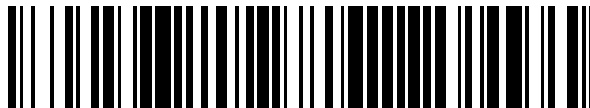


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 657 047**

51 Int. Cl.:

F24F 5/00 (2006.01)

F28D 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.10.2004 PCT/EP2004/011833**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.05.2005 WO05040693**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.10.2004 E 04817264 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.11.2017 EP 1718902**

54 Título: **Laminado de intercambio de calor**

30 Prioridad:

17.10.2003 GB 0324348

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

01.03.2018

73 Titular/es:

OXYCOM BEHEER B.V. (100.0%)

Kaagstraat 13

8102 GZ Raalte, NL

72 Inventor/es:

REINDERS, JOHANNES, ANTONIUS, MARIA

74 Agente/Representante:

TOMAS GIL, Tesifonte Enrique

ES 2 657 047 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

Laminado de intercambio de calor

5 [0001] La presente invención se refiere a un laminado para un intercambiador de calor y, más particularmente, a un laminado que comprende una capa de retención de líquido para usar en los intercambiadores de calor de tipo evaporativo. La invención también se refiere a un intercambiador de calor formado a partir del laminado y a un método para producir dicho intercambiador de calor.

10 [0002] Hay un número de situaciones en las que el intercambio de calor combinado con la evaporación de un líquido puede ser deseable. Una situación de este tipo es la humidificación del aire seco. Cuando el aire se calienta, su capacidad para llevar humedad aumenta y, por lo tanto, su humedad relativa se reduce si no se añade más humedad. En las temporadas frías, las instalaciones de calefacción que proporcionan aire caliente a un edificio pueden requerir alguna forma de humidificación para compensar esta reducción de la humedad
15 relativa. En general, se ha reconocido como indeseable una humedad relativa inferior al 50 %. Una forma de aumentar la humedad es proporcionando agua a un medio poroso dentro de una unidad de tratamiento del aire. El aire caliente que pasa sobre el medio puede recoger humedad adicional y transportarla al edificio. Al hacer esto, también tiene lugar el intercambio de calor desde el medio poroso y su soporte. Los dispositivos de humidificación se pueden proporcionar independientemente o se pueden combinar con calentadores, dispositivos
20 de recuperación de calor, bombas de calor, aparatos de aire acondicionado y también con enfriadores de punto de rocío, tal y como se describe más adelante.

[0003] Otro caso en el que es deseable el intercambio de calor combinado con la evaporación de un líquido es el del enfriador evaporativo. El principio del intercambio de calor por evaporación se ha utilizado durante muchos
25 siglos de varias formas tradicionales. En general, si se proporciona un líquido a una superficie de una placa de intercambio de calor y se pasa un gas, por ejemplo aire, a través de la superficie, puede producirse la evaporación del líquido de la superficie. La evaporación del líquido a vapor requiere la adición de un calor considerable, es decir, el calor latente de evaporación. Este calor se puede suministrar mediante la placa de intercambio de calor y, al hacer esto, servirá para enfriarlo. En lo sucesivo, aunque se hará referencia a enfriadores evaporativos que funcionan con agua, aire y vapor de agua, se entenderá que los principios, en
30 general, se pueden aplicar igualmente a otros medios de intercambio de calor.

[0004] Una forma particular de intercambiador de calor evaporativo se conoce como enfriador de punto de rocío. El propósito de un enfriador de punto de rocío es bajar la temperatura del flujo de aire de un producto hasta
35 acercarla a la temperatura de punto de rocío tanto como sea posible. Para el aire a una humedad absoluta dada, el punto de rocío es la temperatura en la que el aire alcanza una humedad relativa del 100 %, punto en el cual se satura y ya no puede absorber más humedad. El calor desaparece del flujo de aire del producto mediante la evaporación de una cantidad de líquido hacia otro flujo de aire operativo. Dicho proceso, teóricamente, es extremadamente eficaz y no requiere ningún compresor, como es el caso en los ciclos de refrigeración
40 convencionales. Se han llevado a cabo muchos intentos de realizar dichos ciclos, pero las consideraciones prácticas han provocado grandes dificultades para acercar el punto de rocío a la mayoría de rangos de temperatura. En lo sucesivo, el término enfriador de punto de rocío se usará para referirse a dispositivos que enfrían un fluido hasta llegar, o acercarlo, a su punto de rocío inicial mediante transferencia de calor para provocar la evaporación de un líquido en un fluido operativo que opera en, o cerca de, su punto de saturación.

[0005] Una forma conocida de enfriador de punto de rocío funciona a contracorriente y utiliza una parte del flujo de aire del producto como flujo de aire operativo. En términos simples, el aire circula sobre un primer lado de un
45 elemento de intercambio de calor y se enfría mediante transferencia de calor al elemento. Una parte del aire se desvía hacia el segundo lado del elemento de intercambio de calor. El segundo lado del elemento de intercambio de calor dispone de un suministro de agua y la transferencia de calor desde el elemento de intercambio de calor al agua provoca que se evapore en el flujo de aire operativo. La evaporación del agua en el flujo operativo requiere una aportación de calor sustancial que corresponde al calor latente de evaporación del agua. Un dispositivo de este tipo se conoce por la patente estadounidense US4976113 A de Gershuni et al. Otro dispositivo conocido de la patente estadounidense US6581402 A de Maisotsenko et al. describe una disposición
50 alternativa de un enfriador de punto de rocío en una configuración flujos de aire transversales.

[0006] La patente US 6 338 258 divulga un enfriador de punto de rocío según el preámbulo de la reivindicación 1.

[0007] La patente WO2005/019739 divulga un enfriador de punto de rocío y forma parte de la técnica anterior
60 según el artículo 54, apartado 3, del CPE.

[0008] Se cree que el suministro de líquido al segundo lado húmedo de un enfriador de este tipo es crucial para alcanzar un enfriamiento adecuado que se acerque al punto de rocío. Los enfriadores conocidos en el pasado cubrían completamente el lado húmedo con una capa porosa hidroabsorbente. Si el aire que sale del primer lado
65 estuviera en el punto de rocío, cuando volviera a través del segundo lado húmedo, sería incapaz inicialmente de absorber más humedad ya que ya estaría saturado. Debería calentarse en primer lugar mediante aportación de

calor para alejarse de la línea de saturación. Solo se puede absorber más humedad en dicho punto mediante una transferencia de calor latente correspondiente. La presencia de una gruesa capa porosa en el lado húmedo inhibe, sin embargo, la transferencia de calor directa desde el elemento de intercambio de calor al aire. Por esta razón, los enfriadores conocidos raramente descienden por debajo de la temperatura del bulbo húmedo del aire ambiente. Sin ánimo de restringirnos por la teoría, el solicitante considera que solo se puede alcanzar un enfriamiento hasta el punto de rocío exitoso en este tipo de dispositivo si se proporciona una transferencia de calor térmico alterno de forma repetida e incrementándola progresivamente, seguida de una transferencia de calor latente. De esta forma, cada vez que el aire absorbe una cantidad de agua, vuelve a la línea de saturación y debe calentarse nuevamente por transferencia de calor directa antes de que se pueda absorber más agua.

[0009] También se cree que, para conseguir un enfriamiento eficaz, la actividad acuosa de la superficie del material del lado húmedo debe ser alta de forma que pueda dejar fácilmente su humedad. La actividad acuosa se define por la proporción de la tendencia del material a liberar agua con respecto a la de la propia agua. De esta forma, una superficie con una actividad acuosa de 1 dejará fácilmente toda su agua por evaporación en un flujo de aire a través de la superficie mientras una superficie con una actividad acuosa de 0 no liberará agua bajo las mismas circunstancias. En lo sucesivo, la referencia a la actividad acuosa también pretende aplicarse a actividades similares de otros líquidos usados en lugar de agua. Una superficie de metal lisa como el aluminio tiene una actividad acuosa alta y, por tanto, dejará fácilmente el agua. Sin embargo, desafortunadamente, no es buena para retener el agua y no puede proporcionar una buena amortiguación de agua eficaz para la evaporación.

