

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5904697号  
(P5904697)

(45) 発行日 平成28年4月20日(2016.4.20)

(24) 登録日 平成28年3月25日(2016.3.25)

(51) Int.Cl.

F25B 17/08 (2006.01)  
F25B 27/00 (2006.01)

F 1

F 25 B 17/08  
F 25 B 27/00Z  
L

請求項の数 16 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2009-528628 (P2009-528628)
(86) (22) 出願日	平成19年9月14日 (2007.9.14)
(65) 公表番号	特表2010-503823 (P2010-503823A)
(43) 公表日	平成22年2月4日 (2010.2.4)
(86) 國際出願番号	PCT/EP2007/008021
(87) 國際公開番号	W02008/034561
(87) 國際公開日	平成20年3月27日 (2008.3.27)
審査請求日	平成22年8月10日 (2010.8.10)
審判番号	不服2013-14776 (P2013-14776/J1)
審判請求日	平成25年8月1日 (2013.8.1)
(31) 優先権主張番号	102006043715.2
(32) 優先日	平成18年9月18日 (2006.9.18)
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)

(73) 特許権者	594102418 フラウンホーファーゲゼルシャフト ツ ル フェルデルング テル アンゲヴァン テン フォルシュング エー ファウ Fraunhofer-Gesellsc haft zur Foerderung der angewandten Fo rschung e. V. ドイツ連邦共和国 ミュンヘン ハンザシ ュトラーセ 27ツエー Hansa strasse 27c, D -80686 Muenchens, Ge rmany
-----------	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】吸着式ヒートポンプ

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

吸着剤の吸着サイクルと離脱サイクルの繰り返しによって運転される吸着式ヒートポンプシステムであって、

吸着剤を有する吸着器(3)と、

層状蓄熱器(2)と、

吸着サイクルにおいて前記吸着器から放出される吸着熱のうち、最大に吸着された吸着器の離脱に必要な温度よりも低い温度で生じた吸着熱を、熱移送媒体を介して放出するように構成されたヒートシンクと、

熱源と、

を備え、

前記層状蓄熱器(2)は、互いに異なる高さに互いに異なる温度の温度層を形成する液状の熱媒で充填されている容器と、所定の高さの温度層に熱媒を供給し、かつ所定の高さの温度層から熱媒を取り出すための装置と、を有し、

前記層状蓄熱器(2)は、吸着サイクルにおいて前記吸着器から放出され熱移送媒体を介して与えられる吸着熱を、吸着時の前記吸着器(3)における吸着量によって決まる発熱温度と対応する、前記層状蓄熱器の所定の高さの温度層に供給し、かつ、離脱サイクルにおいて、離脱時の前記吸着器(3)における吸着量によって決まる離脱に要する温度と対応する、該層状蓄熱器の所定の高さの温度層から、前記熱移送媒体を介して前記吸着器に供給し、

前記熱源は、前記吸着器における離脱のために必要な温度の熱媒を前記蓄熱器から取り出すことができない場合に、先行の吸着サイクルによって前記蓄熱器内に蓄えられている温度よりも高い温度の熱媒を形成するか、又は、前記蓄熱器内で必要な温度で蓄えられているものの離脱には十分な熱量ではない場合に、残りの熱量を形成することを特徴とする、吸着式ヒートポンプシステム。

**【請求項 2】**

前記液状の熱媒と前記熱移送媒体とが同一である請求項 1 に記載の吸着式ヒートポンプシステム。

**【請求項 3】**

前記熱源は、前記蓄熱器（2）から取り出された熱のための再熱器（4）として形成されている請求項 1 または 2 に記載の吸着式ヒートポンプシステム。 10

**【請求項 4】**

前記熱源は太陽熱収集器である請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の吸着式ヒートポンプシステム。

**【請求項 5】**

前記熱源は、エネルギー源の化学反応によってエネルギーを発生させるようになっている請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の吸着式ヒートポンプシステム。

**【請求項 6】**

前記熱源は、前記蓄熱器（2）内の最も高い温度層にだけ熱を供給するように形成されている請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の吸着式ヒートポンプシステム。 20

**【請求項 7】**

前記熱源は、該吸着式ヒートポンプシステムの運転状態に依存して前記蓄熱器（2）内の異なる温度層に熱を供給するように形成されている請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の吸着式ヒートポンプシステム。

**【請求項 8】**

前記ヒートシンクは、吸着器（3）に対応して配置された凝縮器（3a）内に生じた熱の放出のためのヒートシンクとしても形成されている請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の吸着式ヒートポンプシステム。

**【請求項 9】**

前記蓄熱器（2）は、互いに異なる相転換温度を有する複数の相転換材料を含んでいる請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の吸着式ヒートポンプシステム。 30

**【請求項 10】**

熱媒内に浸漬された 1 つの取り出し管を設けてあり、該取り出し管は種々の高さに閉鎖可能な開口部を備えている請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の吸着式ヒートポンプシステム。

**【請求項 11】**

熱媒内に異なる深さで浸漬された複数の取り出し管を設けてある請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の吸着式ヒートポンプシステム。

**【請求項 12】**

熱媒内に異なる深さで浸漬された前記複数の各取り出し管は、それぞれ 1 つの管を介して熱媒の取り出しを可能にする装置、有利には方向制御弁に接続されている請求項 1 に記載の吸着式ヒートポンプシステム。 40

**【請求項 13】**

前記蓄熱器（2）内に、互いに異なる温度の熱媒の混合を防止するため、複数の穴付薄板若しくはスポンジ状或いは纖維製の構造体を設けてある請求項 1 から 12 のいずれか 1 項に記載の吸着式ヒートポンプシステム。

**【請求項 14】**

吸着剤は、100 より高い離脱温度を必要とし、ゼオライトによって吸着されるようになっており、前記蓄熱器（2）は、水のため若しくは水分を含む混合物のための蓄圧器として形成されている請求項 1 から 13 のいずれか 1 項に記載の吸着式ヒートポンプシステム。 50

テム。

**【請求項 1 5】**

多段式の吸着式ヒートポンプシステムにおいて、該多段式の吸着式ヒートポンプシステムの少なくとも1つの段は、請求項1から14のいずれか1項に記載の吸着式ヒートポンプシステムによって形成されていることを特徴とする多段式の吸着式ヒートポンプシステム。

