



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

(11) PI 0407423-8 B1

(22) Data do Depósito: 06/02/2004

(45) Data de Concessão: 05/09/2017



(54) Título: TROCADOR DE CALOR EVAPORATIVO DE CIRCUITO FECHADO

(51) Int.Cl.: F28D 5/02

(30) Prioridade Unionista: 12/02/2003 GB 0303195.2

(73) Titular(es): BALTIMORE AIRCOIL COMPANY INC

(72) Inventor(es): GEORG MAGER; ANDRÉ HELSEN

“TROCADOR DE CALOR EVAPORATIVO DE CIRCUITO FECHADO”

Esta invenção é relativa a sistemas de resfriamento, mais particularmente àqueles que incluem um trocador de calor evaporativo de circuito fechado de configuração de tiragem forçada.

5 Trocadores de calor evaporativos de circuito fechado são utilizados em uma variedade de conjuntos industriais para fornecer resfriamento ou condensação de refrigerantes. De forma bastante ampla, resfriamento é fornecido por meio de um fluido de resfriamento que retira calor da área a ser resfriada e o transporta até um trocador de calor onde o
10 fluido é novamente resfriado. No caso de um sistema de condensação de refrigerante, e como parte de um processo de resfriamento, vapor refrigerante que entra no trocador de calor onde ele é condensado deixa o trocador de calor como líquido. Em ambos os casos, ar é soprado sobre serpentinas de trocador de calor para remover calor do líquido ou vapor. O processo de
15 resfriamento é aprimorado borrifando água sobre as serpentinas, de modo que uma proporção da água é evaporada pelo fluxo de ar.

Em tais sistemas, a maior parte da água borrifada sobre as serpentinas de trocador de calor na câmara de pressão de distribuição de ar não evapora, porém drena para um poço no fundo da câmara de pressão de
20 distribuição de ar. A partir daí ela é bombeada através de uma peneira de volta para os bocais de borrifamento para ser reciclada. Tipicamente, produtos trocadores de calor evaporativos são projetados para utilizar peças que são comuns a ambos, torres de resfriamento de circuito fechado e de circuito aberto. O poço em torres de circuito fechado convencionais é portanto de uma
25 capacidade suficientemente grande para ser capaz de ser utilizado em uma torre aberta, bem como em uma configuração de circuito fechado.

Como mencionado acima, o resfriamento fornecido pelo trocador de calor é aprimorado borrifando água sobre as serpentinas de trocador de calor. Contudo, tal resfriamento aprimorado não é sempre

necessário. Por exemplo, durante os meses de inverno, resfriamento suficiente pode ser conseguido sem o efeito evaporativo da água, isto é, a assim chamada operação a seco é possível.

Contudo, operação a seco requer que o poço seja drenado uma vez que a água nele poderia de outra forma congelar e provocar dano ao sistema como resultado do escoamento forçado de ar frio sobre ela. Isto é problemático, uma vez que os processos de drenagem e reabastecimento do poço são consumidores de tempo, levando tipicamente diversas horas. Além disto, usualmente é necessário fechar o sistema de resfriamento no mínimo durante algo do período de drenagem ou reabastecimento, para preparar o poço para operação a seco ou úmido, respectivamente, para assegurar flutuadores de válvulas de composição, controladores de nível, etc. Não é, portanto, considerado ser pratica ou economicamente factível drenar e reabastecer o poço a cada dia. Isto significa que operação a seco pode apenas ser realizada por uma proporção curta de cada ano, onde mesmo durante o dia temperaturas são previsivelmente baixas o suficiente, e que operação a úmido não será necessária. Será apreciado que as economias potenciais de água e energia requeridas para operar a bomba de água e quaisquer aquecedores de poço são seriamente reduzidas como resultado.