[0010] En este punto cabe mencionar que, para los enfriadores de punto de rocío, hay una ventaja en la retención o la amortiguación de agua que se proporciona al lado húmedo durante las irrigaciones periódicas. Si se irriga el lado húmedo de un enfriador de punto de rocío, la presencia de un exceso de agua en el flujo de aire operativo provocará que la temperatura aumente desde el punto de rocío hasta la temperatura del bulbo húmedo. Esto se debe a que el exceso de agua provoca un enfriamiento adiabático del flujo de aire operativo mediante la evaporación de gotitas de agua en el propio flujo de aire en lugar de mediante la evaporación por la pared de intercambio de calor. Una vez que el agua irrigada haya sido absorbida por la superficie y cualquier exceso haya sido drenado hacia fuera, la temperatura puede volver nuevamente al punto de rocío. El agua absorbida por la superficie debe ser suficiente para que el enfriador de punto de rocío continúe funcionando durante un periodo de tiempo hasta el siguiente riego. La capa de retención de líquido ideal debería, por tanto, ser capaz de retener o amortiguar una gran cantidad de líquido, pero también debería dejarlo de nuevo fácilmente en la evaporación.

[0011] Se conoce un dispositivo de la patente de holandesa NL1018735 donde se utiliza una capa de cemento Portland para recubrir las aletas de un intercambiador de calor. Aunque se ha descubierto que dicha capa tiene una actividad acuosa y características de amortiguación de agua excelentes como resultado de su estructura abierta, muestra, sin embargo, ciertas desventajas: es relativamente pesada; es susceptible de desconcharse y deshacerse en polvo, especialmente si la capa portadora en la que está formada es objeto de impacto o se dobla; y es poco adecuada para aplicarla en un ambiente de fabricación limpio. En particular, el recubrimiento de cemento debe aplicarse al producto formado, ya que, una vez recubierto, ya no puede darse forma al material que forma el intercambiador de calor. Es difícil aplicar una capa de una distribución de grosor deseada a una forma compleja y se ha descubierto que los recubrimientos de cemento de la técnica anterior muestran una variación de grosor indeseable.

[0012] Según la presente invención, se proporciona un enfriador de punto de rocío mejorado que comprende un laminado de intercambio de calor según la reivindicación 1 provisto de una capa portadora deformable al menos parcialmente cubierta con una capa de retención de líquido flexible que tiene una estructura abierta de manera que, en el uso, un medio de intercambio de calor pueda entrar en contacto directamente con la capa portadora a través de la estructura abierta de la capa de retención de líquido flexible. Mediante la formación de dicho laminado de dos capas, se pueden ceder las propiedades deseadas, tales como la distribución de la capa de retención de líquido flexible, al laminado de intercambio de calor antes de darle forma. A continuación, se puede dar convenientemente al laminado cualquier forma deseada mediante procedimientos de fabricación conocidos. Proporcionando a la capa de retención de líquido flexible una estructura abierta, se mejora la capacidad del intercambiador de calor para transferir tanto calor térmico como calor latente a un medio fluido que fluye sobre él. La estructura abierta puede comprender espacios entre las fibras de un material fibroso que forma la capa de retención de líquido. Dicho material fibroso puede ser una capa tejida o no tejida con una estructura abierta. En particular, se ha descubierto que el tricotaje u otras técnicas de anudado son extremadamente eficaces para producir una estructura abierta con una altura suficiente para amortiguar una cantidad considerable de líquido.

[0013] El material fibroso se puede unir al portador mediante adhesivos u otros métodos similares. Preferiblemente, el adhesivo y el material fibroso deberían ser de tal manera que la delaminación no ocurre de una forma deseada en la formación del laminado. En el caso de la corrugación del laminado, puede ser deseable, por ejemplo, alinear el tejido de un material fibroso tejido con la corrugación prevista. Adicionalmente, donde se utiliza el adhesivo, el adhesivo se puede escoger para mejorar las propiedades de la capa portadora o la capa de retención de líquido. De este modo, el adhesivo se puede escoger para que tenga propiedades de retención de agua o propiedades de conducción de calor, o ambas y, por tanto, sea considerado como parte de

cualquiera de estas capas. El adhesivo se puede proporcionar en ambos lados de la capa portadora antes o durante el proceso de laminación. El adhesivo en un primer lado de la capa portadora puede servir para unir la capa de retención de líquido mientras el adhesivo en un segundo lado puede servir para unir el laminado formado a otro elemento de intercambio de calor como una membrana o a sí mismo para formar un tubo. Preferiblemente, al menos el adhesivo en el segundo lado de la capa portadora es un adhesivo activado con calor.

[0014] Según una forma de realización particularmente ventajosa de la invención, un material fibroso adecuado puede comprender una mezcla de poliéster y fibras de viscosa. De forma alternativa, se pueden utilizar fibras de poliéster recubiertas de poliamida. Para usar con agua en un enfriador de punto de rocío, se ha descubierto que estas fibras tienen una excelente retención de agua y una alta actividad acuosa y pueden retener un amortiguador de agua suficiente para permitir el suministro intermitente de agua. Preferiblemente, las fibras deberían tener diámetros de entre 10 micras y 40 micras, de la forma más preferible de aproximadamente 30 micras.

[0015] En una forma de realización alternativa de la invención, el laminado de intercambio de calor puede comprender adicionalmente o alternativamente áreas cubiertas y descubiertas de la capa portadora, posiblemente en forma de un modelo repetitivo de bandas o nervaduras de material de retención de líquido seguidas de bandas de capa portadora descubierta. Las áreas cubiertas se pueden cubrir con los materiales fibrosos mencionados anteriormente o se pueden cubrir con materiales de retención de líquido alternativos. Idealmente, para usar con agua, dichos materiales deberían tener una alta actividad acuosa, de manera que el agua se libere fácilmente donde sea necesario. Preferiblemente, el agua debería retenerse principalmente por medio de efectos de tensión de la superficie. De forma alternativa, se pueden utilizar materiales que exhiban efectos higroscópicos e hidrofílicos débiles, por ejemplo, en forma de recubrimientos, tales como poliuretano. Dichos recubrimientos se pueden transferir a la capa portadora de varias formas diferentes, como la pintura, la pulverización, la impresión, la transferencia y similares. Por supuesto, se pueden seleccionar otros materiales para utilizarlos con medios evaporativos diferentes del agua o para utilizarlos con gases diferentes del aire.

[0016] En una forma de realización preferida de la invención, la capa portadora comprende aluminio recocido blando. El aluminio puede tener forma de una hoja con un grosor de entre 30 y 150 micras. Más preferiblemente, la hoja tiene un grosor de entre 50 y 100 micras, idealmente aproximadamente 70 micras. Una de las principales ventajas de dicho aluminio es que es relativamente económico y es muy fácil darle forma. También es extremadamente ligero, aunque muy fuerte estructuralmente. El cobre también se puede utilizar, pero es algo más pesado. También se pueden considerar otros metales dependiendo de las consideraciones sobre el precio y el peso, así como con respecto al uso previsto. El uso de un buen conductor de calor, como un metal, por ejemplo aluminio, es extremadamente importante donde se requiere el laminado para conducir calor en el plano del laminado. Este puede ser el caso cuando al laminado se le da forma de aletas para montarlas en un primer lado de una membrana que separa un primer flujo de fluido de un segundo flujo de fluido. En tal caso, las aletas sirven para aumentar de forma eficaz el área de superficie del primer lado del intercambiador de calor. También se pueden proporcionar otras aletas en el segundo lado de la membrana. Las otras aletas pueden, si se desea, formarse a partir de un laminado según la invención. Si se utiliza aluminio como capa portadora, el uso de la unión adhesiva puede requerir una capa de imprimación. También se pueden requerir capas de imprimación para otros materiales que son difíciles de adherir.

[0017] Si la conducción del calor en el plano del laminado no está prevista o debe ser evitada, la capa portadora se puede formar a partir de un conductor térmico pobre. Este puede ser el caso cuando el laminado está formado como una membrana que separa un primer flujo de fluido de un segundo flujo de fluido y solo se destina a transferir calor a través de sí mismo del primer flujo al segundo flujo. En este caso, el portador se puede formar a partir de un material de plástico deformable y la formación se puede realizar mediante termomoldeo, termoendurecimiento, curado o cualquier otro método para producir una deformación permanente o semipermanente.