**【請求項 1 6】**

請求項1から15のいずれか1項に記載の吸着式ヒートポンプシステムを建物の暖房のために用いる方法。

**【発明の詳細な説明】**

10

**【技術分野】**

**【0 0 0 1】**

本発明は、吸着式ヒートポンプ若しくは吸着式冷凍機、及び効率的な運転に適した蓄熱器に関する。

**【0 0 0 2】**

吸着式ヒートポンプ及び吸着式冷凍機におけるCOP(coefficient of performance=動作係数)、つまり必要とされる作動熱に対する有効熱若しくは有効低温の比率は、同一のサイクル条件で作動する吸収式システムに比べて一般的に低い。熱力学的な解析(例えば、Meunier氏等、1996年、1997年1998年)により明らかのように、吸着は吸着器を熱源若しくはヒートシンクに接続した場合に一定の温度で生じている。

20

**【0 0 0 3】**

例えば冷凍機において、吸着器の温度はサイクルの経過中に最大の離脱温度と最低の吸着温度との間で変動し、吸着熱は周囲に放出されている(例えば冷却塔における再冷却)。しかしながら作動熱源(ガスバーナー或いはソーラーシステム)は熱を一定の温度レベルで供給している。エントロピー値は吸着器の最も低温状態(離脱過程の開始時)で最大である。このことは再冷却でも同じである。再冷器は一般的に一定の温度レベルに保たれ、エントロピー値は吸着器が最も高い温度状態にある場合に吸着過程の開始時に最大である。

**【0 0 0 4】**

種々の吸着サイクルにおけるエントロピー値は、フランス国の作業グループのMeunierやPons氏等によって研究されている(F.Meunier、F.Poyelle、M.D.LeVan氏等の論文、「Second Law Analysis of Adsorption Refrigeration Cycles: The Role of Thermal Coupling Entropy Production(Applied Thermal Engineering 17, 43-55, 1997)」及び、M.Pons、F.Poyelle氏等の論文「Adsorptive machines with advanced cycles for heat pumping and cooling applications(Internat. Jounal of Refrigeration 22, 27-37, 1999)」、参照)。この場合に、熱回収を最適にすると、エントロピー値は低く、COPは著しく高くなっている。目的は常に、吸着器をあらゆる運転状態で熱源若しくはヒートシンクに対するできるだけ低い温度差で作動させることにある。実際に、吸着器から所望の出力を取り出すために必要な温度差は最小になっている。

30

**【0 0 0 5】**

上記論文には、熱回収の実施のための2つの手段を示してある。第1に複数の吸着器を連結して、すでに完全に離脱されている吸着器において最大の温度レベルで解放された熱は、ちょうど離脱過程が開始された別の吸着器内で離脱のために用いられる。第2に2つの吸着器を備えた回路内でのサーマルウェブ(US 4694659号明細書)の実施である。

この場合に、1つの流体回路内で前後に接続された両方の吸着器は温度勾配を生ぜしめており、流れ方向で吸着作動の吸着器と離脱作動の吸着器との間に再熱器(高温・熱源)を接続しており、離脱作動の吸着器と吸着作動の吸着器との間に再冷器(中間温度・ヒートシンク)を接続してある。離脱動作と吸着動作との切り換えのために、流体の流れ方向は転向され、かつ再熱器及び再冷器の通過流は、再び前述の通過流順序を得るために切り換えられる。

40

50

## 【0006】

サーマルウェブの欠点は、COPの有効な増大のためには温度勾配を急激にして、これによって吸着段階中に熱移送流体が最大の吸着温度の吸着器を流過することである（再熱に供給される熱量は減少される）。急激な温度勾配は、すべての時点で吸着器の一部分のみが作動し（つまり、吸着し）、吸着器の大部分がすでに完全に吸着しているか若しくは吸着作動を開始していないことを意味している。このことは冷凍機の比出力（specific cooling power=SCP）にとって不都合である。したがってサーマルウェブにおいては、高いCOPを得ることと高い比出力を得ることは相反することになる。さらにサーマルウェブにおいて、互いに連結された吸着器は互いに直列に流過されねばならず、これによって熱媒（熱移送媒体）のための流路は長くなり、圧力損失及びポンプエネルギー消費量は大きくなっている。このような問題は、US 4694659号明細書に記載の発明の出願から20年を経ているにもかかわらず解決されるまでには至っていない。10

## 【0007】

2つよりも多くの吸着器間での熱回収器を備えた装置における欠点は、互いに熱絶縁すべき吸着器の運転のための高い装備費用にある。高いCOPを得るために吸着器の数を増大することになり、吸着器の数の増大は冷凍機若しくはヒートポンプのコストの増大につながっている。

## 【0008】

吸着式冷凍機の従来技術においては、圧縮式冷凍機の技術に比べて特に吸着器の比出力（SCP）を著しく高めなければならない。さらに多くの使用領域において吸着機のCOPを高めて、例えば作動熱の形成に際して化石燃料による一次エネルギーの利点を圧縮器に比べて達成する必要がある。20

## 【0009】

近年、高い比出力を得るための開発が行われている。例えば、SorTech AG社により、アルミニウム上にゼオライトを結晶化させることによって熱交換器をコーティングする方法が提案されている。該方法は、DE 102004052979 A1号明細書に、ゼオライト層で被覆されたサブストレートの形成のための方法として記載されている。ゼオライトと熱交換器との間の密な熱接触及び薄いゼオライト層によって、熱交換器の吸着出力は、ゼオライト・ペレットの敷設及び接着に比べて著しく高められる。しかしながら比出力のこのような改善はCOPの低下を甘受することになる。つまり薄いゼオライトに基づき、熱交換器に対する吸着剤の質量比並びに吸着可能な熱と感知可能な熱の熱比は、ゼオライト塗布層を備えるシステムよりも小さくなっている。小さい熱比にとって高い比出力を可能にして、COPを著しく増大させる必要がある。離脱時に吸着器に供給される感知可能な熱の回収、並びに外部の熱源若しくはヒートポンプに吸着器を接続することによりエントロピー値を低下させることも記載してある。30

