

República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0620644-1 A2**

(22) Data de Depósito: 22/12/2006
(43) Data da Publicação: 16/11/2011
(RPI 2132)



(51) *Int.Cl.*:
F28D 5/00

(54) **Título:** DISPOSITIVO DE RESFRIAMENTO EVAPORATIVO

(30) **Prioridade Unionista:** 30/12/2005 GB 05 26569.9

(73) **Titular(es):** Oxicom Beheer B.V.

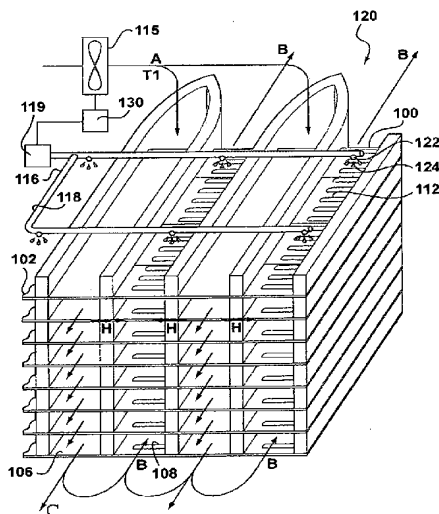
(72) **Inventor(es):** Andreas Jacobus Louis Nijsen, Johannes Antonius Maria Reinders, Paul Magnus Clarkson

(74) **Procurador(es):** Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) **Pedido Internacional:** PCT EP2006070205 de 22/12/2006

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/071796 de 28/06/2007

(57) **Resumo:** DISPOSITIVO DE RESFRIAMENTO EVAPORATIVO. A presente invenção refere-se a um dispositivo de resfriamento evaporativo tendo um par de placas condutoras de calor (102) dispostas em relações espaçadas, geralmente paralelas com elementos espaçadores (104) separando as placas (102) uma da outra e definindo canais de fluxo primário (106) e secundário (108) entre as placas. Dutos de entrada (114) são conectados aos canais primários (106) e dutos de saída são conectados dos canais primários (106) e secundários (108). Também é fornecido um sistema de distribuição de água (116) para fornecer água para os canais secundários (108) para que assim um fluxo de ar primário (A) através dos canais primários (106) seja resfriado pela condução de calor ao longo das placas (102) para causar a evaporação da água para dentro de um fluxo de ar secundário (B) através dos canais secundários (108).



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**DISPOSITIVO DE RESFRIAMENTO EVAPORATIVO**".

ANTECEDENTE DA INVENÇÃO

1. Campo da Invenção

5 A presente invenção refere-se a dispositivos de comutação de calor e mais especialmente a dispositivos de resfriamento por evaporação do tipo que pode evaporar uma corrente de ar primária ou de produto por evaporação de um fluido em uma corrente de ar secundária ou de trabalho. Estes dispositivos também podem operar para fornecer recuperação de calor em combinação com ventilação.

2. Breve Descrição dos Desenhos

 Um resfriador por evaporação é um dispositivo que usa o calor latente de evaporação de um líquido para fornecer resfriamento. O princípio da resfrição por evaporação é conhecido há muitos séculos. Por exemplo, 15 um tecido úmido colocado sobre um objeto manterá o objeto resfriado por evaporação do líquido do tecido. Ao acrescentar líquido continuamente ao tecido, o efeito de resfriamento pode ser mantido indefinidamente sem a entrada de energia elétrica. A temperatura mais baixa pode ser obtida por evaporação da umidade nesta maneira em uma corrente de ar define a temperatura de bulbo úmido para aquele ar. Um evaporador indireto faz uso 20 desse princípio. Uma corrente de ar de produto passando sobre a superfície primária do elemento de comutação de calor pode ser resfriada por uma corrente de ar de serviço passando sobre a umidade de absorção de uma segunda superfície molhada do comutador de calor.

25 De acordo com a teoria, se uma quantidade de ar for resfriada por evaporação direta, sua umidade absoluta aumenta devido à coleta de umidade. Sua umidade relativa também aumenta devido a sua temperatura diminuída até que a temperatura de bulbo úmido esteja completamente saturada com vapor d'água. Contudo, se o ar é resfriado sem evaporação direta, sua umidade relativa continua a mesma. Conforme sua temperatura aumenta, somente a umidade relativa aumenta até total saturação de o ar ser 30 obtido no chamado ponto de orvalho. O ponto de orvalho é assim mais baixo

do que a temperatura de bulbo úmido e é na verdade definido como temperatura na qual o corpo de ar deve ser resfriado para alcançar saturação de 100% de umidade relativa. Neste ponto, o vapor d'água no ar condensa.

Foram feitas tentativas para aperfeiçoar o princípio de resfriamento indireto por resfriamento ou secagem da corrente de ar em funcionamento antes de a evaporação ocorrer. Uma maneira especialmente conveniente de resfriar a corrente de ar em funcionamento é o retorno de parte do produto de ar resfriado. Esses dispositivos com frequência têm sido referidos como resfriadores de pontos de orvalho já que eles podem abaixar a temperatura do ar produto do seu bulbo úmido e fecham no ponto de orvalho. Ao otimizar as superfícies que as correntes de ar trocam o calor, transferências de calor altamente efetivas podem ser obtidas. Isso foi considerado como especialmente significativo no caso de transferência de calor de superfícies secundárias umedecida. Para fornecer umidade à corrente de ar de trabalho, a superfície secundária úmida pode ser fornecida com alguma forma de fornecimento de líquido, por exemplo, na forma de camada hidrofílica. A presença desta camada, contudo, resulta em um isolamento térmico aumentado de superfície secundária da corrente de ar de trabalho, reduzindo assim a transferência de calor.

Uma forma especialmente eficiente de resfriador de ponto de orvalho é conhecido pela publicação da PCT WO03/091633, cujo conteúdo é aqui incorporado como referência em sua totalidade. O dispositivo usa uma membrana tendo elementos de transferência de calor em suas superfícies primárias e secundárias. Esses elementos de transferência de calor são na forma de aletas e acredita-se que melhoram a transmissão de calor da superfície primária para a superfície secundária. As aletas agem tanto para direcionar a condução de calor para a membrana e também para romper as várias camadas limites que desenvolvem no fluxo. Elas também servem para aumentar a área total disponível para a comutação de calor nas superfícies relevantes. Características adicionais importantes da segunda superfície úmida são conhecidas daquele documento e também da Publicação PCT WO05/019739, cujo conteúdo também é aqui incorporado como refe-

rência em sua totalidade. Consequentemente, por escolha cuidadosa do material usado como camada retentora de água, a evaporação ótima pode ser obtida sem isolamento térmico da superfície secundária da corrente de ar em funcionamento.

5 O diferencial de temperatura de passagem entre os fluxos primário e secundário de um resfriador evaporador deste tipo deve ser muito baixo para obter o resfriamento até o ponto de orvalho. Como consequência, para ocorrer boa transferência de calor, o coeficiente de condução de calor através da troca de calor deve ser alto. No caso da WO03/091633, o ponto
10 de anexamento das aletas nas membranas, acredita-se como sendo uma área de fraca transmissão de calor. De acordo com a publicação PCT WO 03/091648 A, foram feitas tentativas no passado para aperfeiçoar a transmissão de calor pela ligação de aletas em lados opostos de uma membrana diretamente através da membrana. De acordo com a publicação PCT WO
15 01/57461, as aletas são formadas como convolações na própria membrana.

Os metais são geralmente bons condutores de calor e um dispositivo descrito na publicação PCT WO04/040219 usa um metal laminado vedável para formar as aletas e a membrana. Esses são então vedados junto por calor. Não obstante, o componente adesivo do laminado é tido como
20 afetando negativamente a transferência de calor entre as aletas nas superfícies opostas da membrana. Além disso, durante o processo de conexão, a área das aletas realmente pressionam engatando com a membrana geralmente é menos do que o desejado. Também deve ser observado neste contexto que a transferência de calor ao longo da membrana não é desejado e
25 pode afetar negativamente a queda de temperatura entre a entrada e saída. Por essa razão, as membranas de metal no passado foram geralmente evitadas nos dispositivos de resfriamento de ponto de orvalho.

