

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

(21) **PI 0617216-4 A2**

(22) Data de Depósito: 10/10/2006
(43) Data da Publicação: 02/01/2013
(RPI 2191)



(51) *Int.Cl.*:
F28D 20/02
F25B 9/04

(54) **Título:** APARELHO TROCADOR DE CALOR

(30) **Prioridade Unionista:** 10/10/2005 FI 20051018,
10/10/2006 FI 20060896

(73) **Titular(es):** MG INNOVATIONS CORP.

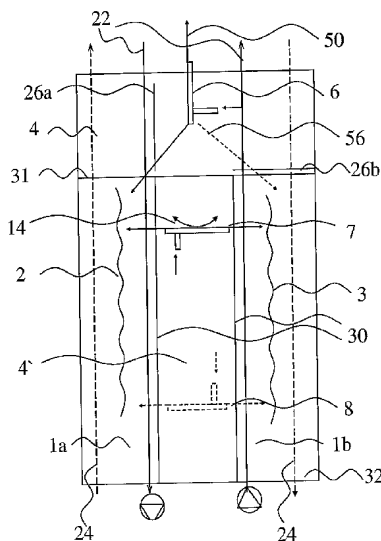
(72) **Inventor(es):** KARI MOILALA, MICHAEL GASIK

(74) **Procurador(es):** Momsen, Leonardos & CIA.

(86) **Pedido Internacional:** PCT FI2006050434 de 10/10/2006

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/042621 de
19/04/2007

(57) **Resumo:** APARELHO TROCADOR DE CALOR. A invenção trata de um aparelho trocador de calor para material transformador de fase (PCM) compreendendo células trocadoras de células trocadas de calor (1a, ab) operando na base do princípio a contracorrente regenerativo, acumuladores de material transformador de fase (PCM) (2, 3) previsto nas células trocadoras de calor e um tubo vorticoso 6, 7, 8). Quando as direções dos fluxos de ar, gás e líquido são ciclicamente invertidas no aparelho, energia é recuperada no interior da célula trocadora de calor e no acumulador PCM, e durante o ciclo subsequente, a energia é liberada da célula trocadora de calor e acumulador PCM estão sendo carregados, a outra célula trocadora de calor e acumulador PCM são simultaneamente descarregados. O fluxo frio/quente do tubo vorticoso é usado para aumamentar/criar diferenciais de temperatura necessários. A invenção é aplicável e edifícios, veículos, salas de controle climático, dispositivos individuais ou múltiplos, tais como computadores, e em vários processos, tal como, porém sem estar limitado a, processos criogênicos e em tecnologia espacial e aplicações de dióxido de carbono supercríticas. (FIGURA 1)



“APARELHO TROCADOR DE CALOR”

CAMPO TÉCNICO

A presente invenção trata de um trocador de calor compreendendo um trocador de calor regenerador operando na base do princípio a contra corrente e de acumulador de entalpia de material transformador de fase (PCM) no trocador de calor e/ou de um tubo de remoinho tirando vantagem do fenômeno Venturi. O sistema proporciona resfriamento prévio e secagem prévia de ar de ventilação fresco no Verão e para pré-aquecimento e pré-umidificação de ar de ventilação fresco no Inverno. O sistema da invenção pode ser utilizado sem ventilação de forma idêntica. Além de em edifícios, a presente invenção pode usada com veículos, recintos de equipamento industrial e comercial, assim como quaisquer compartimentos fechados que exijam condições climáticas controladas, por exemplo, por refrigeração em processos e aparelhos tais como computadores e equipamento de telecomunicação. Além de resfriamento a ar ou gás, o trocador de calor é aplicável para otimização de transferência de calor em líquidos.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

Em escala global, energia é abundantemente usada para resfriamento, se opondo à tendência natural de energia térmica a passar no sentido de um objeto mais frio. À medida que o clima se aquece, resfriamento e desumidificação mais energia é exigida. A refrigeração por compressor convencional é um processo altamente consumidor de potência/energia. A refrigeração por absorção entre outras coisas tira vantagem eficiente de calor perdido. A unidade termelétrica baseada sobre o fenômeno Seebeck converte calor em eletricidade, todavia, tem altos custos de produção, tornando-se assim imprópria para objetos que exijam maiores proporções de energia.

Além de edifícios, veículos e processos industriais, o controle de temperatura é também vital nos dispositivos geradores de calor, tais como



computadores.

A ventilação é importante, orem com frequência é impossível de ser usada, por exemplo, em locais com ar ou atmosfera poluída, tais como lojas ao nível urbano ou citadino. Em muitas aplicações, como no resfriamento de computadores, a ventilação torna-se desnecessária.

