

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6547532号
(P6547532)

(45) 発行日 令和1年7月24日(2019.7.24)

(24) 登録日 令和1年7月5日(2019.7.5)

(51) Int.Cl.

F 2 8 D 20/00 (2006.01)

F 1

F 2 8 D 20/00

Z

請求項の数 6 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2015-178590 (P2015-178590)	(73) 特許権者	000003609
(22) 出願日	平成27年9月10日 (2015.9.10)		株式会社豊田中央研究所
(65) 公開番号	特開2017-53556 (P2017-53556A)		愛知県長久手市横道4 1 番地の1
(43) 公開日	平成29年3月16日 (2017.3.16)	(74) 代理人	100079049
審査請求日	平成30年7月9日 (2018.7.9)		弁理士 中島 淳
		(74) 代理人	100084995
			弁理士 加藤 和詳
		(72) 発明者	橋本 俊輔
			愛知県長久手市横道4 1 番地の1 株式会
			社豊田中央研究所内
		(72) 発明者	山内 崇史
			愛知県長久手市横道4 1 番地の1 株式会
			社豊田中央研究所内
		審査官	河野 俊二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 膨張タンク、蓄熱システム及びヒートポンプ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

熱媒の循環部に気密状態で連結されている容器と、
 前記容器とともに熱媒及び蒸気を収容する熱媒室を形成する壁と、
 前記熱媒室内の熱媒の温度を測る温度計と、
 前記壁の位置を移動させる移動部と、
 前記壁の位置を検出する検出部と、
 前記温度計、前記移動部及び前記検出部を用いて、前記熱媒室内の気圧を前記温度計が測った温度の蒸気圧にする位置に前記壁を移動させる制御を行う制御部と、
 を備えた膨張タンク。

10

【請求項2】

容器と、
 前記容器の内部を、熱媒の循環部に気密状態で連結され熱媒及び蒸気を収容する熱媒室と気体を収容する気体室とを仕切り、前記熱媒室内と前記気体室内との気圧差で移動する壁と、
 前記熱媒室内の熱媒の温度を測る温度計と、
 前記気体室内の気圧を変更する変更部と、
 前記壁の位置を検出する検出部と、
 前記温度計、前記変更部及び前記検出部を用いて、前記熱媒室内の気圧を前記温度計が測った温度の蒸気圧にする位置に前記壁を移動させるように前記気体室内の気圧を変更さ

20

せる制御を行う制御部と、
を備えた膨張タンク。

【請求項 3】

前記気体室内の気圧を測る圧力計を備え、

前記制御部は、前記熱媒室内の気圧が蒸気圧よりも高い場合、前記温度計、前記変更部及び前記検出部を用いて、前記熱媒室内の気圧を前記温度計が測った温度の蒸気圧にする位置に前記壁を移動させるように前記気体室内の気圧を前記蒸気圧より低い定められた範囲の気圧で変化させながら、前記気体室内の気圧を変更させる制御を行う、

請求項 2 記載の膨張タンク。

【請求項 4】

10

前記気体室内の気圧を測る圧力計を備え、

前記制御部は、前記熱媒室内の気圧が蒸気圧よりも低い場合、前記温度計、前記変更部及び前記検出部を用いて、前記熱媒室内の気圧を前記温度計が測った温度の蒸気圧にする位置に前記壁を移動させるように前記気体室内の気圧を前記蒸気圧より高い定められた範囲の気圧で変化させながら、前記気体室内の気圧を変更させる制御を行う、

請求項 2 又は 3 に記載の膨張タンク。

【請求項 5】

請求項 1 ～ 4 の何れか 1 項に記載の膨張タンクと、

前記容器に気密状態で連結される熱媒の循環部と、

蓄熱材を有し、内部に前記循環部の一部が配置され、前記蓄熱材に気体を反応させて発熱して前記循環部内の熱媒を加熱し、前記循環部内の熱媒から与えられる熱により、気体と反応した前記蓄熱材から気体を生成して蓄熱する蓄熱器と、