Muitas outras configurações têm sido sugeridas para dispositivos de resfriamento por evaporação, todos os quais requerem transferência
30 de calor através de uma membrana. A membrana divide a região úmida, onde o líquido é fornecido para evaporação, da região seca. Uma variedade de construções por Maisotsenko et al são mostrados na US6581402, na

qual correntes primárias e de funcionamento através da placa são separadas por guias de canais. A corrente secundária é desviada para o lado oposto da placa e recebe calor por evaporação e por transferência de calor da placa.

5 BREVE SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Para que se possa aperfeiçoar a transmissão de calor entre o fluxo primário e o fluxo secundário, é fornecido, de acordo com a invenção, um dispositivo de resfriamento compreendido de um par de placas de condutores de calo calor dispostas espaçadas, em relação geralmente paralela e elementos espaçadores separando as placas uma das outras e definindo os canais de fluxo primário e secundários entre as placas. Desta maneira, a transmissão de calor entre os canais primário e secundário podem acontecer primariamente pela condução ao longo das placas da região associada com os canais primários às regiões associadas aos canais secundários. Isto contrasta com as disposições convencionais onde a transferência de calor entre os fluidos ocorre através de uma membrana separando os fluidos. Para direcionar o primeiro e segundo fluxo, pode ser fornecido um duto de entrada primário formando uma conexão de fluido de entrada para fornecer ar a um conjunto de canais de fluxos primários e um duto de entrada secundário formando uma conexão de fluido de entrada para fornecer ar a um conjunto de canais secundários. Os dutos de entrada podem ser formados pelas próprias placas ou por elementos adicionais. Pode ainda ser fornecido um sistema distribuição de água para fornecer água a canais secundários para molhar as paredes do mesmo. Desta maneira o fluxo de ar primário através dos canais primários podem ser resfriados por condução de calor ao longo das placas para causar a evaporação de água para dentro do fluxo de ar secundário através dos canais secundários. No presente contexto, a referência a canais primários e secundários é, a menos que de outra forma especificada, intencionada para abranger ambos os canais em sua totalidade e também segmentos de canais individuais dentro do dispositivo.

De acordo com outra modalidade da invenção, as placas condutoras podem compreender camadas limites rompendo as formações. Tais

5 formações ou elementos são importantes para evitar o acúmulo de fluxo laminar ao longo dos canais, em especial os canais secundários. O fluxo laminar geralmente não é desejado para que haja a boa transferência de calor da superfície da placa. Ao romper as camadas de limite, o fluxo turbulento local e melhor mistura de ar saturado pode ser incentivado, levando a um coeficiente de transferência de calor mais alto. Deve ser observado que o fluxo turbulento através da troca de calor normalmente não é desejado, já que o aumento na queda de pressão através do canal excederia os benefícios devido à transferência de calor aumentado. As formações podem ser fornecidas nas superfícies das placas ou podem ser formadas por distorções locais ou contornos das próprias placas.

15 De preferência o dispositivo compreende de uma variedade de placas condutoras de calor empilhadas em relação espaçada, geralmente paralela. Os elementos espaçadores definem os fluxos das regiões primárias e secundárias entre ou através de cada par de placas adjacentes. Desta maneira um grande número de canais de fluxo pode ser construído de uma única maneira.

20 Mais preferencialmente, para tais construções de placas empilhadas, a região de fluxo primário entre o primeiro par de placas é geralmente alinhado com uma região de fluxo primário adjacente entre um par de placas adjacentes. Neste caso as aberturas podem ser fornecidas nas placas para direcionar o fluxo através de placas entre os canais de fluxo adjacentes primários, respectivamente e canais de fluxo secundário, respectivamente. As aberturas podem ter uma variedade de funções importantes. Primeiro, eles podem agir para romper as camadas limites e romper o fluxo laminar local, aumentando assim o coeficiente de transferência de calor. Em segundo lugar, ao direcionar o fluxo secundário sobre ambas as superfícies, se a água ou a camada retentora de água for fornecida em uma das superfícies, o fluxo secundário pode ser exposto de forma alternada à transferência de calor térmica e calor latente. As aberturas são de preferência na forma de venezianas ou similares a suspiros de direcionamento de fluxos. As venezianas são tidas como sendo as mais eficientes para direcionar ar saturado

para longe da camada de limite e para dentro de canais, enquanto minimiza a queda de pressão devido a excesso de turbulência.

De acordo com a primeira modalidade da invenção os canais de fluxo são todos geralmente alinhados com as placas e a direção do fluxo nos canais primários são contra o fluxo nos canais secundários. A configuração de contra fluxo tem sido reconhecido como o melhor para o resfriamento eficiente do ponto de orvalho.

De acordo com a segunda modalidade da invenção a direção do fluxo nos canais primários é contra o fluxo nos canais secundários e geralmente perpendicular ao plano principal das placas. Tal configuração pode ser obtida se as venezianas ou aberturas através das placas forem grandes o suficiente para permitir o fluxo ocorrerem através das placas. Uma vantagem significativa desta configuração é que os elementos espaçadores podem agir como barreiras condutoras, evitando a condução de calor na direção do fluxo primário. Esta configuração pode também ter vantagens ao fornecer conexões de entrada e saída para os fluxos primários e secundários.

Em uma modalidade alternativa, o fluxo de direção dos canais primários podem ser geralmente perpendiculares ao fluxo nos canais secundários. O dispositivo então irá operar em contra fluxo. Um dos fluxos pode ser paralelo às placas e o outro fluxo pode tirar vantagem das aberturas das venezianas para passar através das placas. Como alternativa ambos os fluxos podem ser parcialmente através e parcialmente paralelos às placas. É observado que uma vantagem considerável da presente invenção é a versatilidade que fornece ao permitir configurações de fluxos diferentes.

De acordo com uma importante característica da invenção, o dispositivo ainda compreende de uma camada hidrofílica cobrindo pelo menos parcialmente as placas nos canais de fluxo secundários. A camada hidrofílica age como retentora de água e liberadora de camada. Neste contexto, a referência à água é entendida para cobrir qualquer outro fluido evaporador que pode ser usado na operação do dispositivo como um resfriador de evaporação. De preferência, a camada hidrofílica é fornecida em uma superfície somente de placa. A camada hidrofílica não precisa ser separada, mas

pode também ser formada como um tratamento de superfície da placa para melhorar sua hidrofiliçidade. Materiais de cimentação tais como cimento Portland têm no passado sido considerado como altamente desejável. Como alternativa, os materiais de fibra podem ser usados. Foi descoberto de grande importância que a camada retentora de água não deveria obstruir a transferência de calor da placa ao isolá-la do fluxo secundário.

Em uma modalidade preferida, os elementos espaçadores compreendem de material termicamente isolantes. Os elementos espaçadores podem assim ser considerados para formar uma membrana divisora entre as regiões de fluxo primário e secundário. Contudo, eles não funcionam como membrana de troca de calor como em técnicas anteriores de construção. Os elementos espaçadores também têm uma função construtora ao assegurar suporte adequado para as placas.

Em uma modalidade alternativa, os elementos espaçadores podem compreender de porções de placas se estendendo alternadamente em geral perpendiculares ao plano principal das placas. Cada elemento separador pode dar suporte em uma placa adjacente ou diretamente com a interposição de um adesivo ou outra forma de elemento de conexão. Neste caso, o elemento de conexão pode assumir parcialmente a função de espaçador e pode fornecer uma função de isolante entre as placas adjacentes.

Apesar de uma função dos elementos espaçadores terem sido descritos como fornecendo isolamento entre as placas, outras formas de barreiras de condução podem ser fornecidas para reduzir a condução de calor na direção do fluxo primário. Isto naturalmente, depende da direção escolhida para o fluxo primário. Para o fluxo ao longo das placas, as barreiras de condução podem ser fornecidas por venezianas ou por outras pequenas fendas. Em especial, podem ser usadas fendas estreitas que não permitem passar o calor, contudo rompem a sua condução.

De acordo com um importante aspecto da invenção, as placas devem ser bons condutores térmicos. De preferência as placas de alumínio compreendem, que também é leve e fácil de fabricar. As placas podem também compreender de outros metais, em especial ligas. A placa pode, se ne-

cessário, ser fornecida com camada protetoras, por exemplo, para evitar corrosão ou sujeiras. Contudo, tais camadas não devem inibir camadas de calor, indevidamente a transferência de calor à placa.