Em um armazenamento de calor PCM, em si conhecido, as mudanças de fase de material estão genericamente entre um estado sólido e um estado líquido. Os armazenamentos em causa são usualmente mantidos na faixa de temperatura de zero a 100°C, assim sendo próprios para armazenamento de energia a curto prazo quando ligados com aquecedores e resfriadores. A mídia típica compreende água/gelo, salmouras, hidratos de sal inorgânicos, hidrocarbonetos saturados e ácidos graxos de alto peso molecular, as unidades de armazenamento PCM apresentam as vantagens de pequeno porte, comparadas *e.g.* com as unidades de armazenamento para água isoladamente, e não possuem quaisquer partes móveis, materiais PCM foram utilizados recentemente para o aquecimento e resfriamento de pano usado para roupas. Uma deficiência de armazenamento de materiais PCM é causada pela sua insatisfatória condutividade térmica. Os armazenamentos PCM também podem receber uma configuração platiforme. As descargas de calor do armazenamento PCM constituem um grande problema, porque calor adicional não pode ser armazenado salvo se tiver sido primeiramente descarregado. A operação PCM é assim baseada sobre cargas e descargas cíclicas. Uma das vantagens de materiais PCM reside na sua operação com pequenos diferenciais de temperatura. Se a temperatura do ar de ventilação exterior e interior é a mesma, naturalmente troca de fase não se processa.

A demanda de refrigeração em edifícios depende de três componentes, a carga térmica causada pela atmosfera externa, pela atmosfera interna e pela ventilação. A recuperação de calor operando na base do princípio a contracorrente comprovou produzir um rendimento mais elevado

do que um sistema operando na base do princípio de corrente direta (ver *por exemplo*: 7 059 385). Em um sistema regenerativo, calor é armazenado efetivamente em células termo recuperativas.

5 Nos trocadores de calor a placa contra corrente recuperativos, as correntes de ar não são invertidas e assim não podem interagir idealmente com um armazenamento PCM nem com uma célula de termo recuperação rotativa regenerativa.

Um sistema de célula de armazenamento regenerador e acumulativo operando na base do princípio a contra corrente é direto e eficaz.

10 O sistema celular pode ser produzido de qualquer material dotado de alta capacidade de armazenamento térmico (capacidade térmica) tal como alumínio ou cobre. Também um trocador de calor regenerativo do tipo rotativo pode ser usado que alternadamente gira entre duas contracorrentes (de ar), desse modo substituindo duas células trocadoras de calor, ainda que a

15 eficiência seja mais baixa e a construção bastante complicada e dispendiosa.

Um tubo vorticoso ou dispositivo similar, em si conhecido, tira vantagem do fenômeno Venturi. Consulte-se *Wikipedia* http://en.wikipedia.org/wiki/Vortex_tube. O tubo vorticoso tem uma porta de entrada e primeira e segunda portas de saída em extremidades

20 opostas de um tubo disposto perpendicular à porta de entrada. Um fluido compressível tal como o ar ingressa pela porta de entrada e ar aquecido egressa pela primeira porta de saída enquanto ar resfriado egressa pela segunda porta de saída. O tubo vorticoso não tem quaisquer partes móveis. Por exemplo, se a 21°C ingressa pela porta de entrada, ar a 76°C pode

25 egressar pela primeira porta de saída e -34°C podem egressar pela segunda porta de saída.

Em vez de tubo vorticoso, tecnologia convencional tal como um compressor pode ser usada para criar um diferencial térmico, orem então a eficiência é mais baixa. Se o tubo vorticoso é usado isoladamente, a

19/2

capacidade não é tipicamente econômica para a refrigeração/calefação de grandes espaços.

Nas patentes DE 3825155, US 4407134 e pedido de patente publicado US nº 2002073848, um tubo vorticoso é mencionado como um dispositivo separado usado para produção de uma corrente de ar fria de um lado e uma corrente de ar quente no lado oposto. Este tubo também não é conectado com qualquer trocador de calor quer com o PCM quer na sua ausência, porque seu princípio contínuo de operação não permite o tubo vorticoso a ser conectado com um dispositivo que funcione periodicamente, como na presente invenção. No EP 1455157 PCM é mencionado apenas como uma mídia armazenadora de calor, porém não é conectado com um tubo vorticoso externo diferentemente da presente invenção.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção tem a finalidade de criar um trocador de calor regenerativo que pode ser usado sob a maioria das condições, mesmo onde o fluido externo não é disponível, e particularmente, sob condições onde o diferencial térmico de fluidos saíntes e entrantes não é suficiente para assegurar o efeito de mudança de fase de PCM.

A invenção é aplicável a transferência de calor entre o ar, outros gases e líquidos.

Calor latente não é observado quando a temperatura aumenta, uma vez que é a energia requerida para um material passar um estado físico para outro, tal como de gelo para água e de água para vapor. As ditas mudanças de estado podem ser endotérmicas, isto é, ligam (absorvem) energia térmica, ou exotérmica, isto é, liberam energia térmica. Assim, por exemplo, a energia requerida para evaporação de água é liberada quando o vapor volta a ser condensado na forma de água líquida.

