarios, pero permiten el flujo de gas circunferencial dentro de los pasajes de gas. Sin embargo, no se divulga el plisado de los pliegues. Consulte también la técnica general relacionada con el grabado a escala comercial en US 1,571,594; US 2,876,555; US 4,921,643; y US 7,981,184.
- El material hidrofóbico utilizado en la presente invención es preferiblemente susceptible de grabado térmico o termoformado.
- El método de la invención puede incluir una etapa de flocado de áreas seleccionadas de uno o ambos lados de la lámina de material. Por ejemplo, se pueden aplicar tiras de adhesivo paralelas a la dirección de plegado, transversal a la dirección de desenrollado de la lámina de material. Las tiras pueden estar dispuestas de manera que, por ejemplo, se apliquen 5-20 tiras de adhesivo en cada superficie plana (es decir, en ambos lados del material), alternando cada tira de adhesivo con una tira sin adhesivo, de modo que después del flocado y plegado, las áreas agrupadas se enfrentan entre sí y las áreas no agrupadas se enfrentan entre sí. Los bordes longitudinales de cada tira flocada están provistos de un cordón de adhesivo para servir como separador y como barrera para el flujo de aire entre los pasajes húmedo y seco.
- Alternativamente, se puede aplicar adhesivo y realizar el flocado, solo en las zonas de intercambio de calor, no en las zonas de entrada y salida de aire.
- Por supuesto, para fines comerciales, se prefiere obtener láminas de material que ya están flocadas en un lado, como una película rígida de PVC de 0,18mm disponible comercialmente, flocada con material de flocado de rayón 1,5 deiner x 0,5mm de fibras largas sobre adhesivo acrílico.
- Sin embargo, si se desea un flocado personalizado, el grabado puede ocurrir antes o después del paso de flocado. Si las láminas se van a flocar y luego se almacenan antes del proceso de finalización en intercambiadores de calor de micronúcleo, las láminas se dejan preferiblemente planas y se graban en relieve más tarde en el momento del procesamiento final. Si el grabado sigue directamente al flocado, se prefiere dejar tiempo para que el adhesivo de flocado se seque por completo. Alternativamente, el flocado puede seguir al grabado en relieve.
- El material de la lámina debe ser capaz de mantener la integridad estructural y separar los pasajes de aire seco y los pasajes de aire húmedo. El material es lo suficientemente delgado como para permitir una fácil transferencia de calor a través de la lámina y, por lo tanto, para permitir que el calor se transfiera fácilmente del pasaje seco al pasaje húmedo. La lámina está formada preferiblemente de una película de plástico tal como una película densa de pared delgada o una lámina de polietileno, polipropileno, poliestireno, cloruro de polivinilo, tereftalato de polietileno o material similar que tiene buenas propiedades de barrera de vapor. Aunque un material de baja permeabilidad como el plástico no transfiere calor fácilmente, la transferencia de calor perpendicularmente a través de la capa de plástico será buena ya que el material laminar según la presente invención es muy delgado.
- El material de flocado se usa para hacer que una superficie del polímero hidrófobo del material laminar sea sustancialmente hidrófila.
- El lado hidrófilo de la placa puede estar provisto de una capa de retención de líquido adicional formada a partir de un material fibroso no tejido. Aunque se puede hacer referencia a una superficie de retención de líquido, se entiende claramente que la superficie es de hecho una superficie de retención y liberación de líquido. La velocidad de evaporación de un material de enlace hilado o tejido hidrofóbico donde el agua ha sido impregnada entre las fibras es mayor que la de un material hidrofílico donde el agua ha sido absorbida por el material y entre las fibras. Esto significa que se requiere una diferencia de temperatura mucho menor en la placa para lograr la misma velocidad de evaporación, lo que aumenta la velocidad de transferencia de calor. Ver por ejemplo WO 2010/011687 (Gillan) enseñando una lámina de fibra hidrófoba formada para absorber el fluido evaporativo.
- En la presente invención, el material de absorción o la capa/tratamiento de absorción es relativamente delgado y, por lo tanto, contiene solo una pequeña cantidad de agua. En consecuencia, el sistema es eficiente en que el aire en lugar de agua se enfría.
- El material de flocado es preferiblemente un material absorbente y puede ser hidrófilo o hidrófobo, y los materiales adecuados incluyen celulosa, fibra de vidrio, fibras orgánicas, fibras orgánicas, plásticos porosos, fibras a base de carbono, poliésteres, polipropileno, fibras a base de silicio y combinaciones de estas sustancias. El material de la capa absorbente puede tener varias formas: películas, tejidos, trenzas, fibras, lechos de partículas tales como perlas y combinaciones de los mismos.

Un material absorbente no tejido sustancialmente compatible se dispone y se fija de manera fija en una serie de ubicaciones a la superficie hidrófila del primer sustrato de polímero. De manera similar, el material no tejido sustancialmente compatible también se dispone y se fija de manera fija en varios lugares a la superficie hidrófila del segundo sustrato de polímero. El material no tejido sustancialmente compatible puede ser un material unido por hilatura, un material soplado por fusión, material hidrogenomallado (hilado) o hecho a través de cualquier otro proceso, como conformación, colocación por aire, colocación en húmedo, bandas de cardado, unión térmica, punzonado con aguja, unión química o combinaciones del mismo. Las realizaciones de material unido por hilatura incluyen poliolefina, tereftalato de polietileno (PET) y nylon. Las realizaciones de material fundido soplado incluyen poliolefina, tereftalato de polietileno (PET) y nylon. Las realizaciones de material hidrogenomallado incluyen fibra cortada de algodón, rayón o viscosa, fibra cortada de lyocell, fibra cortada de poliolefina, fibra cortada de poliéster y fibra cortada de nylon.