Também é conhecido em alguns sistemas trocadores de calor evaporativos de circuito fechado, fornecer um poço localizado de maneira remota da câmara de pressão de distribuição de ar. A maior parte da água não evaporada ou é drenada ou bombeada de maneira contínua para o poço remoto durante operação a úmido, e é então bombeada do poço remoto de volta para ser borrifada novamente sobre as serpentinas do trocador de calor. A vantagem de tal poço remoto é que não é necessário drenar todo o corpo de água de um poço na câmara de pressão de distribuição de ar para conseguir operação a seco, uma vez que apenas uma pequena quantidade de água permanece na câmara de pressão de distribuição de ar e esta pode ser drenada

de maneira relativamente rápida. Água no poço remoto não está sujeita ao fluxo de ar frio na câmara de pressão de distribuição de ar, e assim pode ser impedida de congelar por meio de aquecedores adequados.

Existem, contudo, diversas desvantagens para um poço remoto. Primeiramente, vão adicional é requerido para acomodá-lo, o que geralmente é caro. Em segundo lugar, bombas mais poderosas são requeridas para levar em conta a altura estática adicional através da qual a água deve ser bombeada. Em terceiro lugar, o número global de componentes requeridos e o custo de instalação também são aumentados. Juntamente, estes fatores podem mais do que superar qualquer economia de custo em ser capaz de operar o sistema de maneira mais eficiente com relação a consumo de água e energia da bomba de borrifio. Pode ser, contudo, que um poço remoto seja necessário para permitir a operação a seco e impedir sobre-resfriamento em algumas circunstâncias.

Um outro problema com arranjos de trocador de calor evaporativo em circuito fechado convencional, é que é necessário parar a operação do sistema para realizar manutenção de rotina tal como inspeção, teste funcional, limpeza, etc., das partes dentro da câmara de pressão de distribuição de ar. Isto é um problema particular para sistemas convencionais sem um poço remoto, uma vez que equipamento no poço e o sistema de água de composição também serão afetados. Tal interrupção regular da operação do sistema é obviamente destruidora e cara.

É um objetivo da presente invenção fornecer um trocador de calor evaporativo no qual os problemas descritos acima são, no mínimo, parcialmente aliviados.

Quando vista a partir de um primeiro aspecto, a presente invenção fornece um trocador de calor evaporativo de circuito fechado que compreende uma câmara de pressão de distribuição de ar, dispositivo para borrifar água em dita câmara de pressão, e uma superfície de coleta para

coletar água não evaporada borrifada em dita câmara de pressão, de tal modo que dita água é arranjada para drenar para um poço dentro de dita câmara de pressão, substancialmente sem permanecer na superfície de coleta.

Assim, será visto por aqueles versados na técnica um poço ser
 5 ainda fornecido dentro da câmara de pressão de distribuição de ar principal, porém o poço não é utilizado para coletar água não evaporada, mas ao invés disso, uma superfície de coleta de drena para o poço. Isto significa que o poço pode ser no mínimo isolado termicamente de maneira parcial da parte principal da câmara de pressão. Isto torna possível impedir que água nele
 10 congele quando temperaturas do ar ambiente estão abaixo do ponto de congelamento, enquanto isto não é viável com o arranjo de poço convencional que é exposto a fluxo de ar na câmara de pressão. Tais arranjos têm a vantagem de flexibilidade substancial pelo fato de serem capazes de serem trocados entre operação a úmido e seca rapidamente, como muitas vezes
 15 requerido, porém sem as desvantagens de fornecer um poço localizado de maneira remota.

O poço é arranjado de tal modo que água nele é impedida de congelar durante operação com tempo frio. Isto pode ser conseguido assegurando um grau suficiente de isolamento térmico e fornecendo
 20 dispositivo de aquecimento, preferivelmente controlado de maneira termostática. Isto permite que temperaturas ambientes variáveis sejam também consideradas.

A superfície de coleta deveria simplesmente ser arranjada para drenar no poço abaixo dela, isto é, o arranjo poderia ser efetivamente similar a
 25 um convencional, porém com uma borda, ou similar, que cobre o poço e que inclui um furo ou furos de drenagem. Neste caso, a superfície superior da borda deveria formar a superfície de coleta.

