

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-317874  
(P2001-317874A)

(43) 公開日 平成13年11月16日 (2001.11.16)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
F 2 6 B 21/04		F 2 6 B 21/04	Z 3 L 0 9 3
F 2 5 B 17/08		F 2 5 B 17/08	E 3 L 1 1 3
F 2 6 B 3/02		F 2 6 B 3/02	

審査請求 未請求 請求項の数 6 OL (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-131632(P2000-131632)

(22) 出願日 平成12年4月28日 (2000.4.28)

特許法第30条第1項適用申請有り 2000年1月19日 発行の「Proceedings of symposium on Energy Engineering in the 21st century (SEE2000) Volume 3」に発表

(71) 出願人 396020800

科学技術振興事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(72) 発明者 小倉 裕直

福岡県北九州市小倉北区上富野1丁目4番2号

(74) 代理人 100082876

弁理士 平山 一幸 (外1名)

Fターム(参考) 3L093 NN03 PP07 PP20

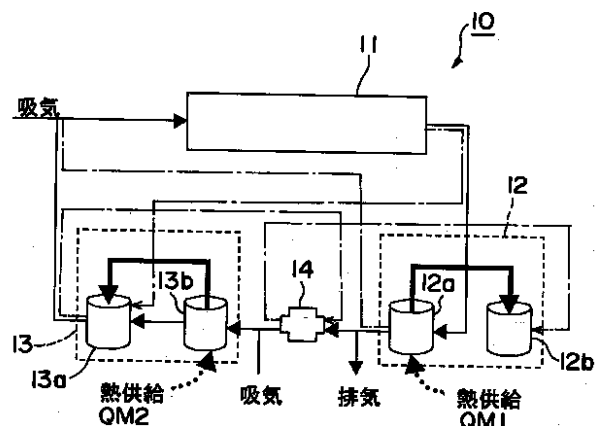
3L113 AB01 AC22 BA39 DA02 DA26

(54) 【発明の名称】 乾燥装置

(57) 【要約】

【課題】 ケミカルヒートポンプを利用して、電気エネルギーを殆ど必要としない乾燥装置を提供する。

【解決手段】 乾燥部11に対して、高温側反応器12a, 13aをそれぞれ接続し、所定の時間間隔で交互に蓄熱過程及び放熱過程で動作する二つのケミカルヒートポンプ12, 13と、放熱過程で動作する第一のケミカルヒートポンプの低温側反応器13b, 12bに対して、蓄熱過程で動作する第二のケミカルヒートポンプの高温側反応器12a, 13aを切換え接続する切換え手段15と、第一のケミカルヒートポンプの高温側反応器から乾燥部を通して第二のケミカルヒートポンプの高温側反応器まで気体を循環させる送風手段14とを含むように、乾燥装置10を構成する。



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】 乾燥すべき対象物が収容される乾燥部に対して、高温側反応器がそれぞれ接続され、所定の時間間隔で交互に蓄熱過程及び放熱過程で動作する二つのケミカルヒートポンプと、

放熱過程で動作する第一のケミカルヒートポンプの低温側反応器に対して、蓄熱過程で動作する第二のケミカルヒートポンプの高温側反応器を切換え接続する切換え手段と、

第一のケミカルヒートポンプの高温側反応器から乾燥部を通して第二のケミカルヒートポンプの高温側反応器まで気体を循環させる送風手段と、を含んでいることを特徴とする、乾燥装置。

【請求項 2】 前記第二のケミカルヒートポンプの高温側反応器が、不足する熱エネルギーを外部から供給されることを特徴とする、請求項 1 に記載の乾燥装置。

【請求項 3】 前記第一のケミカルヒートポンプの低温側反応器が、不足する熱エネルギーを外部から供給されることを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の乾燥装置。

