



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

(11) PI 0415486-0 B1

(22) Data do Depósito: 18/10/2004

(45) Data de Concessão: 13/06/2017



(54) Título: RESFRIADOR DE PONTO DE ORVALHO E MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE UM RESFRIADOR DE PONTO DE ORVALHO

(51) Int.Cl.: F24F 5/00; F28D 5/00

(30) Prioridade Unionista: 17/10/2003 GB 03 24348

(73) Titular(es): OXYCELL HOLDING B.V.

(72) Inventor(es): JOHANNES ANTONIUS MARIA REINDERS

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"RESFRIADOR DE PONTO DE ORVALHO E MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE UM RESFRIADOR DE PONTO DE ORVALHO"**.

[001] A presente invenção refere-se a um laminado para um trocador de calor e mais particularmente a um laminado compreendendo uma camada de retenção de líquido para uso nos trocadores de calor do tipo por evaporação. A invenção também refere-se a um trocador de calor formado a partir do laminado e a um método de produção de tal trocador de calor.

[002] Existem inúmeras situações nas quais o trocador de calor em combinação com a evaporação de um líquido pode ser desejável. Uma situação dessas é na umectação do ar seco. Quando o ar é aquecido, sua capacidade de transportar umidade aumenta e dessa forma sua umidade relativa diminui se nenhuma umidade for adicionada. Nos períodos frios, as instalações de aquecimento fornecendo ar quente para um edifício podem exigir alguma forma de umectação a fim de compensar essa diminuição na umidade relativa. Em geral, a umidade relativa de menos de 50% é considerada indesejável. Uma forma de se aumentar a umidade é fornecer água para um meio poroso dentro de uma unidade de tratamento de ar. O ar quente que passa sobre o meio recolhe a umidade adicional e transporta a mesma para dentro do edifício. Em fazendo isso, a troca de calor do meio poroso e seu suporte também ocorre. Os dispositivos de umectação podem ser fornecidos independentemente ou podem ser combinados com aquecedores, dispositivos de recuperação de calor, bombas de calor, condicionadores de ar, e também com resfriadores de ponto de orvalho como descrito abaixo.

[003] Outra situação na qual o trocador de calor em combinação com a evaporação de um líquido é desejável é o resfriador por evaporação. O princípio do trocador de calor por evaporação tem sido utili-

zado por muitos séculos em várias formas tradicionais. Em geral, pelo fornecimento de um líquido para uma superfície de uma placa de troca de calor e passagem de um gás, por exemplo, ar através da superfície, a evaporação do líquido da superfície pode ocorrer. A evaporação do líquido em vapor exige a adição de calor considerável - isso é o calor latente da evaporação. Esse calor pode ser suprido pela placa de troca de calor e em se fazendo isso, servirá para resfriar a mesma. A seguir, apesar de referência ser feita aos resfriadores por evaporação funcionando com água, ar e vapor d'água, será compreendido que os princípios são em geral igualmente aplicáveis a outros meios de troca de calor.

[004] Uma forma particular de trocador de calor por evaporação é conhecida como resfriador de ponto de orvalho. Um resfriador de ponto de orvalho tenta baixar a temperatura de uma corrente de ar para o mais próximo da temperatura de ponto de orvalho possível. Para ar em uma umidade absoluta determinada, o ponto de orvalho é a temperatura na qual o ar alcança uma umidade relativa de 100%, ponto no qual o mesmo é saturado e não pode mais absorver qualquer umidade. O calor é removido da corrente de ar por evaporação de uma quantidade de líquido em outra corrente de ar. Tal processo é teoricamente extremamente eficiente e não exige qualquer compressor, como é o caso de ciclos de refrigeração convencionais. Muitas tentativas foram feitas para se realizar tais ciclos mas as considerações práticas causaram grandes dificuldades na abordagem do ponto de orvalho sobre a maior parte das faixas de temperatura. A seguir, o termo resfriador de ponto de orvalho será utilizado para se referir a dispositivos que resfriam um fluido para ou perto de seu ponto de orvalho inicial por transferência de calor para causar a evaporação de um líquido em um fluido operando em ou perto de seu ponto de saturação.

[005] Uma forma conhecida de resfriador de ponto de orvalho

opera no fluxo contrário e utiliza uma parte da corrente de ar como a corrente de ar de trabalho. Em termos simples, o ar flui sobre um primeiro lado de um elemento de troca de calor e é resfriado pela transferência de calor para o elemento. Uma parte do ar é desviada de volta sobre o segundo lado do elemento de troca de calor. O segundo lado do elemento de troca de calor é fornecido com um suprimento de água e transferência de calor do elemento de transferência de calor para a água faz com que a mesma evapore para dentro da corrente de ar de trabalho. A evaporação da água para dentro da corrente de trabalho exige uma entrada de calor substancial correspondente ao calor latente da evaporação da água. Um dispositivo desse tipo é conhecido a partir da patente U.S. No. 4976113 de Gershuni et al. Outro dispositivo conhecido a partir da patente U.S. 6581402 A de Maisotsenko et al, descreve um dispositivo alternativo de um resfriador de ponto de orvalho em uma configuração de fluxo cruzado. O conteúdo de ambas essas descrições é incorporado aqui por referência em sua totalidade.

[006] Acredita-se que o suprimento de líquido para molhar o segundo lado de tal resfriador é crítico para a obtenção do resfriamento adequado para perto do ponto de orvalho. Resfriadores conhecidos têm no passado coberto o lado molhado completamente com uma camada absorvente porosa. Se o ar que sai do primeiro lado estiver no ponto de orvalho, enquanto retorna para o segundo lado molhado, o mesmo seria inicialmente incapaz de absorver umidade adicional visto que já estaria saturado. O mesmo deve ser primeiramente aquecido pela entrada térmica para se afastar da linha de saturação. Apenas nesse ponto é que umidade adicional pode ser absorvida com uma transferência correspondente de calor latente. A presença de uma camada porosa espessa no lado molhado, no entanto, inibe a transferência direta de calor do elemento de troca de calor para o ar. Por essa razão, resfriadores conhecidos raramente descem abaixo da tempera-

tura de bulbo úmido do ar ambiente. Enquanto não se deseja limitar por teoria, acredita-se que o resfriamento bem sucedido para o ponto de orvalho só pode ser alcançado nesse tipo de dispositivo pelo fornecimento de transferência de calor térmico incrementado e repetido seguida por transferência de calor latente. Dessa forma, cada vez que o ar absorve uma quantidade de água o mesmo retorna para a linha de saturação e deve ser aquecido novamente pela transferência direta de calor antes de mais água poder ser absorvida.

[007] Acredita-se também que para se alcançar o resfriamento efetivo, a atividade de água da superfície do material do lado molhado deve ser alta onde pode fornecer facilmente umidade. A atividade de água é definida pela razão da tendência do material em liberar água para a água propriamente. Dessa forma, uma superfície com uma atividade de água de 1 fornecerá facilmente toda a sua água por evaporação para um fluxo de ar através da superfície enquanto uma superfície com uma atividade de água de 0 não liberará água alguma sob as mesmas circunstâncias. A seguir, referência à atividade de água também deve ser aplicada à atividade similar de outros líquidos utilizados ao invés da água. Uma superfície metálica suave tal como alumínio possui alta atividade de água e dessa forma fornecerá facilmente água. Infelizmente, no entanto, não é boa na retenção de água e não pode fornecer um armazenamento eficiente da água para evaporação.