De acordo com a invenção, um acumulador PCM é adicionado a pelo menos uma célula de recuperação térmica, o calor armazenado n



acumulador sendo liberado quando as direções de fluxo de ar são invertidas. Cada acumulador e o material regenerador de calor são ligados de tal maneira que a transferência de calor possa se processar da maneira mais eficiente possível. Isto é importante no que concerne à manipulação de ar e gás devido à condensação e evaporação de umidade. Deve ser observado que o uso de material recuperador (regenerador) de calor não é tão importante no tocante ao trato de líquidos. O aparelho compreende duas células de recuperação de entalpia, nas quais as direções de fluxo de fluido são alternadamente invertidas. Na primeira extremidade do aparelho um tubo vorticoso pode ser localizado, do qual fluido quente/frio é dirigido de uma primeira porta de saída através de uma câmara para o PCM. Simultaneamente o segundo fluxo proveniente do tubo vorticoso é dirigido de uma segunda porta de saída para um segundo PCM (caso exista) para o espaço exterior.

De acordo com a invenção, para um trocador de calor, a mudança de fase inicial do PCM é criada rapidamente pela temperatura do ar egressando do tubo vorticoso. Quando o estado da fase é trocado, o tubo vorticoso é desativado, por exemplo, pode ser regulado pela temperatura, e a sua operação não é mais requerida. Existem inúmeras maneiras de usar o fluxo quente e frio de tubo vorticoso, isto é, onde o ar quente ou resfriado pode ser conduzido para uma saída ou entrada do aparelho. Qual das maneiras é usada depende de razões de ordem econômica. O fluxo da segunda porta de saída do tubo vorticoso, poderia levar a célula. Caso contrário, é dirigido para o espaço exterior, ou para aquecer/resfriar algo mais, tal como a água. O fluxo proveniente da primeira porta de saída é dirigido para o trocador de calor do aparelho, onde o PCM está localizado. Durante o segundo ciclo o primeiro fluxo de fluido frio ou quente pode ser conduzido através do outro trocador de calor/PCM. O fluxo, que não é conduzido através do trocador de calor/PCM pode ser dirigido para o espaço exterior. O ar então é quente ou frio. Assim a diferença térmica é criada rapidamente e eficientemente pelo tubo vorticoso.

Materiais acumuladores PCM são disponíveis para determinadas faixas de temperatura. Unidades de ar condicionado podem ser usadas sob condições exteriores frias e quentes. Por conseguinte, vários materiais acumuladores PCM são requeridos. Adicionalmente, por exemplo, uma bomba calefatora a ar de escape não funciona eficientemente sob condições frias. Usando um tubo vortical conforme mencionado acima como um pré-aquecedor/resfriador, somente poucos materiais acumuladores PCM são necessários devido ao tubo vortical tornar a temperatura de fluido entrante bastante estável e ideal perante material acumulador PCM.

O tubo vortical pode ser localizado, por exemplo, em ambas as extremidades do aparelho ou no meio entre os trocadores de calor e PCMs. O aparelho trocador de calor de troca de fase é precisamente exposto na reivindicação 1.

De acordo com a invenção o tubo vortical pode ser usado com ventilação nos casos onde o diferencial de temperatura de ar interior e exterior não é suficiente para criar a troca de fase do PCM.

O sistema da invenção tem rendimento mais elevado – um coeficiente de desempenho (COP) de até 9,0 – em relação aquele de aparelhos de refrigeração convencionais – uma média COP de 2,7. A relação de rendimento de energia sazonal (SEER) da invenção é relativamente mais uniforme devido à ausência de congelamento no inverno e isenção de evaporação de carga no verão. A invenção reduz notavelmente a carga máxima de energia elétrica tanto no inverno como no verão. Esta é uma questão muito importante com relação à países *e.g.* China, que com frequência carecem de energia elétrica suficiente.

O aparelho da invenção é econômico, relativamente silencioso, de baixo peso, de manutenção conveniente, e não contém substâncias perigosas.

De acordo com a invenção o aparelho necessita somente três

ventiladores para operar, a saber, dois para reciclagem ou ventilar o ar/fluido (dois ventiladores/bombas de capacidade quase igual são necessários para equilibrar o fluxo de fluido e evitar quedas de pressão) e uma para o tubo vortical. O consumo de energia é muito baixo e, por conseguinte, o requisito de energia de conexão elétrica é igualmente baixo. Isto possibilita o uso de fontes de baixa potência tais como painéis solares, por exemplo, nos contêineres para transporte assim como em estações base de telecomunicação remota.

O resfriador acionado por compressor de automóveis requer que o motor esteja funcionando ao usar o compressor. A atmosfera é então poluída mesmo se o carro não estiver em movimento. De acordo com a invenção, o resfriamento da atmosfera interna é possível com baixo consumo de energia se o motor estiver desligado. Em ambientes isolados fechados tais como submarinos ou salas anti-sépticas, um baixo nível de ruído constitui um requisito básico adicional, quando o fornecimento de ar fresco é indisponível. Este baixo nível de ruído pode ser obtido com a presente invenção.