【請求項 4】 外部から供給される熱エネルギーが、常温空気により与えられることを特徴とする、請求項 2 又は 3 に記載の乾燥装置。

【請求項 5】 前記第一のケミカルヒートポンプの高温側反応器からの気体が外部からの空気と混合されて乾燥部に供給されることを特徴とする、請求項 1 から 4 の何れかに記載の乾燥装置。

【請求項 6】 前記第二のケミカルヒートポンプの高温側反応器からの気体の少なくとも一部が、外部に排出されることを特徴とする、請求項 1 から 5 の何れかに記載の乾燥装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、乾燥プロセスを有する各種装置で使用される乾燥装置に関するものである。

**【0002】**

【従来の技術】従来、乾燥プロセスを有する各種装置において、乾燥プロセスは、多くの熱エネルギーを必要とする高エネルギー負荷操作になっている。このため、エネルギー使用量を抑制するための一つ的手段として、機械式圧縮ヒートポンプを使用した乾燥装置が知られている。

【0003】このような機械式圧縮ヒートポンプを使用した乾燥装置は、例えば図 5 に示すように構成されている。図 5 において、乾燥装置 1 は、乾燥すべき対象物が収容される乾燥部 2 に対して、機械式圧縮ヒートポンプ 3 を接続して、空気循環機 4 によりヒートポンプ 3 から乾燥した空気を乾燥部 2 内に送り込み、乾燥部 2 からの湿った空気をヒートポンプ 3 に循環させるようにしてい

る。

【0004】上記機械式圧縮ヒートポンプ 3 は、図示の場合、冷媒蒸発部 3 a と冷媒凝縮部 3 b とを備えており、冷媒蒸発部 3 a が冷媒の気化熱により冷却を行なうとともに、冷媒凝縮部 3 b が冷媒の凝縮熱により加熱を行なう。

【0005】このような構成の乾燥装置 1 によれば、ヒートポンプ 3 が外部から供給される電気エネルギーにより動作することにより、空気循環機 4 により乾燥部 2 から戻される湿った空気を、冷媒蒸発部 3 a によって冷却して、空気内に含まれる水分を凝結させ、さらに冷媒凝縮部 3 b で加熱することにより、空気を乾燥させて、再び乾燥部 2 内に送り込むようになっている。

**【0006】**

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような構成の機械式圧縮ヒートポンプ 1 は、ヒートポンプを備えていない乾燥装置と比較すると、乾燥効率が向上するが、用途が限定されてしまうとともに、電気エネルギーの使用量が多く、さらにフロン等の環境汚染物質を含むことが多い。

【0007】これに対して、化学反応を利用したケミカルヒートポンプも知られている。ここで、ケミカルヒートポンプは、例えば図 6 に示すように構成されている。図 6 において、ケミカルヒートポンプ 5 は、高温側反応器 6 及び低温側反応器 7 と、これらを連結するパイプ 8 と、から構成されている。高温側反応器 6 は、蓄熱材として反応平衡圧力の比較的低い反応材 A が充填されている。

【0008】また、低温側反応器 7 は、高温側反応材 A に対抗し得る高反応平衡圧の反応材 B が充填され、それぞれ真空に保持されている。なお、低温側反応器 7 内では、液体の蒸発及び気体の凝縮も行なわれる。上記パイプ 8 は、両端にて、それぞれ高温側反応器 6 及び低温側反応器 7 の内部に対してバルブ（図示せず）により開閉可能に構成されている。

【0009】このような構成のケミカルヒートポンプ 5 によれば、図 6 (A) に示す放熱過程においては、バルブが開弁されると、高温側反応器 6 及び低温側反応器 7 の内部の圧力差によって、低温側反応器 7 からガス C が分離発生してパイプ 8 を通って高温側反応器 6 内に移動する。ここで、このガス C は、高温側反応器 6 内にて反応材 A と反応して、A C が形成され、その際高温熱が生成される。他方、低温側反応器 7 内では、分解熱により吸熱反応が進行して、冷熱が生成される。これにより、高温側反応器 6 内では、加熱が行なわれ、低温側反応器 7 内では冷却が行なわれる。