20

を備えた蓄熱システム。

【請求項 6】

請求項 1 ～ 4 の何れか 1 項に記載の膨張タンクと、

前記容器に気密状態で連結される熱媒の循環部と、

蓄熱材を有し、内部に前記循環部の一部が配置され、前記蓄熱材に気体を反応させて発熱して前記循環部内の熱媒を加熱し、前記循環部内の熱媒から与えられる熱により、気体と反応した前記蓄熱材から気体を生成して蓄熱する蓄熱器と、

を備えたヒートポンプ。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、膨張タンク、蓄熱システム及びヒートポンプに関する。

【背景技術】

【0002】

非特許文献 1 には、熱媒ボイラー又は電気ヒーターを経路の一部とし、熱媒が循環する循環経路と、循環経路に連結されている膨張タンクと、を含む構成が開示されている。この構成では、膨張タンクの運転圧力を平衡圧よりも高く設定する場合に不活性ガスを膨張タンク内に注入し、運転圧力を平衡圧よりも低く設定する場合に弁を開いて熱媒の蒸気を膨張タンク外に逃がすことが開示されている。また、この構成では、定期的に循環経路に熱媒を補充する必要があることが開示されている。

40

【0003】

非特許文献 2 には、合成ゴム製のダイヤフラム又はブラダーによって、水室と空気室とが隔離されている密閉膨張タンクが開示されている。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献 1】 松村石油株式会社、合成系有機熱媒油 バーレルサーム（登録商標）シリーズ バーレルシリコーンフルード（登録商標）ST、日本、2012年3月、p. 8

50

【非特許文献2】森永エンジニアリング株式会社、r e f l e x 密閉形隔膜式膨張タンク、[online]、[平成27年8月5日検索]、インターネット<URL:http://www.morien.co.jp/machine/pdf/reflex_c.pdf>

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

非特許文献1の構成によれば、運転圧力を平衡圧よりも低く設定する場合に弁を開いて熱媒の蒸気を膨張タンク外に逃がすようになっていることから、弁を開くと膨張タンク内に急激な圧力低下が生じて熱媒の循環経路にキャビテーションが発生する虞がある。また、非特許文献1の構成では、膨張タンク外に逃がされた分の熱媒を補充する必要がある。

10

【0006】

これに対して、非特許文献2の構成では、空気室内の空気を密閉膨張タンク外に逃がすようになっている。しかしながら、密閉膨張タンクにおける水室と空気室とに隔離する合成ゴム製のダイヤフラムは、水室内に充満した膨張水と空気室の空気との圧力の関係で膨張・収縮させている。そのため、非特許文献2の構成では、水室内に膨張水が充満していない状態、すなわち、水室内の一部に蒸気が存在している状態では、空気室内の圧力を正確に制御することが難しい。

【0007】

本発明は、熱媒を補充する必要がなく、かつ、循環部の熱媒におけるキャビテーションの発生を抑制するように制御することができる膨張タンクの提供を目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0008】

請求項1の膨張タンクは、熱媒の循環部に気密状態で連結されている容器と、前記容器とともに熱媒及び蒸気を収容する熱媒室を形成する壁と、前記熱媒室内の熱媒の温度を測る温度計と、前記壁の位置を移動させる移動部と、前記壁の位置を検出する検出部と、前記温度計、前記移動部及び前記検出部を用いて、前記熱媒室内の気圧を前記温度計が測った温度の蒸気圧にする位置に前記壁を移動させる制御を行う制御部と、を備えている。

【0009】

請求項1の膨張タンクは、熱媒の循環部に気密状態で連結されている容器と壁とにより、熱媒及び蒸気を収容する熱媒室が形成されている。また、壁は、移動部により移動される。そのため、請求項1の膨張タンクの場合、熱媒室内の熱媒の蒸気が熱媒室内から逃がされることがないから、熱媒を補充する必要がない。また、請求項1の膨張タンクは、制御部が、温度計、移動部、及び、検出部を用いて、温度計が測る温度に基づき、熱媒室内の気圧を蒸気圧にする位置に壁を移動させる制御を行う。そのため、請求項1の膨張タンクの場合、熱媒室内の気圧が急激に変化し難いことから、循環部の熱媒におけるキャビテーションの発生を抑制させるように制御することができる。以上のとおり、請求項1の膨張タンクは、熱媒を補充する必要がなく、かつ、循環部の熱媒におけるキャビテーションの発生を抑制するように制御することができる。