Na ventilação convencional, dispositivos recuperadores de calor e resfriadores apresentam longos tempos de payback. Além dos custos iniciais, ventiladores de recuperação de calor tradicionais e bombas de calor utilizando ar externo não podem funcionar sem utilizar energia externa à temperaturas abaixo de 0°C. Bombas de calor de ar interno, mais uma vez são inúteis quando o ar exterior é mais quente que o ar no interior. Consequentemente, os aparelhos em causa têm períodos operacionais muito curtos por ano (quer no Inverno quer no Verão, porém, não durante todo o ano). Caso torne-se necessário usar ambos os sistemas conjuntamente com um secador ou umidificador de ar; os custos seriam ainda mais elevados. Calculado em termos das zonas quentes nos U.S.A. e de suas tarifas de eletricidade média, o dispositivo de ventilação da presente invenção pode ter um tempo de *payback* de menos de um ano. O excelente fator de desempenho

127

sazonal (SPF) é devido ao longo período de uso cada ano, isto é, através da totalidade do ano na prática, uma vez que o aparelho opera tanto no Inverno como no Verão.

DESCRIÇÃO SUCINTA DOS DESENHOS

5 A invenção é explanada abaixo por intermédio de um exemplo e com referência aos desenhos, de acordo com os quais:

A figura 1 é uma vista esquemática de um aparelho trocador de calor PCM da presente invenção mostrando os seus fluxos de fluido; e

10 A figura 2 é uma vista esquemática do tubo vortical, ilustrando fluxos de fluido e trocadores de calor e materiais de troca de fase para diferentes temperaturas operacionais de acordo com a presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA

Como visto na figura 1, um aparelho trocador de calor PCM de acordo com a presente invenção compreende pelo menos duas células

15 trocadoras de calor regenerativas 1a e 1b operando na base do princípio a contracorrente regenerativa, através das quais correntes de ar, gases ou líquidos são dirigidas para e do dispositivo com direções de fluxo opostas alternadas e ciclicamente invertidas. As correntes de ar são indicadas por setas 22 e 24. As setas em linha cheia 22 indicam o fluxo de ar em um ciclo ao

20 passo que as setas em linha descontinua 24 indicam o fluxo de ar durante um segundo ciclo. A mudança em direção para as correntes de ar nas células 1a e 1b pode ser efetuada por técnicas conhecidas, e.g. defletores, ventiladores, refletores, flapes ou desviadores a roda rotativa. Estas técnicas conhecidas para troca da direção de fluxo de ar nas células 1a e 1b são esquematicamente

25 indicadas pelos itens 26a e 26b.

Alternativamente, um único trocador de calor regenerativo do tipo rotativo pode ser usado quando modificado para dois fluxos de células de ar, porém o rendimento não é tão satisfatório quanto aquele de dois trocadores de calor.

Os trocadores de calor (células) (1a e 1b) são dispostos em relação contígua ou próximos um do outro e são separados de modo a prevenir o mesclamento destes fluxos e condução térmica excedente. Uma ou mais células produzidas de ou contendo algum material de troca de fase, isto é, acumuladores PCM (2, 3) são montados nos trocadores de calor (1a e 1b). Quando fluido quente ingressa em uma das células (*e.g.*, 1a), transfere sua energia (entalpia) para esta célula trocadora de calor (1a) e pode mudar o estado do material no acumulador PCM (2). Isto envolve uma mudança de temperatura do fluido circulante. Os trocadores de calor podem ser produzidos de um material altamente termo condutivo, tal como alumínio ou cobre, de preferência também tendo uma alta capacidade calorífica. Os trocadores de calor (1a, 1b) podem situar-se no meio do aparelho. Eles (1a, 1b) são separados mutuamente e do aparelho por paredes (30), e paredes (31 e 32) em ambas as extremidades das células com aberturas para as correntes de ar ilustradas. O acumulador PCM (2,3) pode ser construído de modo a gerar turbulência suficiente do fluido circulante. Quando calor suficiente proveniente do fluido entrante tiver se acumulado, ou a fase do acumulador PCM (2, 3) é trocada, as direções dos fluxos de fluido são invertidas, de modo que o fluido mais frio é aquecido durante a passagem através da célula quente (1a, 1b) e vice versa. Calor é também liberado no interior do fluxo de fluido provenientes do acumulador PCM (2 ou 3), se no ciclo prévio foi armazenado devido ao efeito de troca de fase.

A operação cíclica pode ser otimizada em termos da temperatura, entre outros fatores. No caso de fluxo de ar, vapor d'água contido no ar durante os ditos ciclos é condensado sobre a superfície da correspondente célula, durante o ciclo subsequente, retorna ao ar por evaporação. A energia necessária para evaporação é fornecida pela célula e o acumulador PCM (2 ou 3), o ar é assim resfriado e as trocas de fase (2 ou 3) do acumulador PCM por exemplo de líquido para sólido. Durante o ciclo

subseqüente, o ar quente é resfriado ao atingir a célula fria e o acumulador PCM (2 ou 3), e ao término do ciclo, a célula fria é aquecida e a fase do acumulador (2 ou 3) é trocada mais uma vez, agora de sólido para líquido, resultando nas direções da corrente de ar serem mais uma vez invertidas.