【0010】これに対して、図 6 (B) に示す蓄熱過程では、高温側反応器 6 に熱を加えることにより、放熱過程で生成された A C が分解して、A が再生すると共に、発生したガス C がパイプ 8 を通って、低温側反応器 7 内

に移動して、反応材 B と反応し、反応熱を生成して B C となり、再び高温熱・冷熱発生前の状態に戻る。

【0011】このように、ケミカルヒートポンプは、A と C から A C を生成する反応、そして A C を A と C に戻す反応、という二つの可逆反応を主に利用するものであるが、原理的には従来の機械式圧縮ヒートポンプや顕熱、潜熱蓄熱と比較して、ヒートポンプ性能や蓄熱性能に関して多くの利点を有しているものの、化学反応利用システムであることから、化学反応に依存する蓄熱及び放熱形態のコントロールが困難である。また、ケミカルヒートポンプの高温側反応器においては、放熱過程で時間経過とともに、加熱効率が低下して、送出空気の温度が低下することが知られている。このため、実験室規模では作動例が報告されているが、実際の産業用システムとしてケミカルヒートポンプは殆ど利用されていない。

【0012】この発明は、以上の点にかんがみて、ケミカルヒートポンプを利用して、電気エネルギーを殆ど必要としない乾燥装置を提供することを目的としている。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的は、本発明によれば、乾燥すべき対象物が収容される乾燥部に対して高温側反応器がそれぞれ接続され、所定の時間間隔で交互に蓄熱過程及び放熱過程で動作する二つのケミカルヒートポンプと、放熱過程で動作する第一のケミカルヒートポンプの低温側反応器に対して蓄熱過程で動作する第二のケミカルヒートポンプの高温側反応器を切換え接続する切換え手段と、第一のケミカルヒートポンプの高温側反応器から乾燥部を通して第二のケミカルヒートポンプの高温側反応器まで気体を循環させる送風手段と、を含んでいることを特徴とする乾燥装置により、達成される。

【0014】この発明による乾燥装置は、好ましくは、第二のケミカルヒートポンプの高温側反応器が、不足する熱エネルギーを外部から供給される。

【0015】この発明による乾燥装置は、好ましくは、第一のケミカルヒートポンプの低温側反応器が、不足する熱エネルギーを外部から供給される。

【0016】この発明による乾燥装置は、好ましくは、外部から供給される熱エネルギーが常温空気により与えられる。

【0017】この発明による乾燥装置は、好ましくは、第一のケミカルヒートポンプの高温側反応器からの気体が外部からの空気と混合されて乾燥部に供給される。

【0018】この発明による乾燥装置は、好ましくは、第二のケミカルヒートポンプの高温側反応器からの気体の少なくとも一部が、外部に排出される。

【0019】上記構成によれば、二つのケミカルヒートポンプを所定の時間間隔で交互に蓄熱過程及び放熱過程で動作させて、送風手段によって、放熱過程で動作する第一のケミカルヒートポンプの高温側反応器から高温乾

燥空気が乾燥部に送り込まれる。これにより、空気は、乾燥部内にて対象物を乾燥させることにより、水分を吸収すると共に温度低下する。そして、乾燥部からの湿った空気が蓄熱過程で動作する第二のケミカルヒートポンプの高温側反応器に送り込まれる。そして、第二のケミカルヒートポンプの高温側反応器内では、空気の持つ熱エネルギーが蓄熱される。この場合、蓄熱のためのエネルギーが不足する場合には外部から供給される。その後、空気は第一のケミカルヒートポンプの低温側反応器に送出される。