É preferido, contudo, que a interface de drenagem entre a superfície de coleta e o poço seja arranjada para formar um selo líquido entre

as duas, de modo que uma pressão de ar desequilibrada possa ser mantida entre elas. O benefício desta característica é que o poço pode então ser mantido substancialmente na pressão substancialmente atmosférica, enquanto a parte principal da câmara de pressão está em uma pressão elevada que resulta do fluxo de ar forçado. O isolamento físico do interior do poço do interior da câmara de pressão de distribuição de ar principal, também evita contato com os borrifos de água. Estes dois fatores permitem que no mínimo o poço seja acessado para manutenção, mesmo quando o sistema está em operação com os ventiladores associados operando. Será apreciado que esta capacidade fornece uma vantagem significativa sobre sistemas da técnica precedente, que devem ser retirados de operação mesmo para operações de manutenção de rotina.

A quantidade de água utilizada no sistema de reciclagem de borrifo através do poço pode, como na técnica precedente, ser de um volume semelhante àquele associado com um poço utilizado em um sistema de resfriamento de torre aberta. Contudo, os Requerentes apreciaram que, uma vez que de acordo com a invenção uma nova forma de poço é considerada, o benefício menor de forma comum entre módulos de poço é compensado, porém que isto significa que restrição de volume imposta utilizando um poço comum não precisa mais se aplicar e que, de fato, benefício adicional pode ser obtido utilizando menos água.

Assim em configurações preferenciais o sistema de borrifo de água de evaporação é arranjado para operar com apenas água suficiente para operação a úmido. Em uma configuração tomada para exemplo, o sistema opera com aproximadamente 90 litros de água por metro quadrado de área de serpentina. Isto contrasta com sistema convencional no qual o volume de aproximadamente 240 litros por metro quadrado é utilizado, o que é consistente com a utilização de um poço de dimensão padrão.

Não apenas a utilização de um volume significativamente

reduzido de água economiza água, mas também significa que o poço pode ser menor do que seria o caso de outra forma, aquecedores menos poderosos são requeridos para impedir de congelar, e menos tratamento químico de água é requerido, tudo ajudando a reduzir custos.

5 A configuração preferencial da invenção descrita acima é entendida envolver utilização do volume de água mínimo necessário para o processo de evaporação. Na prática esta quantidade mínima depende da capacidade do sistema de distribuição de água que inclui tubulação, a proporção da água que está caindo através da câmara de pressão de
10 distribuição de ar a qualquer momento e a quantidade mínima de água requerida pelo sistema de bombeamento para operar de maneira adequada. Isto deve ser contrastado com a técnica precedente, na qual volumes significativamente maiores do que o volume para operação a úmido são utilizados e aliás na qual consideração não foi fornecida anteriormente a esta
15 quantidade mínima requerida.

 Será apreciado que na prática, de acordo com a invenção, dispositivos serão fornecidos para substituir água perdida através de evaporação. Qualquer dispositivo bem conhecido na técnica pode ser utilizado, tal como uma válvula operada por flutuador, sensor eletrônico,
20 sensor ótico, etc. Tal substituição de água pode ter alguma histerese inerente, de tal modo que o volume real de água no sistema em qualquer momento pode ciclar entre um máximo e um mínimo predeterminados.

 Uma configuração preferencial da presente invenção será descrita agora apenas à guisa de exemplo, com referência aos desenhos que
25 acompanham, nos quais:

 A Figura 1 é uma vista de corte afastado de um trocador de calor evaporativo de circuito fechado convencional mostrado apenas para finalidades de referência; e

 As Figuras 2a e 2b são vistas laterais em corte afastado e

extrema respectivamente de um trocador de calor evaporativo de circuito fechado de acordo com a invenção.