[008] Deve-se notar nesse ponto, que para os resfriadores de ponto de orvalho, existe uma vantagem na retenção ou armazenamento de água fornecida para o lado molhado durante as irrigações periódicas. Se o lado molhado de um resfriador de ponto de orvalho estiver irrigado, a presença de água excessiva na corrente de ar de trabalho fará com que a temperatura suba do ponto de orvalho para a temperatura de bulbo úmido. Isso porque a água em excesso causa um resfriamento adiabático da corrente de ar de trabalho por evaporação de

gotas de água na corrente de ar propriamente dita ao invés de pela evaporação da parede de troca de calor. Uma vez que a água irrigada foi recolhida pela superfície e qualquer excesso tiver drenado, a temperatura pode retornar novamente para o ponto de orvalho. A água recolhida pela superfície deve ser suficiente para que o resfriador de ponto de orvalho continue a operar por um período de tempo até a próxima irrigação. A camada restante de líquido ideal deve, dessa forma, ser capaz de reter ou armazenar uma quantidade grande de líquido mas deve fornecer novamente facilmente durante a evaporação.

[009] Um dispositivo é conhecido a partir da patente holandesa NL 1018735, o conteúdo da qual é incorporado aqui por referência em sua totalidade, na qual uma camada de cimento Portland é utilizada para revestir as aletas de um trocador de calor. Apesar de tal camada ter sido considerada como apresentando características de atividade de água e armazenamento de água excelentes como resultado de sua estrutura aberta, a mesma, não obstante, exibe determinadas desvantagens: é relativamente pesada; é suscetível a formação de flocos e pó especialmente se a camada transportadora na qual é formada for submetida a choque ou dobra; e é inconveniente para se aplicar em um ambiente de fabricação limpo. Em particular, o revestimento de cimento deve ser aplicado ao produto formado, visto que uma vez revestido, o material que forma o trocador de calor não pode mais ser formado. A aplicação de uma camada de uma distribuição de espessura desejada para um formato complexo é difícil e os revestimentos de cimento da técnica anterior apresentam uma variação de espessura indesejável.

[0010] De acordo com a presente invenção, um laminado de troca de calor aperfeiçoado é fornecido compreendendo uma camada transportadora formada pelo menos parcialmente coberta com uma camada flexível de retenção de líquido possuindo uma estrutura aberta de for-

ma que durante o uso, um meio de troca de calor possa entrar em contato direto com a camada transportadora através da estrutura aberta da camada de retenção de líquido. Pela formação de tal laminado de duas camadas, as propriedades desejadas tais como distribuição espacial da camada de retenção de líquido, podem ser impressas ao laminado de troca de calor antes da formação. O laminado pode então ser convenientemente formado em qualquer formato desejado por procedimentos de fabricação conhecidos. Pelo fornecimento da camada de retenção de líquido com uma estrutura aberta, a capacidade do trocador de calor em transferir ambos o calor térmico e o calor latente para um meio de fluido que flui através do mesmo é melhorada. A estrutura aberta pode compreender espaços entre as fibras de um material fibroso formando a camada de retenção de líquido. Tal material fibroso pode ser uma camada tramada ou não-tramada possuindo uma estrutura aberta. Em particular, técnicas de tricô ou outras técnicas de amarração de nós podem ser consideradas extremamente eficientes na produção de uma estrutura aberta possuindo altura suficiente para armazenar uma quantidade considerável de líquido.

[0011] O material fibroso pode ser fixado ao transportador por adesivos ou outros métodos similares. Preferivelmente, o adesivo e o material fibroso devem ser tais que a delaminação não ocorra na formação do laminado em um formato desejado. No caso de corrugação do laminado, pode, por exemplo, ser desejável se alinhar a trama de um material fibroso tramado com a corrugação pretendida. Adicionalmente, onde o adesivo é utilizado, o adesivo pode ser escolhido de forma a melhorar as propriedades da camada transportadora ou camada de retenção de líquido. Dessa forma, o adesivo pode ser escolhido de forma a ter propriedades de retenção de água ou propriedades de condução de calor, ou ambas e pode, dessa forma, ser considerado parte de qualquer uma dessas camadas. O adesivo pode ser

fornecido em ambos os lados da camada transportadora antes ou durante do processo de laminação. O adesivo em um primeiro lado da camada transportadora pode servir para fixar a camada de retenção de líquido enquanto o adesivo em um segundo lado pode servir para fixar o laminado formado a um elemento de troca de calor adicional tal como uma membrana ou a si mesmo para formar um tubo. Preferivelmente, pelo menos o adesivo no segundo lado da camada transportadora é um adesivo ativado por calor.

[0012] De acordo com uma modalidade particularmente vantajosa da invenção, um material fibroso adequado pode compreender uma mistura de fibras de poliéster e viscose. Alternativamente, fibras de poliéster revestidas com poliamida podem ser utilizadas. Para uso com água em um resfriador de ponto de orvalho, essas fibras apresentam ambas excelentes retenção de água e atividade de água alta e podem reter um armazenamento suficiente de água para permitir o suprimento de água intermitente. Preferivelmente, as fibras devem ter diâmetros de entre 10 microns e 40 microns, mais preferivelmente aproximadamente 30 microns.

[0013] Em uma modalidade alternativa da invenção, o laminado de troca de calor pode compreender adicionalmente ou alternativamente áreas cobertas e descobertas da camada transportadora, possivelmente na forma de um padrão de repetição de faixas ou nervuras de material de retenção de líquido seguidas por faixas de camada transportadora descoberta. As áreas cobertas podem ser cobertas por materiais fibrosos mencionados acima ou podem ser cobertas por materiais de retenção de líquido alternativos. De forma ideal, para uso com água, tais materiais devem ter alta atividade de água de forma que a água seja facilmente liberada onde necessário. Preferivelmente, a água deve ser retida basicamente pelos efeitos de tensão de superfície. Alternativamente, os materiais que exibem baixos efeitos higro-

cópicos e hidrofílicos podem ser utilizados, por exemplo, na forma de revestimentos, tal com poliuretano. Tais revestimentos podem ser trazidos para a camada transportadora de várias formas diferentes incluindo pintura, pulverização, impressão, transferência e similares. Obviamente, para uso com meio de evaporação além da água ou para uso com gases além do ar, outros materiais podem ser selecionados.

[0014] Em uma modalidade preferida da invenção, a camada transportadora compreende alumínio macio recozido. O alumínio pode estar na forma de uma folha possuindo uma espessura de entre 30 e 150 microns. Mais preferivelmente, a folha possui uma espessura de entre 50 e 100 microns, idealmente em torno de 70 microns. Uma das maiores vantagens de tal alumínio é que é relativamente barato e muito fácil de se formar. Também é extremamente leve porém estruturalmente muito forte. O cobre também pode ser utilizado mas é um pouco mais pesado. Outros metais também podem ser considerados dependendo do preço e peso e também da área de uso pretendido. O uso de um bom condutor de calor tal como um metal, por exemplo, alumínio, é extremamente importante onde o laminado precisa conduzir calor no plano do laminado. Esse pode ser o caso quando o laminado é formado em aletas para a montagem em um primeiro lado de uma membrana separando uma primeira corrente de fluido de uma segunda corrente de fluido. Em tal caso as aletas servem para aumentar eficientemente a área de superfície do primeiro lado do trocador de calor. As aletas adicionais também podem ser fornecidas no segundo lado da membrana. As aletas adicionais podem, se desejado, ser formados também a partir de um laminado de acordo com a invenção. Se alumínio for utilizado como a camada transportadora, o uso de união adesiva pode exigir uma primeira demão. Primeiras demãos também podem ser exigidas para outros materiais que são difíceis de aderir.