[0018] Ventajosamente, para todos los laminados anteriormente mencionados, la capa de retención de líquido debería ser relativamente fina para asegurar una buena transferencia de calor a la capa portadora. Idealmente, se cree que el grosor medio de la capa de retención de líquido debería ser inferior a 50 micras. Preferiblemente, inferior a 20 micras e incluso, más preferiblemente, inferior a 10 micras. Cuando se hace referencia al grosor de la capa de retención de líquido, se hace referencia al grosor medio, teniendo en cuenta la distribución de las áreas cubiertas y descubiertas o, de otro modo, la estructura abierta de la capa. De este modo, una capa de retención de líquido con una proporción de espacio por cubrir del 50 % y un grosor de 40 micras se consideraría que tiene un grosor medio de 20 micras. Si el material de retención de líquido tuviera adicionalmente una estructura fibrosa abierta, el grosor medio de la capa sería proporcionalmente inferior a 20 micras.

[0019] Según otro aspecto adicional de la presente invención, se proporciona un elemento adicional de intercambio de calor formado a partir de dicho laminado de intercambio de calor. Dicho laminado de intercambio de calor se puede corrugar para formar una serie de aletas alargadas. Las aletas se pueden adherir a una membrana de intercambio de calor como elementos de aumento del área superficial o pueden usarse para

5 formar la membrana o canal que define el flujo del fluido a través de un intercambiador de calor como un enfriador de punto de rocío. Si las aletas se adhieren a una membrana de intercambio de calor como elementos de aumento del área superficial, pueden estar provistas adicionalmente de rejillas. Se ha descubierto que el uso de dichas rejillas es extremadamente ventajoso en el caso de un portador provisto de una capa de retención de líquido solamente en una primera superficie.

10 [0020] En el uso, las rejillas pueden servir para guiar el flujo de fluido desde la primera superficie a la segunda superficie y viceversa. Dado que la segunda superficie no está cubierta por la capa de retención de líquido, se mejora la transferencia de calor térmica directa de la capa portadora al fluido. En el caso de que el fluido fluya alternativamente por ambos lados del laminado de intercambio de calor, la distribución de la capa de retención de líquido en ambas superficies de la capa portadora puede formar parte de la determinación de la proporción de la estructura abierta y el grosor medio eficaz de la capa de retención de agua.

15 [0021] Según una ventaja particular del presente laminado, el elemento de intercambio de calor puede comprender un laminado de intercambio de calor con una capa de retención de líquido de estructura abierta en ambas superficies de la capa portadora. Dicho elemento de intercambio de calor es extremadamente versátil para usar en los intercambiadores de calor de tipo evaporativo y los enfriadores de punto de rocío. Debido a la estructura abierta, ambos lados del laminado pueden funcionar tanto como lado húmedo como como lado seco, dependiendo de la dirección del flujo y del suministro de agua. Esto permite el uso de un enfriador de punto de rocío a modo de elemento de recuperación de calor durante, por ejemplo, periodos fríos y también permite una humidificación del flujo de aire entrante. En este contexto, una ventaja particular del laminado según la invención reside en la capacidad de la capa de retención de agua para retener y transportar agua formada por condensación en el lado de enfriamiento de dicho elemento de recuperación de calor. En el pasado, esta agua tendía a tomar la forma de gotitas que podrían causar la obstrucción o la restricción de los elementos de intercambio de calor. La presencia de una capa de retención de líquido según la presente invención asegura que se retenga una fina película de agua, optimizando así la transferencia de calor, mientras el exceso de agua se drena hacia fuera. El agua recuperada puede suministrarse posteriormente al lado calentado para los objetivos de humidificación.

20 [0022] Según otro aspecto adicional de la presente invención, se proporciona un método según la reivindicación 16 para fabricar un elemento de intercambio de calor que comprende la proporción de un laminado de intercambio de calor que comprende una capa portadora deformable al menos parcialmente cubierta con una capa de retención de líquido flexible y que forma el laminado como un elemento de intercambio de calor. Al colocar en primer lugar el laminado y, a continuación, darle la forma deseada, es posible conseguir la configuración deseada de la capa de retención de líquido. De otro modo, una vez que al intercambiador de calor se le haya dado una forma compleja, es difícil unir la capa de retención de líquido de una manera eficaz y controlable.

25 [0023] Preferiblemente al laminado se le da la forma de una pluralidad de aletas alargadas. Si la capa portadora se forma a partir de un metal, por ejemplo aluminio, se puede dar forma fácilmente a dichas aletas mediante máquinas de laminación. El proceso de formación también puede incluir la etapa de la formación de rejillas en, o a través de, las aletas. Esto puede ayudar a mejorar adicionalmente la transferencia de calor dispersando las múltiples capas límites y también puede servir para dirigir el flujo de un lado de la placa al otro. Se pueden formar otros medios de dispersión del flujo entre los que se incluyen las abolladuras, los salientes, las hendiduras etc. Con el objetivo de formar eficazmente dichas aletas, las rejillas y otros medios de dispersión, es importante que la capa portadora y la capa de retención del líquido estén bien conectadas la una a la otra para prevenir una delaminación indeseada u otro trastorno en la integridad del laminado. Si las rejillas se forman a través del laminado, la formación también puede incluir cortar la capa portadora o la capa de retención de líquido, o ambas.

30 [0024] Ventajosamente, el laminado se puede unir a una primera superficie de una membrana para transferirle calor. Si el laminado se corruga en aletas, la base de cada aleta se puede unir a la membrana, preferiblemente mediante un adhesivo. Los intercambiadores de calor de la técnica anterior se han formado generalmente mediante técnicas de soldadura y soldadura fuerte. Según un desarrollo importante de la presente invención, la unión de las aletas a la membrana mediante adhesivo puede permitir un ensamblaje rápido, económico y ligero. En particular, se favorecen los adhesivos activados por calor y presión, que se pueden proporcionar como una parte integral del laminado o la membrana antes de la formación y la unión.

35 [0025] Según otra forma adicional de realización ventajosa de la invención, el método comprende además proporcionar aletas adicionales y unir las a una segunda superficie de la membrana para transferirles calor. Se puede formar a continuación una estructura tubular con las aletas alargadas en una superficie externa de la estructura tubular y las aletas adicionales en una superficie interna de la estructura tubular o viceversa. La estructura tubular se puede formar colocando dos membranas similares juntas y sellándolas a lo largo de bordes paralelos. De forma alternativa, se puede plegar o laminar una membrana individual para darle forma de estructura tubular y sellarla a sí misma. Preferiblemente, las aletas se alinean generalmente con el eje de la estructura tubular.

[0026] A continuación se describirán formas de realización de la presente invención, únicamente a modo de ejemplo, con referencia a las figuras anexas, donde:

5 la Figura 1 es una vista en perspectiva de una sección de un laminado de intercambio de calor según un aspecto de la presente invención;

la Figura 2 es una sección transversal detallada a través del laminado de intercambio de calor de la Figura 1 que ilustra la retención de agua;

10 la Figura 3 es una vista en perspectiva de un laminado de intercambio de calor alternativo según otro aspecto de la presente invención;

15 la Figura 4 es una vista en perspectiva de un elemento de intercambio de calor según la presente invención;

la Figura 5 es una vista en perspectiva de una construcción que utiliza el elemento de intercambio de calor según la Figura 4; y

20 la Figura 6 es una vista en perspectiva de una estructura tubular que comprende un número de elementos de intercambio de calor según la Figura 4.

[0027] Según la Figura 1, se representa una sección de un laminado de intercambio de calor 1 que ilustra las capas individuales. El laminado 1 comprende una capa portadora 2 cubierta sobre su primera superficie por una capa de retención de líquido 4. Se proporciona un primer adhesivo 6 entre la capa portadora y la capa de retención de líquido.

También se proporciona un segundo adhesivo 8 en la segunda superficie de la capa portadora 2. En esta forma de realización, la presencia del segundo adhesivo 8 es opcional y su función se describe con más detalle más adelante.

30 [0028] La capa portadora 2 está preferiblemente formada a partir de aluminio recocido blando con un grosor de aproximadamente 70 micras. Se ha descubierto que este material es extremadamente ventajoso porque es ligero, fácil de deformar y tiene una buena conductividad. El aluminio se sitúa en ambas superficies con una capa de imprimación (no mostrada) para asegurar una unión adecuada con los adhesivos 6, 8. La capa de imprimación es preferiblemente una imprimación a base de PVC y se le puede dar color para proporcionar un aspecto deseable al laminado 1. También se pueden incluir otros recubrimientos, por ejemplo para proporcionar protección contra la corrosión. Aunque en esta forma de realización se representa aluminio, también se pueden incluir otros metales con propiedades similares, como cobre, estaño, zinc y otras aleaciones y combinaciones. De forma alternativa, se pueden utilizar plásticos y materiales compuestos, como carbono y fibras de aramida. La selección de los materiales anteriores será evidente para los expertos en la materia y se determinará según las condiciones particulares bajo las cuales se prevé que funcione el intercambiador de calor.