【0020】これに対して、第一のケミカルヒートポンプの低温側反応器内では、第二のケミカルヒートポンプの高温側反応器からの空気が吸熱され、必要に応じて冷却除湿される。この場合、吸熱のためのエネルギーが不足する場合には、外部から供給される。その後、空気は、第一のケミカルヒートポンプの高温側反応器からの放熱により加熱されて高温乾燥空気となり、必要に応じて外気と混合されて、再び乾燥部内に供給される。

【0021】ここで、第一のケミカルヒートポンプ及び第二のケミカルヒートポンプは、所定時間間隔で交互に放熱過程及び蓄熱過程で動作するので、所謂、増熱モードにより、蓄熱過程で蓄熱された熱エネルギーが、放熱過程及び蓄熱過程で高温熱を生成することになり、乾燥部に供給される空気の加熱効率が向上すると共に、時間経過による加熱効率の低下が抑制され得ることになる。これにより、本発明による乾燥装置においては、従来の単純に外気をボイラー等により加熱して高温乾燥空気を乾燥部に供給する乾燥装置と比較して、二つのケミカルヒートポンプの蓄熱・昇温モードを利用するとともに、乾燥部からの排気の熱エネルギーを再利用することによって、消費エネルギーを大幅に削減することができる。に加えて、環境汚染物質を使用せず、省エネルギーを実現することができる。

【0022】外部から供給される熱エネルギーが、常温空気により与えられる場合には、空気を加熱する必要がないので、コストが著しく低減され得る。

【0023】第二のケミカルヒートポンプの高温側反応器からの気体の少なくとも一部が外部に排出される場合には、乾燥部で吸湿した空気の少なくとも一部が外部に排出されることによって乾燥効率がより一層向上することになる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、図面に示した実施形態に基づいて、この発明を詳細に説明する。図 1 はこの発明による乾燥装置の一実施形態を示している。図 1 において、乾燥装置 10 は、乾燥すべき対象物が収容される乾燥部 11 に対して、所定の時間間隔で交互に蓄熱過程及び放熱過程で動作する二つのケミカルヒートポンプ 12 及び 13 が選択的に切換え接続されることにより構成されており、これら二つのケミカルヒートポンプ 12, 1

3間には空気循環器14が接続され、さらに、上記二つのケミカルヒートポンプ12, 13を交互に切換え接続するための後述する切換え手段15(図2参照)を備えている。

【0025】一方のケミカルヒートポンプ12は、図示の場合、蓄熱過程で動作しており、乾燥部11からの空気が高温側反応器12aに供給される。これに対して、他方のケミカルヒートポンプ13は放熱過程で動作しており、高温側反応器12aから高温乾燥空気を乾燥部11内に送出する。なお、ケミカルヒートポンプ12, 13は、具体的には図2に示すように、高温側反応器12a, 13a内にて、反応材料として消石灰Ca(OH)<sub>2</sub>が使用されている。

【0026】上記空気循環器14は、図1にて実線で示すように、ケミカルヒートポンプ12の高温側反応器12aからケミカルヒートポンプ13の低温側反応器13b内に空気を送出するように接続されているが、後述する切換え手段15の切換え操作により、図1にて鎖線で示すように、ケミカルヒートポンプ13の高温側反応器13aからケミカルヒートポンプ12の低温側反応器内12bに空気を送出するように切換え接続される。

【0027】上記切換え手段15は、図1にて実線で示す第一の切換え状態にて、ケミカルヒートポンプ13の高温側反応器13aを乾燥部11を介してケミカルヒートポンプ12の高温側反応器12aに接続し、さらにケミカルヒートポンプ12の高温側反応器12aを空気循環器14を介してケミカルヒートポンプ13の低温側反応器13bに接続する。

【0028】また、上記切換え手段15は、図1にて鎖線で示す第二の切換え状態にて、ケミカルヒートポンプ12の高温側反応器12aを乾燥部11を介してケミカルヒートポンプ13の高温側反応器13aに接続し、さらにケミカルヒートポンプ13の高温側反応器13aを空気循環器14を介してケミカルヒートポンプ12の低温側反応器12bに接続する。