## 【0010】

DE 19908666 A1号明細書には、従来の吸着器を吸着により離脱温度に加熱可能な吸着式ヒートポンプ及び冷凍機を記載しており、該吸着式ヒートポンプ及び冷凍機は温度が、エネルギー蓄え部（アクキュムレータ）として層状に形成された蓄熱器（層状蓄熱器）を用いて蒸発器と圧縮器との間で熱回収を行うようになっている。ここに記載の吸着式ヒートポンプにおいて、両方の吸着器はサーマルウェブによって作動されるようになっている。各吸着器には、蒸発器及び圧縮器の機能を交互に担う構成部分が配設されている。ヒートポンプの特殊な構造に基づき吸着器と蒸発器若しくは圧縮器との間の弁は省略され、前記構成部分が蒸発器機能と圧縮器機能との切り換えに際して温度の適切な切り換えを行うようになっている。各吸着器に配設された両方の構成部分がその機能を同時に切り換えるので、該両方の構成部分間での熱回収が可能になっている。40

## 【0011】

層状蓄熱器は、例えば、DE 3905874 C2号明細書、DE 10212688 A1号明細書(Fa. Solvis)、並びにEP 1076219 B1号明細書(Fa. Sailer)により公知である。太陽熱収集器からの熱の成層化並びに暖房及び家庭用水のための熱の供給を目的としているために、層状蓄熱器50

は、該層状蓄熱器の選ばれた高さ若しくは層又は段から流体を温度に依存して取り出すための装置を備えていない。

#### 【0012】

本発明の課題は、簡単に実現可能な吸着式ヒートポンプを提供して、該吸着式ヒートポンプができるだけ高いCOP及び同時に高い比出力を有しているようにすることである。さらに本発明の課題は、高いCOP及び高い比出力を有する吸着式ヒートポンプの運転のための方法を提供することである。

#### 【0013】

前記課題を解決するために、本発明の構成では、吸着式ヒートポンプを含む装置であって、吸着器及び蓄熱器若しくは蓄熱器を備える形式のものにおいて、次の構成を有しております；前記蓄熱器内に異なる温度レベル若しくは種々の温度レベルの熱を同時に蓄えるようになっており、吸着時に解放された吸着熱は、後の離脱のために利用されない場合にヒートシンクに放出されるようになっており、前記離脱のために利用すべき吸着熱は、前記蓄熱器内に、吸着温度に依存した温度で蓄えられるようになっており、離脱温度は、少なくとも部分的に前記蓄熱器から所望の温度で取り出されるようになっており、熱源、特に太陽熱収集器を設けてあり、該熱源により、前記離脱に必要な熱量若しくは熱流量が、前記蓄熱器内で先行の離脱サイクルによって達成されている温度レベルよりも高い温度レベルで形成若しくは発生され、及び／又は、前記蓄熱器内に必要な量では生じていない熱量若しくは熱流量が形成されるようになっている。A及び／又はBなる記載はA及びBのうちの少なくともいずれか1つを意味する。この場合に重要なことは、1つの蓄熱器の内部に異なる温度レベルの熱を同時に若しくは一様に蓄えられるようになっていることである。このことは、異なる温度レベルの熱が混合を生ぜしめることなく1つの蓄熱器内に蓄えられ、1つの温度レベルのみが存在していることを意味している。

#### 【0014】

吸着温度は、吸着に際して解放される熱が生じる温度を意味している。これは、熱を蓄熱器に供給する温度ではない。むしろ熱は常に低い温度で蓄熱器に供給される。熱伝導にとって常に温度差を必要としている。必要な温度差の大きさは、熱を蓄熱器へ移送する冷媒と吸着器との間の熱抵抗、及び所定の反応速度に依存している。解放された熱をできるだけ高い温度で蓄えて、ひいてはCOPを高めるためには、吸着熱を蓄熱器へ移送する冷媒の温度と蓄熱器に蓄えられる熱の温度との差をできるだけ小さくする必要がある。熱を蓄熱器に蓄える温度は、吸着温度に依存している。装置の構造に応じて、冷媒の熱の移送の際の冷却は熱損失に起因している。

#### 【0015】

熱を蓄えるための有利な実施態様では、必要な離脱熱は少なくとも部分的に蓄熱器から所望の温度で取り出されるようになっている。離脱熱の完全な取り出しありは、継続運転中には理想的な条件下でも不可能である。最大の吸着温度、すなわち最小に充填（チャージ）された吸着器から解放される熱の温度は、最小に充填された吸着器の離脱のために必要な温度よりも低くなっている。相應に、最大に充填された吸着器の吸着の際に解放される吸着熱の温度は、最大に充填された吸着器の離脱のために必要な最小の離脱温度よりも低くなっている。このような理由から、ヒートシンクを設けてあり、該ヒートシンクに、後の離脱に用いられない吸着熱は放出されるようになっている。最小の離脱温度よりも低い温度で与えられる熱は利用されるものではない。吸着式ヒートポンプの連続運転を可能にするために、熱源を設けてあり、熱源によって、離脱に必要な熱が、蓄熱器内に先行の吸着サイクルにより達成された温度レベルよりも高い温度レベルで発生されるようになっている。熱源により、蓄熱器内の所定の温度レベルにあるものの十分な量ではない熱を必要に応じて発生させることもできる。

#### 【0016】

エネルギー効率のよい運転のために、熱源で発生（形成）された熱は、調節可能な温度レベルで蓄熱器に供給されるようになっている。このことは、特に熱源としてソーラーパネル若しくは太陽熱収集器を用いる場合に当てはまる。太陽熱捕集容器の構成及び天候条件

10

20

30

40

50

件に依存して最大可能な熱を発生させるようになっている。太陽熱捕集容器においては効率は太陽熱収集器の出口温度の上昇に伴って減少している。そのつどの天候条件に適合した出口温度を選ぶために、有利には1つの蓄熱器内に熱は異なる温度レベルで同時に供給されるようになっている。太陽熱収集器の出口温度の選択は、太陽熱収集器の効率に合わせて低い出口温度を選ぶことだけではなく、吸着器の次の離脱サイクルのための太陽熱収集器の熱需要に依存して行われる。熱を吸着式蓄熱器から供給することも可能である。この場合にも有利には、蓄熱器に種々の温度レベルで熱を供給するようになっており、それというのは熱は吸着式蓄熱器から種々の温度レベルで発生するからである。さらに、種々の時間で熱を種々の温度で発生させる別の熱源、例えば不規則に作動される機械からの廃熱も可能である。