45 [0029] La capa de retención de líquido 4 está formada a partir de un material fibroso no tejido. Aunque se haga referencia a una superficie de retención de líquido, se entiende claramente que la superficie es en realidad una superficie de retención y liberación de líquido. Como se puede observar en la Figura 1, la capa tiene una estructura muy abierta, de manera que la capa portadora 2 puede verse claramente a través de los espacios entre las fibras 10. Un material ejemplar para la formación de la capa de retención de agua es una mezcla 50/50 de 20g/m² de poliéster/viscosa, comercializada por Lantor B.V. en los Países Bajos. Otro material ejemplar es una fibra de poliéster recubierta de poliamida de 30g/m² comercializada bajo el nombre Colback™ por Colbond N.V. en los Países Bajos. También se pueden usar otros materiales con propiedades similares, como fibras sintéticas y naturales tales como la lana. En caso necesario, la capa de retención de líquido puede estar recubierta o tratada de otro modo para proporcionar propiedades antibacterianas o antiincrustantes.

50 [0030] En las figuras 1 y 2, el primer adhesivo 6 se proporciona como una capa fina sobre la totalidad del área del laminado 1. Para usar con aluminio y fibras Lantor, tal y como se ha mencionado anteriormente, se ha descubierto que una capa de 2 micras de un adhesivo de poliuretano de dos componentes proporciona resultados excelentes. Cuando está presente en una capa tan fina, su efecto en la transferencia de calor a la capa portadora es insignificante. Sin embargo, también es posible proporcionar el primer adhesivo 6 solo en el área de las fibras individuales 10. En este caso, también se puede considerar como parte de la estructura abierta, mediante lo cual el medio de intercambio de calor y el líquido pueden entrar en contacto directo con la capa portadora 2. Esto se puede conseguir mediante el recubrimiento de las fibras 10 de la capa de retención de líquido 4 con el segundo adhesivo 6 antes de la laminación con la capa portadora 2.

65 [0031] La Figura 2 muestra con mayor detalle cómo la capa de retención de líquido es eficaz para amortiguar una cantidad de líquido para su posterior evaporación. La Figura 2 muestra una capa portadora 2 provista de una segunda capa adhesiva 8 en su superficie inferior. Dos fibras 10 que forman parte de la capa de retención de líquido 4 se representan en su superficie superior adheridas por una primera capa adhesiva 6. En la Figura 2 también se muestra en una gotita de líquido 12. Las fibras 10 retienen eficazmente la gotita de líquido 12 y

previenen que gotee fuera de la superficie aunque el laminado 1 esté sujeto en posición vertical. Se pueden utilizar varios mecanismos para mejorar la tendencia de las fibras a la retención de líquido. En el caso del agua, la retención preferiblemente debería estar basada principalmente en los efectos de tensión de la superficie, ya que estos están acompañados por una actividad acuosa relativamente alta.

[0032] En la Figura 2 también puede observarse la extensión de la estructura abierta. Las fibras 10 están separadas por una distancia d , que en este caso corresponde sustancialmente a la extensión de la gotita de líquido 12 retenida por una fibra 10. La extensión de la gotita de líquido 12 dependerá en la práctica de varios factores entre los que se incluyen: la forma y las dimensiones de las fibras individuales 10; la naturaleza de las superficies de las fibras 10, el adhesivo 6 y la capa portadora 2; el líquido 12 utilizado; y la naturaleza y condición del gas que fluye a través del intercambiador de calor. La elección de la distancia d también dependerá de las propiedades del laminado 1 deseadas. Si la actividad acuosa es de una importancia fundamental, la separación d se puede elegir de forma que sea mayor que la extensión de la gotita 12. Si el aumento de la capacidad de amortiguación es de una importancia fundamental, la separación d se puede elegir de forma que sea sustancialmente menor que la extensión de la gotita. En la práctica, para utilizar con agua en un portador de aluminio recubierto con un adhesivo de poliuretano de dos componentes, se ha descubierto que resulta conveniente una separación media d de aproximadamente 100 micras. Por lo tanto, la capa de retención de líquido se puede adaptar según las condiciones previstas, por ejemplo, proporcionando una mayor capacidad de amortiguación para los climas más secos.

[0033] La Figura 3 muestra una versión alternativa del laminado 1 en posición vertical. Los elementos similares se designarán con los mismos números de referencia, como se ha hecho anteriormente. El laminado 1 comprende una capa portadora 2, colocada en una primera superficie con regiones de adhesivo 6 aisladas. El adhesivo 8 se coloca de forma similar en la segunda superficie de la capa portadora en forma de regiones aisladas. En esta forma de realización, los adhesivos 6 y 8 constituyen en sí mismos capas de retención de agua. De forma similar a la separación de las fibras en el caso de la Figura 2, las regiones de adhesivo aisladas están separadas por una distancia d aparte. Sin embargo, en este caso, se puede observar que la distancia d es sustancialmente menor que la dimensión de una gotita de líquido 12, lo que produce una capacidad de amortiguación inferior pero una mayor actividad acuosa. Hay varios métodos diferentes posibles para formar las capas adhesivas de retención de líquido, como la pulverización, la transferencia y la impresión. Un método preferido recurre a una técnica de impresión de inyección de tinta. Claramente, las regiones aisladas se pueden proporcionar con cualquier forma deseada y se pueden distribuir según cualquier motivo que se desee. Aunque se haya hecho referencia a regiones aisladas, también se pueden utilizar regiones entrelazadas que proporcionen la estructura abierta deseada. Asimismo, aunque se haya mencionado el adhesivo, otras estructuras o protuberancias en la superficie de la capa portadora pueden proporcionar la misma función de retención de agua. Se pueden conseguir efectos similares mediante el tratamiento de la superficie de la capa portadora, por ejemplo mediante el grabado u otra técnica similar, para producir elementos de retención de líquido en una capa superior de la superficie.

[0034] Sorprendentemente, se ha descubierto que la altura de una protuberancia, como el adhesivo 6, 8 de la Figura 3, o las fibras 10 de las figuras 1 y 2 es significativa para determinar la cantidad de agua retenida. Se puede conseguir una mayor capacidad de amortiguación utilizando técnicas de tricotaje para formar el material de la capa de retención de líquido 4 si se optimiza el método de tricotaje para aumentar la altura o el grosor de la capa sin reducir su estructura abierta.

[0035] La Figura 4 muestra una sección de laminado de intercambio de calor 1 según la Figura 1, formada como un elemento de intercambio de calor 14. El elemento de intercambio de calor 14 comprende una serie de aletas 16 que tienen la capa de retención de líquido en una primera superficie superior de las mismas. Las aletas 16 están provistas de rejillas 18 en forma de ranuras alargadas que penetran a través del laminado 1 (solo se muestran las rejillas de la primera aleta). Las rejillas 18 están dispuestas en grupos. Un primer grupo 20 sirve para dirigir el flujo a la superficie, mientras un segundo grupo 22 dirige al flujo fuera de la superficie. Así, parte del aire que fluye a lo largo del elemento de intercambio de calor 14 en la dirección de la flecha A se dirigirá a través del laminado hacia la segunda superficie inferior. El aire que sigue la dirección de flecha B se dirigirá hacia el exterior por el segundo grupo de rejillas. De esta forma, el aire fluye alternativamente sobre la primera superficie, donde puede recibir humedad por la evaporación de la capa de retención de líquido, seguida de la segunda superficie, donde puede recibir energía térmica directa para aumentar su temperatura.