【0029】尚、このような切換え手段15は、例えば図2に示すように、制御バルブから構成されている。この場合、切換えを容易にするために、ケミカルヒートポンプ12の高温側反応器12aから乾燥部11を介してケミカルヒートポンプ13の高温側反応器13aまでの空気の通路において、制御バルブの切換えにより、空気が逆方向になるように構成されている。

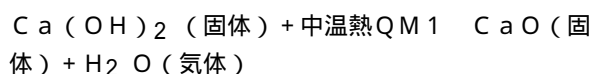
【0030】本発明による乾燥装置10は、以上のように構成されており、以下のように動作する。まず、ケミカルヒートポンプは、一般的に図3に示すように、操作方式によって四つの動作モード、即ち蓄熱モード(図3(A)参照)、増熱モード(図3(B)参照)、冷凍モード(図3(C)参照)及び昇温モード(図3(D)参照)で動作する。上記蓄熱モード(図3(A))は、蓄熱過程でほぼ同レベルの温度域で動作する。また、

昇温モード(図3(D))は、放熱過程で低温側反応器に対してやや高い熱QMを供給することにより、高温側反応器から蓄熱温度より高温の熱QHを取り出すことができる。

【0031】これに対して、増熱モード(図3(B))及び冷凍モード(図3(C))は、ほぼ同じ操作原理で動作し、蓄熱過程では高温熱QHを高温側反応器で蓄熱するとともに、低温側反応器で中温熱QMを生成するが、放熱過程では低温熱QLを低温側反応器に供給することにより、同時に高温側反応器で中温熱QMを生成する。このようにして、増熱モード及び冷凍モードでは、一度の蓄熱過程における高温蓄熱によって、蓄熱過程及び放熱過程で、二度中温熱QMを取り出すことができることから、増熱が可能になる。ここで、放熱過程で低温熱QLを低温側反応器に供給する場合、熱源として例えば常温空気を使用することができ、これにより熱エネルギーコストが殆ど不要になる。

【0032】本発明実施形態による乾燥装置10は、上述した動作モードを利用して、以下のように動作する。即ち、図1及び図2に示すように、ケミカルヒートポンプ13の高温側反応器13aからの高温乾燥空気(温度TA1=550)が、空気循環器14により乾燥部11内に供給され、乾燥部11内にて、高温乾燥空気によって対象物が乾燥される。

【0033】そして、乾燥部11内で対象物からの水分を吸収し温度降下した空気(温度TA2=450)が、蓄熱過程で動作するケミカルヒートポンプ12の高温側反応器12a内に送られる。この高温側反応器12a内では、蓄熱に必要な中温熱QM1が外部から供給されることにより、



の反応(図4にて符号A)が進行し、発生したH<sub>2</sub>O(気体)が圧力P1=4.2kPaで低温側反応器12b内に移動して、低温側反応器12b内では、

$$\text{H}_2\text{O (気体)} \rightarrow \text{H}_2\text{O (液体)} + \text{低温熱QL1}$$

の反応(図4にて符号B)が進行して、低温熱QL1(温度TL1=30)が生成される。高温側反応器12aを通過した空気は、高温側反応器12a(温度TM1=380)にて冷却され(温度TA3=400)、切換え手段15を介して、放熱過程で動作するケミカルヒートポンプ13の低温側反応器13b内に導入される。

【0034】次に、ケミカルヒートポンプ13の低温側反応器13b内では、放熱に必要な中温熱QM2が外部から供給されることにより、



の反応(図4にて符号C)が進行して、発生したH<sub>2</sub>O(気体)が圧力P2=476kPaで高温側反応器13a内に移動して、高温側反応器13a内では、

$\text{CaO}$  (固体) +  $\text{H}_2\text{O}$  (気体)  $\rightarrow$   $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (固体) + 高温熱QH2