Voltando primeiramente para a Figura 1 um trocador de calor evaporativo de circuito fechado da técnica precedente pode ser visto. Uma serpentina de trocador de calor vedada A, através da qual o líquido refrigerante passa é fornecida em uma câmara de pressão de distribuição de ar B. Um sistema de ventilador C acionado por um motor D é fornecido em uma extremidade da câmara de pressão B. No topo da câmara de pressão B existe uma série de bocais E que são arranjados para borrifar água sobre a serpentina de trocador de calor A. Um poço F é fornecido no fundo da câmara de pressão B com uma capacidade de 240 litros por metro quadrado de área de serpentina e uma bomba G é fornecida para bombear água para cima a partir do poço F até os bocais de borrifo E. Um sistema de substituição de água H que utiliza uma válvula de flutuador assegura que uma quantidade mínima de água no poço é mantida.

Em operação, líquido de resfriamento ou vapor refrigerante é alimentado para a serpentina de trocador de calor A onde o calor é extraído dele para resfriar ou condensar antes que seja devolvido, como é bem conhecido na técnica. O ventilador C força um fluxo rápido de ar sobre a serpentina de trocador de calor A na câmara de pressão de distribuição de ar B para extrair calor do fluido refrigerante e do vapor. Resfriamento evaporativo é fornecido pelo sistema de borrifamento de água que traz água desde o poço F utilizando a bomba G. Algo da água borrifada a partir dos bocais E irá evaporar. O restante da água é coletado no poço F a partir de onde ela é reciclada de volta até os bocais de borrifo E. A água perdida através de evaporação é substituída pelo sistema de substituição de água H.

Para obter acesso ao poço F para realizar inspeção e manutenção é necessário parar o sistema e desligar o ventilador C, limitando com isso a frequência com a qual isto pode ser realizado na prática. Além

disto, se a temperatura ambiente é tal que o efeito de resfriamento adicional do sistema de borrafo de água não é mais necessário, toda a água deve ser drenada do poço F para impedir que ela congele devido ao efeito de resfriamento do fluxo forçado de ar frio. Isto é tão consumidor de tempo que
5 pode apenas ser realizado quando o operador tem confiança que a temperatura não irá subir de forma suficiente novamente para requerer operação a úmido por um tempo considerável (isto é, durante um período de mais do que um dia).

Uma configuração da presente invenção pode ser agora vista
10 nas Figuras 2a e 2b. Como no aparelho descrito com referência à Figura 1, o trocador de calor evaporativo de circuito fechado compreende uma serpentina de trocador de calor 2 colocada em uma câmara de pressão de distribuição de ar 4 e que transporta um fluido de resfriamento ou refrigerante para e de uma área a ser resfriada (não mostrado) através de acoplamentos de tubo 6. Em
15 uma extremidade da câmara de pressão de distribuição de ar existe um ventilador 8 acionado por um motor 10 por meio de uma correia 12. As lâminas do ventilador 8 são abrigadas dentro de uma carcaça 14 e assim não são visíveis na Figura 2a.

Diferentemente do sistema mostrado na Figura 1, não existe
20 poço aberto no fundo da câmara de pressão de distribuição de ar 4. Ao invés disto, o poço 16 é definido na parte inferior de uma extremidade da câmara de pressão de distribuição de ar 4 por uma parede de chicana inclinada 18. Nesta configuração o poço tem uma capacidade de 90 litros por metro quadrado de área de serpentina, porém isto é puramente tomado como exemplo, e este
25 número depende, por exemplo, do comprimento da serpentina. A parede de chicana 18 pende para baixo a partir da parede extrema traseira 20 da câmara de pressão 4. Ela termina de modo a deixar um vão entre sua extremidade e a base do poço 16. A parede de chicana 18 se estende entre as duas paredes laterais opostas da câmara de pressão 4, em outras palavras, perpendicular ao

plano da Figura 2a, ou esquerda para direita na Figura 2b.