[0036] Además de su función de dirigir el flujo entre las superficies del elemento de intercambio de calor 14, las rejillas 18 también sirven para dispersar las capas límite que pueden desarrollarse como flujos de aire a lo largo de las superficies. Se pueden proporcionar otros elementos de dispersión además o en lugar de las rejillas 18. Cabe señalar que en un laminado de intercambio de calor 1, según la forma de realización descrita en la Figura 2, los elementos de retención de agua pueden diseñarse adicionalmente para dispersar la capa límite. Además, aunque las aletas 16 de la Figura 4 son rectas, también se pueden producir aletas curvilíneas o en zigzag. Se cree que dichas formas de aleta son ventajosas para dispersar las capas límite que se desarrollan en flujo a lo largo de las aletas, ya que cada vez que la aleta cambia de dirección se reestablece el flujo turbulento. También es posible dar a las aletas varias formas en corte transversal, que incluyen corrugaciones de formas cuadradas,

trapezoidales, rectangulares, acampanadas y sinusoidales. La forma precisa dependerá de varios factores, uno de los cuales puede ser la capacidad de la capa de retención de líquido para resistir el plegado.

5 [0037] Además de las rejillas 18, el elemento de intercambio de calor 14 dispone de puentes de conducción 24. Estos puentes 24 están en forma de cortes a través del laminado 1 sobre sustancialmente toda la altura de la aleta 16. Sirven para prevenir el transporte de calor indeseado a lo largo del elemento de intercambio de calor 14 en la dirección del flujo de aire.

10 [0038] El elemento de intercambio de calor 14 se forma preferiblemente utilizando técnicas de corrugación habituales. Se puede alimentar un rollo de anchura apropiada del laminado preparado 1 a través de un par de vías corrugadas que pueden formar las aletas 16, las rejillas 18 y los puentes de calor 24 en un único paso. A continuación, se puede cortar el producto resultante para formar elementos de intercambio de calor de dimensiones adecuadas 14 para otros tratamientos.

15 [0039] La Figura 5 muestra una posible construcción 25 que utiliza el elemento de intercambio de calor 14 de la Figura 4. Según la Figura 5, el elemento de intercambio de calor 14 se fija a una primera superficie de una membrana 26. La membrana 26 se sitúa en su segunda superficie con un segundo elemento de intercambio de calor 28, que en la presente forma de realización dispone de aletas 30 con una forma similar a la del elemento de intercambio de calor 14 y que también pueden estar provistas de rejillas y puentes de conducción. El segundo elemento de intercambio de calor 28 difiere del primer elemento de intercambio de calor 14 en que este no comprende una capa de retención de líquido. La membrana 26 generalmente es impermeable al aire u otro fluido destinado a ser utilizado en el intercambiador de calor y sirve para definir una primera región de fluido X y una segunda región de fluido Y. Por razones relativas a la construcción, un material preferido para la membrana es el aluminio recocido blando con un grosor de aproximadamente 70 micras.

25 [0040] Tal y como se ha descrito anteriormente, el laminado de intercambio de calor 1 que forma el elemento de intercambio de calor 14 puede tener un segundo adhesivo 8 en su segunda superficie. Dicho segundo adhesivo 8 es preferiblemente un adhesivo de soldadura térmica, como un adhesivo a base de PVC/poliacrilato. La membrana 26 también está provista de un adhesivo de soldadura térmica similar o compatible en su superficie que se encuentra frente al elemento de intercambio de calor 14, por medio de lo cual tanto la membrana 26 como el elemento 14 pueden unirse fácilmente mediante un calor y una presión apropiados. Las superficies opuestas del segundo elemento de intercambio de calor 28 y la membrana 26 también están provistas de un adhesivo de soldadura térmica similar y se pueden unir de la misma manera. Tal y como se puede observar en la Figura 5, los elementos de intercambio de calor 14 y 26 se juntan de manera que solo las depresiones de las aletas 16, 30 se adhieren a la membrana 26. Además, las aletas 16 y 30 están alineadas la una con la otra directamente a través de la membrana 26.

30 [0041] En el uso, la región fluida X puede servir como lado húmedo de un intercambiador de calor evaporativo o dispositivo de humidificación, mientras que la región Y sirve como lado seco. Las aletas 16 que comprenden el laminado 1 pueden absorber una cantidad de agua en la capa de retención de líquido. El aire no saturado que fluye a través de la superficie puede absorber agua por evaporación desde el laminado 1. De este modo, el laminado 1 pierde una cantidad de calor que corresponde al calor latente de evaporación del agua perdida. Para mantener el equilibrio, se debe proporcionar calor al laminado 1. En el caso de una capa portadora 2 de aluminio, esto tiene lugar por conducción en el plano del laminado desde la membrana 26. Este calor debe suministrarse por turnos mediante el enfriamiento del fluido seco en la región Y y mediante la conducción de este calor a través de las aletas 30 del segundo elemento de intercambio de calor 28 hacia la membrana 26. La alineación de las aletas 11, 30 mejora la transferencia de calor de un elemento al otro a través de la membrana 26.

40 [0042] En la forma de realización ilustrada solo un único lado de las aletas 16 dispone de una capa de retención de líquido. También es posible, sin embargo, proporcionar una capa de retención de líquido en otras superficies. La membrana 26 puede, por ejemplo, estar formada también por el laminado de intercambio de calor 1, con la capa de retención de líquido situada en su primera superficie que se encuentra frente al elemento de intercambio de calor 14. También es posible usar el laminado de intercambio de calor 1 para la formación del segundo elemento del intercambio de calor 28 y para proporcionar capas de retención de líquido en ambos lados del mismo. Como consecuencia ventajosa de la estructura abierta según un aspecto de la presente invención, el lado de retención de líquido del laminado puede funcionar bien tanto como lado húmedo como como lado seco de un intercambiador de calor. Para laminados provistos de una capa de retención de líquido en ambas superficies, pueden ser necesarias medidas adicionales y capas adhesivas para asegurar la unión con otra superficie.

50 [0043] En la forma de realización ilustrada, las aletas 16 y 30 están dispuestas paralelamente la una a la otra de manera que el intercambiador de calor puede funcionar a contracorriente. Para el uso como enfriador de punto de rocío, la membrana puede estar provista de canales que permitan que la totalidad o parte del fluido en la región Y pase a través de la membrana hacia la región X. Dichos canales pueden tener forma de orificios a través de la membrana. También son posibles otras disposiciones alternativas con los dos conjuntos de aletas dispuestas en ángulo entre sí para el funcionamiento con flujo de aire transversal. Para el funcionamiento con

flujo de aire transversal en un enfriador de punto de rocío, también puede ser posible proporcionar orificios a través de la membrana entre una o más de las aletas 28 que sirvan de alimentadores para la totalidad o parte de los canales entre las aletas 14 de la región X.

5 [0044] La construcción 25 según la Figura 5 se puede integrar en un intercambiador de calor, como un enfriador de punto de rocío, de muchas formas diferentes. Se puede disponer una variedad de construcciones 25 paralelas las unas a las otras para formar una serie de regiones de fluido alternas X e Y. Evidentemente, si se combina una variedad de tales construcciones 25, se pueden definir más de dos regiones, donde cada una está sometida a un fluido diferente. En una alternativa ventajosa, se puede dar forma de estructura tubular a la construcción 25 mediante la laminación o el plegado de la membrana y su soldadura térmica a sí misma, mediante lo cual la región Y queda situada en el tubo y la región X queda situada en el exterior.

15 [0045] La Figura 6 muestra una posible estructura tubular 32 que se ha descubierto que es particularmente ventajosa para la construcción de elementos de enfriadores de punto de rocío y elementos de recuperación de calor. La estructura tubular 32 comprende un par de construcciones 25 que comprenden membranas 26 unidas las unas a las otras por los bordes longitudinales superiores e inferiores 34, 36. Se pueden utilizar varios métodos para unir los bordes 34, 36, pero un método preferido para las membranas de aluminio 26 como las que se han descrito anteriormente es la soldadura térmica.

20 [0046] Las construcciones 25 están conectadas eficazmente de espaldas las unas a las otras con los segundos elementos de intercambio de calor 28 en el interior y los elementos de intercambio de calor 14 con capa de retención de líquido 4 en el exterior. También es posible la inversión de esta disposición pero requeriría un suministro de agua al interior de la estructura tubular 32 para humedecer la capa de retención de líquido 4. Tal y como se puede observar en la Figura 6, el exterior de cada membrana 26 dispone de una variedad de elementos de intercambio de calor 14 separados los unos de los otros por un corto espacio. Este espacio también sirve como una forma de puente de conducción para minimizar la conducción del calor en la dirección de flujo del intercambiador de calor. El segundo elemento de intercambio de calor está dispuesto de una manera similar.