[0015] Se a condução de calor no plano do laminado não for pre-

tendida ou tiver que ser evitada, a camada transportadora pode ser formada com um condutor térmico ruim. Esse pode ser o caso onde o laminado é formado como uma membrana separando uma primeira corrente de fluido de uma segunda corrente de fluido e é apenas destinado para transferir calor através de si mesmo da primeira corrente para a segunda corrente. Nesse caso, o transportador pode ser formado a partir de um material plástico e a formação pode ocorrer por formação térmica, termoendurecimento, cura ou qualquer outro método de produção de uma deformação permanente ou semipermanente.

[0016] Vantajosamente, para todos os laminados mencionados acima, a camada de retenção de líquido deve ser relativamente fina para garantir uma boa transferência de calor para a camada transportadora. De forma ideal acredita-se que a espessura média da camada de retenção de líquido deva ser de menos de 50 microns. Preferivelmente, menos de 20 microns e ainda mais preferivelmente, de menos de 10 microns. Com referência à espessura da camada de retenção de líquido, é feita referência à espessura média, levando-se em consideração a distribuição de áreas cobertas e descobertas ou da estrutura aberta da camada. Dessa forma, uma camada de retenção de líquido com uma razão de cobertura para espaço de 50% e uma espessura de 40 microns deve ser considerada como apresentando uma espessura média de 20 microns. Se o material de retenção de líquido tiver adicionalmente uma estrutura fibrosa aberta, então a espessura média da camada seria proporcionalmente menor do que 20 microns.

[0017] De acordo com um aspecto adicional da presente invenção é fornecido um elemento de troca de calor formado a partir de tal laminado de troca de calor. Tal laminado de troca de calor pode ser corrugado para formar uma série de aletas alongadas. As aletas podem ser afixadas a uma membrana de troca de calor como elementos de aumento de área de superfície ou podem ser utilizadas para formar a

membrana ou canal que define o fluxo de fluido através de um trocador de calor tal como um resfriador de ponto de orvalho. Se as aletas forem afixadas a uma membrana de troca de calor como elementos de aumento de área de superfície, as mesmas podem ser adicionalmente fornecidas com venezianas. Descobriu-se que o uso de tais venezianas é extremamente vantajoso no caso de um transportador fornecido com uma camada de retenção de líquido em apenas uma primeira superfície.

[0018] Em uso, as venezianas podem servir para guiar o fluxo de fluido da primeira superfície para a segunda superfície e vice-versa. Visto que a segunda superfície não é coberta pela camada de retenção de líquido, a transferência de calor térmica direta da camada transportadora para o fluido é melhorada. Em tal caso onde o fluido flui alternadamente através de ambos os lados do laminado de troca de calor, a distribuição da camada de retenção de líquido em ambas as superfícies da camada transportadora pode formar parte da determinação da razão de estrutura aberta e espessura média efetiva da camada de retenção de água.

[0019] De acordo com uma vantagem particular do presente laminado, o elemento de troca de calor pode compreender um laminado de troca de calor possuindo uma camada de retenção de líquido de estrutura aberta em ambas as superfícies da camada transportadora. Tal elemento de troca de calor é extremamente versátil para uso nos trocadores de calor do tipo por evaporação e nos resfriadores de ponto de orvalho. Devido à estrutura aberta, ambos os lados do laminado podem funcionar como um lado molhado ou um lado seco, dependendo da direção do fluxo e do suprimento de água. Isso permite o uso de um resfriador de ponto de orvalho como um elemento de recuperação de calor durante, por exemplo, períodos de frio e também permite a umectação da corrente de ar de entrada. Nesse contexto, uma vanta-

gem particular do laminado de acordo com a invenção se encontra na capacidade de a camada de retenção de água em reter e transportar água formada pela condensação no lado de resfriamento de tal elemento de recuperação de calor. No passado, tal água tendia a se formar como gotas que causavam a restrição dos elementos de troca de calor. A presença de uma camada de retenção de líquido de acordo com a presente invenção garante que um filme fino de água seja retido, otimizando, assim, a transferência de calor, enquanto que o excesso de água é drenado. A água recuperada pode, subsequente, se suprida para o lado aquecido para fins de umectação.

[0020] De acordo com outro aspecto adicional da presente invenção é fornecido um método de fabricação de um elemento de troca de calor compreendendo o fornecimento de um laminado de troca de calor compreendendo uma camada transportadora pelo menos parcialmente coberta com uma camada flexível de retenção de líquido e formando o laminado em um elemento de troca de calor. Pelo fornecimento, em primeiro lugar, do laminado e então pela formação do mesmo no formato desejado, é possível se alcançar a configuração desejada da camada de retenção de líquido. Uma vez que o trocador de calor foi formado em um formato complexo, é difícil de se fixar o mesmo à camada de retenção de líquido de forma eficiente e controlável.

[0021] Preferivelmente, o laminado é formado em uma pluralidade de aletas alongadas. Se a camada transportadora for formada a partir de um metal, por exemplo, alumínio, tais aletas podem ser formadas facilmente por máquinas formadoras de rolos. O processo de formação também pode incluir a etapa de formação de venezianas em ou através das aletas. Isso pode ajudar a melhorar ainda mais a transferência de calor pela quebra de várias camadas limitadoras e também pode servir para direcionar o fluxo de um lado da placa para o outro. Outros

meios de quebra de fluxo também podem ser formados incluindo depressões, saliências, sulcos, etc. A fim de se ser capaz de formar de forma efetiva tais aletas, venezianas e outros meios de quebra, é importante que a camada transportadora e a camada de retenção de líquido sejam bem unidas para impedir a delaminação indesejada ou outras perturbações à integridade do laminado. Se venezianas forem formadas através do laminado, a formação também pode incluir o corte da camada transportadora ou a camada de retenção de líquido ou ambas.

[0022] Em uma modalidade vantajosa do método o laminado pode ser fixado a uma primeira superfície de uma membrana para a transferência de calor para a mesma. Se o laminado for corrugado em aletas, a base de cada aleta pode ser fixada à membrana preferivelmente por adesivo. Os trocadores de calor da técnica anterior têm sido formados geralmente por técnicas de solda e solda forte. De acordo com um importante desenvolvimento da presente invenção, a união das aletas à membrana por adesivo pode permitir uma montagem rápida, barata e leve. Em particular, adesivos ativados por calor e pressão são preferidos o que pode ser fornecido como uma parte integral do laminado ou da membrana antes da formação e união.