10

#### 【0017】

特に最適な蓄熱器は、温度に依存した密度を有する液状の熱媒、特に水若しくは、水分を含んでいる混合物で充填可能であるか又は充填されている容器として形成されている。これによって、蓄圧器内の温度層形成は密度の温度依存に基づき達成されるようになっている。このために公知の層状蓄熱器が用いられてよい。熱の移送のために用いられる熱媒体自体を直接に蓄熱器内に蓄えることも可能である。これによって、1つの熱媒体から別の熱媒体への熱伝達を省略することができる。

#### 【0018】

蓄熱器内の温度層形成により、所定の温度の熱の簡単な供給及び導出を可能にしており、このために蓄熱器内の所定の高さ（層）が簡単に選ばれるようになっている。これによって蓄熱器内の温度の測定も省略される。熱の供給及び導出のための正確な高さを選ぶだけでよい。

20

#### 【0019】

1つの実施態様では、熱源は、蓄熱器から取り出された熱のための再熱器として形成されている。別の実施態様では、熱源は、エネルギー源（エネルギー媒体）の化学反応、殊に燃焼によってエネルギーを発生させるようになっている。熱源は、蓄熱器内の最も高い温度レベルに形成された領域にだけ熱を供給するように形成されている。熱源は、装置の運転状態に依存して蓄熱器内の種々の温度レベルの領域に熱を供給するように形成されている。

#### 【0020】

30

有利な実施態様では熱源は、該熱源から熱力学的にできるだけ低い媒体温度で熱を取り出す場合に、全システム効率を増大させるための特性を有しており、この場合に前記熱源は太陽熱捕集器若しくは吸着蓄熱器である。離脱に際して生じた水蒸気を取り出すために、水蒸気は凝縮器内で凝縮されるようになっている。真空で作動する閉じたシステム内では、凝縮水は絞りを介して外部へ放出されるようになっている。閉じたシステム内では空気は存在せず、純然たる水蒸気が凝縮される。別の実施態様では、吸着熱の放出のためにヒートシンクを設けてあり、ヒートシンクは、吸着器に対応して配置された凝縮器内に生じた熱の放出のためのヒートシンクとしても形成されている。

#### 【0021】

蓄熱器をコンパクトにするために、蓄熱器は、互いに異なる相転換温度を有する複数の相転換材料（物質）を含んでいる。蓄熱器に、該蓄熱器から所定の温度若しくは所定の高さの熱媒を取り出すための装置を設けてある。

40

#### 【0022】

層状蓄熱器において、温度は層状蓄熱器の高さに依存している。したがって高さに依存した取り出しは温度に依存した取り出しを意味している。多くの場合に蓄熱器内の温度の検出は不要であり、温度の尺度である取り出し高さを選ぶだけでよい。

#### 【0023】

層状蓄熱器から熱媒を種々の高さ及び種々の温度で取り出すために、取り出し管（抽出管）を設けてあり、取り出し管は種々の高さに閉鎖可能な開口部を備えており、開口部には一般的に弁を配置してある。熱媒をどの層から取り出すかに応じて、各弁は開かれるよ

50

うになっている。別の実施態様では、熱媒内に種々の深さで浸漬された複数の取り出し管を設けてある。このような手段により、熱媒内での弁の作動及び電気接続部を不要にしている。

#### 【0024】

有利な実施態様では、種々の管からの取り出しを制御するために、取り出し管は、1つの管を介して熱媒の取り出しを可能にする装置に接続され、有利には方向制御弁に接続され、取り出しが該管によって開始されるのに対して、取り出しを行わないほかの取り出し管は閉じられている。方向制御弁は、熱媒の満たされた領域の外側に配置されていてよい。

#### 【0025】

互いに異なる温度の熱媒の混合を防止するために蓄熱器内に、水平の複数の穴付薄板若しくはスponジ状（発泡性）或いは纖維製の構造体を設けてある。このことは、混合を完全に避けることを意味するものではない。混合を部分的に避けるだけで有利であり、それというのは異なる熱媒間の混合は、エントロピー値を不都合に高めてしまうからである。蓄熱器の入口及び出口は、穴付薄板間に配置されており、穴付薄板は混合防止のじゃま板としての機能を維持している。

#### 【0026】

強力な吸着式蓄熱器において吸着剤は、100より高い離脱温度を必要としていて、殊にゼオライトによって吸着されるようになっており、蓄熱器は、水のため若しくは水分を含む混合物のための蓄圧器として形成されており、これによって蓄熱器内で100を越える温度が可能である。

#### 【0027】

有利な実施態様では多段式の吸着式ヒートポンプを設けてあり、該吸着式ヒートポンプの少なくとも1つの段は、前述の装置によって形成されている。多段式の吸着式ヒートポンプの使用は、どのような条件でどのような吸着材料を用いるかに依存している。

#### 【0028】

吸着式ヒートポンプを吸着剤の吸着と離脱との繰り返しによって運転するための本発明に基づく方法においては、吸着器内で吸着に基づき解放された吸着熱は、離脱のために利用できない温度では適切なヒートシンクに放出され、離脱のために利用可能な温度で発生された吸着熱は、異なる温度レベルの熱を同時に若しくは一様に蓄え可能な蓄熱器に供給され、この場合に吸着熱はそれぞれの吸着温度に依存した温度レベルで蓄えられ、前記吸着器は離脱を行うようになっており、この場合に離脱のために必要な離脱熱は前記蓄熱器からそれぞれの離脱温度に依存した温度で取り出され、前記蓄熱器内においては得られない温度若しくは量で必要な離脱熱は、付加的な熱源によって形成される。

#### 【0029】

本発明の実施態様では、蓄熱器は付加的な熱源、殊に太陽熱収集器から熱の供給を受けるようになっている。蓄熱器へ供給されるべき熱の温度の選択は、熱源内の熱発生の効率に依存して行われる。別の実施態様では蓄熱器として、互いに異なる高さ（層若しくは段）に互いに異なる温度が生じるようになっている層状蓄熱器を用い、離脱作動すべき吸着器の能力に依存して熱を前記層状蓄熱器の所定の高さから取り出し、かつ吸着作動すべき吸着器の能力に依存して、解放された熱を前記層状アキュムレータの所定の高さに供給する。