De acordo com uma modalidade da invenção, as saídas dos
5 canais primários estão em conexão fluida com as entradas nos canais secundários. Desta maneira, parte do fluxo através dos canais primários podem ser direcionados subsequentemente através dos canais secundários. A operação, desta maneira, como um resfriador de ponto de orvalho é tido como benéfico para alcançar a mais alta eficiência de operação e a tempe-
10 ratura mais baixa dos canais primários. A conexão de fluido entre a saída primária e a entrada secundária podem ser um com o outro um canal primário fornecendo um fluxo de entrada ao canal secundário. Como alternativa, o fluxo primário combinado pode ser dividido e parte do mesmo retornado e distribuído para os canais secundários. Em uma outra alternativa, certos canais
15 primários podem ser direcionados exclusivamente para fornecer ar secundário para todos os canais secundários. Neste contexto, referência às saídas os canais primários é intencionada para incluir qualquer conexão adequada, seja interna ou externa que pode entregar parte do fluxo primário para fornecer fluxo através dos canais secundários.

20 De acordo com um outro aspecto da invenção, é fornecido um resfriador evaporador compreendendo um comutador de calor conforme descrito acima tendo um alojamento para receber o comutador de calor, dutos de entrada conectando os canais primários, dutos de saída conectando de um canal primário e secundário, um dispositivo de circulação de ar para
25 fazer a circulação de ar através dos canais primários e secundários, um fornecimento de água para o sistema de distribuição de água e um controlador para controlar a operação do resfriador. Se o resfriador de ponto de orvalho puder ser operado como dispositivo independente ou podem ser integrados em um sistema de aquecimento e ventilação. Além disso, a temperatura, a
30 pressão, umidade, pressão, umidade e outros sensores podem ser fornecidos dentro do alojamento para a operação de monitoração e onde necessário fornecer retorno ao controlador.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Estes e outros aspectos e vantagens da invenção serão apreciados ao verificar os seguintes desenhos de um número de exemplos de modalidades, nas quais:

5 Figura 1A mostra uma visão em perspectiva de parte de um comutador de calor evaporador convencional;

 Figura 1B mostra uma visão transversal de parte da figura 1A feita ao longo da linha 1B-1B;

10 Figura 2 é uma visão transversal detalhada, similar à figura 1B, de um elemento de comutador de calor de acordo com uma primeira uma modalidade da presente invenção;

 Figura 3 mostra uma visão em perspectiva do elemento de comutador de calor da figura 2 construída como um dispositivo de resfriamento de ponto de orvalho;

15 A figura 4 é uma visão em perspectiva de uma segunda modalidade da invenção, similar à modalidade da figura 3;

 Figura 5 mostra uma visão em perspectiva de uma placa de comutador de calor alternativa para uso em uma Terceira modalidade da invenção;

20 Figura 6 mostra um detalhe similar à figura 2, de uma quarta modalidade da invenção; e

 Figura 7 shows uma vista da extremidade de uma quinta modalidade da invenção.

DESCRIÇÃO DAS MODALIDADES ILUSTRADAS

25 A figura 1A mostra uma seção do elemento de comutador de calor do tipo atualmente usado na técnica anterior de comutador de calor descrito na publicação PCT WO04/040219, cujo conteúdo é aqui incorporado como referência em sua totalidade. O elemento comutador de calor 1 compreende de uma membrana 10 tendo uma primeira superfície 14. Uma
30 seta A e B indicam a direção do fluxo de ar para uso como resfriador de ponto de orvalho. A seta A representa o fluxo do ar primário sobre a primeira superfície 12. A seta B representa o fluxo de ar secundário sobre a segunda

superfície 14. A membrana 10 é formada de um gabarito de folha fina de alumínio. Ambos os lados da membrana 10 são fornecidas com aletas 16 dispostas nas faixas 18. As aletas 16 são afixadas em suas bases 28 à membrana 10 por adesivo vedante quente. Para este propósito, as aletas 16 são formadas de alumínio laminado com um adesivo vedante quente. Nos dispositivos de resfriamento por evaporação deste tipo, a comutação de calor acontece primariamente nas superfícies das aletas 16 e na segunda superfície 14, ao invés de na própria membrana. Esse calor é fornecido por condução dentro do material das aletas 16 na primeira superfície 12.

As aletas 16 são fornecidas com ventanas 20 na forma de fendas alongadas penetrando através do laminado. As ventanas 20 são dispostas em grupos. Um primeiro grupo 22 serve para direcionar o fluxo na superfície, enquanto o segundo grupo 24 direciona o fluxo para fora da superfície. Ao direcionar o fluxo desta maneira entre ambas as superfícies das aletas 16, as ventanas 20 servem para aumentar o coeficiente de transferência de calor rompendo as camadas limites que se desenvolvem. Além dessa função, na segunda superfície 14 o ar secundário B pode se fazer fluir alternadamente sobre a primeira superfície externa da aleta 16, onde pode receber umidade por evaporação de uma camada retendo líquido, seguida pela superfície interna da aleta 16 onde pode receber energia térmica direta para aumentar sua temperatura. As aletas 16 também são fornecidas com pontes de condução 30. Essas pontes são na forma de cortes através de aletas 16 sobre substancialmente toda a sua altura. Elas reduzem o transporte não desejado de calor ao longo das aletas 16 na direção do fluxo do ar que poderia reduzir a diferença de temperatura entre a entrada e a saída.

Figura 1B mostra a camadas diferentes formando a construção. A membrana 10 compreende de uma camada base de alumínio macio anelado 42, camadas de tinta base 44 aplicado e camadas de adesivo anticorrosivo 46 aplicados no mesmo, ativado por calor e pressão para acoplar às aletas 16. As aletas 16 também compreendem uma camada de alumínio macio anelado 48 fornecido com camadas de tinta base. As aletas 16 também são fornecidas com uma camada retentora de líquido 26 em sua super-

fície externa, a qual serve para reter e subsequentemente liberar a água para evaporação.

Para funcionar efetivamente como resfriador de ponto de orvalho, a transmissão de calor entre as aletas 16 na primeira superfície 12 e a
5 segunda superfície 14 devem ser maximizadas para assegurar técnicas de junção adequadas. Também para maximizar a área de transferência de calor através da membrana 10, a base ou calha 28 das aletas 16 devem ser feitas o mais amplo e plano possível. Contudo, foi descoberto, que apesar do grande cuidado ao unir as aletas 16 à membrana 10, a área de contato não
10 é suficiente. Além disso, a presença de adesivos e tintas bases na construção de aleta/membrana/aleta reduziu o coeficiente de transferência de calor através da membrana.

A figura 2 mostra uma seção transversal através de parte do elemento de comutador de calor 100 para um dispositivo resfriador evaporador de acordo com a presente invenção; Para permitir a comparação de
15 direção com a disposição da técnica anterior, somente uma seção do elemento de comutação de calor 100 é mostrado, correspondendo e na mesma orientação do dispositivo mostrado na figura 1B.

De acordo com a figura 2, é mostrado várias placas de condutores de calor 102 dispostos em relação espaçada, geralmente paralela. Os
20 elementos espaçadores 104 separam as placas 102 um do outro e definem, junto com as placas 102, primária 106 e secundária 108 canais de fluxo entre as placas 102. As placas 102 são formadas de alumínio ou outro material condutor de calor adequado. Diferente das aletas 16 da figura 1, as placas
25 102 não são fornecidas com uma camada adesiva ou camada de tinta base. As placas 102 são fornecidas na região dos canais secundários 108 com uma camada retentora de água 110 em uma de suas superfícies. Veneznas 112 são fornecidas na região das placas 102 na região dos canais secundários 108. Os elementos espaçadores 104 são formados para um material de resina de forma estável. Não há requerimento para que sejam condu-
30 tores de calor, a que sua função é somente manter as placas 102 em relação espaçada e evitar que o fluxo de ar dos canais primários 106 para os

canais secundários 108. Na verdade, acredita-se que é desejável que os espaçadores 104 isolam o calor para reduzir a condução de calor na direção do fluxo.

A operação do dispositivo de acordo com a figura 2 agora será explicado em mais detalhes. Água ou outro líquido evaporável é fornecido à camada retentora de água 110 por meio não mostrado. O fluxo de ar secundário B faz fluir através do canal secundário 108. Conforme o ar secundário passa sobre a camada retentora de água, o mesmo pega água por evaporação. As venezianas direcionam o ar através da placa 102 onde é então aquecida por transferência direta de calor da superfície da placa 102. É causado um fluxo de ar primário através de canais primários 106 no contra fluxo para o fluxo secundário. O fluxo primário é resfriado por transferência direta de calor para a placa 102. O calor transferido para a placa 102 na região do canal primário é conduzido dentro da placa 102 de acordo com a seta H para a região do canal secundário 108. Assim, pode ser visto que as placas 102 funcionam como elementos condutores de calor, ao invés de membranas de comutação de calor.