[0023] De acordo com outra modalidade vantajosa adicional da invenção, o método compreende adicionalmente o fornecimento de aletas adicionais e a fixação das mesmas a uma segunda superfície da membrana para transferência de calor para a mesma. Uma estrutura tubular pode então ser formada com aletas alongadas em uma superfície externa da estrutura tubular e as aletas adicionais em uma superfície interna da estrutura tubular e vice-versa. A estrutura tubular pode ser formada pela colocação de duas membranas similares juntas e pela vedação das mesmas ao longo de bordas paralelas. Alternativamente, uma única membrana pode ser dobrada ou enrolada em

uma estrutura tubular e vedada. Preferivelmente, as aletas são geralmente alinhadas com o eixo geométrico da estrutura tubular.

[0024] As modalidades da presente invenção serão descritas agora, por meio de exemplo apenas, possuindo referência às figuras em anexo, nas quais:

[0025] A figura 1 é uma vista em perspectiva de um corte do laminado de troca de calor de acordo com um aspecto da presente invenção;

[0026] A figura 2 é uma seção transversal detalhada através do laminado de troca de calor da figura 1 ilustrando a retenção de água;

[0027] A figura 3 é uma vista em perspectiva de um laminado de troca de calor alternativo de acordo com outro aspecto da presente invenção;

[0028] A figura 4 é uma vista em perspectiva de um elemento de troca de calor de acordo com a presente invenção;

[0029] A figura 5 é uma vista em perspectiva de uma construção utilizando o elemento de troca de calor de acordo com a figura 4; e

[0030] A figura 6 é uma vista em perspectiva de uma estrutura tubular compreendendo um número de elementos de troca de calor de acordo com a reivindicação 4.

[0031] De acordo com a figura 1, é apresentada uma seção de um laminado de troca de calor 1 ilustrando as camadas individuais. O laminado 1 compreende uma camada transportadora 2 coberta sobre sua primeira superfície por uma camada de retenção de líquido 4. Um primeiro adesivo 6 é fornecido entre a camada transportadora e a camada de retenção de líquido. Um segundo adesivo 8 também é fornecido na segunda superfície da camada transportadora 2. Nessa modalidade, a presença do segundo adesivo 8 é opcional e sua função será descrita em maiores detalhes abaixo.

[0032] A camada transportadora 2 é preferivelmente formada de

alumínio recozido macio possuindo uma espessura de aproximadamente 70 microns. Esse material se mostra extremamente vantajoso visto que é leve, facilmente manuseado e tem boa condutividade. O alumínio é fornecido em ambas as superfícies com uma primeira demão (não-ilustrado) para garantir uma união adequada com os adesivos 6, 8. A primeira demão é preferivelmente uma primeira demão com base em PVC e pode ser colorida para fornecer uma aparência desejável para o laminado 1. Revestimentos adicionais, por exemplo, para fornecer proteção contra corrosão também podem ser incluídos. Apesar de o alumínio ser apresentado nessa modalidades, outros metais possuindo propriedades similares também podem ser utilizados incluindo cobre, latão, zinco e outras ligas e combinações. Alternativamente, plástico e materiais compostos incluindo carbono e fibras de aramida podem ser utilizados. A seleção dos materiais acima será evidente aos versados na técnica e será determinada pelas condições particulares sob as quais o trocador de calor deve operar.

[0033] A camada de retenção de líquido 4 é formada a partir de um material não-tramado fibroso. Apesar de ser feita referência a uma superfície de retenção de líquido, é claramente compreendido que a superfície é de fato uma superfície de retenção e liberação de líquido. Como pode ser observado a partir da figura 1, a camada possui uma estrutura muito aberta de forma que a camada transportadora 2 possa ser claramente observada através dos espaços entre as fibras 10. Um material ilustrativo para a formação da camada de retenção de água é uma mistura de poliéster e viscose 50/50 de 20 g/m², disponível na Lantor B.V. nos Países Baixos. Outro material ilustrativo é uma fibra de poliéster revestida com poliamida 30 g/m² disponível sob o nome Colback® da Colbond N.V. nos Países Baixos. Outros materiais possuindo propriedades similares incluindo fibras sintéticas e naturais tal como lã também podem ser utilizados. Onde necessário, a camada de reten-

ção de líquido pode ser revestida ou tratada para fornecer propriedades antibacterianas ou outras propriedades antiencrustação.

[0034] Nas figuras 1 e 2, o primeiro adesivo 6 é fornecido como uma camada fina sobre toda a área do laminado 1. Para uso com fibras de alumínio e Lantor como mencionado acima, uma camada de 2 microns de um adesivo de poliuretano fornece excelentes resultados. Quando presente como uma camada fina, seu efeito na transferência de calor para a camada transportadora é irrisório. É, no entanto, possível também se fornecer o primeiro adesivo 6 apenas na área das fibras individuais 10. Nesse caso pode ser considerado também como parte da estrutura aberta, onde ambos os meios de troca de calor e líquido podem entrar em contato direto com a camada transportadora 2. Isso pode ser alcançado pelo revestimento das fibras 10 da camada de retenção de líquido 4 com o segundo adesivo 6 antes da laminação com a camada transportadora 2.

[0035] A figura 2 ilustra em maiores detalhes como a camada de retenção de líquido 4 é efetiva para armazenar uma quantidade de líquido para evaporação subsequente. A figura 2 ilustra a camada transportadora 2 fornecida com a segunda camada de adesivo 8 em sua superfície inferior. Duas fibras 10 formando parte da camada de retenção de líquido 4 são apresentadas em sua superfície superior aderidas à primeira camada adesiva 6. Também ilustrada na figura 2 encontra-se uma gota de líquido 12. A gota de líquido 12 é efetivamente retida pelas fibras 10 e impedida de pingar na superfície mesmo se o laminado 1 for mantido em uma posição vertical. Vários mecanismos podem ser utilizados para aperfeiçoar a tendências das fibras em reter líquido. Para água, a retenção deve preferivelmente ser basicamente baseada nos efeitos de tensão de superfície, visto que os mesmos são acompanhados de uma atividade de água relativamente alta.

[0036] A partir da figura 2, a extensão da estrutura aberta também

pode ser observada. As fibras 10 são espaçadas por uma distância d , que nesse caso corresponde substancialmente à extensão da gota de líquido 12 retida por uma fibra 10. A extensão da gota de líquido 12 dependerá na prática de vários fatores incluindo: o formato e as dimensões das fibras individuais 10; da natureza das superfícies das fibras 10, do adesivo 6 e da camada transportadora 2; do líquido 12 utilizado; e da natureza e condição do gás que flui através do trocador de calor. A escolha da distância d dependerá também das propriedades desejadas do laminado 1. Se a atividade de água for de importância básica, o espaçamento d pode ser escolhido de forma a ser maior do que a extensão da gota 12. Se o aumento da capacidade de armazenamento for de maior importância, o espaçamento d pode ser escolhido de forma a ser substancialmente menor do que a extensão da gota. Na prática, para uso com água em um transportador de alumínio revestido com adesivo de poliuretano de dois componentes, descobriu-se que um espaçamento d médio de cerca de 100 microns é desejável. A camada de retenção de líquido pode, dessa forma, ser adaptada de acordo com as condições esperadas, por exemplo, pelo fornecimento de uma maior capacidade de armazenamento para climas mais secos.