A área da parte inferior da câmara de pressão de distribuição de ar 4 não tomada pelo poço 16 é formada como uma base inclinada 22. A base 22 se inclina no sentido da parede de chicana 18, porém para pouco antes dela de modo a deixar um pequeno vão 24 que corre desde uma parede lateral da câmara de pressão 4 até outra. A base também se estende entre as duas paredes laterais, de modo que o vão 24 corre ao longo da largura da câmara de pressão 4. A parede de chicana 18 e a base 22 formam, cada uma, superfícies de coleta sobre as quais a água que cai das serpentinas de trocador de calor 2
5 irão aterrisar.

Dentro do poço 16 existe uma válvula operada por flutuador 26 conectada a um bico de entrada 28 para manter um nível mínimo de água no poço 16. Este nível de água é ajustado para ser a quantidade mínima requerida para operação a úmido do trocador de calor (levando em
15 consideração a capacidade dos tubos, etc., no resto do sistema). Na base do poço 16 existe uma peneira 30 através da qual a água a partir do poço pode ser trazida por uma bomba 32 e bombeada para cima e por um tubo vertical 34 no exterior da extremidade traseira 20 da câmara de pressão onde ela penetra novamente na câmara de pressão 4 para alimentar um tubo de
20 distribuição de água 36.

Uma série de bocais 38 é espaçada ao longo do tubo de distribuição de água 36, de modo que a água é forçada para fora em um borrafo cônico sobre as serpentinas de trocador de calor 2 sob a pressão impressa pela bomba 32. Um tal bocal 38 pode ser visto mais claramente na
25 recorte de detalhe visto acima dele. Acima do tubo de distribuição de água 36 existe uma série de eliminadores de neblina 41 dos quais também está mostrado mais claramente em uma vista de recorte em detalhe. Estas gotículas de água separadas arrastadas na corrente de ar que deixam o trocador de calor impedem que estas gotículas sejam perdidas do sistema.

Finalmente, a um par de portas de acesso 42 é fornecido na parte inferior da parede extrema 20 da câmara de pressão para permitir acesso externo ao interior do poço 16.

Operação do aparelho será descrita agora. Como no sistema da técnica precedente, o ventilador 8 força ar para escoar sobre as serpentinas de trocador de calor 2 para extrair calor do fluido de resfriamento nelas. Quando resfriamento adicional é requerido, a bomba 32 é operada para trazer água do poço 16 através da peneira 30 e forçá-la através dos bocais 38 de modo a formar um borrifio fino sobre as serpentinas do trocador de calor. Um efeito de resfriamento significativo é conseguido pela evaporação de algo da água. A água não evaporada cai no sentido do fundo da câmara de pressão de distribuição de ar 4 e sobre as superfícies de coleta formadas ou pela parede de chicana 18 ou a base inclinada 22. Água que cai sobre estas partes não permanece aí porém drena para o pequeno vão 24 entre elas.

Como pode ser apreciado da Figura 2a o nível de água no poço é tal que o vão 24 é no mínimo parcialmente reabastecido com água. Isto forma um selo de água entre a câmara de pressão de distribuição de ar 4 e o poço 16. Este selo de água permite que uma pressão de ar diferencial seja mantida entre a parte principal da câmara de pressão 4 e o poço 16, de modo que acesso ao poço 16 pode ser obtido, por exemplo, para inspeção e manutenção enquanto o ventilador principal 8 ainda está operando, e o sistema está operacional.

Durante operação a seco a bomba 32 é desligada e a água restante drena através do vão 24 para o interior do poço 16. Dentro da bomba 16 a água não está mais em contato direto com a corrente de ar gerada pelo ventilador 12. Será apreciado, portanto, que uma vez que nenhuma água permanece na parte principal da câmara de pressão de distribuição de ar 4, isto é, em contato com o fluxo de ar frio, a probabilidade de ser congelada é significativamente reduzida.

Embora não mostrado na Figura 2a, aquecedores controlados de maneira termostática são fornecidos para manter a temperatura da água no poço 16 acima de congelamento. Contudo, uma vez que o poço 16 é relativamente pequeno comparado com a câmara de pressão de distribuição 4, e é separado da corrente de ar frio por meio da parede de chicana 18, a energia requerida para tais aquecedores é relativamente baixa.