Figura 3 mostra uma visão perspectiva do elemento de comutador de calor 100 da Figura 102 que se estende das placas 102 como pode ser visto. Figura 3 também ilustra como o elemento de comutação de calor 100 poderia se acumular até o resfriamento do ponto de orvalho 120. Também deve ser observado que o elemento de comutação de calor 100 foi girado em 90º com relação à figura 2, na sua posição operacional.

Como pode ser visto na figura 3, as placas 102 se estendem além dos canais primário 106 e secundário 108 mostrados na figura 2 em canais adicionais primários 106 e secundário 108. A extensão das placas 102 na direção do fluxo também é indicada. Diferente das aletas 16 do dispositivo da técnica anterior da figura 1 as quais são dispostas em faixas 18, as placas 102 da presente invenção se estendem de uma extremidade do elemento de comutação de calor 100 para a outra. Na figura 3, visando a simplificação, somente trinta e dois canais curtos são mostrados, sendo entendido que na realidade, as placas 102 podem se estender consideravel-

mente em todas as direções onde tanto o comprimento quanto o número de canais 106, 108 podem ser maiores.

Figura 3 também ilustra dutos de entrada 114 para canais primários 106. Os dutos de entrada 114 são formados de material de elementos espaçadores 104 se estendendo além das placas 102. Esse material pode então ser formado por técnicas de moldagem adequada em um duto de entrada fechado 114. Os dutos de entrada 114 servem para direcionar o fluxo de ar A de um dispositivo de circulação 115 para os canais primários 106 e mantê-los separados do fluxo de ar B saindo dos canais secundários 108. Em uso, o fluxo B normalmente será saturado com a umidade e será evacuado. É entendido que outros métodos de formar dutos como entradas ou saída para o canal primário 106 ou canal secundário podem também ser utilizados como requerido.

Um sistema de distribuidor de água 116 também é ilustrado na figura 3. O sistema de distribuição de água 116 está na forma de uma série de conduítes 118 levando de um fornecimento de água 119 para as saídas 122 para ejetar gotículas 124 de água para dentro dos canais secundários 108. As venezianas 112 permitem que as gotículas 124 passem através das placas 102 para outros canais secundários localizados abaixo. Sistemas de distribuição de água alternativas 116 também podem ser usados. Uma disposição preferida é o sistema atualmente usado no Oxycell Rooftop 400 resfriador de evaporação substancialmente conforme descrito na Publicação de Patente Internacional No. WO04/076931, cujo conteúdo é aqui incorporado como referência em sua totalidade. Tanto o fornecimento de água 119 quanto o dispositivo de circulação 115 são controlados por um controlador 130. O dispositivo pode ser incluído em um alojamento apropriado (não mostrado).

Um fator importante para operação eficiente de um resfriador de evaporação é a natureza da camada retentora de líquido. Apesar de ser feita referência ser feita à uma camada retentora de líquido, é claramente entendido que a camada é na verdade uma camada retentora e liberadora de líquido. Um requerimento dessa camada é que desista facilmente à sua água de modo que não encontra resistência a evaporação. Também é impor-

tante que a água seja distribuída rapidamente e efetivamente para todas as superfícies. Deve ser assim ser hidrofílico sem ser higroscópico, de preferência retendo água principalmente por efeitos de tensão de superfície.

Na modalidade das figuras 2 e 3, a camada retentora de líquido 110 é formada de material fibroso. A camada 110 é ilustrada esquematicamente para ter uma abertura muito aberta para ter uma estrutura aberta de modo que o metal da placa 102 possa ser claramente visto através de fibras da camada 110. Acredita-se que incentive a transferência direta de calor para a placa 102 sem alisar o mesmo. Dispositivos das técnicas anteriores utilizando camadas de feltro isolaram eficientemente a camada transmissora de calor transferindo o calor térmico. Um exemplo de material para formar a camada retentora de água 110 é uma mistura de 20g/m² de poliéster/viscose 50/50, disponível por Lantor B.V. nos Países Baixos. Outro exemplo de material é uma fibra de poliéster revestido de poliamida de 30g/m² sob o nome de Colback[®] da Colbond N.V. nos Países Baixos. Outros materiais tendo propriedades similares incluindo fibras sintéticas e naturais tais como lã, também podem ser usados. Onde necessário, a camada retentora de líquido 110 pode ser revestida ou tratada de outro modo para fornecer propriedades antibactericidas ou antiincrustações.

A camada retentora de líquido 110 pode ser anexada adesivamente à placa 102. Para uso com alumínio ou fibras de Lantor como mencionado acima, uma camada de 2 micra de adesivo de dois componentes de poliuretanos foi considerado como fornecendo excelentes resultados. Quando presente como uma fina camada, seu efeito na transferência de calor é abandonável. Deve ser ainda observado que a presença da camada retentora de líquido somente influencia a transferência de calor da placa 102 para dentro do fluxo secundário B e não tem nenhuma influência significativa na condução de calor dentro da placa 102 entre o canal primário 106 e o canal secundário. As camadas fibrosas descritas acima são consideradas ideais para os fins de fabricação já que eles podem ser fornecidos como um laminado que pode ser formado nas venezianas e outras formas em um processo contínuo. Outras camadas retentoras de líquido tal como cimento Por-

tland também podem ser usados e têm, na verdade fornecido propriedades superiores, apesar de sua produção ser mais complexa já que há a tendência de craquear e virar flocos se aplicado antes de formar o elemento de comutação de calor. Contudo, acredita-se que outros acabamentos de superfície tais como óxido de alumínio podem eles mesmos ser adequados para fornecer retenção de água e feltro necessário.

A operação do dispositivo 120 conforme descrito na figura 3 na configuração de resfriamento de ponto de orvalho agora será descrita com base no princípio descrito em relação à figura 2. Um fluxo de ar primário A entra na entrada 114 em uma temperatura T_1 e flui através de canais primários 106. O fluxo X é movido pelo dispositivo de circulação 115. O fluxo A é resfriado pela transferência de calor para a placa 102 a uma temperatura T_2 pelo to seu ponto de orvalho. Na saída do canal primário 106 o fluxo primário resfriado A é dividido para formar um fluxo de produto resfriado C e o fluxo secundário B. O fluxo de produto C é entregue por dutos apropriados para qualquer resfriador de ar necessário. O fluxo secundário B é retornado através de canais secundários 108. Conforme o fluxo secundário retorna, é aquecido pela transferência de calor da placa 102 e pega umidade pela evaporação da camada retentora de água 110. Na saída do canal secundário 108, o fluxo B terá retornado para fechar em sua temperatura original T_1 mas será quase 100% saturado. A diferença de entalpia entre os fluxos A e B representam a quantidade de resfriamento disponível para o fluxo do produto C.

Em uma disposição da figura 3, observa-se que o calor pode ser conduzido em ambas as direções H através da placa 102 de um canal primário 106 para o canal secundário 108 em ambos os lados do mesmo. O calor também pode transferir na direção do fluxo, que geralmente não é desejado. A presença de venezianas 112 nos canais secundários 108 reduz a transferência de calor longitudinal nesta região. De acordo com a modalidade da figura 3, nenhuma veneziana é mostrada na região dos canais primários 106. Contudo é entendido que as venezianas também podem ser fornecidas nesta região, tanto para incentivar a turbulência quanto para reduzir a

transferência de calor longitudinal.