[0037] A figura 3 ilustra uma versão alternativa do laminado 1 em uma posição vertical. Elementos similares receberão a mesma referência numérica como antes. O laminado 1 compreende uma camada transportadora 2, fornecida em uma primeira superfície com regiões isoladas do adesivo 6. O adesivo 8 é fornecido de forma similar na segunda superfície da camada transportadora na forma de regiões isoladas. Nessa modalidade, os adesivos 6 e 8 constituem camadas de retenção de água. De forma similar ao espaçamento de fibra no caso da figura 2, as regiões isoladas do adesivo são espaçadas por uma distância d . Nesse caso, no entanto, pode-se observar que a distância d é

substancialmente menor do que a dimensão de uma gota de líquido 12 que leva a uma menor capacidade de armazenamento mas uma maior atividade de água. Vários métodos diferentes de formação de camadas de retenção de líquido adesivas são possíveis incluindo pulverização, transferência e impressão. Um método preferido utiliza uma técnica de impressão com jato de tinta. Claramente, as regiões isoladas podem ser fornecidas em qualquer formato desejado e podem ser dispostas em qualquer padrão desejado. Enquanto se fez referência às regiões isoladas, regiões interconectadas fornecendo a estrutura aberta desejada também podem ser utilizadas. Adicionalmente, apesar de o adesivo ter sido mencionado, outras estruturas ou protuberâncias na superfície da camada transportadora podem fornecer a mesma função de retenção de água. Efeitos similares podem ser alcançados pelo tratamento da superfície da camada transportadora, por exemplo, por gravação ou similar para produzir elementos de retenção de líquido na camada superior da superfície.

[0038] Surpreendentemente descobriu-se que a altura da protuberância tal como o adesivo 6, 8 da figura 3, ou das fibras 10 das figuras 1 e 2 é significativa na determinação da quantidade de água retida. Pela utilização de técnicas de tricô para formar o material da camada de retenção de líquido 4, uma maior capacidade de armazenamento pode ser alcançada se o método de tricô for otimizado para aumentar a altura ou espessura da camada sem reduzir sua estrutura aberta.

[0039] A figura 4 ilustra uma seção do laminado de troca de calor 1 de acordo com a figura 1, formada em um elemento de troca de calor 14. O elemento de troca de calor 14 compreende uma série de aletas 16 possuindo uma camada de retenção de líquido 4 em uma primeira superfície superior da mesma. As aletas 16 são fornecidas, cada uma, com venezianas 18 na forma de fenda alongadas que penetram o laminado 1 (apenas as venezianas na primeira aleta são ilustradas).

As venezianas 18 são dispostas em grupos. Um primeiro grupo 20 serve para direcionar o fluxo para dentro da superfície, enquanto um segundo grupo 22 direciona o fluxo para fora da superfície. Dessa forma, parte do ar que flui ao longo do elemento de troca de calor 14 na direção da seta A será direcionado através do laminado na direção da segunda superfície mais baixa. O ar que flui na direção da seta B será direcionado para fora pelo segundo grupo de venezianas. Dessa forma, o ar flui alternadamente sobre a primeira superfície, onde pode receber umidade pela evaporação da camada de retenção de líquido, seguido pela segunda superfície onde pode receber energia térmica direta para elevar sua temperatura.

[0040] Em adição à sua função de direcionamento de fluxo entre as superfícies do elemento de troca de calor 14, as venezianas 18 servem também para quebrar as camadas limítrofes que podem se desenvolver à medida que o ar flui ao longo das superfícies. Outros elementos de quebra podem ser fornecidos em adição ou ao invés das venezianas 18. É notado que em um laminado de troca de calor 1 de acordo com a modalidade descrita na figura 2, os elementos de retenção de água podem ser adicionalmente projetados para quebrar a camada limite. Adicionalmente, enquanto as aletas 16 da figura 4 são retas, aletas curvilíneas ou em zigue-zague também podem ser produzidas. Acredita-se que tais formatos de aleta são vantajosos na quebra de camadas limítrofes que se desenvolvem no fluxo ao longo das aletas, visto que cada vez que a aleta muda de direção, um fluxo turbulento é estabelecido. Vários formatos transversais também são possíveis para as aletas, incluindo corrugações de formato quadrado, trapezoidal, retangular, em forma de sino e onda. O formato preciso dependerá de vários fatores, um dos quais pode ser a capacidade de a camada de retenção de líquido 4 resistir à dobra.

[0041] Em adição às venezianas 18, o elemento de troca de calor

14 é fornecido com pontes condutoras 24. Essas pontes 24 estão na forma de cortes através do laminado 1 sobre substancialmente toda a altura da aleta 16. As mesmas servem para impedir o transporte indesejado de calor ao longo do elemento de troca de calor 14 na direção do fluxo de ar.

[0042] O elemento de troca de calor 14 é preferivelmente formado utilizando-se técnicas de corrugação. Um rolo de largura adequada de laminado preparado 1 pode ser alimentado através de um par de rolos corrugados que podem formar as aletas 16, venezianas 18 e pontes de calor 24 em uma única passagem. O produto resultante pode então ser cortado em elementos de troca de calor de tamanho adequado 14 para processamento adicional.

[0043] A figura 5 ilustra uma possível construção 25 utilizando o elemento de troca de calor 14 da figura 4. De acordo com a figura 5 o elemento de troca de calor 14 é fixado a uma primeira superfície de uma membrana 26. A membrana 26 é fornecida em sua segunda superfície com um segundo elemento de troca de calor 28, que na presente modalidade é fornecido com aletas 30 de formato similar ao elemento de troca de calor 14 e que também podem ser fornecidas com venezianas e pontes condutoras. O segundo elemento de troca de calor 28 difere do primeiro elemento de troca de calor 14 visto que não compreende uma camada de retenção de líquido. A membrana 26 é geralmente impermeável a ar ou outro fluido destinado ao uso no trocador de calor e serve para definir uma primeira região de fluido X e uma segunda região de fluido Y. Por motivos de construção, um material preferido para a membrana é alumínio recozido macio de calibragem de aproximadamente 70 microns.

[0044] Como descrito acima, o laminado de troca de calor 1 formando o elemento de troca de calor 14 pode ter um segundo adesivo 8 em sua segunda superfície. Esse segundo adesivo 8 é preferivel-

mente um adesivo de vedação quente tal como adesivo com base em PVC/poliacrilato. A membrana 26 também é fornecida com um adesivo de vedação por calor similar ou compatível em sua superfície voltada para o elemento de troca de calor 14 onde ambos a membrana 26 e o elemento 14 podem ser facilmente unidos sob calor e pressão adequados. As superfícies voltadas uma para a outra do segundo elemento de troca de calor 28 e membrana 26 também são fornecidas com adesivo de vedação quente similar e podem ser unidas da mesma forma. Como pode ser observado na figura 5, os elementos de troca de calor 14 e 26 são unidos de tal forma que apenas as partes vazadas das aletas 16, 30 são aderidas à membrana 26. Adicionalmente, as aletas 16 e 30 são alinhadas diretamente uma com a outra através da membrana 26.