の反応(図4にて符号D)が進行して、高温熱QH2が発生する。低温側反応器13bを通過した空気は、低温側反応器13b(温度 $T_{M2} = 150$ )にて吸熱され、冷却除湿(温度 $T_{A4} = 300$ )されることにより高温側反応器13a内に導入され、高温側反応器13a(温度 $T_{H2} = 594$ )を通過することにより加熱され(温度 $T_{A1} = 550$ )、再び乾燥部11内に供給される。

【0035】上記動作が所定時間継続した後、各ケミカルヒートポンプ12, 13は、それぞれ放熱過程及び蓄熱過程で動作すると共に、切換え手段15が切換え動作を行なうことにより、図1にて鎖線で示す第二の切換え状態になると、各ケミカルヒートポンプ12及び13は、上述したケミカルヒートポンプ13, 12と同じ動作を行ない、同様に乾燥部11内に高温乾燥空気を供給して、乾燥部11内の対象物が乾燥される。

【0036】このようにして、二つのケミカルヒートポンプ12, 13が交互に蓄熱過程及び放熱過程で動作することによって、乾燥部11にて乾燥が連続して行なわれ、しかも、時間経過による加熱効率の低下が抑制されるとともに、各ケミカルヒートポンプ12, 13に外部から導入される熱エネルギー $Q_{M1}$ ,  $Q_{M2}$ は、それぞれ中温熱であることから、常温空気であってもよく、熱エネルギーコストが殆ど不要である。さらに、ケミカルヒートポンプ12, 13は、前述した昇温モードで動作することによって、空気をより高温に加熱することができることから、熱効率が向上する。

【0037】上述した実施形態においては、ケミカルヒートポンプ12, 13は、反応材料として消石灰を使用しているが、これに限らず、他の反応材料を使用したケミカルヒートポンプを使用することもできることは明らかである。また、乾燥装置10の各所における温度、圧力等は例示したものにすぎず、これらの数値に限定されるものではない。

【0038】

【発明の効果】以上述べたように、この発明によれば、

第一のケミカルヒートポンプ及び第二のケミカルヒートポンプは、所定時間間隔で交互に放熱過程及び蓄熱過程で動作するので、所謂増熱モードにより、蓄熱過程で蓄熱された熱エネルギーが、放熱過程及び蓄熱過程で高温熱を生成することになり、乾燥部に供給される空気の加熱効率が向上するとともに、時間経過による加熱効率の低下が抑制され得ることになる。従って、従来の単純に外気をボイラー等により加熱して高温乾燥空気を乾燥部に供給する乾燥装置と比較して、二つのケミカルヒートポンプの蓄熱・昇温モードを利用するとともに、乾燥部からの排気の熱エネルギーを再利用することによって、消費エネルギーを大幅に削減することができることに加え、環境汚染物質を使用することなく、省エネルギーを実現することができる。このようにして、本発明によれば、ケミカルヒートポンプを利用して、電気エネルギーを殆ど必要としない、極めて優れた乾燥装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による乾燥装置の一実施形態を示すブロック図である。

【図2】図1の乾燥装置の具体的な構成を示す詳細図である。

【図3】ケミカルヒートポンプの各種動作モードを示すグラフである。

【図4】図1の乾燥装置におけるケミカルヒートポンプの動作を示すグラフである。

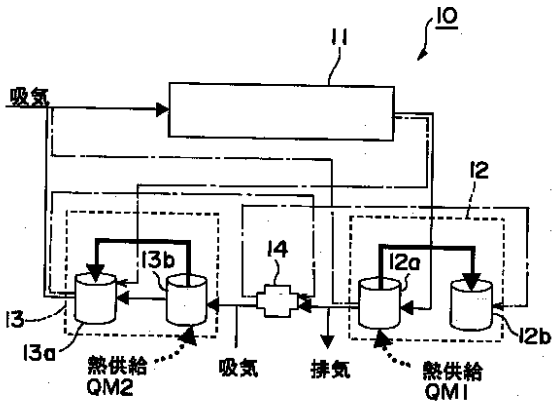
【図5】従来の機械式圧縮ヒートポンプを使用した乾燥装置の一例の構成を示すブロック図である。