Figura 4 mostra uma modalidade alternativa da invenção correspondendo à disposição da figura 3. Elementos similares na figura 4 são identificadas pelas mesmas referências numéricas na figura 3. De acordo com a figura 4, as venezianas 112 também são fornecidas na região de canais primários 106. Neste caso, as venezianas 112 são grandes o suficiente para que os fluxos completos A e B possam passar sem resistência substancial. Os fechamentos 126 são aplicados a ambas as extremidades dos canais de fluxo 106, 108. Dutos de entrada 114 são formados no lado mais inferior dos canais primários 106. Na operação, o fluxo de ar primário A é direcionado para cima dos dutos de entrada 114 e passa sequencialmente através de cada placa 102 através das venezianas 112. Na saída da região mais superior do canal primário 106 o fluxo é dividido para formar um fluxo de produto C e um fluxo secundário B que retorna para baixo através das placas 108 na região dos canais secundários 108. A operação é idêntica àquela da modalidade de figura 3. Uma variedade de vantagens podem contudo serem notadas. Já que o fluxo A e B são geralmente normais para as placas 102, pode não haver condução de calor na direção do fluxo. Além disso, já que o fluxo secundário B é alinhado com a direção da distribuição da água, pode ser usado para melhorar o transporte de água. É observado que a direção dos fluxos na figura 4 podem também ser revertidos onde o fluxo primário A é para baixo. Alternativamente, a disposição pode ser virada em um lado e a água pode ser fornecida aos canais secundários 108 através de fechamentos 126. Uma vantagem adicional da modalidade da figura 4 é que os fechamentos 126 e dutos de entrada 114 (ou outros dutos) podem ser mais simples para produzir e conectar.

As modalidades de ambas as figuras 3 e figura 4 operam no contra fluxo. Em resfriadores de ponto de orvalho isto será bem-reconhecido como sendo a configuração mais eficiente. Contudo, pode haver certas circunstanciais onde as configurações de contra-fluxo são desejáveis. Ambas as modalidades das figuras 3 e aquela da figura 4 são adequadas para operação na configuração de contra fluxo. Na figura 3, o fluxo secundário B po-

de assumir lugar através das venezianas 110 na direção perpendicular à placa. Na figura 4, o fluxo poderia ser redirecionado por provisão de dutos de entrada e saída adequadas.

Enquanto a modalidade da figura 4 foi explicada com o uso de venezianas 112, é entendido que quaisquer passagens adequadas através das placas 102 podem ser usadas. Também é observado que as venezianas ou passagens não precisam estar confinadas a regiões de canais individuais se o material dos elementos espaçadores for uma resina que pode impregnar a placa 102 e as passagens de vedação. A figura 5 mostra uma placa 202 com elementos espaçadores 204 dispostos para formar canais primários 206 e canais secundários 208. A placa 202 é fornecida com aberturas 212 sobre sua superfície. O material dos elementos espaçadores 204 entram nas aberturas 212 para evitar vazamento de ar dos canais primários 206 para os canais secundários 208. Os elementos espaçadores 204 em ambos os lados da placa 202 podem assim se unirem, por exemplo, por derretimento ou similar para formar uma estrutura espaçadora substancialmente contínua. Como os exemplos anteriores, o fluxo pode assumir geralmente ao longo, ou geralmente através da placa ou até mesmo de forma diagonal. As placas também podem ser fornecidas com camadas retentoras de água (não-mostrado) como descrito acima.

Muitas outras variações de construção podem ser contempladas. Figura 6 mostra uma seção transversal através de parte do elemento de comutador de calor 300 similar à figura 2. A modalidade da figura 6 difere daquela da figura 2 onde venezianas não são fornecidas. Ao invés disso, as placas 302 são fornecidas com um perfil de superfície para incentivar o fluxo turbulento. Neste exemplo, o perfil de superfície 312 é mostrando como pequenos pontos. É entendido, contudo que as próprias placas 302 podem ser ainda perfiladas ou corrugadas para obter-se o efeito desejado. A camada retentora de água 310 é fornecida nos canais secundários 308 como faixas intermitentes que o fluxo de ar passa alternadamente sobre as superfícies metálicas da placa 302 e a superfície molhada da camada retentora de água 310. Uma outra característica da modalidade da figura 6 é que o sistema de

distribuição de água 316 é fornecido dentro dos elementos espaçadores 304. Cada elemento espaçador 304 está na forma de um pequeno tubo resiliante 318 tendo saídas 322. O fornecimento de água para os tubos 318 sob pressão causa gotejos a serem ejetados das saídas 322 para molhar cada retentora de água 310.

As modalidades das figuras 2 até 6 usaram elementos espaçadores distintos para manter as placas separadas. De acordo com outro aspecto da invenção, é mostrado uma seção transversa na figura 7 uma modalidade na qual o espaçador é formado de material da própria placa. De acordo com a figura 7, uma variedade de placas 402 é formada, tendo uma estrutura em zig-zag. Cada placa 402 tem regiões de canal primárias 430 e regiões de canal secundária 432 separadas por regiões espaçadoras 434. As regiões espaçadoras 434 são geralmente perpendiculares às regiões de canal primário 430 e regiões de canais secundárias 432. É observado que as regiões de canais primários 430 são maiores do que as regiões do canal secundário 432. A razão para esta diferença será explicada em mais detalhes abaixo. As regiões primária e secundária 430, 432 são fornecidas com venezianas 412 e as regiões de canais secundárias 432 são fornecidas com camadas retentoras de água (não mostrado) como em modalidades anteriores das figuras 2 até 5. As placas 402 são empilhadas uma sobre a outra de modo que as regiões espaçadoras 434 se alinhem uma com a outra e o espaço de cada placa 402 de seu vizinho. Os pontos de contato entre as placas são conectados junto por adesivo 436. O adesivo 436 também serve como um espaçador do modo das modalidades anteriores. As placas podem alternadamente serem conectadas juntas em outras maneiras apropriadas, por exemplo, por conexão de pressão mecânica.

A operação da modalidade da figura 7 como um resfriador de ponto de orvalho é substancialmente o mesmo das modalidades anteriores. Um fluxo de ar primário A flui através de regiões de canais primários 430. O fluxo A pode ser acionado por um ventilador adequado (não mostrado). O fluxo A é resfriado por transferência de calor para a placa 402. Na saída das regiões de canal primário 430 o fluxo primário resfriado A é dividido para

formar um fluxo de produto resfriado C e o fluxo secundário B. O fluxo secundário B é retornado através das regiões de canal secundário 432. Conforme o fluxo secundário retorna, o mesmo é aquecido por transferência de calor da placa 402 e assume umidade por evaporação da camada retentora de água. Já que somente parte do fluxo retorna através das regiões de canal secundário, sua área transversal não precisa ser tão grande quanto as regiões de canal primário. Essas diferenças na área de fluxo entre os canais primário e secundário também podem ser empregados nas modalidades anteriores.

10 O fluxo A, B pode assumir lugar através das placas 402 passando através das venezianas 410. Nessa configuração, o adesivo 436 age como espaçador térmico ou ponte, evitando a condução na direção do fluxo. Os fluxos A e B também podem assumir lugar geralmente ao longo das placas 402 por onde somente uma parte do fluxo passa através das venezianas 410.

15 Assim, a invenção foi descrita por referência certas modalidades acima discutidas. Será reconhecido que essas modalidades são suscetíveis de várias modificações e formas alternativas bem-conhecidas àqueles versados na técnica. Muitas modificações além daquelas descritas acima são
20 feitas às estruturas e técnicas aqui descritas sem sair do espírito e escopo da invenção. Consequentemente, apesar de modalidades específicas terem sido descritas, essas são apenas exemplos e não limitam o escopo da invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo de resfriamento evaporativo compreendendo:
um par de placas condutoras de calor dispostas em relação espaçadas, geralmente paralelas,
5 elementos espaçadores separando as placas uma da outra e definindo canais de fluxo primário e secundário entre as placas;
fornecimento de ar primário aos canais de fluxo primários;
um fornecimento de ar secundário para os canais de fluxo secundários;
10 e
um sistema de distribuição de água para fornecer água aos canais secundários de modo que o fluxo de ar primário através dos canais primários possam ser resfriados por condução de calor ao longo das placas para causar evaporação da água em um fluxo de ar secundário através dos
15 canais secundários.
2. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, compreendendo ainda camadas limitadoras de formações de rupturas nas placas.
3. Dispositivo de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, compreendendo uma variedade de placas condutoras de calor
20 dispostas em relação espaçada, geralmente paralelas e elementos espaçadores definindo canais de fluxo primário e secundário entre cada par adjacente de placas.
4. Dispositivo de acordo com a reivindicação 3, em que o canal primário entre um primeiro par de placas é geralmente alinhado com o canal
25 primário adjacente entre um par de placas adjacentes.
5. Dispositivo de acordo com a reivindicação 4, ainda compreendendo aberturas para direcionar o fluxo através de placas entre os canais de fluxo primários respectivamente e canais de fluxo secundários adjacentes respectivamente.
- 30 6. Dispositivo de acordo com a reivindicação 5, em que as aberturas são formas de venezianas.
7. Dispositivo de acordo com qualquer uma das reivindicações

anteriores, em que a direção do fluxo nos canais primários é contra a direção do fluxo nos canais secundários e geralmente alinhados com as placas.