30 [0047] En la Figura 6 también se muestra una extensión de entrada 38 (parcialmente recortada) y una extensión de salida 40 para el interior de la estructura tubular 32. Ambas extensiones 38, 40 están formadas a partir de secciones de las membranas 26 sin elementos de intercambio de calor. También se muestra una banda 40 entre las dos construcciones 25. La banda 40 sirve para mejorar estabilidad estructural y puede estar provista de agujeros para permitir el flujo a través de esta en el interior de la estructura tubular 32.

35 [0048] En el uso como un enfriador de punto de rocío, se sitúa una o varias de dichas estructuras tubulares 32 dentro de un alojamiento adecuado con una entrada que comunica con la extensión de entrada y una salida que comunica con la extensión de salida. Se puede inducir el flujo C a través de la estructura tubular 32 mediante un ventilador dispuesto en la entrada, aunque también se pueden utilizar otros medios para inducir el flujo. Al proporcionar, por ejemplo, una restricción de flujo en la salida y una conexión entre la extensión de salida y el exterior de la estructura tubular 32, se puede provocar que una parte del flujo D recircule a contracorriente sobre el exterior de la estructura tubular 32. El resto del flujo E sale hacia la salida para que el espacio deseado se enfríe. El líquido, como agua, suministrado a la capa de retención de líquido por medios de suministro de agua conocidos se evaporará, a continuación, en el flujo recirculatorio D proporcionando el enfriamiento necesario al flujo C en la estructura tubular 32. El flujo recirculatorio D puede agotarse, a continuación, a través de otra apertura de escape dispuesta en el alojamiento.

50 [0049] Se puede realizar una ligera adaptación para un uso también como dispositivo de recuperación de calor. El alojamiento puede entonces estar provisto de otra entrada y posiblemente de un segundo ventilador u otro dispositivo de inducción de flujo. Cualquier flujo destinado a ser calentado también puede disponer de un suministro de agua para una capa de retención de líquido apropiada para objetivos de humidificación. Para la recuperación de calor también es particularmente ventajoso que ambos lados del intercambiador estén provistos de laminados que comprenden capas de retención de líquido según la presente invención, mediante lo cual la condensación se retiene y se puede disipar. Aunque no se muestre, el propio laminado de intercambio de calor formado se puede utilizar tanto como aleta como como membrana impermeable. Por tanto, un par de elementos de intercambio de calor similares a la Figura 4, aunque sin rejillas, pueden estar conectados de espaldas de la manera representada en la Figura 6 para producir una estructura tubular.

60 [0050] Aunque los ejemplos anteriores ilustren formas de realización preferidas de la presente invención, cabe mencionar que también se pueden considerar varias disposiciones diferentes que entran dentro del campo de la presente invención, tal y como se define en las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

1. Enfriador de punto de rocío que comprende un elemento de intercambio de calor (14, 28), dicho enfriador de punto de rocío funciona a contracorriente, donde un flujo de aire de producto fluye sobre un primer lado del elemento de intercambio de calor (14, 28) y se enfría por transferencia de calor al elemento y donde una parte del flujo de aire de producto se desvía de vuelta sobre un segundo lado del elemento de intercambio de calor, donde el segundo lado del elemento de intercambio de calor está provisto de un suministro de agua por el cual la transferencia de calor desde el elemento de intercambio de calor hasta el agua provoca que esta se evapore en el flujo de aire, donde el elemento de intercambio de calor comprende una membrana y un laminado de intercambio de calor formado (1) fijado a la membrana (26),
- caracterizado por el hecho de que** el laminado de intercambio de calor formado comprende una capa portadora deformable (2) al menos parcialmente cubierta con una capa de retención de líquido flexible (4) que tiene una estructura abierta de manera que, en el uso, un medio de intercambio de calor puede entrar en contacto directamente con la capa portadora (2) a través de la estructura abierta de la capa de retención de líquido (4).
2. Enfriador de punto de rocío según la reivindicación 1, donde la capa de retención de líquido (4) es un material fibroso y la estructura abierta comprende espacios entre las fibras (10).
3. Enfriador de punto de rocío según la reivindicación 2, donde el material fibroso se adhiere a la capa portadora (2) mediante un adhesivo (6).
4. Enfriador de punto de rocío según la reivindicación 3, donde el material fibroso comprende una mezcla conectada de poliéster y fibras de viscosa.
5. Enfriador de punto de rocío según la reivindicación 3, donde el material fibroso comprende una capa fibrosa tejida o tricotada.
6. Enfriador de punto de rocío según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la capa portadora (2) comprende aluminio.
7. Enfriador de punto de rocío según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la capa de retención de líquido (4) tiene un grosor medio inferior a 50 micras.
8. Enfriador de punto de rocío según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el laminado de intercambio de calor (1) se corruga para formar una serie de aletas alargadas (16).
9. Enfriador de punto de rocío según la reivindicación 8, donde las aletas alargadas (16) tienen forma de onda en su dirección alargada.
10. Enfriador de punto de rocío según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde las aletas (16) están provistas de rejillas (18).
11. Enfriador de punto de rocío según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la capa de retención de líquido (4) está dispuesta sustancialmente solo en un primer lado de la capa portadora (2).
12. Enfriador de punto de rocío según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el laminado de intercambio de calor formado (1) se fija a la membrana (26) mediante un adhesivo (6, 8).
13. Enfriador de punto de rocío según la reivindicación 12, donde el adhesivo es un adhesivo activado por calor aplicado a la capa portadora (2) o a la membrana (26).
14. Enfriador de punto de rocío según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde a la membrana (26) se le da forma de estructura tubular (32).
15. Enfriador de punto de rocío según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la membrana comprende también un laminado de intercambio de calor (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7
16. Método para fabricar un enfriador de punto de rocío que comprende un elemento de intercambio de calor (14, 28), donde dicho método comprende:
- proporcionar un laminado de intercambio de calor (1) que comprende una capa portadora deformable (2) al menos parcialmente cubierta con una capa de retención de líquido flexible (4) que tiene una estructura abierta;

dar forma al laminado (1) de una pluralidad de aletas alargadas (16);
proporcionar una membrana (26) adaptada para separar un primer flujo de fluido de un segundo flujo de fluido cuando se use en el enfriador de punto de rocío; y
fijar las aletas (16) a una primera superficie de la membrana (26) para transferirle calor para formar el
elemento de intercambio de calor.

5

17. Método según la reivindicación 16 que comprende además la formación de rejillas (18) en las aletas (16).

18. Método según la reivindicación 16 que comprende además la unión de aletas adicionales (16, 30) a una segunda superficie de la membrana (26) para transferirle calor.