5 Consequentemente, uma pluralidade de acumuladores PCM (2, 3) pode ser prevista em diferentes faixas de temperatura, p.ex. com um acumulador principiando a operar quando outro tiver sido desativado, ou com um operando sob condições frias ao passo que o outro funciona sob condições quentes. Acumuladores PCM (2, 3) podem ser previstos em somente uma das

10 células trocadoras de calor, todavia, maior eficiência é alcançada com pelo menos um acumulador PCM (2, 3) em ambas as células trocadoras de calor (1a e 1b) em ambas as células trocadoras de calor (1a e 1b), para que um acumulador seja continuamente carregado enquanto o outro é descarregado. Calor pode também ser carregado/descarregado em/de um

15 acumulador PCM (2, 3) usando um sistema de circulação de líquido adicional (um circuito secundário) permitindo o calor ser utilizado para outras finalidades tal como aquecimento da água. A invenção é apropriada para edifícios e veículos, porém também para gerenciamento de calor em processos e aparelhos industriais, tais como computadores, sistemas

20 eletrônicos de energia, e assim por diante.

O acumulador PCM tira proveito de calor latente. Por outro lado a troca de fase exige muita energia. Este calor/diferencial de temperatura é criado/aumentado pelo tubo vortical (6-8) compreendendo um tubo oco. O tubo vortical pode ser localizado em uma câmara impermeável a fluido (4), ou

25 em uma região (câmara) 4' entre as células (1a e 1b). Para o interior do tubo vortical (6-8) ar comprimido é conduzido tangencialmente para o interior do orifício de admissão (40). Ar quente egressa inicialmente pelo orifício de saída (42) ao passo que ar frio egressa por um segundo orifício de saída 44. O fluido circula pelas células quentes ou frias (1a e 1b) e acumuladores PCM

associados (2, 3). O fluxo do tubo vortical (6-8) não usado no processo pode ser conduzido para o espaço exterior (50) o pode ser usado para resfriar/aquece, por exemplo, água. Também este outro fluxo proveniente do tubo vortical (6-8) pode ser usado no processo. Normalmente somente um

5 tubo vortical (68) é usado em um dispositivo.

Por exemplo, como mostrado na figura 2, ar de 21°C (9) é guiado por um ventilador/compressor/bomba (52) (pressão de 6-7 bar) para o interior de um tubo vortical (6-8) pelo orifício de entrada (40). Do primeiro orifício de saída (42) do tubo vortical o fluido corrente está a +76°C (12)

10 quando ingressa no interior da célula trocadora de calor (1b). O acumulador PCM (3) está em forma sólida. Quando fluido quente passa através da célula trocadora de calor (1b) e acumulador PCM (3), a fase do acumulador PCM (3) muda de sólida para líquido. Quando o fluido está fluindo da célula trocadora de calor (1b) sua temperatura baixou para +32°C (13). A energia térmica e

15 entalpia é absorvida pelo material de recuperação térmica tal como alumínio ou cobre e material acumulador PCM (3). O outro acumulador PCM (2) não reage à temperatura uma vez que opera na faixa diferente de temperaturas. Do segundo orifício de saída (44) do tubo vortical o fluido fluente tem um orifício de saída de temperatura (44) de 34°C (10). A disposição é de tal

20 natureza que do outro lado do tubo vortical – acima mencionado – exceto o material acumulador PCM (2) troca de fase de líquido para sólido devido ao fluido frio (10). Durante o processo a temperatura do fluido aumenta de -34°C para +10°C. O acumulador PCM (2) liberou energia térmica que foi armazenada durante o ciclo prévio. O outro acumulador PCM (3) não reage

25 uma vez que a temperatura não é adequada para sua mudança de fase.

A invenção faz uso da troca de fase do material (PCM) ciclicamente invertendo o processo, por exemplo, entre sólido e líquido – calor latente de fusão.

A energia usada para a troca de fase de material é designada de

calor latente. A invenção faz uso (absorve) de calor para criar duas mudanças de fase ao mesmo tempo no primeiro orifício de saída (42) do tubo vortical (6-8) por exemplo, de sólido para líquido (2) e ao mesmo tempo no segundo orifício de saída (44) do tubo vortical (6-8) de líquido para sólido (3). Adicionalmente a invenção se vale da troca de fase de umidade durante a condensação e evaporação sobre a superfície do trocador de calor (1a, 1b). Baseada sobre isto a eficiência da invenção é muito alta.

Quando estas transformações de fase tiverem se processado, as correntes através dos trocadores de calor (1) são invertidas. Também os fluxos (10, 12) do tubo vortical (6-8) têm de ser alterados. Isto pode ser realizado, por exemplo, dirigindo para o interior do trocador de calor (1) o fluido circulante por uma válvula, conduto ou placa (ver seta tracejada 56) ou pelo uso de vários tubos vorticais diferentes (7, 8) usados ciclicamente, (quando o primeiro está em ação, o outro está inativo, e vice versa), ou um único tubo vortical (7) pode ser girado em incrementos por exemplo de 180 graus, como mostrado pela seta 14.

O processo inverso libera a mesma quantidade de energia que foi absorvida previamente.