Las bandas no tejidas pueden formarse a partir de fibras y filamentos basados en polímeros hidrófobos o hidrófilos. Ejemplos representativos, pero no completos, de polímeros que son hidrófobos para la fabricación de bandas no tejidas son las poliolefinas y el tereftalato de polietileno. Ejemplos representativos, pero no completos, de polímeros hidrófilos para la fabricación de bandas no tejidas incluyen materiales celulósicos como algodón, rayón o viscosa, etc. La aplicación del hecho de que, bajo condiciones adecuadas de porosidad, el diámetro de fibra/filamento, densidad (GSM) etc., puede producirse una acción capilar significativa y la absorción del agua puede ocurrir en una red que se ha aplicado de manera innovadora en la invención. La invención utiliza de manera innovadora la porosidad de ciertas bandas no tejidas porosas que a menudo pueden ser suficientes para permitir el fácil transporte de agua y otros fluidos debido a la absorción producida por la acción capilar.

Volviendo a las figuras, la figura 1 muestra una configuración de flujo de aire conocida para un sistema de enfriador evaporativo de núcleo único que comprende placas de intercambio de calor paralelas 1. Cada placa tiene una superficie humectable en un lado y una superficie seca resistente al vapor en el lado opuesto. Las placas se apilan con superficies humectables una frente a la otra para formar pasajes de aire húmedo 2 y superficies secas enfrentadas entre sí para formar pasajes de aire seco 3 entre las placas. La fuente de aire entrante 4 a enfriar se dirige a través de los pasajes secos 3 del intercambiador de calor 10. Al salir de los pasajes secos, la corriente de aire enfriado en seco se divide aproximadamente de manera uniforme en una corriente de "suministro de aire" 5 para enfriar un espacio vital y una corriente de aire de "retorno" o "de trabajo" 6 que se dirige a los pasajes húmedos 2. Los pasajes húmedos tienen una superficie hidrófila provista de un material absorbente 7 que puede mantenerse continuamente húmedo mediante una carga intermitente o continua de agua. El agua se evapora de las superficies absorbentes y es arrastrada por el aire seco y frío (que se ha enfriado previamente mediante el paso inicial a través del pasaje seco y frío), extrayendo calor latente y enfriando las placas. Después de pasar por el pasaje húmedo, la corriente de aire de retorno 8, ahora cargada de humedad, se ventila a la atmósfera. A su vez, dado que el aire de retorno preenfriado es más eficaz para reducir la temperatura de la superficie hidrófila 7, la corriente de aire entrante 4 en los pasajes secos se enfría más eficazmente por contacto con las superficies del lado seco de las placas 1. El gradiente de temperatura entre las corrientes de aire a ambos lados de la delgada placa termoconductora impulsa el flujo de calor del lado del pasaje seco al lado del pasaje húmedo.

El espacio entre las placas es aproximadamente el mismo si las placas están definiendo un pasaje húmedo o un pasaje seco. En el ejemplo representado, el material absorbente se extiende aproximadamente un cuarto del camino hacia los pasajes húmedos, dejando aproximadamente el 50% del pasaje sin obstrucciones. Dado que el volumen de aire de retorno es solo aproximadamente el 50% del aire entrante, se deduce que el ancho efectivo del pasaje de aire húmedo para el aire de retorno solo necesita ser aproximadamente el 50% del ancho del pasaje de aire seco para el aire entrante aire.

Los modelos computacionales y las pruebas de banco indican que cuando la separación de la placa que define los pasajes secos o húmedos se reduce a aproximadamente 0,6 – 2,0mm, preferiblemente 0,7 -1,4mm, lo más preferiblemente aproximadamente 0,8 – 1,2mm, el aire puede moverse en el pasaje con flujo laminar y alta velocidad de corte. Con una separación menor de acuerdo con la presente invención, el perfil de velocidad es pronunciado, el flujo de aire permanece laminar, la capa límite se vuelve más delgada y, por lo tanto, la transferencia de calor aumenta dramáticamente. Es bien sabido que cuanto más largo es el paso, mayor es la caída de presión entre la entrada y la salida. Dado que se requiere una longitud de paso más pequeña en la presente invención para lograr la transferencia de calor efectiva para el sistema, la caída de presión se mantiene al mínimo. En comparación con los intercambiadores de calor de la técnica anterior que dependen del flujo de aire turbulento para romper la capa límite, con aire turbulento que toma energía y aumenta la contrapresión, el diseño inventivo en realidad proporciona eficiencias en la transferencia de calor y el flujo de aire tanto en pasajes húmedos como en los secos.

En el caso de separaciones de placas superiores a 2,0mm, incluso si el flujo se mantiene laminar, se pierde la eficiencia de la transferencia de calor conductivo y de radiación. Con separaciones más estrechas que 0,6 mm, el flujo de aire se estrecha, la caída de presión se vuelve alta y se pierden los beneficios de la invención.

El intercambiador de calor de la presente invención, con micronúcleo con pasajes como los definidos aquí, puede adaptarse a prácticamente cualquier diseño, y puede usarse en prácticamente cualquier sistema, y ofrece los beneficios de un volumen reducido. Los sistemas y materiales generales se describirán a continuación, sin que la invención se limite a los materiales ejemplares.

La técnica anterior enseña que los materiales hidrófilos pueden retener mejor el agua. Sin embargo, en relación con el aparato de enfriamiento, la aplicación de esta calidad tiene la desventaja de que, en el caso de una banda no tejida hecha de polímeros hidrófilos, parte del agua hinchará las fibras y el resto girará sobre las fibras. Esto perdería la rigidez en las almohadillas del intercambiador de calor. Además, en relación con el aparato de enfriamiento, el material no tejido hidrofílico se hincharía, mientras que uno de nuestros objetivos es retener la película más delgada del agua para facilitar una mejor transferencia de calor y evaporación. Las bandas no tejidas porosas de baja densidad hechas de fibras o filamentos hidrófobos pueden transferir agua a través de las fibras poliméricas hidrófobas. El agua puede fluir a lo largo, alrededor y por encima, pero no a través de las fibras poliméricas hidrófobas. La porosidad y la acción de absorción asociada de una tela no tejida porosa pueden hacer que la tela no tejida sea efectivamente hidrófila en términos de su capacidad para humedecerse y esparcir fácilmente el agua incluso si las fibras o filamentos que constituyen la tela no tejida están hechos de polímeros hidrófobos. Por lo tanto, la invención emplea de manera innovadora los materiales que se sabe que son hidrófobos para la retención de agua según se requiera. La invención supera el problema de mantener la rigidez de las almohadillas del intercambiador de calor debido al uso de material hidrófilo, como lo demuestra la técnica anterior relevante, empleando material hidrófobo.