5 8. Dispositivo de acordo com a reivindicação 5 ou reivindicação 6, em que a direção do fluxo nos canais primários é contra o fluxo nos canais secundários e geralmente perpendiculares ao plano principal das placas.

 9. Dispositivo de acordo com a reivindicação 5 ou reivindicação 6, em que a direção do fluxo nos canais primários é geralmente perpendicular ao fluxo nos canais secundários.

10 10. Dispositivo de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, ainda compreendendo uma camada hidrofílica cobrindo pelo menos parcialmente nos canais de fluxo secundários.

15 11. Dispositivo de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, em que os elementos espaçadores compreendem material isolante térmico.

 12. Dispositivo de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, em que os elementos espaçadores compreendem porções de placas se estendendo geralmente perpendicular ao plano principal das placas.

20 13. Dispositivo de acordo com qualquer uma das reivindicações, ainda compreendendo barreiras de condução reduzindo condução de calor na direção do fluxo primário.

 14. Dispositivo de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, em que as placas compreendem alumínio.

25 15. Dispositivo de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, em que as áreas cruzadas transversais dos canais primários e secundários são diferentes.

30 16. Dispositivo de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores em que a saída de canais primários é em conexão fluida com uma entrada nos canais secundários pelo qual, pelo menos, parte do fluxo através dos canais primários pode ser direcionados subsequentemente através dos canais secundários.

17. Resfriador evaporador compreendendo um dispositivo de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, ainda compreendendo:

- 5 uma carcaça para receber o dispositivo;
- dutos de entrada para os canais primários;
- dutos de entrada conectando os canais primários;
- dutos de saída conectando os canais primários e secundários;
- um dispositivo de circulação de ar causando a circulação do ar através dos canais primários e secundário;
- 10 um fornecimento de água fornecendo água ao sistema de distribuição de água; e
- um controlador para controlar a operação do resfriador.