Será ainda mais apreciado que a quantidade de água no poço 16 é significativamente menor do que no poço F na Figura 1. Isto não apenas fornece economias na quantidade de água requerida para encher o equipamento, porém também o custo de tratamento químico necessário e a quantidade de calor requerida para impedi-la de congelar.

A configuração descrita acima fornece as vantagens globais de ela ser completamente flexível pelo fato de poder ser operada ou em modo molhado ou modo seco como necessário e, além disto, pode ser comutada muito rapidamente entre estes módulos.

EXEMPLO

Um aparelho protótipo similar àquele descrito acima com referência às Figuras 2a e 2b, foi construído e testado. O volume de água de poço do aparelho de teste era 860 litros e o ventilador forneceu um fluxo de ar de 27 metros cúbicos por segundo sobre as serpentinas de trocador de calor. Contudo, uma pressão atmosférica normal foi mantida no interior do poço em virtude do selo de água.

Quando a bomba do sistema de resfriamento evaporativo foi desligada e a temperatura ambiente reduzida para -10°C , o poço e o selo de água permaneceram completamente livres de gelo com uma introdução de calor a partir do aquecedor do poço, de modestos 4 kw.

REIVINDICAÇÕES

1. Trocador de calor evaporativo de circuito fechado, compreendendo:

uma câmara de pressão de distribuição de ar (4),

5 um dispositivo para borrifar água na câmara de pressão (4),

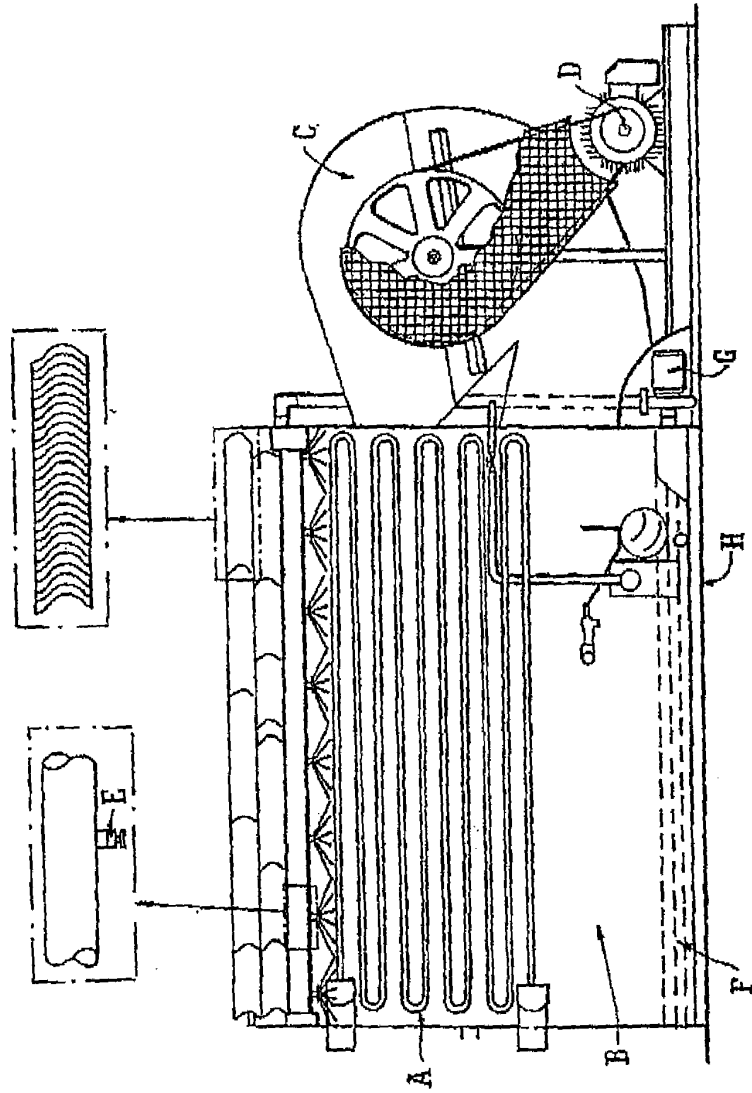
uma superfície de coleta (18, 22) para coletar água não evaporada borrifada para o interior da câmara de pressão (4), a superfície de coleta (18, 22) sendo arranjada para drenar a água para o interior de um poço (16) dentro da câmara de pressão (4), substancialmente sem permanecer sobre a superfície de coleta (18, 22), e,