Ejemplos de fibras que son hidrófobas son las poliolefinas y el tereftalato de polietileno. Las bandas no tejidas porosas de baja densidad hechas de estas fibras o filamentos hidrófobos pueden ser hidrófilas por acción de absorción.

La figura 2 es una vista en perspectiva de un intercambiador de calor de micronúcleo 200 producido mediante el apilamiento de placas individuales de acuerdo con una realización de la presente invención. Un principio central de la presente invención es la formación del plisado de los pliegues del núcleo 200, y el uso de hendiduras en las líneas de plegado para proporcionar las entradas y salidas de aire. La naturaleza repetitiva del grabado formado en las placas del núcleo 200 da como resultado que cada columna de ventilaciones forme una pila de ventilaciones de entrada 204 que cumplen la misma función que la entrada 4 en la figura 1, o una pila de ventilaciones de salida 208 que cumplen la misma función como los respiraderos 8 en la figura 1. Tal agrupación o apilamiento de respiraderos que tienen un propósito común es particularmente beneficioso para facilitar la tarea de ajustar un colector al núcleo 200.

La figura 3 es una vista parcial ampliada del intercambiador de calor de micronúcleo 200 de la figura 2, e ilustra la importancia de los canales en relieve formados sobre cada placa de acuerdo con la invención. En esta realización, se estampa una depresión en la placa en la región 230, y se forma un saliente en la región 220, creando un hombro 232 entre estas regiones. Se forma una hendidura a lo largo de la línea de plegado adyacente a la región deprimida 230, pero no adyacente al saliente 220. Como consecuencia de las estructuras superficiales, plegar a lo largo de la línea de plegado adyacente a las regiones 220 y 230 hará que la hendidura adyacente a la región 230 se abra en un respiradero. El patrón repetitivo de las crestas 220 y las depresiones 230 da como resultado la acumulación de respiraderos 204 y 208.

La figura 3 también ilustra las orejetas 240, que en su parte inferior forman receptáculos correspondientes. Las orejetas y receptáculos 240 se acoplan por fricción cuando el núcleo está completamente plegado y todas las placas se presionan contra la placa adyacente, asegurando así el núcleo 200 del despliegue involuntario.

La figura 4 es una vista en planta de una lámina en relieve de material hidrófobo con hendiduras formadas a lo largo de líneas de plegado de acuerdo con otra realización de la presente invención.

Figs. 5A y 5B son una vista en perspectiva que muestra la formación del micronúcleo al juntar placas planas (lado derecho) en un plisado de los pliegues (lado izquierdo), efectuando simultáneamente la formación de entradas y salidas de aire a medida que las hendiduras se abren al plegar el material. En particular, haciendo referencia a la Figura 5B, se puede ver que el plegado de la lámina a lo largo de la línea de plegado respectiva hace que el saliente 220a de una primera placa se pliegue sobre el saliente 220b de la placa adyacente. En contraste, la depresión 230a en la primera placa se mantiene a una distancia de la depresión 230b correspondiente en la placa adyacente, abriendo así la ranura entre 230a y 230b en una ventilación. Además, la región 220a que sirve como cresta en el lado de la placa mostrada servirá como una depresión en el otro lado de la misma placa, esa depresión a su vez creará una ventilación en ese lado de la placa. Por lo tanto, cada segundo respiradero a lo largo de un borde de cada placa servirá como un respiradero para el pasaje húmedo en un lado de la placa, mientras que los otros respiraderos a lo largo de ese borde servirán como un respiradero para el pasaje seco en el otro lado de la placa.

La figura 6 es una vista en planta de una parte de la realización de la figura 5, que muestra cómo las hendiduras en una línea de plegado forman aberturas para los pasos húmedos y las hendiduras en el siguiente plegado forman aberturas para los conductos secos.

La figura 7 representa esquemáticamente un enfriador evaporativo con micronúcleo construido de acuerdo con la presente invención.

La figura 8 muestra una estructura de enfriador evaporativo, usando el micronúcleo de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 9 muestra el diseño de un enfriador evaporativo, usando el micronúcleo de acuerdo con una realización de la invención.

Algunas realizaciones de la invención pueden utilizar impresión 3D para la construcción del dispositivo. Por consiguiente, en algunas realizaciones, la presente invención puede residir en un plano digital que comprende un

archivo digital en un formato configurado para uso con prototipos rápidos y diseño asistido por computadora (CAD) y/o fabricación, tal como estar en el formato de archivo STL (estereolitografía). Dichos archivos de planos digitales ya sean producidos realizando un escaneo tridimensional de una realización de la invención, o producidos por una herramienta de software de desarrollo CAD, o similares, están dentro del alcance de la presente invención.