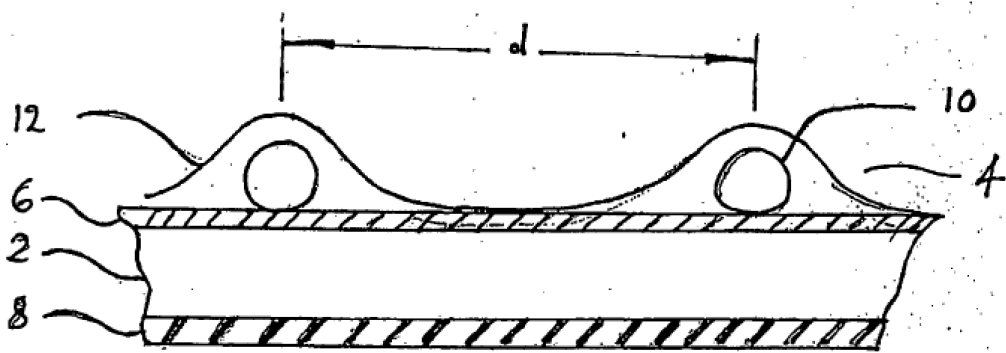
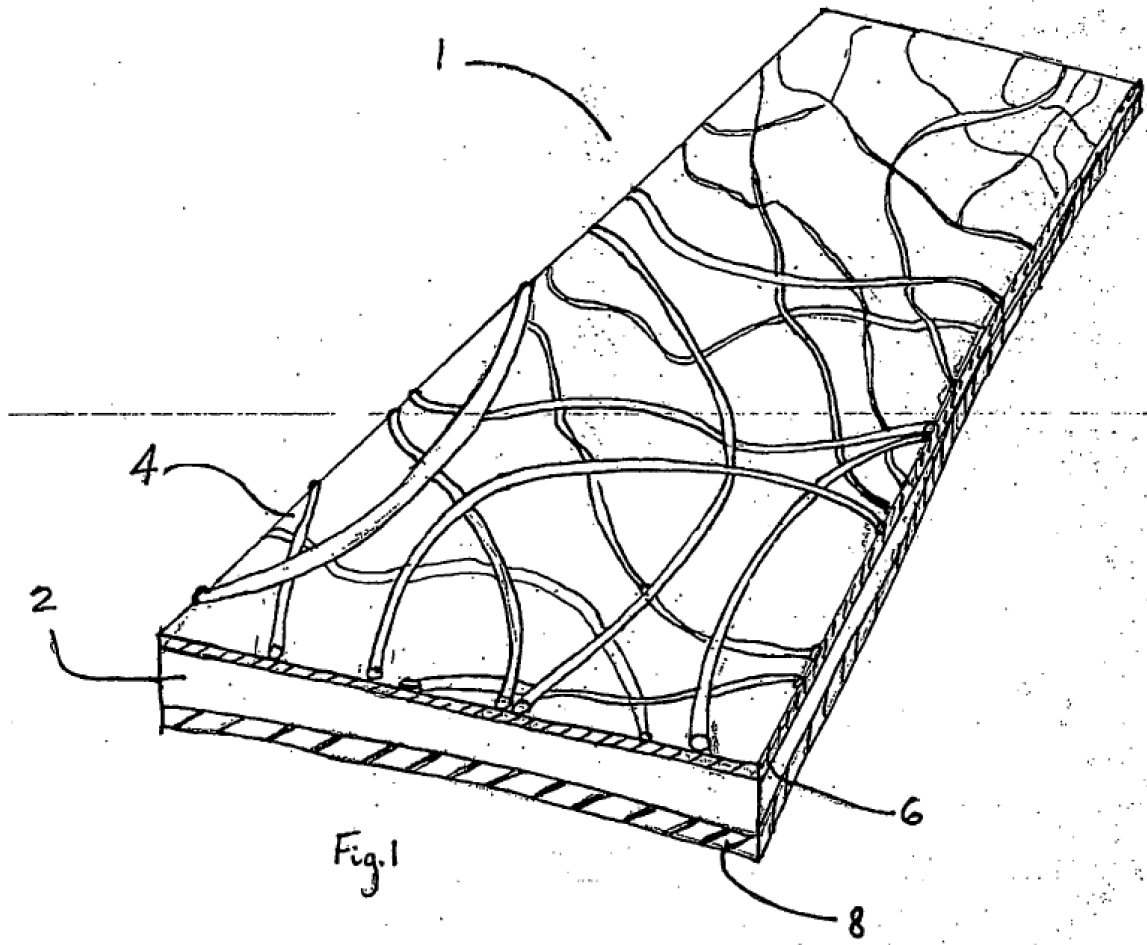
10

19. Método según la reivindicación 18 que comprende además el plegado de la membrana (26) para formar una estructura tubular con las aletas alargadas (16, 30) en una superficie externa de la estructura tubular y las aletas adicionales (16, 30) en una superficie interna de la estructura tubular (32).

15

20. Laminado de intercambio de calor para la formación del elemento de intercambio de calor de un enfriador de punto de rocío según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, donde el laminado comprende una capa portadora deformable (2) al menos parcialmente cubierta por una capa de retención de líquido flexible (4) que tiene una estructura abierta de manera que, en el uso, un medio de intercambio de calor puede entrar en contacto directamente con la capa portadora (2) a través de la estructura abierta de la capa de retención de líquido (4), **caracterizado por el hecho de que** la capa portadora (2) comprende aluminio, la capa de retención de líquido (4) es un material fibroso adherido a la capa portadora (2) mediante un adhesivo (6), donde la estructura abierta comprende espacios entre las fibras (10) y donde el laminado de intercambio de calor (1) se corruga para formar una serie de aletas alargadas (16) provistas de rejillas.