30

【0010】

請求項2の膨張タンクは、容器と、前記容器の内部を、熱媒の循環部に気密状態で連結され熱媒及び蒸気を収容する熱媒室と気体を収容する気体室とを仕切り、前記熱媒室内と前記気体室内との気圧差で移動する壁と、前記熱媒室内の熱媒の温度を測る温度計と、前記気体室内の気圧を変更する変更部と、前記壁の位置を検出する検出部と、前記温度計、前記変更部及び前記検出部を用いて、前記熱媒室内の気圧を前記温度計が測った温度の蒸気圧にする位置に前記壁を移動させるように前記気体室内の気圧を変更させる制御を行う制御部と、を備えている。

40

【0011】

請求項2の膨張タンクは、容器の内部が、壁により、熱媒の循環部に気密状態で連結され熱媒及び蒸気を収容する熱媒室と、気体を収容する気体室とに仕切られている。また、壁は、熱媒室と気体室との気圧差で移動する。そのため、請求項2の膨張タンクの場合、

50

熱媒室内の熱媒の蒸気が熱媒室内から逃がされることがないから、熱媒を補充する必要がない。また、請求項2の膨張タンクは、制御部が、温度計、変更部、及び、検出部を用いて、熱媒室内の気圧を温度計が測った温度の蒸気圧にする位置に壁を移動させるように気体室内の気圧を変更させる制御を行う。そのため、請求項2の膨張タンクの場合、熱媒室内の気圧が急激に変化し難いことから、循環部の熱媒におけるキャビテーションの発生を抑制させるように制御することができる。以上のとおり、請求項2の膨張タンクは、熱媒を補充する必要がなく、かつ、循環部の熱媒におけるキャビテーションの発生を抑制するように制御することができる。

【0012】

請求項3の膨張タンクは、請求項2記載の膨張タンクであって、前記気体室内の気圧を測る圧力計を備え、前記制御部は、前記熱媒室内の気圧が蒸気圧よりも高い場合、前記温度計、前記変更部及び前記検出部を用いて、前記熱媒室内の気圧を前記温度計が測った温度の蒸気圧にする位置に前記壁を移動させるように前記気体室内の気圧を前記蒸気圧より低い定められた範囲の気圧で変化させながら、前記気体室内の気圧を変更させる制御を行う。

10

【0013】

請求項3の膨張タンクは、熱媒室内の気圧が蒸気圧よりも高い場合において、制御部が、熱媒室内の気圧を温度計が測った温度の蒸気圧にする位置に壁を移動させるように気体室内の気圧を定められた範囲の気圧より低い気圧で変化させながら、気体室内の気圧を変更させる制御を行う場合に比べて、循環部の熱媒におけるキャビテーションの発生を抑制させることができる。

20

【0014】

また、請求項3の膨張タンクは、熱媒室内の気圧が蒸気圧よりも高い場合において、制御部が、熱媒室内の気圧を温度計が測った温度の蒸気圧にする位置に壁を移動させるように気体室内の気圧を定められた範囲の気圧より高い気圧で変化させながら、気体室内の気圧を変更させる制御を行う場合に比べて、短時間で壁を移動させることができる。

【0015】

請求項4の膨張タンクは、請求項2又は3に記載の膨張タンクであって、前記気体室内の気圧を測る圧力計を備え、前記制御部は、前記熱媒室内の気圧が蒸気圧よりも低い場合、前記温度計、前記変更部及び前記検出部を用いて、前記熱媒室内の気圧を前記温度計が測った温度の蒸気圧にする位置に前記壁を移動させるように前記気体室内の気圧を前記蒸気圧より高い定められた範囲の気圧で変化させながら、前記気体室内の気圧を変更させる制御を行う。