- 5 Los expertos en la materia apreciarán que se pueden realizar numerosas variaciones y/o modificaciones a la invención como se muestra en las realizaciones específicas sin apartarse del espíritu o alcance de la invención como se describe ampliamente. Por lo tanto, las presentes realizaciones deben considerarse en todos los aspectos como ilustrativas y no restrictivas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para formar un núcleo de un intercambiador de calor, que comprende las siguientes etapas en cualquier orden:
- 5 • proporcionando un rollo de material hidrófobo que tiene un primer y un segundo lado,
 - proporcionar un material de flocado en al menos un área superficial parcial de al menos un lado del material hidrófobo para hacer que el área de superficie flocada sea humectable,
 - grabación del material hidrofóbico para formar estructuras de guía del flujo de aire en el mismo,
 - 10 • definición de líneas de plegado en dicho material hidrófobo,
 - formación de hendiduras a lo largo de las líneas de plegado,
 - plisado de los pliegues del material hidrofóbico para formar pasajes secos y húmedos alternos, los pasajes húmedos formados entre superficies opuestas húmedas, los pasajes secos formados entre superficies no flocadas, por lo que el plegado hace que las hendiduras en los pliegues se abran y formen entradas y salidas de aire en comunicación con los pasajes de flujo de aire, y
 - 15 • sellado de los bordes formados por dichos primer y segundo lados de dicho material hidrófobo.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que solo un lado de dicha lámina está flocada.
3. Método según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que los pasajes de flujo de aire se extienden generalmente perpendiculares a las líneas de plegado.
- 20 4. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el material hidrófobo está adicionalmente engarzado o marcado parcialmente a lo largo de las líneas de plegado para facilitar el plegado del material a lo largo de las líneas de plegado.
- 25 5. Un método para formar placas para un núcleo de un intercambiador de calor, el método comprende:
- proporcionar una lámina de material que tiene un primer lado y un segundo lado;
 - proporcionar flocado en al menos un área superficial parcial de al menos un lado de la lámina, para hacer
 - 30 que el área de superficie flocada se pueda humedecer;
 - formación de estructuras de guía de flujo de aire en al menos uno del primer lado y el segundo lado de la lámina,
 - definición de líneas de plegado en la lámina y, por lo tanto, definir placas que se extiendan entre líneas de plegado adyacentes, y
 - 35 • formación de hendiduras a lo largo de las líneas de plegado,
 - por lo que el plisado que pliega la lámina por las líneas de plegado forma pasajes húmedos y secos alternativos entre las placas, los pasajes húmedos formados entre superficies humectables opuestas, los pasajes secos formados entre superficies no flocadas, y por lo que el plisado de los pliegues hace que las hendiduras cuando están plegadas están abiertas y forman entradas y salidas de aire en comunicación con los pasajes de flujo de aire.
- 40 6. El método de acuerdo con la reivindicación 5, en el que solo un lado de dicha lámina está flocada.
7. El método de acuerdo con la reivindicación 5 o la reivindicación 6, en el que los pasajes de flujo de aire se extienden generalmente perpendicularmente a las líneas de plegado.
- 45 8. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en el que los pasajes de flujo de aire están configurados de modo que, una vez que la lámina es plisada en pliegues para formar el núcleo, los pasajes que tienen superficies desbloqueadas suministran aire desde las entradas definidas por un primer subconjunto de dichas hendiduras posicionadas en un primer lado del núcleo, a salidas definidas por un segundo subconjunto de dichas hendiduras y posicionadas en un segundo lado del núcleo opuesto al primer lado, y en donde los pasajes que tienen superficies flocadas están configurados para suministrar aire desde las entradas de retorno definidas por un tercer subconjunto de dichas hendiduras posicionadas en el segundo lado del núcleo y recibiendo una porción de la salida de aire del segundo subconjunto de hendiduras, a una salida de retorno definida por un cuarto subconjunto de hendiduras posicionadas en el primer lado del núcleo.
- 50 9. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, en el que la lámina de material está adicionalmente parcialmente engarzada o marcada a lo largo de las líneas de plegado para facilitar el plegado del material a lo largo de las líneas de plegado.
- 55 10. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, en el que la lámina de material es PVC.
- 60 11. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 10, en el que la lámina de material es de un rollo continuo.

12. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 11, en el que las estructuras formadas en la lámina sirven además para impartir durabilidad mecánica y rigidez estructural del material plegado.
- 5 13. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 12, en el que las estructuras formadas en la lámina comprenden además orejetas y receptáculos sobre al menos algunas de las placas para que, cuando el plisado de los pliegues reúne superficies de placa adyacentes, se captura una orejeta de una placa en un receptáculo correspondiente de otra placa para asegurar el plisado de los pliegues en una configuración completamente plegada.
- 10 14. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 13, en el que la lámina es de un material con propiedades elásticas y de rendimiento, de modo que el paso de plegado hace que las hendiduras se abran para formar aberturas de entrada y salida de aire.
- 15 15. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 14, en el que el intercambiador de calor es un enfriador evaporativo indirecto.
16. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 14, en el que el intercambiador de calor es un intercambiador de calor aire-aire.
- 20 17. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 14, en el que el intercambiador de calor es un intercambiador de calor de líquido a gas.
- 25 18. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 14, en el que el intercambiador de calor es un intercambiador de calor líquido a líquido.
- 30 19. Un conjunto de placas para un núcleo de un intercambiador de calor, cada placa que comprende:
 - una lámina de material que tiene un primer lado y un segundo lado,
 - reunión en al menos un área de superficie parcial de al menos un lado de la lámina para hacer que el área de superficie reunida sea humectable, y
 - estructuras de guía del flujo de aire formadas sobre al menos uno del primer lado y el segundo lado de la lámina,
 - el conjunto de placas comprende además líneas de plegado definidas entre cada par de placas adyacentes, y en el que se proporcionan hendiduras a lo largo de las líneas de plegado, por lo que el plisado de los pliegues del conjunto de placas forma un núcleo que comprende pasajes alternos húmedos y secos, los pasajes húmedos formados entre superficies humectables opuestas, los pasajes secos formados entre superficies no floccadas, y por lo que las hendiduras cuando están plegadas están abiertas y forman entradas y salidas de aire en comunicación con los pasajes de flujo de aire.
- 35 20. Un medio legible por ordenador no transitorio para formar un núcleo de un intercambiador de calor, que comprende instrucciones que forman un archivo de plan digital que, cuando se ejecuta por uno o más procesadores en combinación con un aparato de impresión 3D, proporcionando el rendimiento siguiente:
 - impresión tridimensional de un conjunto de placas, cada placa comprende:
 - una lámina de material que tiene un primer lado y un segundo lado,
 - reunión en al menos un área de superficie parcial de al menos un lado de la lámina para hacer que el área de superficie reunida sea humectable, y
 - estructuras de guía del flujo de aire formadas sobre al menos uno del primer lado y el segundo lado de la lámina,
 - el conjunto de placas comprende además líneas de plegado definidas entre cada par de placas adyacentes, y en el que se proporcionan hendiduras a lo largo de las líneas de plegado, por lo que el plisado de los pliegues del conjunto de placas forma un núcleo que comprende pasajes alternos húmedos y secos, los pasajes húmedos formados entre humectables opuestas superficies, los pasajes secos formados entre superficies no floccadas, y por lo que las hendiduras cuando están plegadas están abiertas y forman entradas y salidas de aire en comunicación con los pasajes de flujo de aire.
- 50