#### 【0030】

別の実施態様では、吸着熱の一部分は最小の離脱温度より低い温度で生じ、すなわち最大に充填された吸着器を離脱するために必要な、最小の離脱温度より低い温度で生じている。このような温度領域で供給される熱を蓄えることは一般的に不要であり、それというのは該熱は離脱に用いられないからである。熱を熱媒から吸着器へ伝達するために、温度差を必要とし、すなわち熱媒はそのつどの離脱温度を超える温度を有していかなければならない。温度差が小さければ小さいほど、離脱は長くなっている。この場合に個々のケースでは吸着式ヒートポンプの出力を規定する十分な離脱速度と高いCOPとの間に適切な妥協

10

20

30

40

50

が図る。離脱のためにどのような作動温度差が有効であるかは、吸着器内の熱伝導及び流れ状態に大きく依存している。並列な多数の流れ通路を備えた吸着器において、標準的な  $2 \sim 10\text{ K}$  のわずかな温度増大でも十分な離脱出力を達成している。これに対して、大きなNTU- (number of transfer units;  $\text{NTU} = kA / (m \text{ punkt c p})$ )を有し、したがってサーマルウエーブの運転モードに類似する吸着器においては、平均的な吸着温度に対して高い作動温度差、標準的には  $10 \sim 60\text{ K}$  が有効である。

#### 【0031】

さらに有限なエネルギーの節減のために太陽熱収集器の使用は極めて有効である。太陽熱収集器の使用の際の問題は、熱が必要な時と異なる時間に発生し、したがって蓄熱されねばならないことである。吸着式ヒートポンプにはいずれにしても蓄熱器を必要とするので、太陽熱捕集器で得られた熱の蓄えはわずかな支出で実施されるものである。したがって本発明に基づく吸着式ヒートポンプのための熱源として太陽熱捕集器を用いると有利である。10

#### 【0032】

蓄熱器への熱の供給に際して、注意することは熱を、離脱温度の必要な温度領域に供給することである。さらに熱源の熱発生の効率を考慮すると有利である。特に太陽熱捕集器において、効率は温度に著しく依存しており、温度を高くすると、効率は低下する。

#### 【0033】

場合によっては層状蓄熱器の各高さ若しくは層の温度の検出は不要である。離脱すべき吸着器の吸着量に依存して、熱は蓄熱器の所定の高さ（レベル）から取り出される。同様に熱は、吸着すべき層状蓄熱器の吸着量に依存して層状蓄熱器の所定の高さに供給される。20

#### 【0034】

多くの場合に熱源は、蓄熱器から、吸着器の離脱のために十分な温度の熱を取り出せない場合に作動されると有利である。ガスバーナーは容易にオン・オフされ、したがって蓄熱器が所定の温度レベルに達していない場合に熱を必要とする際の運転に有効である。

#### 【0035】

本発明に基づく吸着式ヒートポンプを用いて建物も暖房することができる。特に建物の暖房は、蓄熱器として季節形の蓄熱器（エネルギー蓄え部）を用いて、すなわち日照時間の長く温度の高い季節に得られた熱を蓄えて、寒い季節に取り出すようになっている場合に有効である。これによって、日照時間の長く温度の高い季節に太陽熱捕集器によって得られた熱を蓄えていて、寒い季節に建物の暖房に用いることが可能である。有利な実施態様では、吸着熱と離脱熱とを交換できるように構成された蓄熱器が、季節形の蓄熱器（アキュムレータ）の機能を担うようになっている。このために極めて大きなアキュムレータが必要である。別の実施態様では、付加的な季節形のアキュムレータを設けてある。このようなアキュムレータとしては吸着式蓄熱器、特にゼオライトアキュムレータが考えられ、この場合には熱は  $100^\circ\text{C}$  を越える温度で供給され若しくは取り出され、アキュムレータを圧力容器として形成する必要がない。さらに、吸着式蓄熱器は熱の蓄えをわずかな所要スペースで可能にするものである。付加的な蓄熱器は、必要な熱源の機能を有していてよい。これによって、建物暖房用の季節形の従来の構造の蓄熱器に比べて、蓄えられた同じ熱量で有効な多くの加熱用熱を得ることができ、それというのは、蓄えられた熱量は直接に加熱若しくは暖房のために用いられるのではなく、吸着式ヒートポンプの駆動のために用いられ、吸着式ヒートポンプが加熱用熱を発生させるようになっているからである。このことは、付加的な蓄熱器を季節形の蓄熱器として用いる場合にも、いずれにしても存在する蓄熱器によって季節形の蓄熱器の機能を生ぜしめる場合にも当てはまる。3040

#### 【0036】

吸着式蓄熱器を少なくとも部分的に熱源として用いることによって、熱源としての吸着式蓄熱器から、蓄熱器では得られない熱を取り出すことができるようになっている。この場合に付言すると、設けられている1つの蓄熱器では、吸着熱が蓄えられ、離脱熱が取り出され、該蓄熱器に必要な温度若しくは十分な量の熱が存在しない場合に、付加的に設け50

られている1つの吸着式蓄熱器から、必要な温度若しくは十分な量の熱が取り出されるようになっている。これにより吸着式蓄熱器は熱源の機能を有していることになる。もちろん吸着式蓄熱器自体が、ソーラーシステム若しくは地域暖房配管システムから熱の供給を受けるようになっていてよい。

#### 【0037】

熱源として吸着式蓄熱器を用いる場合には、エントロピー値は低下する。このために吸着式蓄熱器は熱源として作動され、吸着式蓄熱器の複数のモジュールが互いに並列的に放出作動を行い、互いに異なる吸着状態にあり、すでに最も離脱されたモジュールから、まだ多く吸着されるモジュールよりも高い温度レベルの熱を取り出すようになっており、ヒートポンプの離脱作動過程中に異なる蓄熱器モジュール間で駆動熱源として切り換えられる。