[0045] Durante o uso, a região de fluido X pode servir como o lado molhado de um trocador de calor por evaporação ou dispositivo de umectação, enquanto a região Y serve com o lado seco. As aletas 16 compreendendo o laminado 1 podem absorver uma quantidade de água na camada de retenção de líquido 4. O ar não-saturado que flui através da superfície pode absorver água por evaporação do laminado 1. Em se fazendo isso, o laminado 1 perde uma quantidade de calor correspondente ao calor latente da evaporação da água perdida. Para manter o equilíbrio, o calor deve ser fornecido para o laminado 1. Para uma camada transportadora 2 de alumínio, isso ocorre pela condução no plano do laminado da membrana 26. Esse calor deve, por sua vez, ser suprido pelo resfriamento do fluido seco na região Y e pela condução desse calor através das aletas 30 do segundo elemento de troca de calor 28 para a membrana 26. O alinhamento das aletas 11,30 aperfeiçoa a transferência de calor de um elemento para outro através da membrana 26.

[0046] Na modalidade ilustrada apenas um único lado das aletas

16 é fornecido com uma camada de retenção de líquido. É, no entanto, possível também se fornecer uma camada de retenção de líquido em outras superfícies também. A membrana 26 pode, por exemplo, ser formada também a partir do laminado de troca de calor 1, possuindo a camada de retenção de líquido em sua primeira superfície voltada para o elemento de troca de calor 14. É possível também se utilizar o laminado de troca de calor 1 para a formação do segundo elemento de troca de calor 28 e para fornecer camadas de retenção de líquido em ambos os lados do mesmo. Como uma consequência vantajosa da estrutura aberta de acordo com um aspecto da presente invenção, o lado de retenção de líquido do laminado pode funcionar bem como um lado molhado ou um lado seco de um trocador de calor. Para laminados fornecidos com uma camada de retenção de líquido em ambas as superfícies, medidas adicionais e camada de adesivo adicionais podem ser necessárias para se garantir a união com outra superfície.

[0047] Na modalidade ilustrada, as aletas 16 e 30 são dispostas de forma a se encontrarem em paralelo uma com a outra de forma que o trocador de calor possa operar no fluxo contrário. Para uso como um resfriador de ponto de orvalho, a membrana pode ser fornecida com canais permitindo que algum ou todo o fluido na região Y passe através da membrana para a região X. Tais canais podem estar na forma de orifícios através da membrana. Outras disposições alternativas também são possíveis com dois conjuntos de aletas anguladas com relação uma à outra para operação de fluxo cruzado. Para a operação de fluxo cruzado como um resfriador de ponto de orvalho, pode ser possível também se fornecer orifícios através da membrana entre uma ou mais aletas 28 para servir como alimentadores para alguns ou todos os canais entre as aletas 14 na região X.

[0048] A construção 25 de acordo com a figura 5 pode ser integrada em um trocador de calor tal como um resfriador de ponto de orvalho

de muitas formas diferentes. Várias construções paralelas 25 podem ser dispostas em paralelo uma com a outra para formar uma série de regiões de fluido alternado X e Y. Claramente, se várias construções 25 forem combinadas, mais de duas regiões podem ser definidas, cada uma sendo sujeita a um fluido diferente. Em uma alternativa vantajosa, a construção 25 pode ser formada em uma estrutura tubular pelo rolamento ou dobra da membrana e pela vedação por calor da mesma em si, onde a região Y está localizada dentro do tubo e a região X está localizada fora.

[0049] A figura 6 ilustra uma estrutura tubular possível 32 que foi considerada particularmente vantajosa para a construção dos elementos do resfriador de ponto de orvalho e elementos de recuperação de calor. A estrutura tubular 32 compreende um par de construções 25 compreendendo membranas 26 que foram unidas uma à outra nas bordas longitudinais superior e inferior 34, 36. Vários métodos de união de bordas 34, 36 podem ser utilizados, mas um método preferido para as membranas de alumínio 26 como descrito acima é por vedação por calor.

[0050] As construções 25 são efetivamente conectadas em uma relação de partes posterior com parte posterior com os segundos elementos de troca de calor 28 no interior e os elementos de troca de calor 14 com a camada de retenção de líquido 4 no exterior. Uma reversão dessa disposição também é possível mas exigiria um suprimento de água no interior da estrutura tubular 32 a fim de molhar a camada de retenção de líquido 4. Como pode ser observado a partir da figura 6, o exterior de cada membrana 26 é fornecido com vários elementos de troca de calor 14, separados um do outro por um espaço curto. Esse espaço também serve como uma forma de ponte condutora para minimizar a condução de calor na direção de fluxo do trocador de calor. O segundo trocador de calor é disposto de forma similar.

[0051] Ilustrada também na figura 6 encontra-se uma extensão de entrada 38 (parcialmente recortada) e uma extensão de saída 40 para o interior da estrutura tubular 32. Ambas as extensões 38, 40 são formadas a partir de seções das membranas 26 sem os elementos de troca de calor. Uma tela 40 também é ilustrada entre as duas construções 25. A tela 40 serve para aperfeiçoar a estabilidade estrutural e pode ser fornecida com furos para permitir o fluxo através dos mesmos para dentro do interior da estrutura tubular 32.

[0052] Em uso como um resfriador de ponto de orvalho, uma ou mais dessas estruturas tubulares 32 estão localizadas dentro de um alojamento adequado possuindo uma entrada se comunicando com a extensão de entrada e uma saída se comunicando com a extensão de saída. O fluxo C através da estrutura tubular 32 pode ser induzido por um ventilador fornecido na entrada apesar de outros meios de indução de fluxo também poderem ser utilizados. Pelo fornecimento, por exemplo, de uma restrição de fluxo na saída e uma conexão entre a extensão de saída e o exterior da estrutura tubular 32, uma parte do fluxo D pode recircular no fluxo contrário através do exterior da estrutura tubular 32. O restante do fluxo E sai pela saída para resfriamento do espaço desejado. O líquido tal como água suprido para a camada de retenção de líquido 4 por meios de suprimento de água conhecidos irá então evaporar para dentro do fluxo de recirculação D fornecendo o resfriamento necessário para o fluxo C dentro da estrutura tubular 32. O fluxo de recirculação D pode então exaurir através de uma abertura de exaustão adicional fornecida no alojamento.

[0053] Uma leve adaptação pode ser feita para uso também como um dispositivo de recuperação de calor. O alojamento pode então ser fornecido com uma entrada adicional e possivelmente um segundo ventilador ou outro dispositivo de indução de fluxo. Qualquer que seja o fluxo destinado a ser aquecido também pode ser fornecido com su-

primento de água para uma camada de retenção de líquido adequada para fins de umectação. Para recuperação de calor também é particularmente vantajoso se fornecer ambos os lados do trocador com laminados compreendendo camadas de retenção de líquido de acordo com a presente invenção, onde a condensação é retida e pode ser drenado.

[0054] Apesar de não ser ilustrado, o laminado de troca de calor formado propriamente dito pode ser utilizado como aleta e membrana impermeável. Dessa forma, um par de elementos de troca de calor similar à figura 4 mas sem venezianas abertas pode ser conectado, parte posterior com parte posterior, da forma apresentada na figura 6 para produzir uma estrutura tubular.

[0055] Enquanto os exemplos acima ilustram modalidades preferidas da presente invenção, é notado que várias outras disposições também podem ser consideradas e se encontram dentro do espírito e escopo da presente invenção como definido pelas reivindicações em anexo.