20



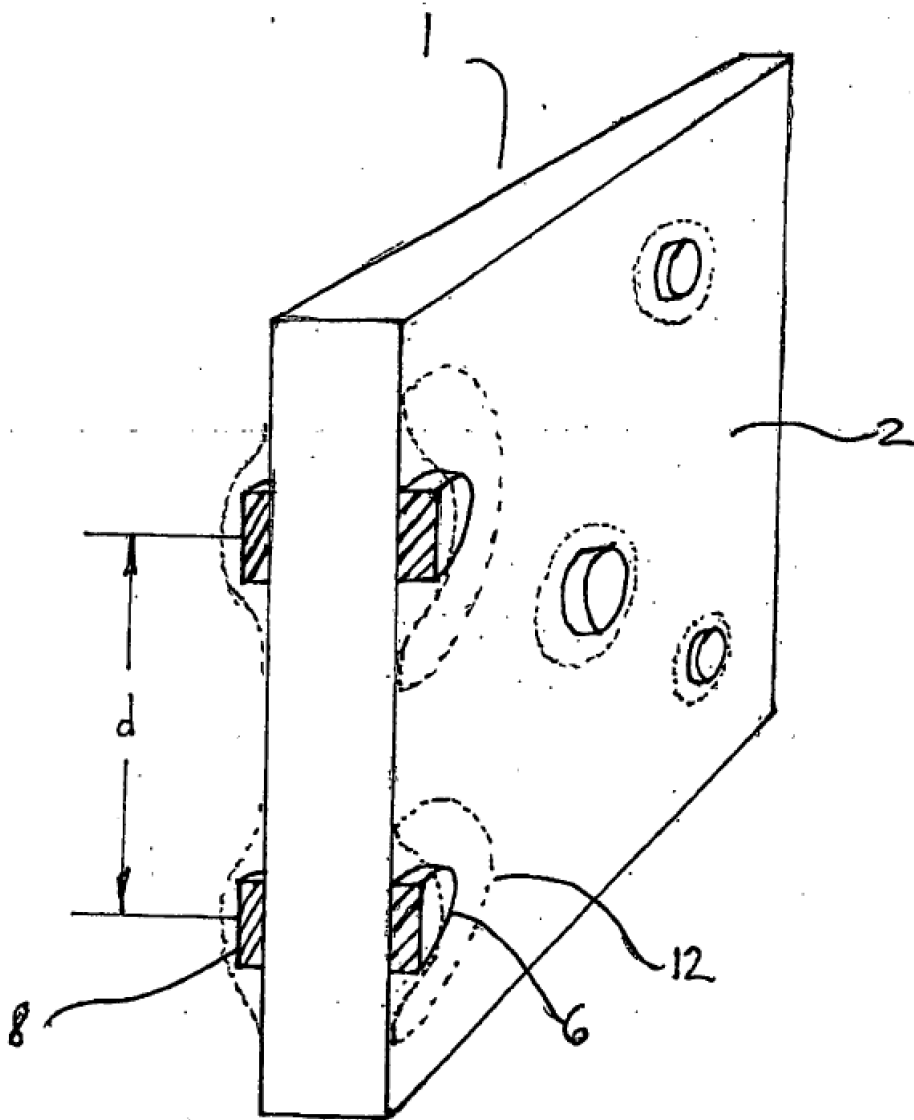


Fig. 3

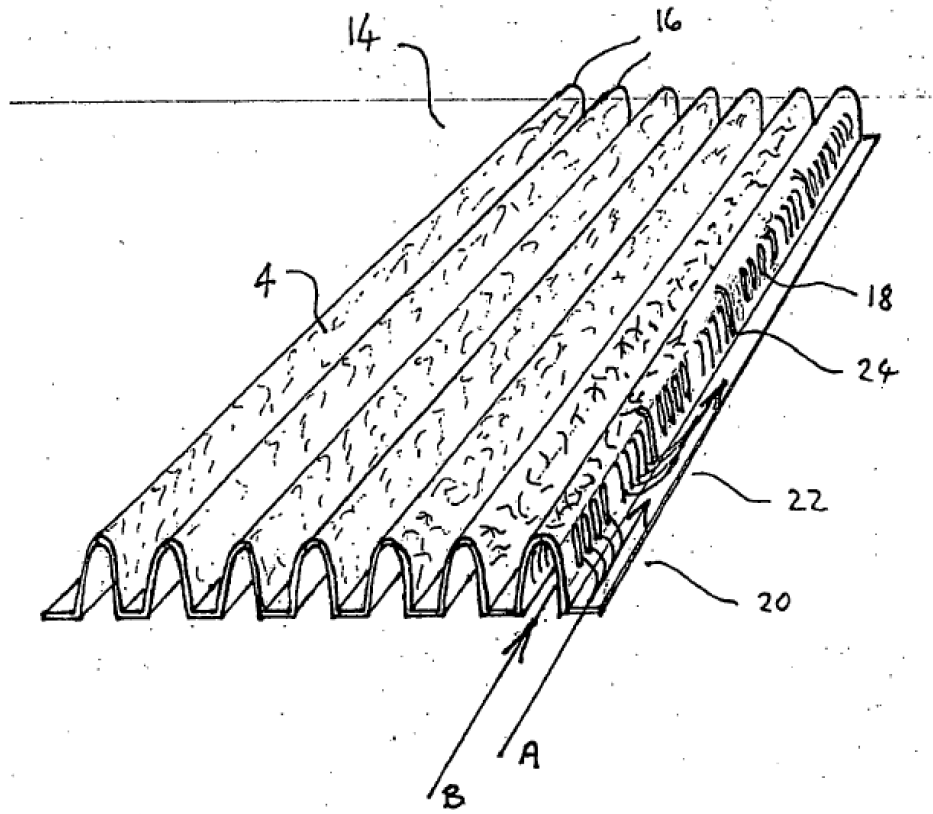


Fig 4

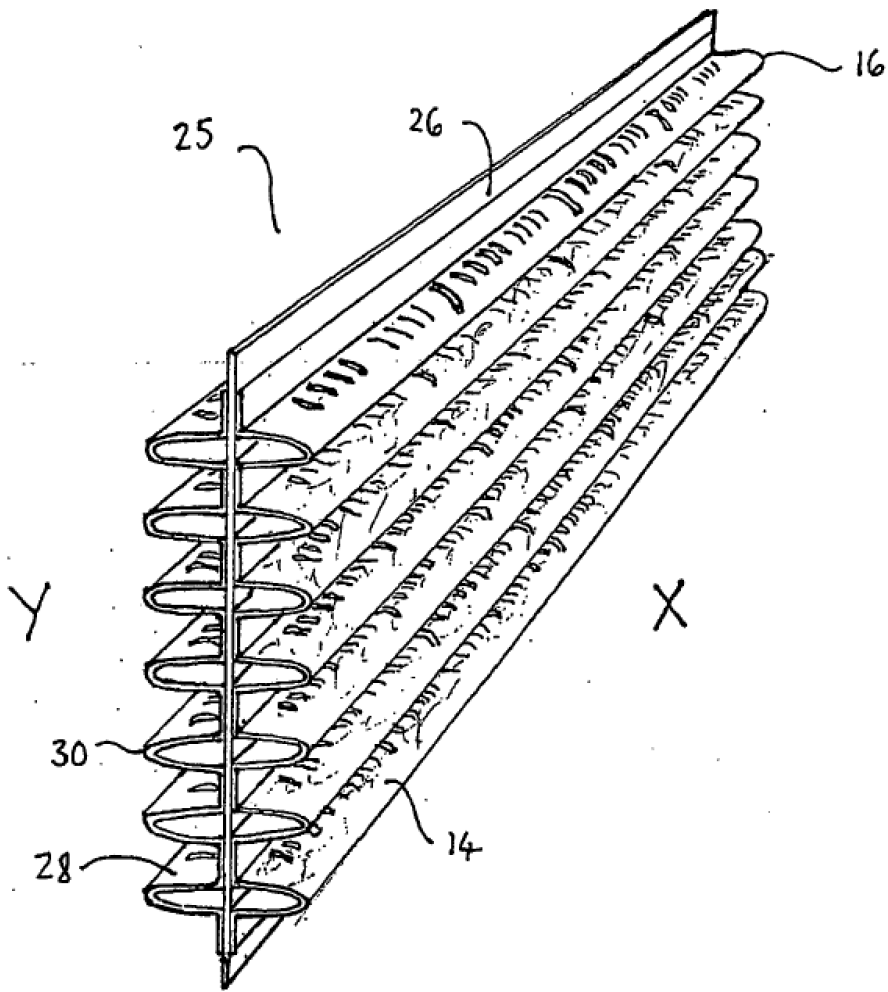


Fig 5

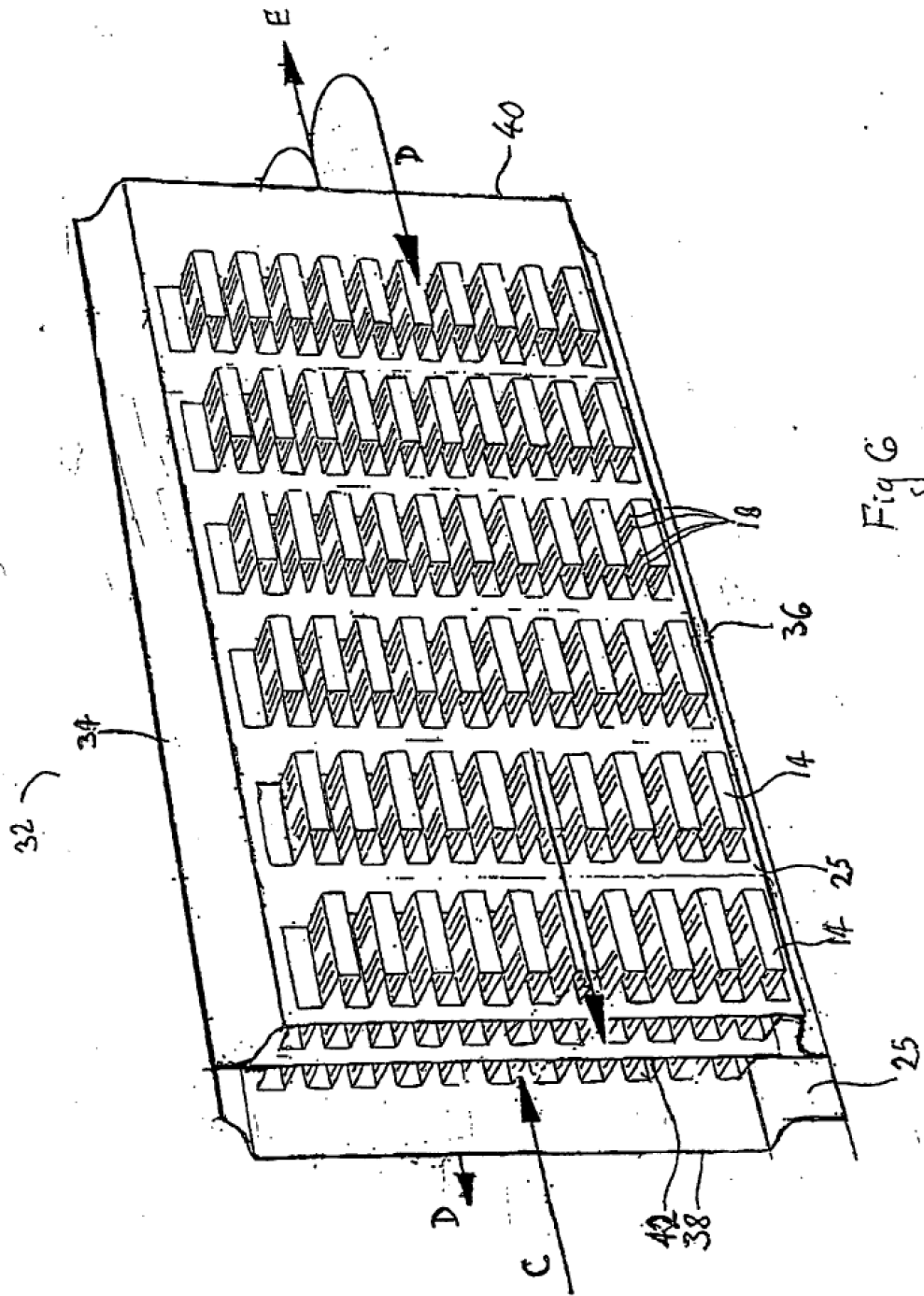


Fig 6