Uma vez que a troca de fase de material (calor latente) requer significativamente mais energia que a calefação ou refrigeração, o objetivo da invenção é operar tão próximo quanto possível da temperatura/ponto de troca de fase. Em outras palavras a invenção força o acumulador PCM (2, 3) a efetuar a troca de seu estado tantas vezes quanto possível em um determinado período de tempo.

Uma vez que o diferencial de temperatura de ar/gás/fluido interior e exterior seja suficiente para tornar uma troca de fase de material disponível, o tubo vortical (6-8) pode ser desativado.

Por outro lado, o uso do tubo vortical (6-8) habilita o uso da invenção quando o diferencial de temperatura de condição exterior e interior não é bastante para processar a troca de fase, ou o alvo não é utilizar o

diferencial de temperaturas. No caso reciclagens de fase no espaço através da invenção, onde aquece/resfria. Com relação ao ar, inexistente ventilação, a invenção é somente um aquecedor/resfriador.

Embora tenham sido ilustrados e descritos e destacados os

5 novos aspectos característicos fundamentais da invenção conforme aplicada às modalidades preferenciais da mesma deve ser entendido que várias omissões e substituições e alterações na forma e detalhes dos aparelhos e processos descritos podem ser realizadas por aqueles versados na técnica sem se afastar do espírito da invenção. Por exemplo, é expressamente proposto

10 que todas as combinações daqueles elementos e/ou etapas de processo que desempenham substancialmente a mesma função em substancialmente da mesma maneira para alcançar os mesmos resultados se enquadrem dentro do âmbito da invenção. Outrossim, deve ser reconhecido que estruturas e/ou elementos e/ou etapas de processo ilustradas e/ou descritas em relação com

15 qualquer forma ou modalidade da invenção podem ser incorporadas em qualquer outra forma ou modalidade exposta ou descrita ou sugerida como uma questão genérica de opção de construção. A intenção, por conseguinte, é para ser limitada somente conforme indicado pelo âmbito das reivindicações aqui apenas. Outrossim, nas reivindicações cláusulas de dispositivos mais função

20 são propostas para cobrir as estruturas descritas aqui como desempenhando a função enumerada e não somente equivalentes estruturais, porém também estruturas equivalentes. Assim embora um prego e um parafuso possam não ser equivalentes estruturais pelo fato de um prego empregar uma superfície cilíndrica para interligar partes de madeira, ao passo que um parafuso

25 emprega uma superfície helicoidal, no ambiente de fixar partes de madeira, um prego e um parafuso podem ser estruturas equivalentes.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho trocador de calor para material de mudança de fase caracterizado pelo fato de que compreende:

5 pelo menos primeira e segunda células trocadoras de calor (1a e 1b), individualmente dimensionadas para circulação de fluido através das mesmas, com direções de fluxo de fluido que alternadamente se invertem no interior de cada célula enquanto permanecendo mutuamente opostas, pelo menos uma das ditas primeira e segunda células trocadoras de calor (1a, 1b) compreendendo um acumulador de material trocador de fase (PCM) (2, 3);

10 um tubo vortical (6, 7, 8) tendo um orifício de entrada (40), um primeiro orifício de saída (42) e um segundo orifício de saída;

uma câmara impermeável a fluido (4, 4'), na qual o tubo vortical (6, 7, 8) está localizado, na qual ambos os fluxos de fluido provenientes dos orifícios de saída (42, 44) do tubo vortical (6, 7, 8) são

15 conduzidos através das primeira e segunda células trocadoras de calor (1a, 1b), e qualquer acumulador de material de troca de fase (PCM) (2, 3) localizado no seu interior, para o espaço ou espaço exterior.

2. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que quando o diferencial de temperatura dos fluxos de fluido de e para o aparelho é suficiente para ativar o acumulador (2, 3) de material transformador de fase (PCM), a operação do tubo vortical (6, 7, 8) é desativada.

20

3. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que uma pluralidade de acumuladores de material de transformação de fase (PCM) ciclicamente operáveis (2, 3) é prevista nas respectivas células.

25

4. Aparelho de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que pelo menos alguns dos acumuladores (2, 3) têm diferentes faixas de temperatura de operação.

5. Aparelho de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a célula trocadora de calor de material de transformação de fase (PCM) (1a, 1b) é dimensionada para uso em um dos seguintes: um edifício, veículo, submarino, aeroplano, contêiner para transporte, comutador, dispositivo criogênico, em tecnologia espacial, e um dispositivo de aplicação de dióxido de carbono supercrítico.

6. Aparelho trocador de calor caracterizado pelo fato de que compreende:

pelo menos um tubo vortical (6,7,8) tendo um orifício de entrada, um primeiro orifício de saída e um segundo orifício de saída, o tubo vortical posicionado na câmara impermeável a fluido de maneira que um primeiro fluxo de fluido proveniente do primeiro orifício de saída do tubo vortical seja conduzido passado para o acumulador de material transformador de fase a partir do exterior do aparelho enquanto simultaneamente um fluxo proveniente do segundo orifício de saída do tubo vortical é conduzido em uma direção oposta com respeito a outra célula trocadora de calor.