【図6】従来のケミカルヒートポンプの動作を示す概略図である。

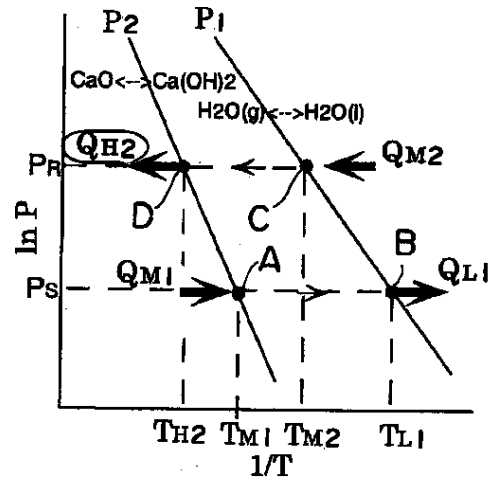
【符号の説明】

- 10 乾燥装置
- 11 乾燥部
- 12, 13 ケミカルヒートポンプ
- 12a, 13a 高温側反応器
- 12b, 13b 低温側反応器
- 14 空気循環器(送風手段)
- 15 切換え手段

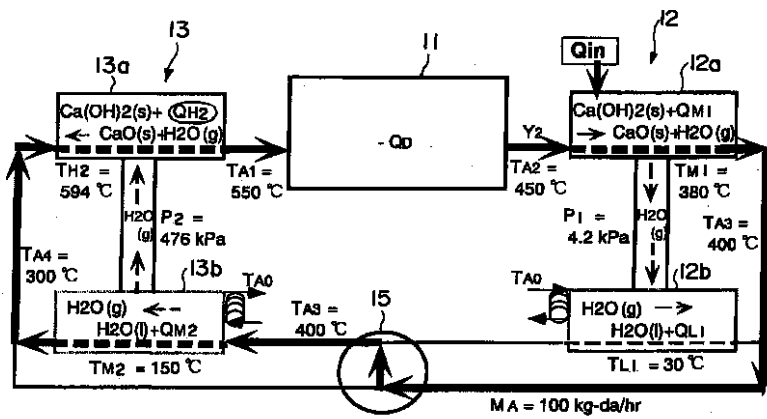
【図 1】



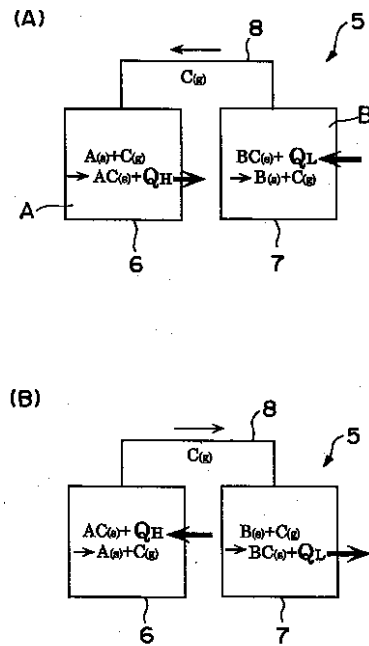
【図 4】



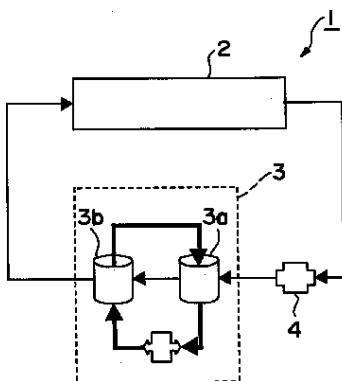
【図 2】



【図 6】



【図 5】



【図3】