10

#### 【0038】

蓄圧器内に吸着器のさらなる離脱のために十分である温度の流体が存在していて、該温度の領域からの取り出しは効果的ではなく、それというのは該温度が不必要に高く、相応の熱がすでに多く離脱された蓄熱器の離脱作動のために用いられ得るというような運転状態も生じる。このような場合に有利には、熱源は低い温度レベルからの熱の取り出しに際して接続されて、相応の再熱を行うようになっている。このような再熱が効果的であるか否かは、高い温度レベルのためのエネルギー源（つまり、再熱器）に依存している。作動エネルギーを発生させるためのシステム効率が、例えば化学的なエネルギー源（エネルギー担体）、例としてガス、油若しくはバイオマスを燃焼させるバーナーのように、ほとんど温度レベルに左右されない場合に、有利には、まず蓄圧器内の熱はできるだけ離脱のために用いられ、最上段の蓄圧器層内の必要な離脱温度が超えられた場合によく再熱器を接続（作動開始）するようになっている。しかしながら再熱器の効率が、例えば太陽熱捕集器若しくは吸着式蓄熱器の場合のように温度に依存している場合には、再熱器の接続は有利には層状蓄熱器の熱を完全に使い果たす前に行われる。この場合に、再熱器の接続のための有効な制御基準は、蓄熱器内の温度勾配に基づき規定されるようになっており、接続は、現在の取り出し箇所と上方の位置の蓄熱器層との間の温度勾配の閾値が超えられた場合に行われる。

20

#### 【0039】

次に本発明を図示の実施例に基づき詳細に説明する。本発明は図示の実施例に限定されるものではない。

30

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0040】

【図1】図1は、SAPO 34及び水から成る物質組を含む吸着器のための供給すべき離脱熱及び解放される吸着熱の特性線図である。

【図2】本発明に基づくヒートポンプシステムの構成要素の流体回路を示す図である。

#### 【0041】

図1は、SAPO 34及び水から成る物質組を含む吸着器のための供給すべき離脱熱及び解放される吸着熱の特性線図であり、吸着器は吸着式冷凍機のサイクルにしたがって、ソーラーアシスト式の建物冷房のための作動条件で作動するようになっており、作動条件は、標準的に最大の吸着温度90℃、再冷温度及び最小の吸着温度35℃、蒸発温度15℃である。

40

#### 【0042】

物質組の吸着平衡に基づき算出された特性線は、離脱のために吸着器にどれだけの熱量を供給して吸着器から吸着によってどれだけ多くの熱を取り出すかを示している。熱媒と吸着器との間の作動温度差はここではまだ考慮されていない。温度差を考慮すると、吸着特性線のピークと離脱特性線のピークとはさらに離れることになり、それというのは、離脱により熱媒は熱せられ、吸着剤は吸着により冷却されるからである。両方の特性線の交点は、離脱過程と吸着過程との間で回収される最大の熱量を表している。該熱量は、顕熱部分と吸着熱部分とから成っている。該熱量のできるだけ多くの部分は、COPを最大にす

50

るために、吸着特性線の下側で（別の吸着器若しくはサイクルの後の段階での同じ吸着器の）離脱作動のために用いられるようにしてある。

#### 【0043】

図2に示す流体回路において、層状蓄熱器2は常に回路内にあり、ミクサV16及びV27は、利用可能なエネルギーのみが体積流量に基づき蓄熱器2から取り出され若しくは蓄熱器に供給されるように制御され、離脱のための残りのエネルギーは再熱器4から取り出し、若しくは吸着の際の余剰のエネルギーは再冷システムを介して取り出される。これによって、吸着器の吸着熱特性線を図1のように推移させることができ、この場合にあらゆる温度において再利用可能な熱量（特性線の交点に相当する）は蓄熱器2から取り出され、かつ（吸着特性線と離脱特性線との間の）付加的に必要な熱は再熱器4から取り出される。10

#### 【0044】

しかしながら、前記回路における吸着器を運転するためのコストは高い。それというのは層状蓄熱器2及び再熱器4からの容積流がちょうど必要な熱比率に基づき各温度のために調節されねばならないからである。本発明では、簡単な流体回路を用いてほぼ理想的な熱回収を可能にするものである。

#### 【0045】

再熱器4のために化学的な熱源を用いる場合（例えば、ガスバーナー）には、化学的な熱源からできるだけ低い温度レベルの熱を取り出すというような熱力学的な利点は得られない。この場合には層状蓄熱器の数値解析により明らかであるように、有利にはまず吸着器における離脱は層状蓄熱器2からの熱で行われ、最上段の蓄熱器層がもはや離脱のために十分でなくなった場合によく、再熱器4が接続される。この時点からは、蓄熱器を流体の回路から完全に切り離すか、若しくは吸着器3を再熱器4に短時間接続し、若しくは蓄熱器2が再熱器4及び吸着器3を含む回路で最上段の蓄熱器層のみを流体によって貫流されるようになっている（いずれの場合にも直ちに吸着循環流は最大の蓄熱器温度に達する）。20

#### 【0046】

別の例は、再熱器の熱源としてソーラーシステムを用いる場合であり（ソーラーシステムの効率は集熱パネル温度の上昇に伴って低下する）、若しくは熱源が蓄熱器である場合である。これによって装置全体にとって再熱器4ができるだけ低い温度で運転できるので有利である。層状蓄熱器の数値解析により明らかであるように、再熱の熱力学的な平均温度は、前述の例に比べて、つまり再熱器4を、最上段の蓄熱器層の所定の温度が達成される前にすでに接続した場合よりも低くなっている。再熱器4の接続は、蓄熱器内の温度に依存して制御される。蓄熱器から取り出される流体の温度は、わずかに多い量の取り出しでは急速に上昇して現在必要な離脱温度を超えており、取り出し量はわずかに減少し、再熱器4は接続される。これによって蓄熱器内の高い温度の層は、該層の温度レベルを吸着器3が離脱のために必要とするまで蓄熱されたままであり、同時に再熱における平均的な温度レベル（熱力学的、つまりエントロピーに基づく値）は低下される。30

#### 【0047】

本発明に基づくヒートポンプシステムの利点は、該ヒートポンプシステムが変化するサイクル条件下での運転に著しく適していることにあり、例えばヒートポンプを使用する場合に幾つかのサイクルにとって高い蒸発温度を必要とする（蒸発器と凝縮器との間の必要な温度レベルは低下される）場合には、両方の特性線の交点は上昇させられ、システムは自動的に高いCOPに達するようになっている。40