30

【0016】

請求項4の膨張タンクは、熱媒室内の気圧が蒸気圧よりも低い場合において、制御部が、熱媒室内の気圧を温度計が測った温度の蒸気圧にする位置に壁を移動させるように気体室内の気圧を定められた範囲の気圧より低い気圧で変化させながら、気体室内の気圧を変更させる制御を行う場合に比べて、循環部の熱媒におけるキャビテーションの発生を抑制させることができる。

【0017】

40

また、請求項4の膨張タンクは、熱媒室内の気圧が蒸気圧よりも低い場合において、制御部が、熱媒室内の気圧を温度計が測った温度の蒸気圧にする位置に壁を移動させるように気体室内の気圧を定められた範囲の気圧より高い気圧で変化させながら、気体室内の気圧を変更させる制御を行う場合に比べて、循環部における熱媒による熱の輸送効率が低下し難い。

【0018】

請求項5の蓄熱システムは、請求項1～4の何れか1項に記載の膨張タンクと、前記熱媒室に気密状態で連結される熱媒の循環部と、蓄熱材を有し、内部に前記循環部の一部が配置され、前記蓄熱材に気体を反応させて発熱して前記循環部内の熱媒を加熱し、前記循環部内の熱媒から与えられる熱により、気体と反応した前記蓄熱材から気体を生成して蓄

50

熱する蓄熱器と、を備えている。

【0019】

請求項5の蓄熱システムは、請求項1～34何れか1項に記載の膨張タンクを備えている。そのため、請求項5の蓄熱システムは、循環部の熱媒におけるキャビテーションの発生に伴う熱媒の輸送効率の低下が抑制される。

【0020】

請求項6のヒートポンプは、請求項1～4の何れか1項に記載の膨張タンクと、前記第1室に気密状態で連結される熱媒の循環部と、蓄熱材を有し、内部に前記循環部の一部が配置され、前記蓄熱材に気体を反応させて発熱して前記循環部内の熱媒を加熱し、前記循環部内の熱媒から与えられる熱により、気体と反応した前記蓄熱材から気体を生成して蓄熱する蓄熱器と、を備えている。

10

【0021】

請求項6の蓄熱システムは、請求項1～4の何れか1項に記載の膨張タンクを備えている。そのため、請求項6のヒートポンプは、循環部の熱媒におけるキャビテーションの発生に伴う熱媒の輸送効率の低下が抑制される。

【発明の効果】

【0022】

本発明は、熱媒を補充する必要がなく、かつ、循環部の熱媒におけるキャビテーションの発生を抑制するように制御することができる。

【図面の簡単な説明】

20

【0023】

【図1】実施形態の蓄熱システムの概略図である。

【図2】実施形態の蓄熱システムを構成する膨張タンクの図であって、第1の状態（第1室内の熱媒の温度が蓄熱システムにおける最低の温度の状態）での膨張タンクの概略図である。

【図3】実施形態の膨張タンクの図であって、第2の状態（経路部内から第1室内に熱媒が移っている状態又は第1室内から経路部内に熱媒が移っている状態）での膨張タンクの概略図である。

【図4】実施形態の膨張タンクの図であって、第3の状態（経路部内から第1室内に熱媒が移り終わった状態）での膨張タンクの概略図である。

30

【図5】実施形態の膨張タンクを構成する制御部と、膨張タンクを構成する制御部以外の各部と関係を示す制御ブロック図である。

【図6】実施形態の膨張タンクを構成する第1室内の熱媒の温度に対する蒸気圧曲線と、蒸気圧に対して90%及び110%の気圧の曲線とを示すグラフ（セミログプロット）である。

【図7】第1比較形態の膨張タンクを備えた蓄熱システムの概略図である。

【図8】第2比較形態の膨張タンクの概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

《概要》

40

以下、本実施形態の蓄熱システム10（図1参照）について説明する。まず、本実施形態の蓄熱システム10の全体構成及び動作について説明する。次いで、本実施形態の要部（膨張タンク50）の構成及び動作について説明する。次いで、本実施形態の作用について説明する。なお、以下の説明では、図中における矢印Hの方向（+H方向及び-H方向）を装置高さ方向とし、+H方向を装置高さ方向上側、-H方向を装置高さ方向下側とし、特に断りのない限り、単に上側、下側とする。