18. Resfriador evaporador substancialmente como descrito acima, com referência ao relatório descritivo e às figuras.

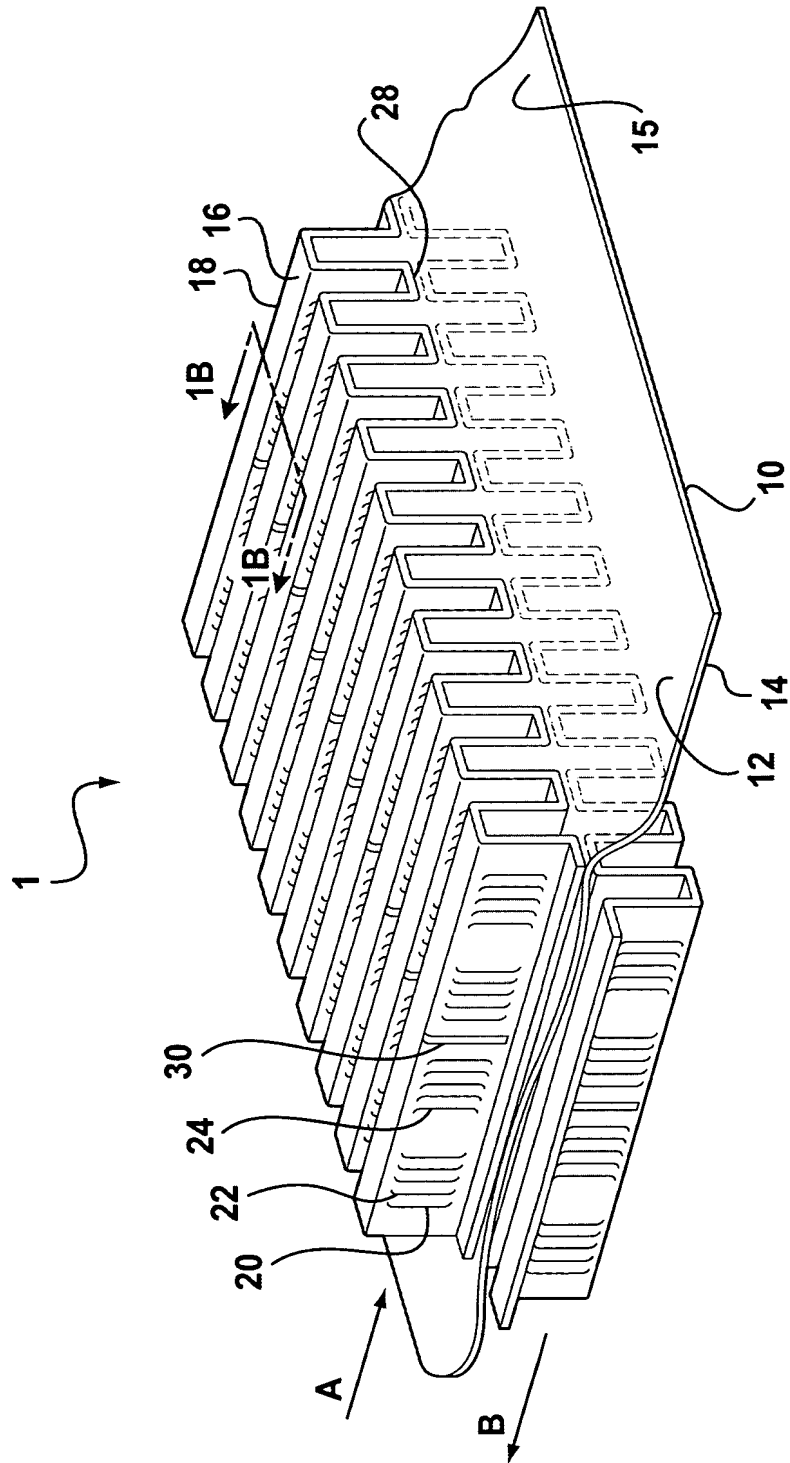


Fig. 1A

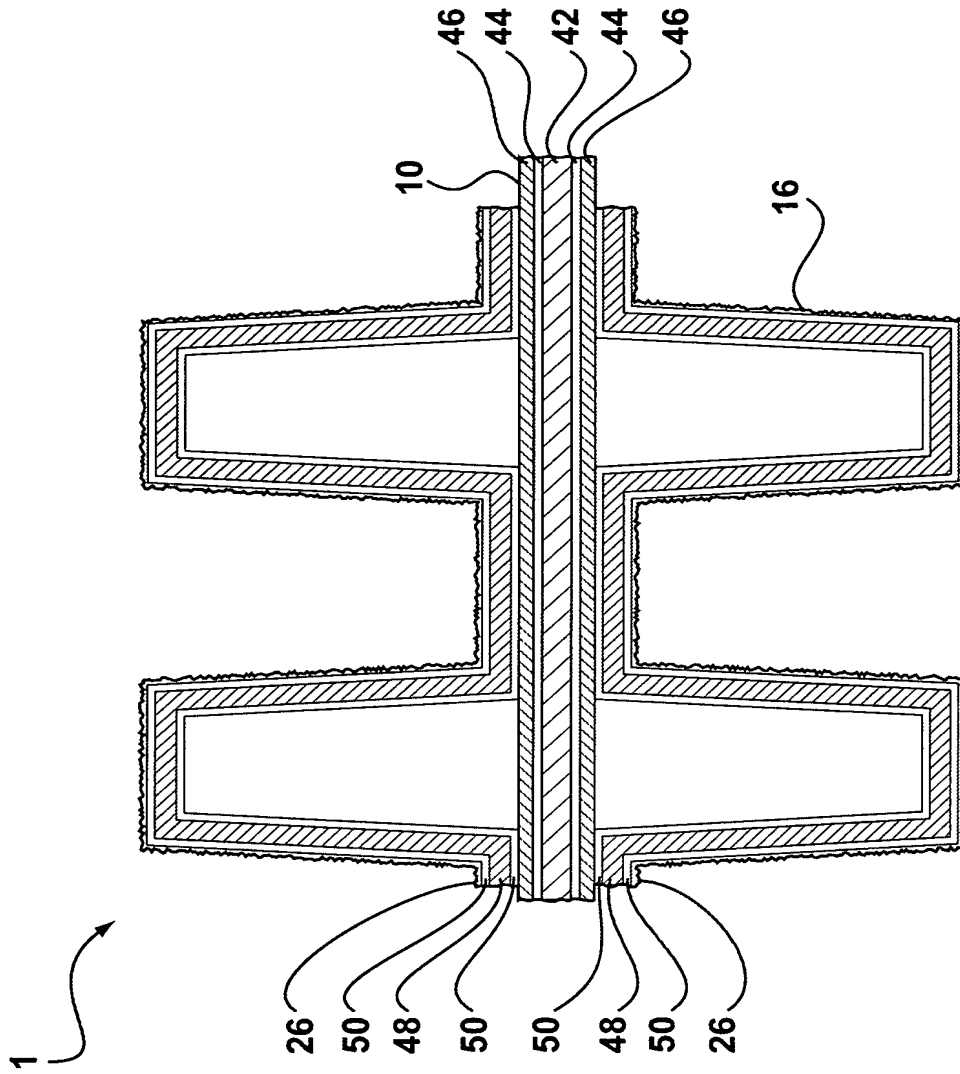


Fig.1B

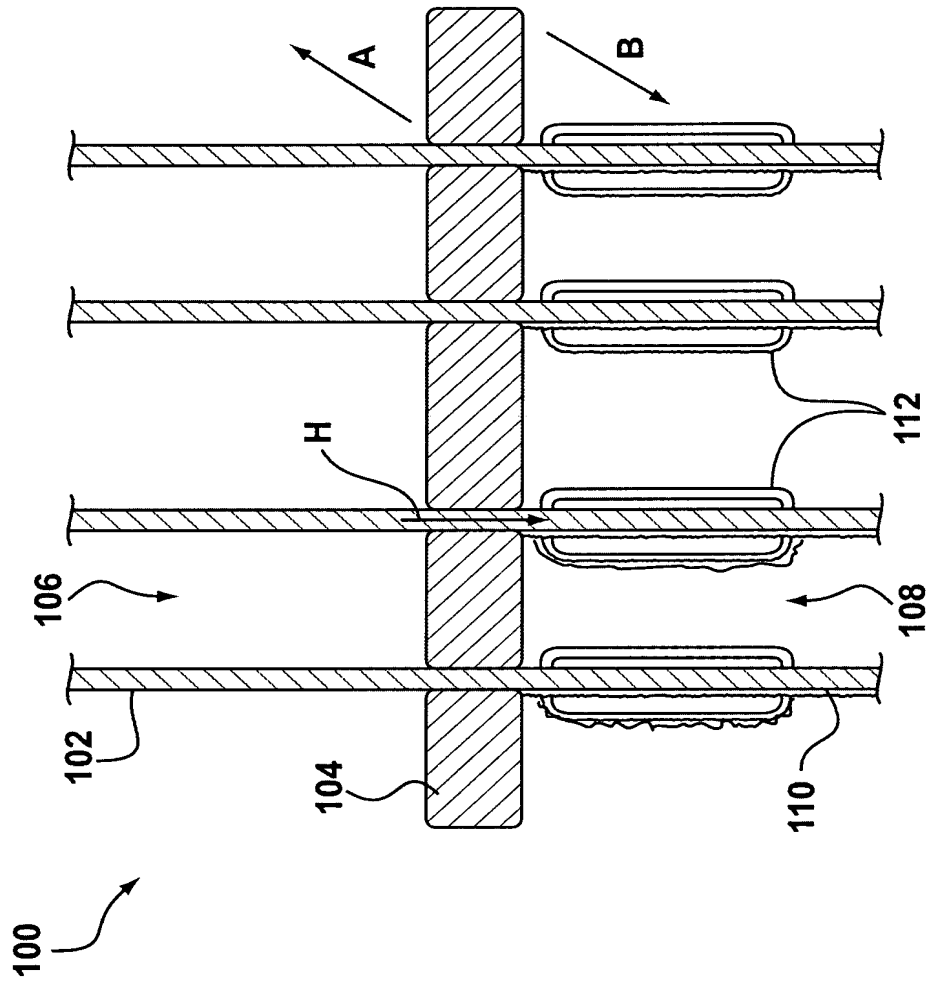


Fig.2

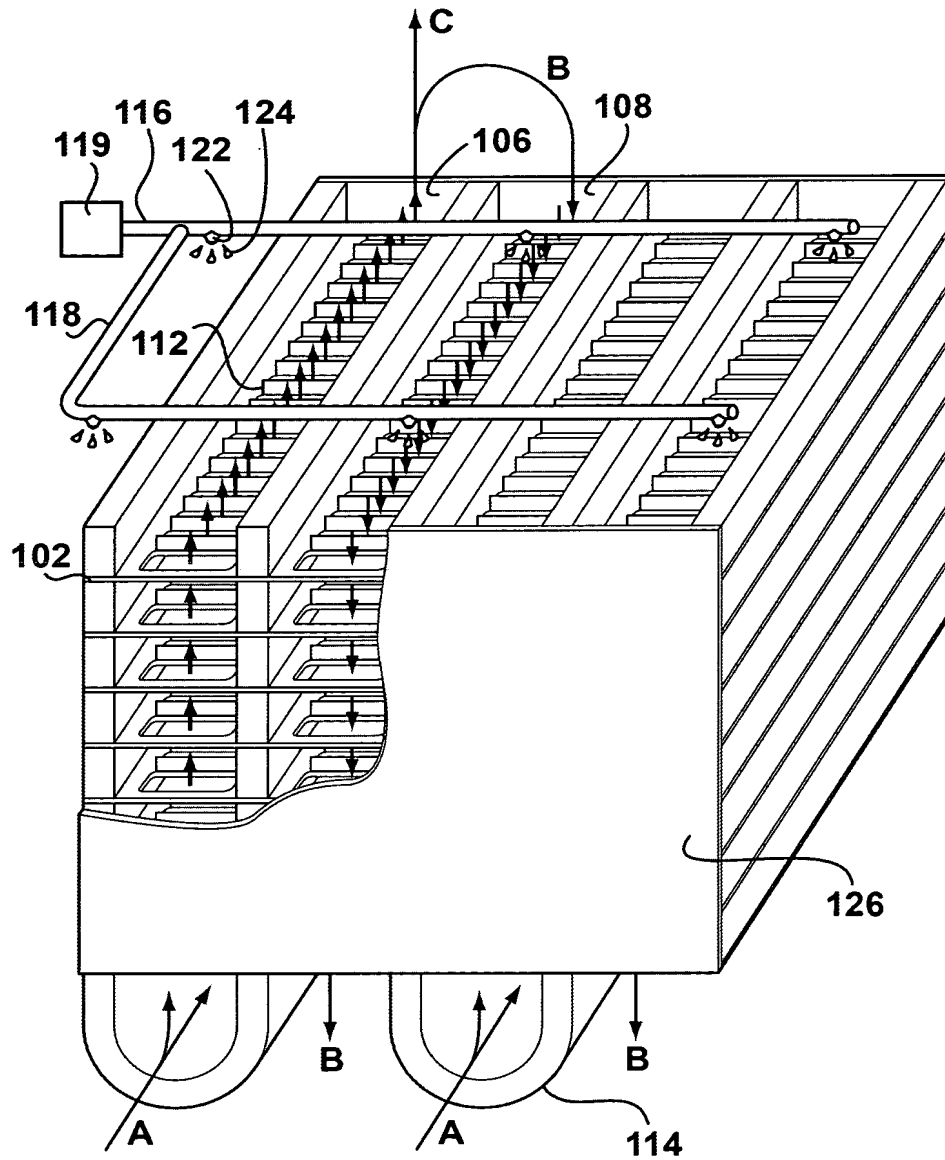
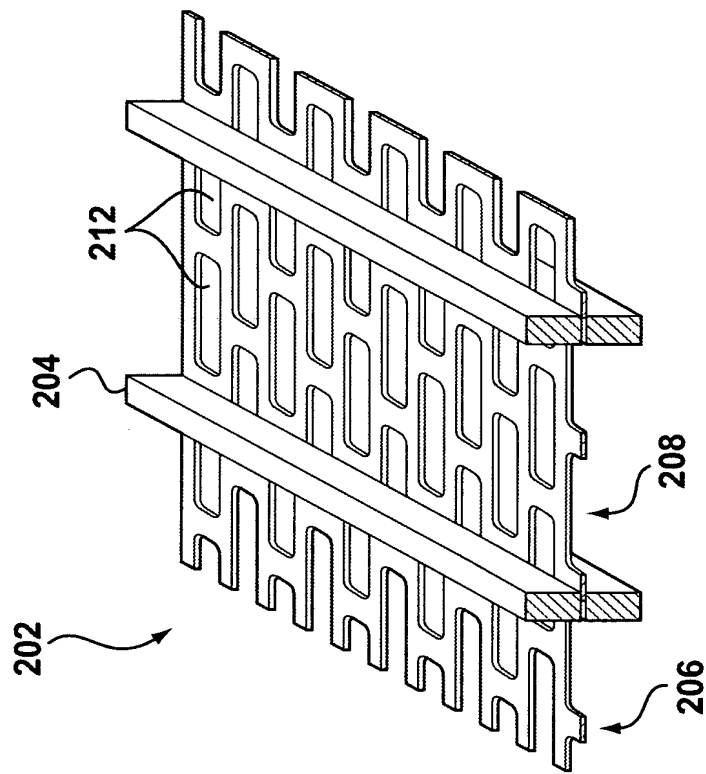