#### 【0048】

最適な熱回収の実現のために必要な蓄熱器寸法は、熱特性線の推移（図1）に依存している。一般的に、後の方で述べた一定温度での再熱にとって、最大温度での（化石燃料形の）再熱の場合よりも大きな蓄熱器容積を必要としている。ソーラーシステムと接続する場合には、層状蓄熱器2はソーラーシステムの太陽緩衝蓄熱器内に組み込まれる（太陽緩衝蓄熱器は適切な充填及び放出装置2a, 2bを備えている）。ソーラーシステムと組50

み合わせる例は、本発明に基づくシステムの有利な実施例をなすものであり、それというのは1つのアキュムレータシステムしか必要とせず、該アキュムレータシステムはソーラーシステムとしてもヒートポンプ若しくは冷凍機としても用いられるからである。

#### 【0049】

本発明に基づくシステムの有利な実施例では、再熱の熱源は、吸着式蓄熱器であり、有利にはゼオライトアキュムレータ、殊にLTA-タイプのゼオライトを備えたゼオライトアキュムレータである。ゼオライトアキュムレータは有利にはモジュール式に形成されていて、次のように作動され、すなわちモジュールは順次に吸着作用を生ぜしめるのではなく、常に種々の吸着状態にある、つまり種々の温度レベル（互いに異なる温度レベル）の熱を供給できる複数のモジュールを並列に用いるようになっている。層状蓄熱器2のための再熱器4の熱源としては、ゼオライトアキュムレータの、吸着温度のまだ十分に高いモジュールが常に用いられる。このようなシステムは、太陽熱収集器による蓄熱にとって適している、例えば100～250の熱利を利用する装置のために開発されている。太陽収集器を用いて、安価なゼオライト（例えば、A4）から成るゼオライトアキュムレータの直接太陽熱式の離脱作動が可能である。ゼオライトアキュムレータの効果的なアキュムレータ密度は、本発明に基づくヒートポンプの運転によって高められ、それというのは蓄えられた熱は直接に建造物暖房のために用いられるのではなく、COPの最適なヒートポンプの運転のために用いられるからである。これによって、市販の安価なゼオライトを用いて、250kWh/m<sup>3</sup>の有効なエネルギー密度の蓄熱器を可能にしている。

#### 【0050】

太陽熱エネルギー利用のための装置に関連して、本発明に基づくヒートポンプシステムは、さらなる利点を有し、相乗効果の利用を可能にしている。例えばソーラーアシスト式のビル用冷房の場合には、冷凍機のCOPは昼と夜との温度差の利用によって高められる。このために冷凍機は、例えば相転換材料を含むシステム内に組み込まれ、相転換材料の溶融点は大気温度（標準的な気候において例えば26）をわずかに超えている。蓄熱器は夜間にヒートポンプの再冷器を介して熱を外部へ放出し、この場合に冷媒の循環のためのポンプエネルギーのみが供給される。日中に、蓄えられた冷却媒体は冷凍機の所定の段階で凝縮温度を低下させるために用いられる、このことは単数若しくは複数の吸着器3の離脱段階の終端で行われ、それというのは凝縮温度の低下によって低い温度での引き続く離脱が可能であり、その結果、層状蓄熱器2内の最後の吸着サイクルにまだ存在する多くの熱は離脱のために用いられ、これによって再熱器4はわずかな熱量だけを発生させ、及び／又は再熱用の熱は低い温度（つまり高い効率）で供給される。このようにして本発明に基づくヒートポンプシステムは、冷温蓄熱器の作用から冷凍機の高いCOP若しくはシステム全体の高い効率を達成している。

#### 【0051】

吸着剤として親水性のゼオライト（例えばゼオライトA，X，Y）を用いる場合には、高い離脱温度（標準的には150）を必要とする。20-30Kからの温度上昇を、実際の使用（例えば、天井クーラーを備えたソーラー式冷房若しくは低温パネルヒーター及び地熱交換器を備えた暖房）にとって必要とする場合には、極めて平らに延びる吸着熱特性線と離脱温度特性線との間の交点は著しく高くなっている。このことは、吸着熱の大部分が層状蓄熱器2内に一時的に蓄えられて、次いで離脱のために用いられ、その結果高いCOPが達成されることを意味している。本発明に基づくシステムを用いることによって原理的には、複数段式の吸着ヒートポンプによってしか得られなかつたCOP値を達成することができる。このことは、殊に層状蓄熱器2内の温度層の特性及び層状蓄熱器2の充放電量の制御の精度に依存している。このために次に述べる手段を層状蓄熱器に講じるようになっている。

#### 【0052】

太陽熱システムの場合に、ヒートポンプの運転にとって層状蓄熱器2内における出力の比較的高い容積流しか必要とせず、それというのは、吸着器における熱拡散は標準的な使用例では太陽熱収集器におけるよりも著しく小さいからである。高い容積流はすべての層

10

20

30

40

50

状蓄熱器にとって不都合であり、それというのは高い流速は蓄熱器内で容易に渦流及び乱流若しくは混合を生ぜしめて、温度層を崩壊させてしまうことになるからである。ソーラー技術で知られる層状蓄熱器、例えばSolvis社製のダイヤフラムフラップ付の蓄熱器（DE 3905874 C2）は、本発明に基づく実施例にとっては適していない。本発明に基づくシステムの層状蓄熱器2は、蓄熱器の垂直方向の混合を防止する装置を備えていると有利である。垂直方向の混合の防止は、例えば蓄熱器内に狭い間隔で水平に配置された複数の穴付薄板によって達成される。有利には、蓄熱器の入口側成層管の流体入口部分及び出口側成層管の流体出口部分の近傍に、流れ減衰用の構造体、例えば発泡性若しくはスポンジ状若しくは纖維製の構造体を組み込んである。前記穴付薄板は、流体入口部分及び流体出口部分の領域では中実に形成されていて、そこで垂直方向の混合を発生させないようになっている。有利にはそれぞれ2つの穴付薄板間で流体入口部分及び流体出口部分の周りに環状の減衰構造体（減衰リング）を設けてあり、減衰構造体は局所的な流速を減少させて、流れを減衰リングの周りにわたって均一にしている。循環流の層流形成は、原理的には受動的に、例えばEP 1076219 B1号明細書並びに、Roland Sailer 氏の論文「Schichtenspeicher-technologie fuer solare Warmwasserbereitung und Heizungsunterstuetzung (Heizungsjournal Juni 2000、26乃至28頁)」により公知の装置を用いて行われる。