【0025】

《全体構成》

蓄熱システム10は、図1に示されるように、循環部20と、蓄熱器30と、蒸発凝縮器40と、膨張タンク50と、制御装置60と、を含んで構成されている。

50

【0026】

<循環部>

循環部20は、熱媒を循環させる機能を有する。循環部20は、図1に示されるように、循環経路部22（以下、経路部22という。）と、ポンプ24と、流量計26と、を含んで構成されている。

【0027】

経路部22は、熱媒が流通する経路とされている。経路部22は、一例としてパイプとされている。また、経路部22は、図1に示されるように、媒体の循環経路を形成している。

【0028】

経路部22の一部は、蓄熱器30内に配置されている。ここで、経路部22における蓄熱器30内に配置されている一部を熱交換部22Aという。なお、熱交換部22Aについては、蓄熱器30において記載する。

【0029】

また、経路部22は、膨張タンク50（の後述する容器70）に気密状態で連結されている。具体的には、経路部22は、図1に示されるように、一例として、経路部22と分岐したパイプP1により容器70に繋がられている。

【0030】

ポンプ24は、経路部22に取り付けられている。ポンプ24は、駆動源（図示省略）により駆動されて熱媒を循環方向（図中の矢印FLの方向）に沿って流通させるようになっている。流量計26は、経路部22におけるポンプ24が取り付けられている部分と異なる部分に取り付けられている。流量計26は、ポンプ24により循環方向に沿って流通される熱媒の流量（単位時間あたりに流通する熱媒の量）を計量するようになっている。

【0031】

ここで、熱媒とは、後述する蓄熱材34が放熱した熱を経路部22の熱交換部22Aを通じて吸収し、吸収した熱を加熱対象（図示省略）に輸送する機能と、熱源（図示省略）からの熱を熱交換部22Aまで輸送し、輸送した熱を熱交換部22Aを介して蓄熱材34に与える機能とを有する。本実施形態の蓄熱システム10において、加熱対象及び熱源は、一例として、図1における破線内に経路部22における熱媒の循環経路に切換手段（図示省略）により切替可能な態様で配置されている。なお、本実施形態の熱媒は、一例としてオイルとされている。

【0032】

<蓄熱器>

蓄熱器30は、加熱対象を加熱するために放熱する機能と、熱源から移動した熱を蓄熱する機能とを有する。蓄熱器30は、図1に示されるように、容器32と、蓄熱材34と、を含んで構成されている。

【0033】

[容器]

容器32は、一例として、円筒状とされており、周壁32Aと、上壁32Bと、下壁32Cと、で構成されている。また、周壁32Aには装置高さ方向に並ぶ2ヶ所の貫通穴が形成されており、下壁32Cの中央には1ヶ所の貫通穴が形成されている。なお、容器32は、断熱材（図示省略）により覆われている。

【0034】

[蓄熱材]

蓄熱材34は、容器32内に配置されている。本実施形態の蓄熱材34は、一例として酸化カルシウム（CaO）の成形体とされており、酸化カルシウムの粉体を粘土鉱物等のバインダと混練し焼成され、容器32内に嵌り込むように円筒状に形成されている。

【0035】

ここで、蓄熱材34は、水和に伴って放熱（発熱）し、脱水に伴って蓄熱（吸熱）するものであり、下記の式1に示す化学反応の結果、放熱、蓄熱を可逆的に繰り返し得る構成

10

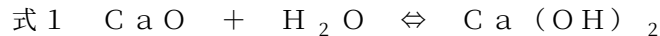
20

30

40

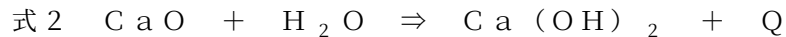
50

とされている。



【0036】

式1に発熱量Q又は蓄熱量Qを併せて示すと、式1は、下記の式2又は式3となる。



ここで、式2は、蓄熱材34が水和に伴って発熱量Qに相当する熱を放熱する化学反応式を示している。これに対して、式3は、水酸化カルシウムの脱水に伴って蓄熱量Qに相当する熱を蓄熱する化学反応式を示している。なお、本実施形態の蓄熱材34における単位質量当たりの蓄熱容量は、一例として1.86 [MJ/kg]とされている。