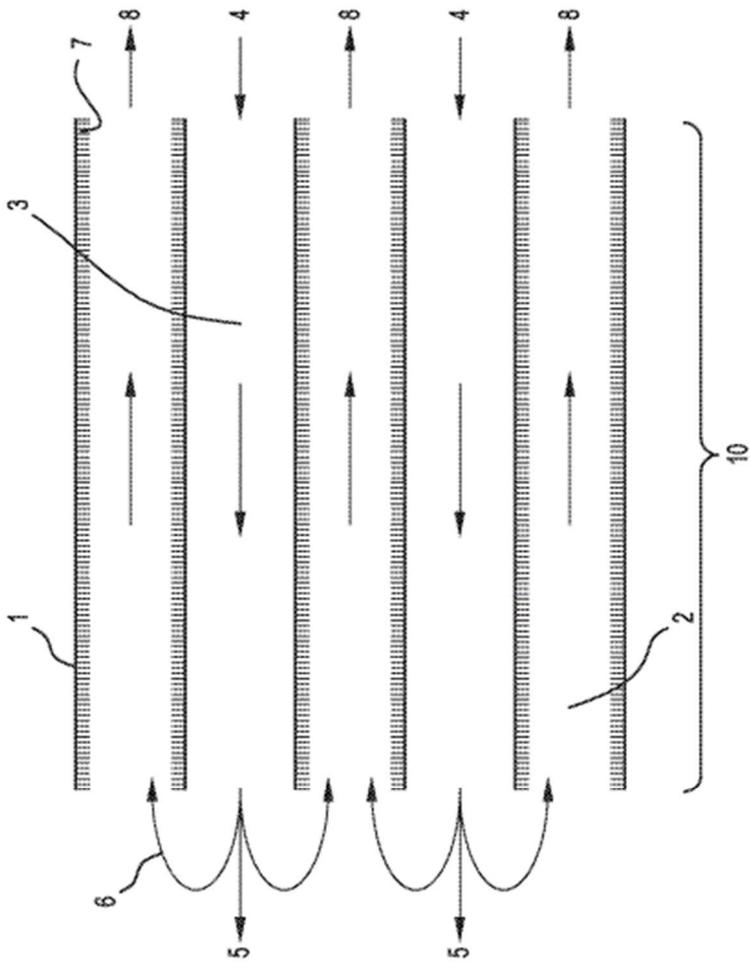


Fig. 1

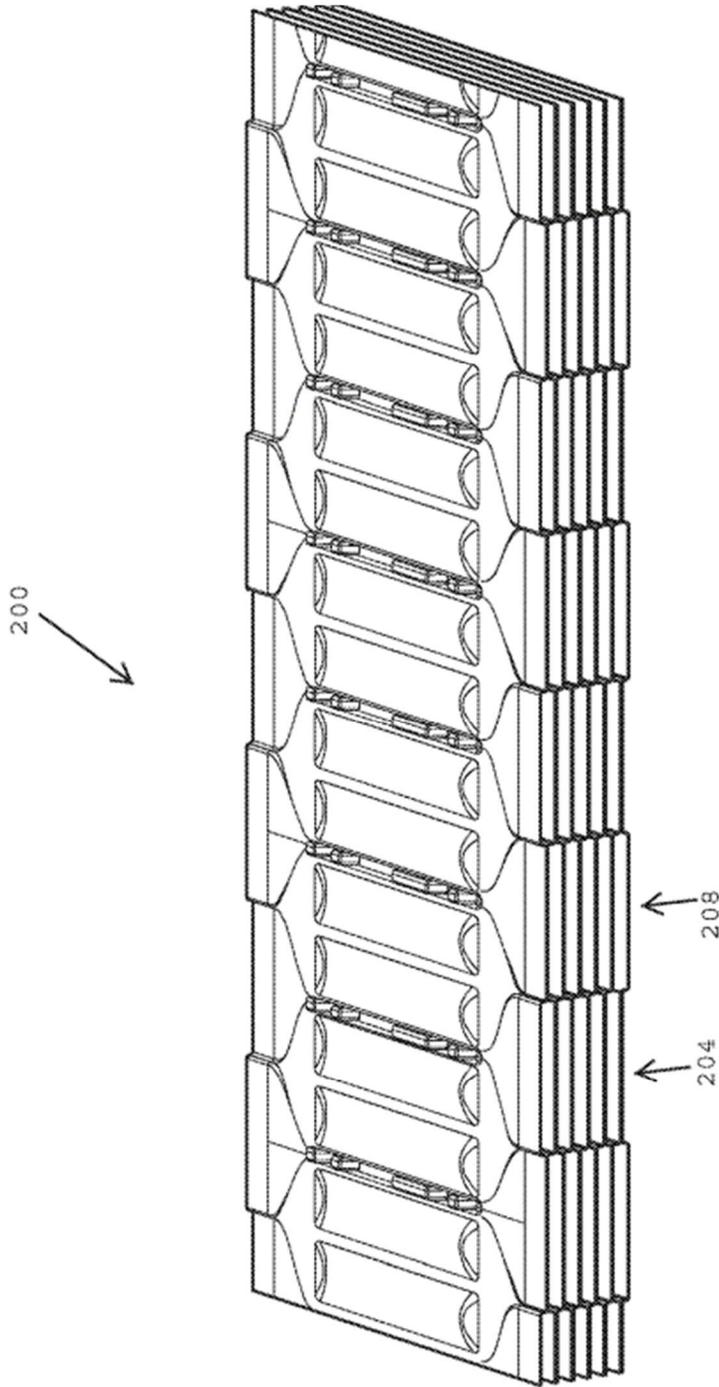


Fig. 2

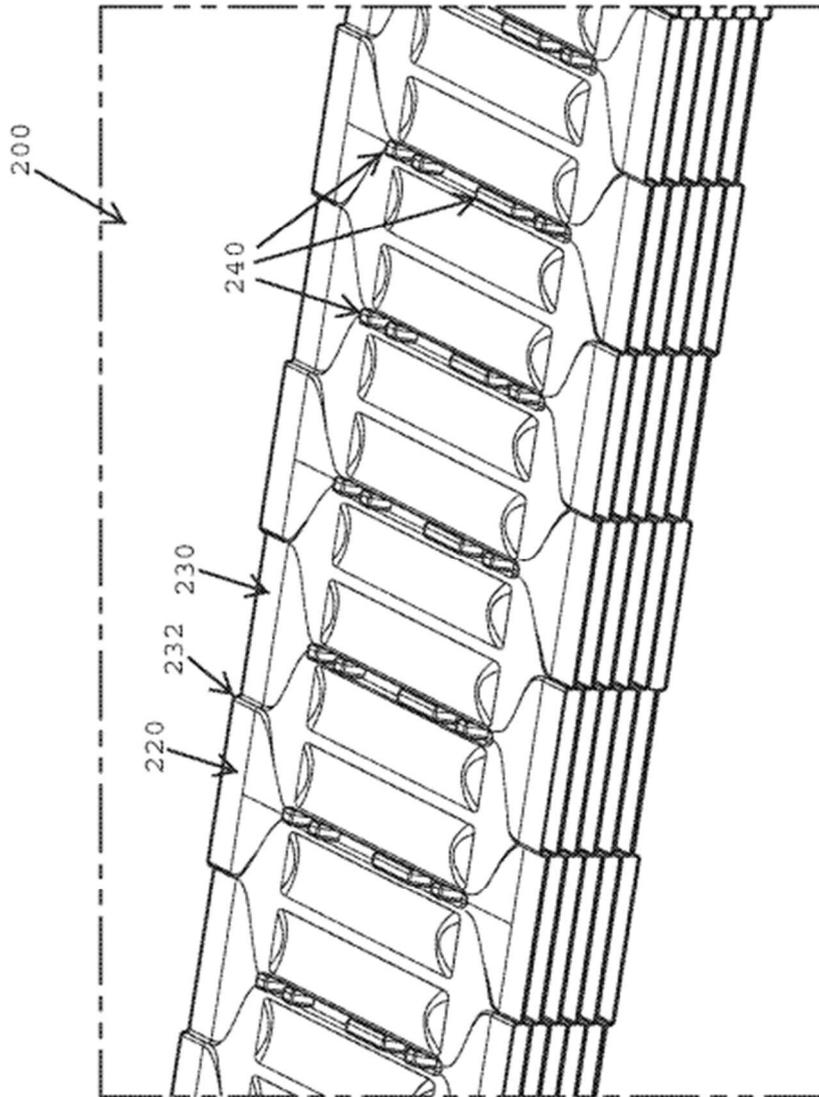