Fig.4

**Fig. 5**

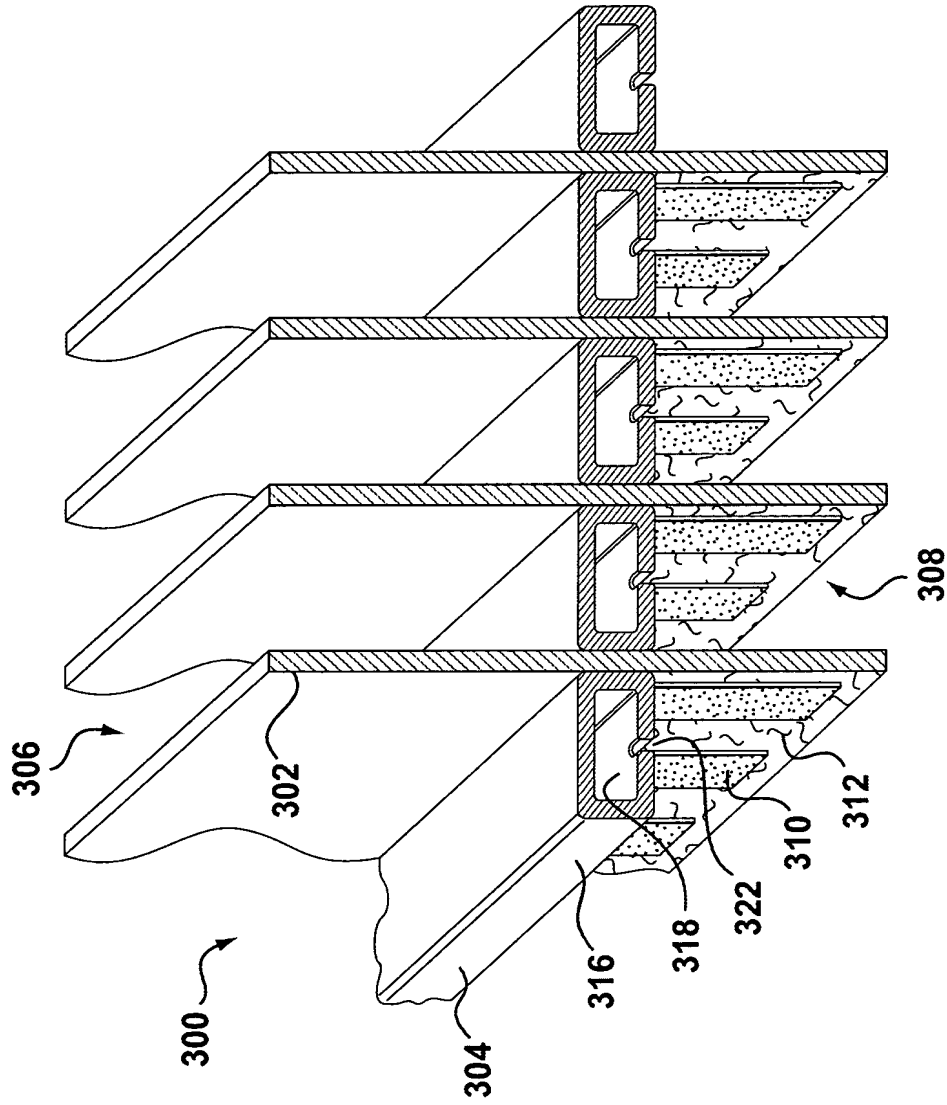
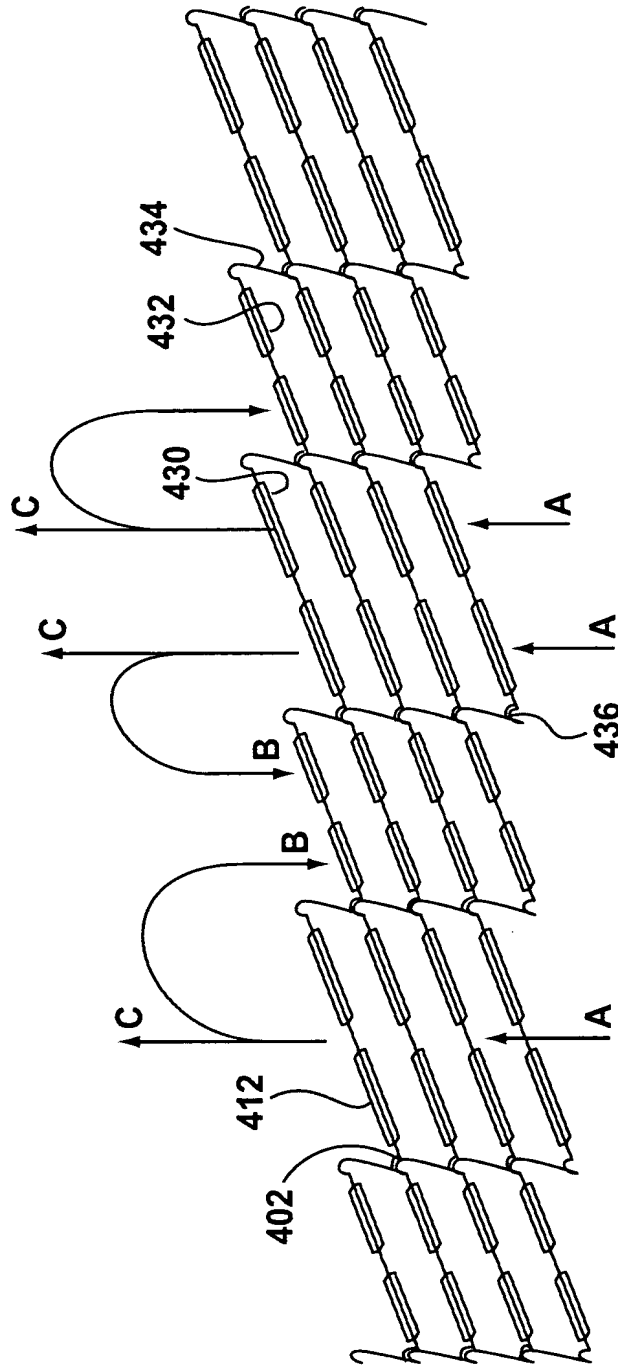


Fig. 6

**Fig. 7**

RESUMO

Patente de Invenção: **"DISPOSITIVO DE RESFRIAMENTO EVAPORATIVO".**

A presente invenção refere-se a um dispositivo de resfriamento evaporativo tendo um par de placas condutoras de calor (102) dispostas em relações espaçadas, geralmente paralelas com elementos espaçadores (104) separando as placas (102) uma da outra e definindo canais de fluxo primário (106) e secundário (108) entre as placas. Dutos de entrada (114) são conectados aos canais primários (106) e dutos de saída são conectados dos canais primários (106) e secundários (108). Também é fornecido um sistema de distribuição de água (116) para fornecer água para os canais secundários (108) para que assim um fluxo de ar primário (A) através dos canais primários (106) seja resfriado pela condução de calor ao longo das placas (102) para causar a evaporação da água para dentro de um fluxo de ar secundário (B) através dos canais secundários (108).