uma interface de drenagem (24) entre a superfície de coleta (18, 22) e o poço (16), a interface (24) sendo arranjada para formar um selo líquido entre a câmara de pressão (4) e o poço (16) de modo que uma pressão de ar não equilibrada pode ser mantida entre eles,

15 caracterizado pelo fato de que nenhuma água dentro do poço (16) fica exposta a um fluxo de ar forçado na câmara de pressão de distribuição de ar.

2. Trocador de calor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dispositivo para borrifar água é arranjado para operar com água apenas suficiente para a operação a úmido do trocador de calor.

20 3. Trocador de calor de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que é arranjado para operar com aproximadamente 90 litros de água por metro quadrado de área de serpentina.



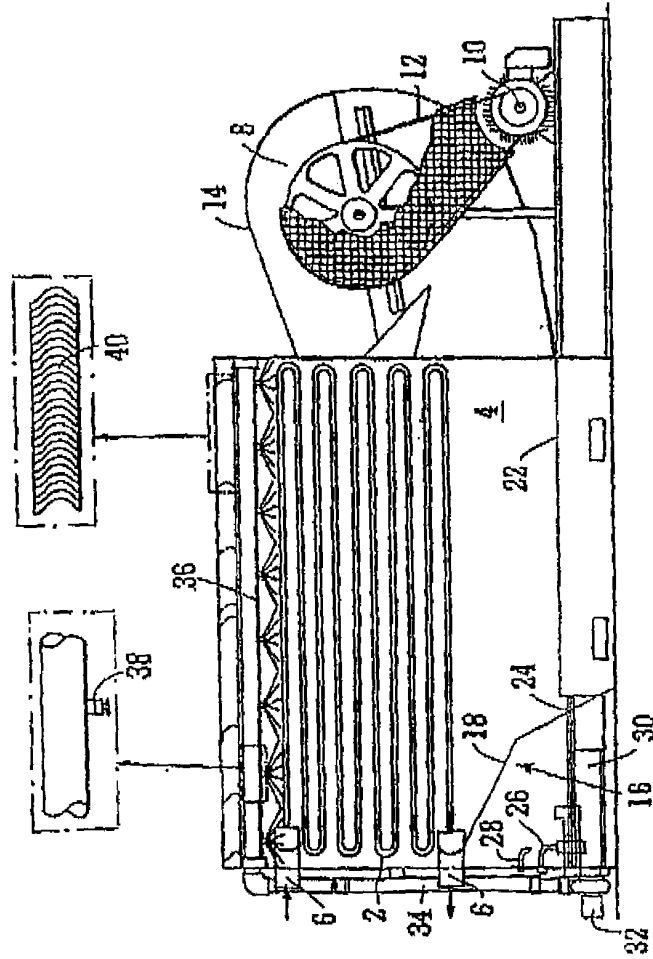


FIG. 2A

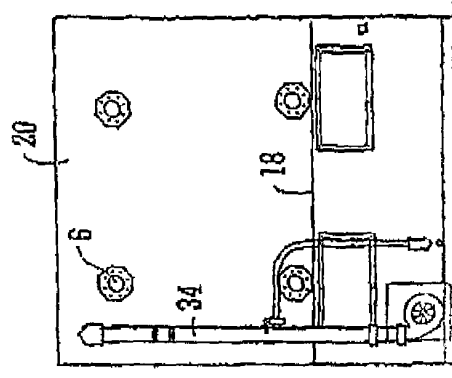


FIG. 2B