Fig. 3

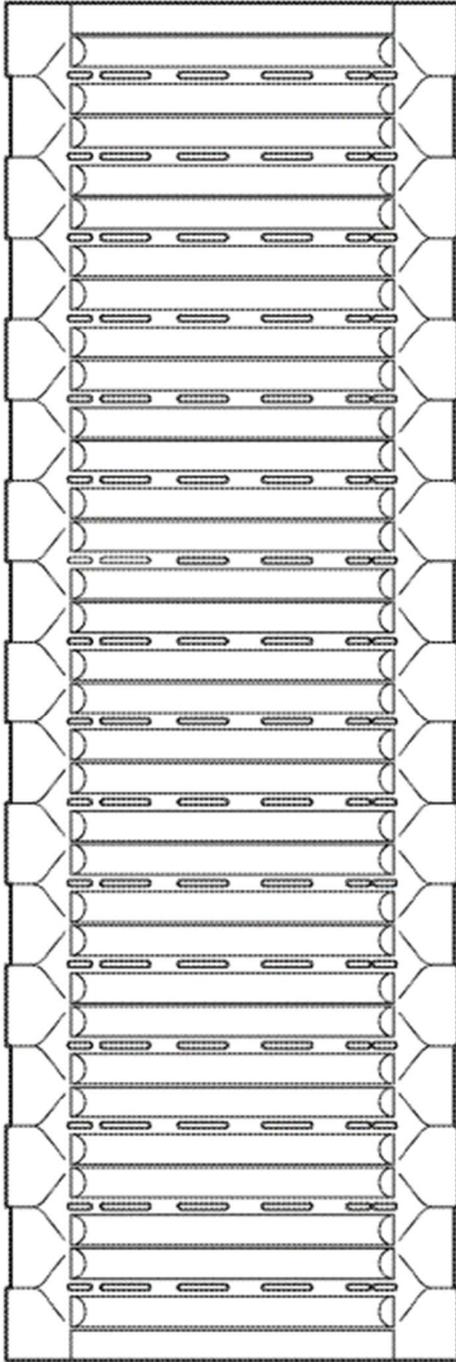


Fig. 4

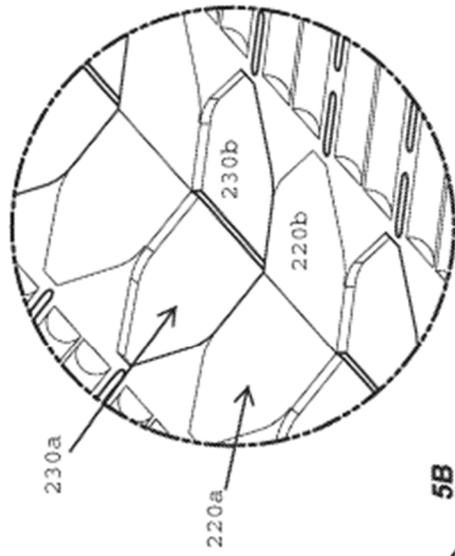


Fig. 5B