10

【0037】

[蓄熱器内の経路部の熱交換部22Aについて]

前述のとおり、経路部22の熱交換部22Aは、蓄熱器30内に配置されている。具体的には、熱交換部22Aは、図1に示されるように、それぞれ容器32の外壁32Aに形成された2ヶ所の貫通穴に固定されて、容器32内に配置されている。なお、熱交換部22Aの外壁は、蓄熱材34に接触している。

【0038】

[蓄熱器と他の要素との関係]

次に、蓄熱器30と他の要素との関係について説明する。

【0039】

[蓄熱器における反応と流路部内の熱媒との関係]

蓄熱器30は、放熱する場合、後述する蒸発凝縮器40で蒸発された水（図示省略）を蓄熱材34に反応（水和）させて放熱するようになっている。その結果、経路部22の熱交換部22Aを流通する熱媒は、熱（蓄熱材34が放熱した熱）を吸収するようになっている。なお、本実施形態の蓄熱器30は、放熱する場合、熱交換部22A内の熱媒を一例として80℃から400℃に加熱するようになっている。

20

【0040】

これに対して、蓄熱器30は、蓄熱する場合、熱交換部22Aを流通する熱媒から与えられる熱により水酸化カルシウムを反応（脱水）させて蓄熱するようになっている。ここで、水酸化カルシウムを反応（脱水）させるとは、水蒸気と反応（水和）した蓄熱材34から水蒸気を生成することを意味する。その結果、熱交換部22Aを流通する熱媒は、蓄熱材34に熱を奪われるようになっている。なお、本実施形態の蓄熱器30は、蓄熱する場合、熱媒を一例として400℃から350℃に冷却するようになっている。

30

【0041】

[蓄熱器と蒸発凝縮器との関係]

蓄熱器30（の容器32）は、蒸発凝縮器40（の後述する容器42）に気密状態で連結されている。具体的には、容器32の下壁32Cの貫通穴にパイプP2の一端がシールされた状態で固定されている。これに対して、パイプP2の他端は、後述する蒸発凝縮器40の容器42の上壁42Bの貫通穴にシールされた状態で固定されている。

【0042】

また、蓄熱器30と蒸発凝縮器40とは、容器32と容器42とがパイプP2により繋がられて、閉じた系を形成している。当該閉じた系は、予め定められた量の水（又は水蒸気）を含んだ状態であって、大気圧よりも気圧が低い環境（減圧環境）とされている。

40

【0043】

<蒸発凝縮器>

蒸発凝縮器40は、水蒸気を凝縮させる機能と、水（図示省略）を蒸発させる機能とを有する。蒸発凝縮器40は、図1に示されるように、容器42と、流路部44とを含んで構成されている。

【0044】

[容器]

50

容器４２は、一例として、円筒状とされており、周壁４２Ａと、上壁４２Ｂと、下壁４２Ｃと、で構成されている。また、周壁４２Ａには装置高さ方向に並ぶ２ヶ所の貫通穴が形成されており、上壁４２Ｂの中央には１ヶ所の貫通穴が形成されている。なお、容器４２は、断熱材（図示省略）により覆われている。

【００４５】

容器４２は、前述のとおり、上壁４２Ｂの貫通穴と蓄熱器３０（の容器３２）の下壁３２Ｃの貫通穴とにパイプＰ２がシールされた状態で固定されることで、蓄熱器３０（の容器３２）に気密状態で連結されている。

【００４６】

[流路部]

流路部４４は、水（冷却水又は加熱水）が流通する流路とされている。本実施形態の流路部４４は、図１に示されるように、一例としてパイプとされており、その一端部及び他端部が、それぞれ容器４２の外壁４２Ａの２ヶ所の貫通穴にシールされた状態で固定されている。そして、流路部４４は、その一端部から送り込まれる水をその他端部から送り出すようになっている。