7. Aparelho de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o fluxo proveniente do segundo orifício de saída do tubo vortical é guiado no exterior do aparelho.

8. Aparelho de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que compreende ainda pelo menos um segundo acumulador de material transformador de fase posicionado na segunda célula trocadora de calor e no qual o primeiro fluxo de fluido proveniente do primeiro orifício de saída do tubo vortical é alternativamente guiado para o acumulador de material transformador de fase na primeira célula trocadora de calor e a seguir para a segunda célula trocadora de calor.

9. Aparelho de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o fluxo de fluido alternado do primeiro orifício de saída do tubo vortical é alternativamente posicionado com respeito aos acumuladores

de material transformador de fase na primeira e segunda célula trocadora de calor por condutos ou placas associadas com o primeiro orifício de saída do tubo vortical.

5 10. Aparelho de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a saída alternada do primeiro orifício de saída do tubo vortical é posicionada com respeito aos acumuladores de material transformador de fase nas primeira e segunda células trocadoras de calor pelo alternadamente girar o tubo vortical em 180°.

10 11. Aparelho de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que compreende ainda um segundo tubo vortical posicionado na câmara impermeável a fluido para que um primeiro fluxo de fluido proveniente do primeiro orifício de saída do segundo tubo vortical seja passado pelo acumulador de material transformador de fase associado com a segunda célula trocadora de calor e no qual os primeiro e segundo tubos
15 vorticais são ciclicamente ativados e desativados para que somente um fluxo de fluido de tubo vorticoso proveniente do seu primeiro orifício de saída flua a qualquer tempo dado.

20 12. Aparelho de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que uma única célula trocadora de calor regenerativa do tipo rotativo é usada em substituição das primeira e segunda células trocadoras de calor, a célula trocadora de calor regenerativa do tipo rotativo posicionada entre fluxo de fluido quente e frio para que fluxo de fluido não se inverta alternativamente e para que o primeiro fluxo de fluido proveniente do primeiro orifício de saída do tubo vorticoso passe através do acumulador de
25 material transformador de fase quando a célula trocadora de calor regenerativa estiver girando.

13. Aparelho trocador de calor para material de mudança de fase, caracterizado pelo fato de que compreende:

pelo menos uma primeira e uma segunda células trocadoras de

13

calor (1a e 1b), cada uma dimensionada para fluxo de fluido através das mesmas, com direções de fluxo de fluido que alternadamente se invertem no interior de cada célula enquanto permanecendo mutuamente opostas, pelo menos uma das ditas primeira e segunda células trocadoras de calor (1a, 1b) compreendendo um acumulador de material trocador de fase (PCM) (2, 3);

uma bomba de calor (52) disposta com respeito a pelo menos uma dentre a primeira e a segunda células trocadoras de calor de modo a fornecer aquecimento ou resfriamento para dita pelo menos uma célula trocadora de calor tendo uma abertura de entrada, uma primeira abertura de saída e uma segunda abertura de saída.

14. Aparelho de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o dito fornecimento de aquecimento ou resfriamento pela dita bomba de calor para dita pelo menos uma dentre a primeira e a segunda células trocadoras de calor é previsto para a outra célula trocadora de calor quando os sentidos de fluxo de fluido através das células trocadoras de calor são alternadamente invertidos.

15. Aparelho de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que a bomba de calor fornece resfriamento para uma das células trocadoras de calor e aquecimento para uma outra das células trocadoras de calor ao mesmo tempo e este fornecimento é invertido quando os sentidos de fluxo de fluido através das células trocadoras de calor são alternadamente invertidos.

16. Aparelho de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o aquecimento ou resfriamento da bomba de calor que não é fornecido a uma das células trocadoras de calor é fornecido fora do dito aparelho trocador de calor.

17. Aparelho de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que o aquecimento ou resfriamento da bomba de calor que não é fornecido a uma das células trocadoras de calor é fornecido fora do dito

aparelho trocador de calor.

18. Aparelho de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que compreende ainda uma segunda bomba de calor disposta com respeito a uma outra célula trocadora de calor de modo a fornecer
5 resfriamento ou aquecimento para dita outra célula.

19. Aparelho de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que o fornecimento de resfriamento ou aquecimento para cada célula trocadora de calor pela dita bomba de calor e dita segunda bomba de calor é cíclico com respeito a cada célula trocadora de calor de acordo com a
10 inversão alternada de sentidos de fluxo de fluido nas células trocadoras de calor.

20. Aparelho de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que o aquecimento ou resfriamento da bomba de calor que não é fornecido a uma das células trocadoras de calor é fornecido fora do dito
15 aparelho trocador de calor.

21. Aparelho de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que o aquecimento ou resfriamento da bomba de calor que não é fornecido a uma das células trocadoras de calor é fornecido fora do dito
aparelho trocador de calor.

22. Aparelho de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que compreende ainda uma câmara estanque a fluido em que a bomba de calor é pelo menos parcialmente localizada em dita câmara de modo a ser capaz de fornecer resfriamento ou aquecimento para dita pelo menos uma célula trocadora de calor.