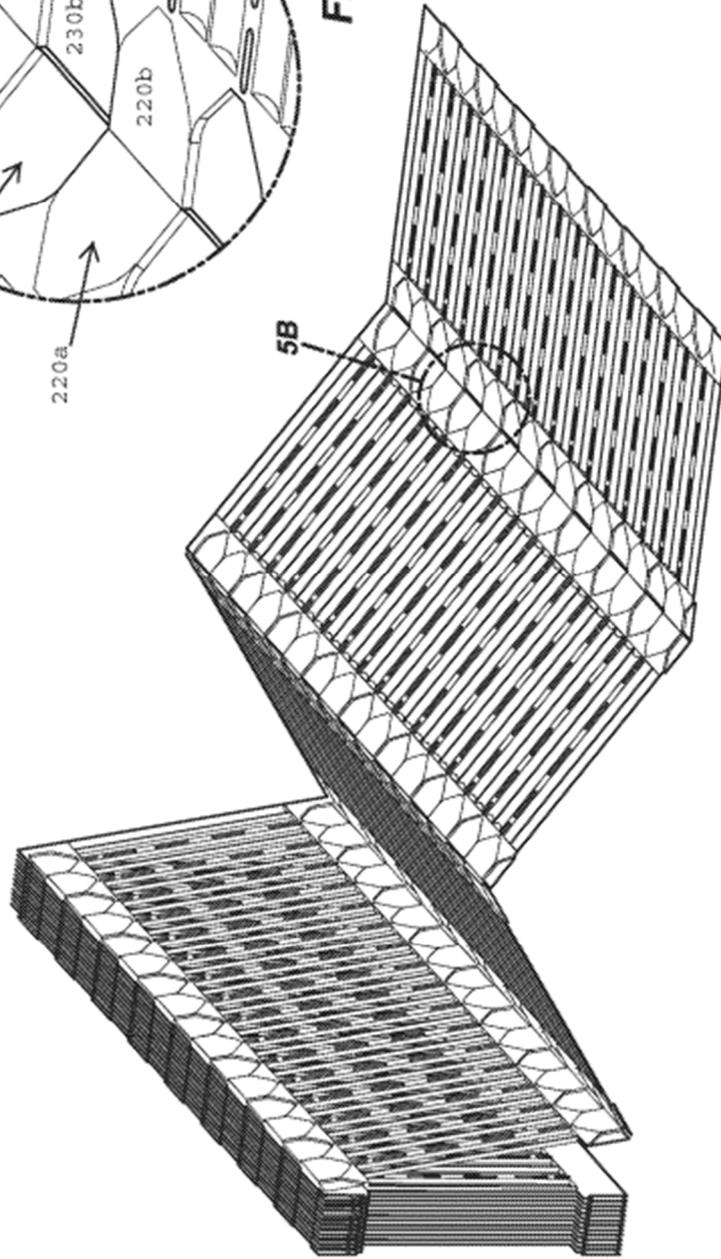


Fig. 5A

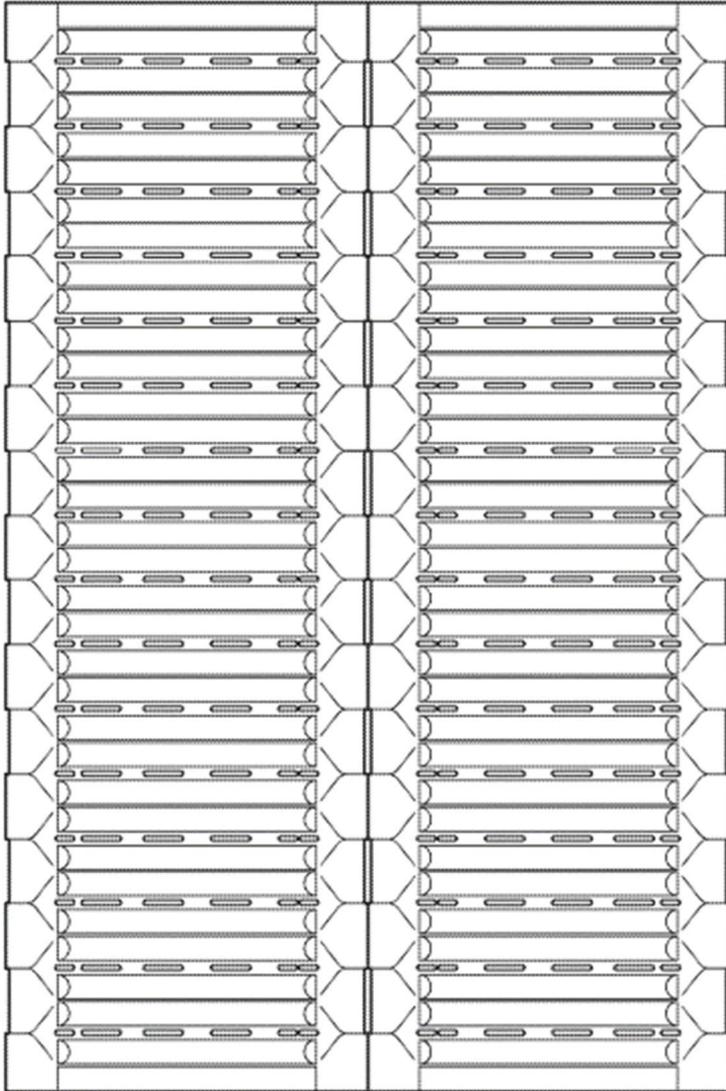


Fig. 6

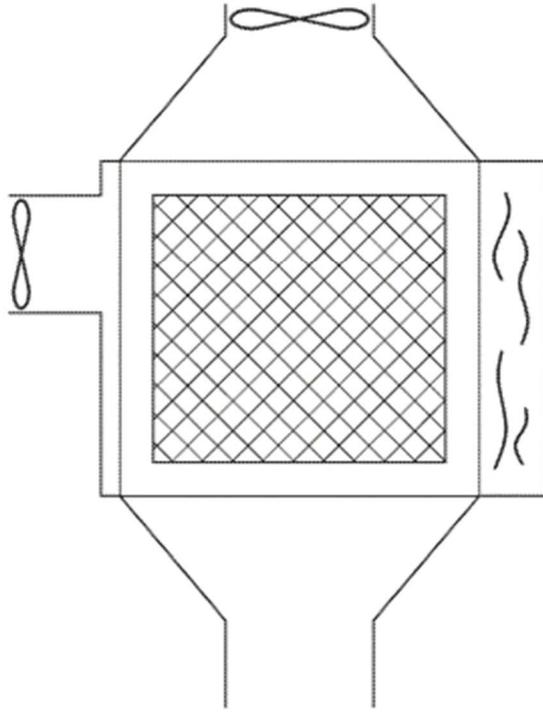