REIVINDICAÇÕES

1. Resfriador de ponto de orvalho compreendendo um elemento de troca de calor, o resfriador de ponto de orvalho operando em fluxo contrário onde uma corrente de ar de produto flui através de um primeiro lado do elemento de troca de calor e é resfriada pela transferência de calor para o elemento e onde uma parte da corrente de ar de produto é desviada de volta através de um segundo lado do elemento de troca de calor, o segundo lado do elemento de troca de calor sendo fornecido com um suprimento de água, pelo que a transferência de calor do elemento de troca de calor para a água faz com que a mesma evapore para dentro da corrente de ar, **caracterizado** pelo fato de que o elemento de troca de calor compreende uma membrana e um laminado de troca de calor (1) formado preso à membrana, o laminado de troca de calor (1) compreendendo uma camada transportadora (2) pelo menos parcialmente coberta com uma camada flexível de retenção de líquido (4) possuindo uma estrutura aberta de forma que, durante o uso, um meio de troca de calor possa entrar em contato direto com a camada transportadora (2) através da estrutura aberta da camada de retenção de líquido (4).

2. Resfriador de ponto de orvalho, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a camada de retenção de líquido (4) é um material fibroso e a estrutura aberta compreende espaços entre as fibras (10).

3. Resfriador de ponto de orvalho, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que o material fibroso é aderido à camada transportadora (2) por um adesivo.

4. Resfriador de ponto de orvalho, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de que o material fibroso compreende uma mistura unida de fibras de poliéster e viscose.

5. Resfriador de ponto de orvalho, de acordo com a reivindicação

dicação 3, **caracterizado** pelo fato de que o material fibroso compreende uma camada fibrosa tramada ou entrelaçada.

6. Resfriador de ponto de orvalho, de acordo com qualquer reivindicação anterior, **caracterizado** pelo fato de que a camada transportadora (2) compreende alumínio.

7. Resfriador de ponto de orvalho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, **caracterizado** pelo fato de que a camada de retenção de líquido (4) possui uma espessura média de menos de 50 microns.

8. Resfriador de ponto de orvalho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, **caracterizado** pelo fato de que o laminado de troca de calor (1) é corrugado para formar uma série de aletas alongadas (16).

9. Resfriador de ponto de orvalho, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato de que as aletas alongadas (16) apresentam formato de onda em sua direção alongada.

10. Resfriador de ponto de orvalho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, **caracterizado** pelo fato de que as aletas (16) são fornecidas com venezianas (18).

11. Resfriador de ponto de orvalho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, **caracterizado** pelo fato de que a camada de retenção de líquido (4) é fornecida substancialmente apenas em um primeiro lado da camada transportadora (2).

12. Resfriador de ponto de orvalho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, **caracterizado** pelo fato de que o laminado de troca de calor (1) é preso à membrana por adesivo.

13. Resfriador de ponto de orvalho, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pelo fato de que o adesivo é um adesivo acionado por calor aplicado à camada transportadora (2) ou membrana.

14. Resfriador de ponto de orvalho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 13, **caracterizado** pelo fato de que a membrana é formada em uma estrutura tubular.

15. Resfriador de ponto de orvalho, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 14, **caracterizado** pelo fato de que a membrana também compreende um laminado de troca de calor (1) conforme definido em qualquer uma das reivindicações de 1 a 7.

16. Método de fabricação de um resfriador de ponto de orvalho, que inclui um elemento de troca de calor, **caracterizado** pelo fato de compreender:

o fornecimento de um laminado de troca de calor (1) compreendendo uma camada transportadora (2) pelo menos parcialmente coberta com uma camada flexível de retenção de líquido (4) possuindo uma estrutura aberta;

a formação do laminado (1) em uma pluralidade de aletas de troca de calor alongadas (16);

o fornecimento de uma membrana adaptada para separar uma primeira corrente de fluido a partir de uma segunda corrente de fluido quando usada no resfriador de ponto de orvalho; e

a fixação das aletas (16) a uma primeira superfície da membrana para trocar calor com a mesma para formar o elemento de troca de calor (14).

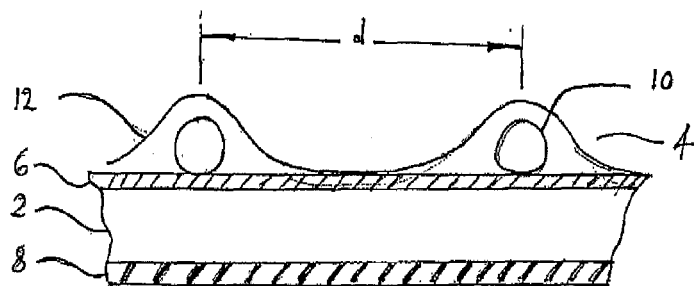
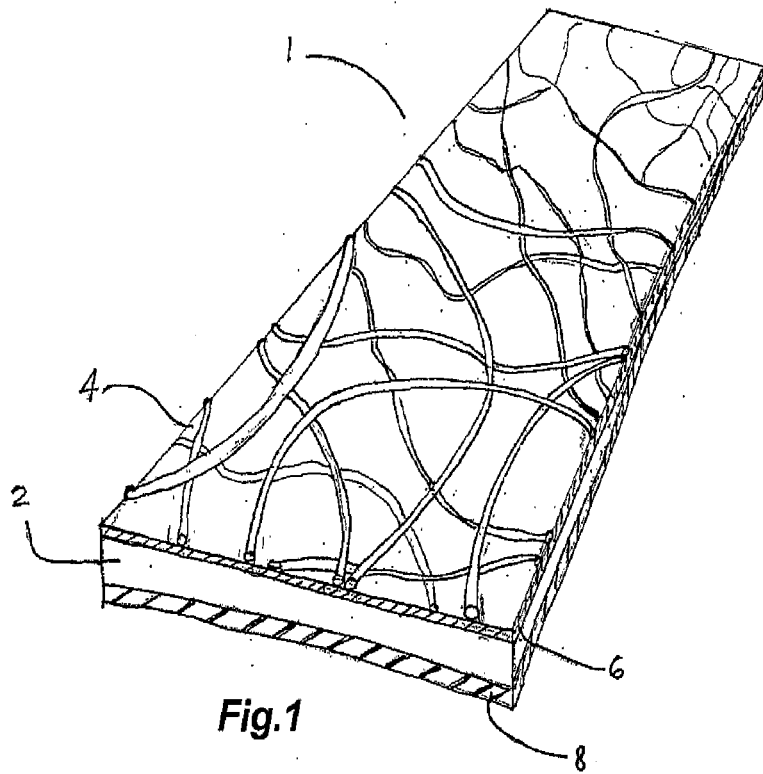
17. Método, de acordo com a reivindicação 16, **caracterizado** pelo fato de que compreende ainda a formação de venezianas (18) nas aletas.