23. Aparelho de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato de que o aquecimento ou resfriamento da bomba de calor que não é fornecido a uma das células trocadoras de calor é fornecido fora do dito
25 aparelho trocador de calor.

24. Aparelho de acordo com a reivindicação 13, caracterizado

pelo fato de que quando a diferença de temperatura dos fluxos de fluido do e para o aparelho é suficiente para ativar acumulador de material que muda de fase (PCM), a operação da bomba de calor é desligada.

25. Aparelho de acordo com a reivindicação 23, caracterizado
- 5 pelo fato de que uma pluralidade de acumuladores de material que muda de fase (PCM) que operam ciclicamente é prevista nas respectivas células.



7/7

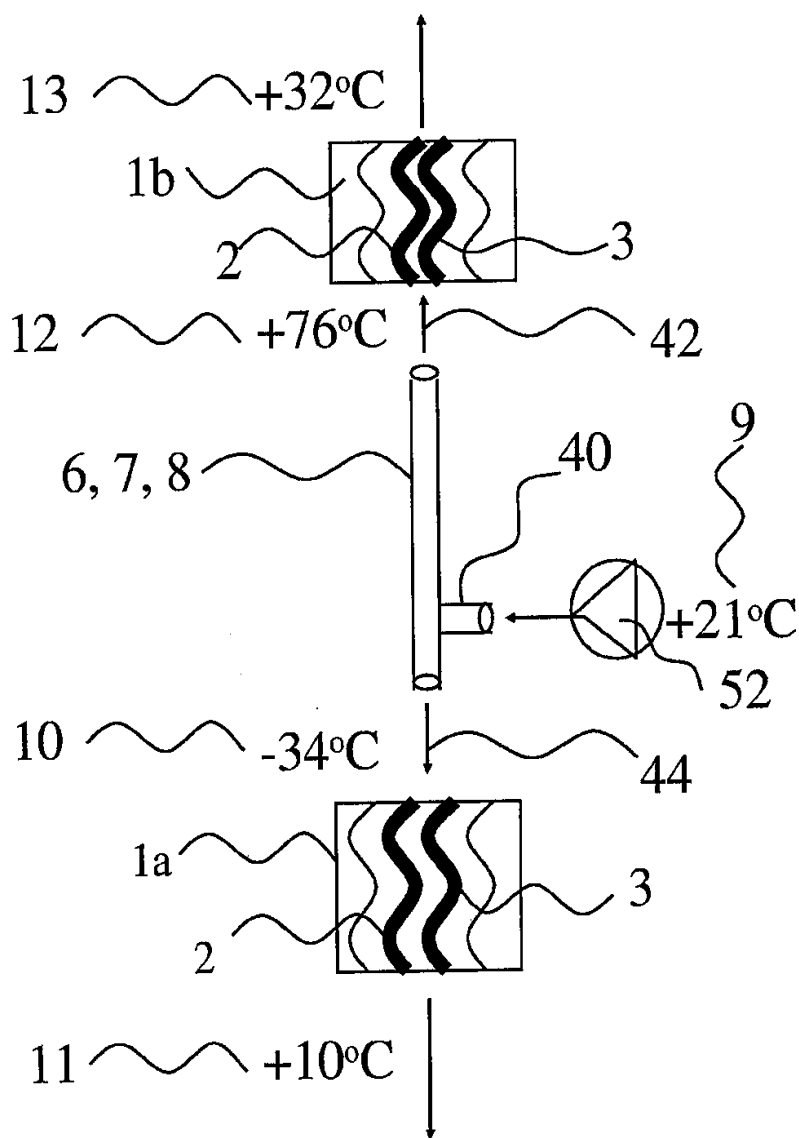


FIG. 2

RESUMO

“APARELHO TROCADOR DE CALOR”

A invenção trata de um aparelho trocador de calor para material transformador de fase (PCM) compreendendo células trocadoras de calor (1a, 1b) operando na base do princípio a contracorrente regenerativo, acumuladores de material transformador de fase (PCM) (2, 3) previsto nas células trocadoras de calor e um tubo vorticoso (6, 7, 8). Quando as direções dos fluxos de ar, gás e líquido são ciclicamente invertidas no aparelho, energia é recuperada no interior da célula trocadora de calor e no acumulador PCM, e durante o ciclo subsequente, a energia é liberada da célula trocadora de calor e acumulador PCM. Enquanto uma célula trocadora de calor e o acumulador PCM estão sendo carregados, a outra célula trocadora de calor e acumulador PCM são simultaneamente descarregados. O fluxo frio/quente do tubo vorticoso é usado para aumentar/criar diferenciais de temperatura necessários. A invenção é aplicável a edifícios, veículos, salas de controle climático, dispositivos individuais ou múltiplos, tais como computadores, e em vários processos, tal como, porém sem estar limitado a, processos criogênicos e em tecnologia espacial e aplicações de dióxido de carbono supercríticas.(FIGURA 1)