Fig. 7

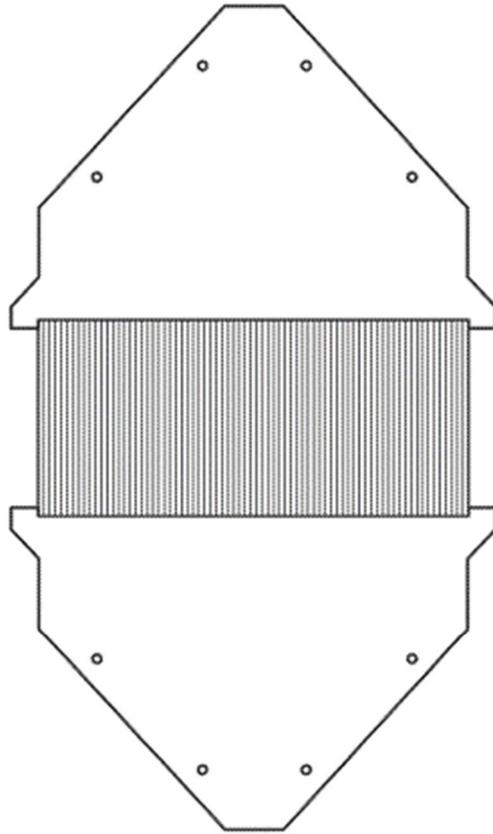


Fig. 8

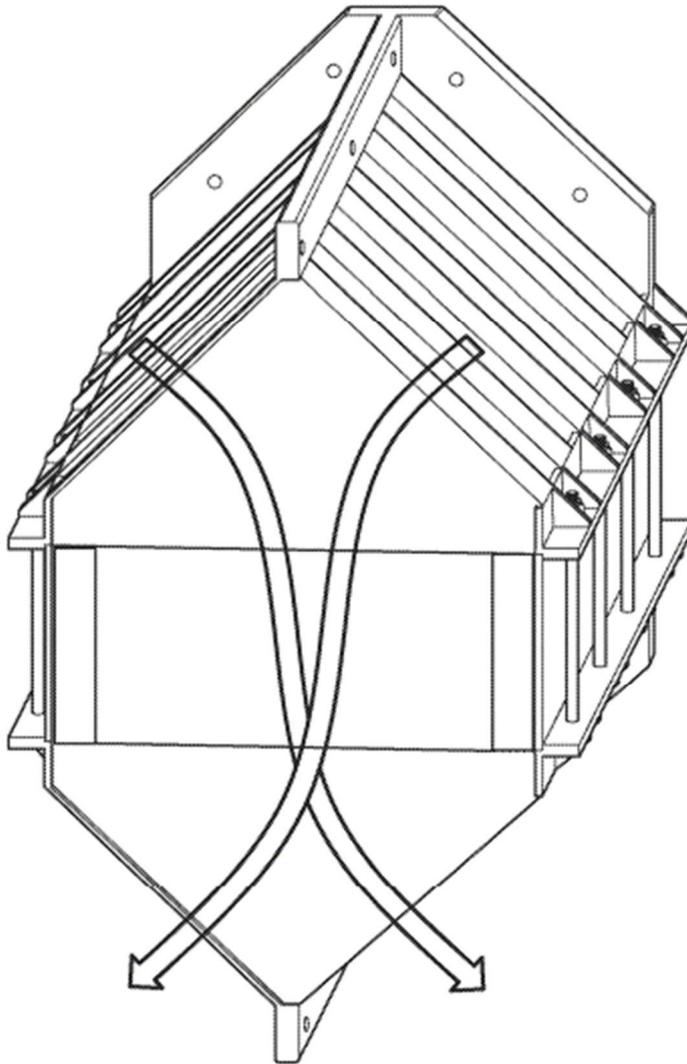


Fig. 9