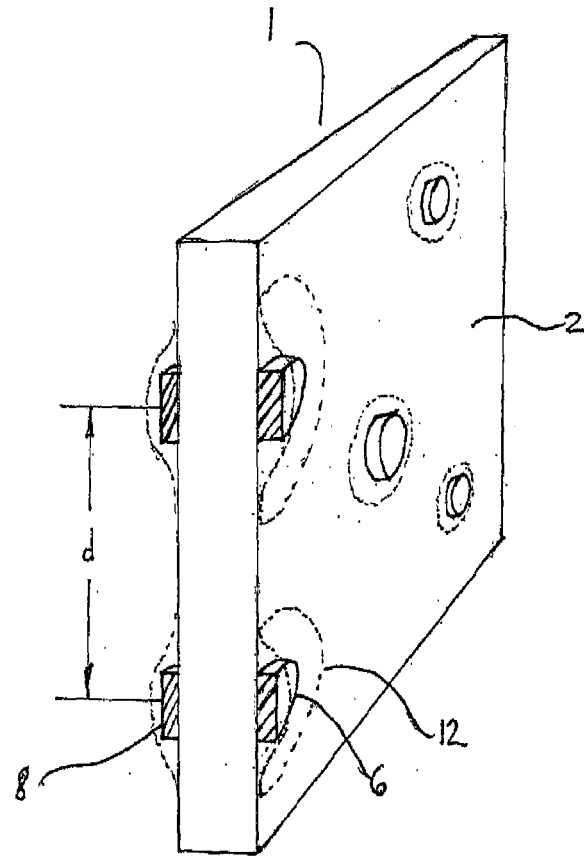
18. Método, de acordo com a reivindicação 16, **caracterizado** pelo fato de que compreende ainda a fixação das aletas (16) a uma segunda superfície de uma membrana para a transferência de calor para a mesma.

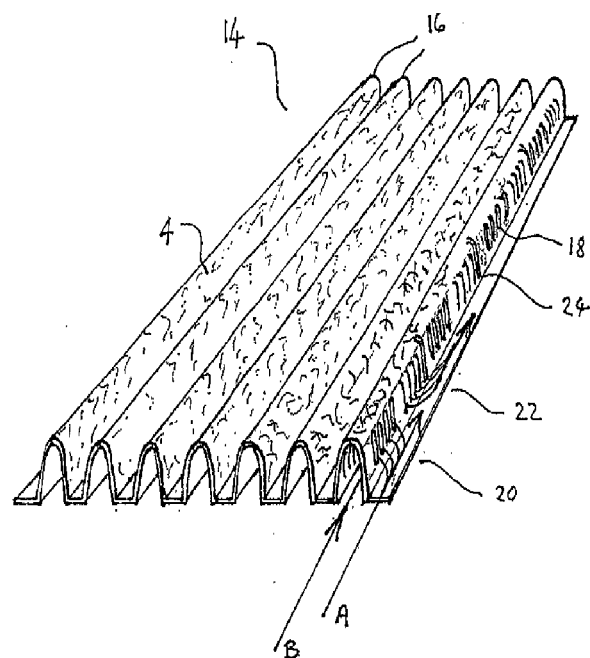
19. Método, de acordo com a reivindicação 18, **caracteri-**

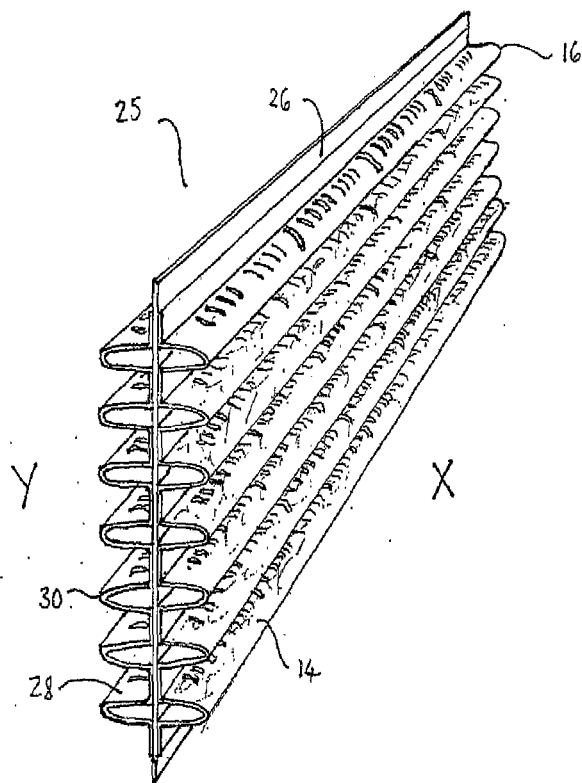
zado pelo fato de que compreende ainda a dobra da membrana para formar uma estrutura tubular com as aletas alongadas (16) em uma superfície externa da estrutura tubular e as aletas adicionais em uma superfície interna da estrutura tubular.

20. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 16 a 19, **caracterizado** pelo fato de compreender a etapa de incorporar o elemento de troca de calor em um resfriador de ponto de ovalho.



**Fig.3**

**Fig.4**

**Fig.5**

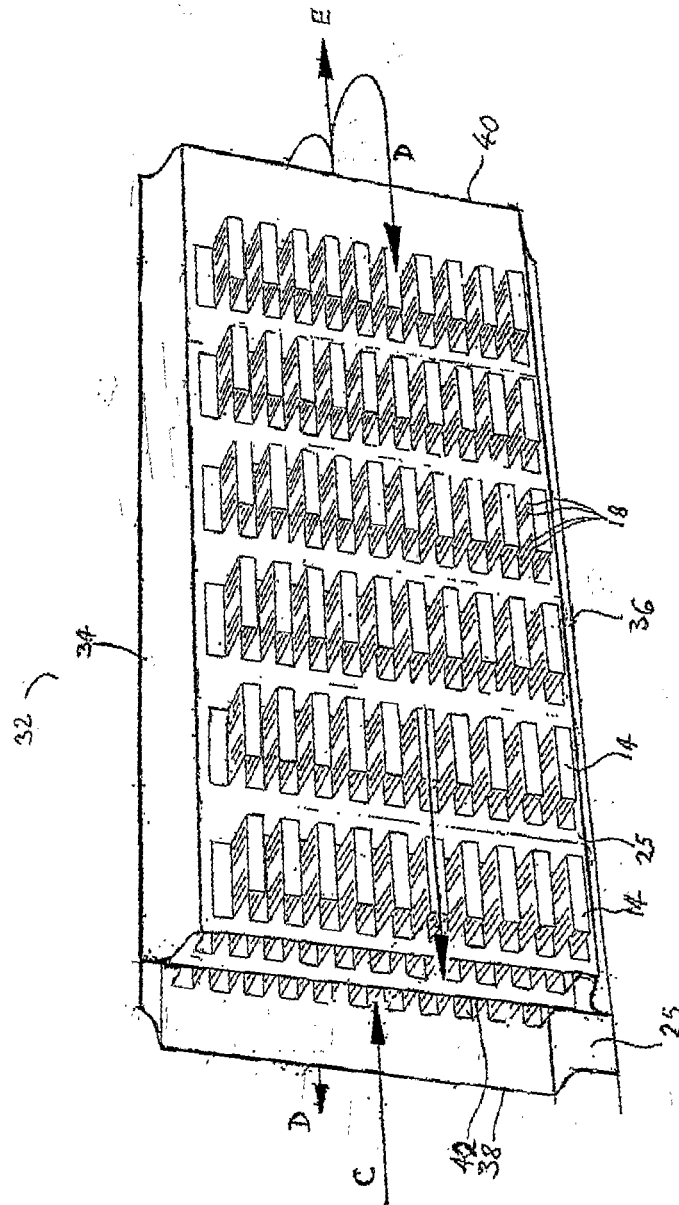


Fig. 6