#### 【0053】

蓄熱器の問題若しくは混合を解決するために、有利には吸着器流過時の温度拡散を大きくして、容積流を相応に小さくするようになっている。この場合に効果的には、吸着器はサーマルウェブ(thermal wave)の場合と同様に形成されている（US 4694659号明細書の記載、参照）。サーマルウェブの場合の吸着器の運転と大きく異なる点は、本発明に基づくシステムのサーマルウェブの波長が流過される吸着剤ベッドよりも長くなっているのに対して、US 4694659号明細書の記載の技術に基づく波長は吸着剤ベッドよりも短くなっている。本発明に基づくシステムにおいて、吸着器3からの循環流温度は吸着過程の終端の直前で最大の吸着温度の近傍にとどまっておらず、著しき低下している。したがって、Shelton氏によるサーマルウェブシステム（US 4694659号明細書）の場合と異なり、本発明に基づくシステムは層状蓄熱器2に基づきCOPに不都合な影響を及ぼさないようにになっている。吸着器3を、熱移送流体のための長くされた流路を備えた熱交換器として形成することにより、吸着器内での熱伝導による内部の大きな不可逆なしに入口と出口との間の大きな温度拡散で吸着器の運転を可能にし、その結果改善された蓄熱器成層を得るという目的は達成されている。

#### 【0054】

100 よりも高い離脱温度を必要とする吸着剤を用いる場合には、層状蓄熱器2は蓄圧器として形成されると有利であり、水が熱媒の主構成要素として用いられる。100～250の中間の温度領域のための太陽熱システムの場合にも、集熱回路のためのサーモオイルの代わりに圧縮水を用いる傾向にある（例えば、W.Weiss 及びM.Rommel 氏の論文「Medium Temperature Collectors, IEA-SHC Task 33 report, Mai 2005,」[<http://energytech.at/pdf/medium temperature collectors task33.pdf>]、参照）。この種の集熱システムの熱流量は、附加的な熱交換器を必要とすることなしに直接にヒートポンプの層状蓄熱器2内に供給される。多くの場合に太陽熱収集システムから蓄熱器2内への層流供給は、公知技術に属する層流供給ランス2aを介して行われ（受動的に、つまり蓄熱器2内の流体の密度さに基づき制御される）。集熱器による容積流の調整によって、集熱器からの流体の温度（及び層形成度）は制御され、容積流を蓄熱器2の離脱に必要な層表面に近づけて、非太陽熱の再熱エネルギーの需要量を最小にするようになっている。

#### 【0055】

本発明に基づく有利な実施例では、再熱器4は層状蓄熱器2の上方の領域に組み込まれてあり、このことは従来のソーラーシステムを含む装置（例えば、EP 0841522A2号明細書）により知られている。

#### 【符号の説明】

#### 【0056】

10

20

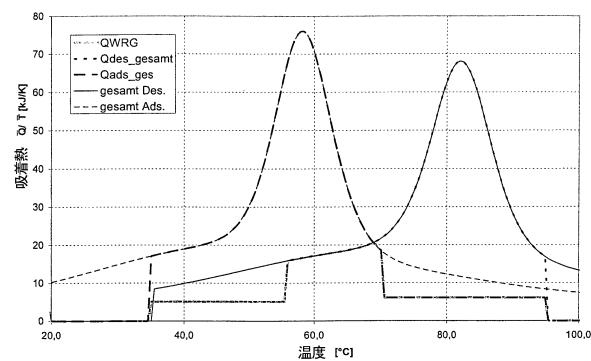
30

40

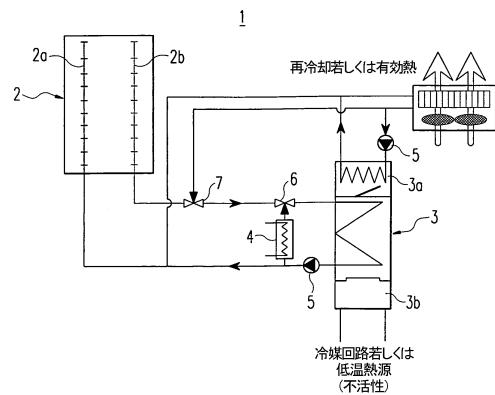
50

1 流体回路、 2 層状蓄熱器、 2 a 充填ランス、  
 吸着器、 3 a 凝縮器、 3 b 蒸発器、 4 再熱器、  
 5 ポンプ、 6 , 7 ミクサ

【図 1】



【図 2】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100114890  
弁理士 アインゼル・フェリックス=ラインハルト  
(74)代理人 100099483  
弁理士 久野 琢也  
(74)復代理人 100134315  
弁理士 永島 秀郎  
(72)発明者 グンター ムンツ  
ドイツ連邦共和国 ザンクト ペーター ローア 2  
(72)発明者 フェルディナント シュミット  
ドイツ連邦共和国 フライブルク フラウンザーシュトラーセ 13  
(72)発明者 トーマス ヌネット  
ドイツ連邦共和国 フライブルク ノインリンデンシュトラーセ 32  
(72)発明者 レナ シュナーベル  
ドイツ連邦共和国 フライブルク アム シュネッケングラーベン 35

合議体

審判長 紀本 孝  
審判官 佐々木 正章  
審判官 山崎 勝司

(56)参考文献 米国特許第4509337(US, A)  
獨国特許出願公開第19908666(DE, A1)  
特開平11-281191(JP, A)  
特開昭61-66088(JP, A)  
実開昭59-72451(JP, U)  
特開平8-178466(JP, A)  
特開平10-122772(JP, A)  
特開2001-153377(JP, A)  
特開2002-81794(JP, A)  
特開平11-159983(JP, A)  
特開平6-257884(JP, A)  
特開平8-303901(JP, A)  
特開平11-223415(JP, A)  
特開2006-29605(JP, A)  
特開平8-296921(JP, A)  
特開2000-97514(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F25B 17/08 Z  
F25B 27/00 L