【００４７】

また、本実施形態の流路部４４は、冷却水又は加熱水を送り込むパイプ（図示省略）に切替手段（図示省略）により切替可能とされて繋がっている。そして、流路部４４は、その一端部から冷却水が送り込まれることにより容器４２内の水蒸気を凝縮させるようになっている。これに対して、流路部４４は、その一端部から加熱水が送り込まれることにより、容器４２内の水を蒸発させるようになっている。なお、容器４２内の水蒸気は、蓄熱器３０において生成され、パイプＰ２から容器４２内に送られた水蒸気とされる。

【００４８】

<膨張タンク>

膨張タンク５０は、経路部２２内における熱媒の圧力を定められた圧力に調整する機能を有する。膨張タンク５０の具体的な構成については、後述する。

【００４９】

<制御装置>

制御装置６０は、蓄熱システム１０における膨張タンク５０及び制御装置６０以外の各部を制御する機能を有する。すなわち、本実施形態の蓄熱システム１０では、膨張タンク５０は、制御装置６０により制御されるものではない。ただし、制御装置６０は、後述する膨張タンク５０における制御部１００以外を制御する制御部１００を備えた構成としてもよい。この場合、制御装置６０は、制御部の一例である。制御装置６０の具体的な機能については、蓄熱システム１０の動作の説明の中で説明する。

【００５０】

以上が、本実施形態の蓄熱システム１０の全体構成についての説明である。

【００５１】

《動作》

次に、本実施形態の蓄熱システム１０の動作について図１を参照しつつ説明する。本実施形態の蓄熱システム１０の動作は、蓄熱モードと、放熱モードとを含む。また、蓄熱システム１０の動作では、制御装置６０が膨張タンク５０及び制御装置６０以外の各要素を制御し、後述する制御部１００が膨張タンク５０における制御部１００以外の各部を制御することで行われる。

【００５２】

<蓄熱モード>

蓄熱モードは、熱媒から与えられる熱により水酸化カルシウムを反応（脱水）させて蓄熱するモードである。蓄熱モードでは、図１における破線内の経路部２２に、切替手段（図示省略）により循環経路が切り替えられて熱源（図示省略）が接続されているとする。

【００５３】

まず、制御装置６０がポンプ２４を駆動させると、経路部２２内の熱媒が循環方向（図

10

20

30

40

50

1 中の矢印 F L の方向) に流通される。これに伴い、経路部 2 2 内の熱媒は、熱源により一例として 4 0 0 °C に加熱される。そして、4 0 0 °C に加熱された熱媒は、経路部 2 2 内を流通して蓄熱器 3 0 内に配置されている経路部 2 2 の熱交換部 2 2 A に送り込まれる。その結果、蓄熱器 3 0 の蓄熱材 3 4 は、熱交換部 2 2 A に送り込まれた熱媒から与えられる熱により水酸化カルシウムを脱水させる (水蒸気を生成する)。これに伴い、蓄熱材 3 4 は、蓄熱する (前述の式 3 参照)。そして、容器 3 2 内で生成された水蒸気は、パイプ P 2 を通って、蒸発凝縮器 4 0 の容器 4 2 内に流れ込む。なお、蓄熱材 3 4 に熱を与えた熱媒は、一例として 3 5 0 °C に冷却される。また、制御装置 6 0 は、蒸発凝縮器 4 0 の流路部 4 4 に、一例として 2 0 °C の水 (冷却水) を流す。その結果、容器 4 2 内の水蒸気は、容器 4 2 内で凝縮する (2 0 °C の水になる)。蓄熱モードでは、経路部 2 2 内を熱媒が循環することで、以上の動作が繰り返される。以上が、蓄熱モードについての説明である。

10

【0054】

<放熱モード>

放熱モードは、蒸発凝縮器 4 0 で蒸発された水蒸気を蓄熱材 3 4 に反応 (水和) させて放熱するモードである。蓄熱モードでは、図 1 における破線内の経路部 2 2 に、切換手段 (図示省略) により循環経路が切り替えられて加熱対象 (図示省略) が接続されているとする。

【0055】

まず、制御装置 6 0 がポンプ 2 4 を駆動させると、経路部 2 2 内の熱媒が循環方向 (図 1 中の矢印 F L の方向) に流通される。次いで、制御装置 6 0 は、蒸発凝縮器 4 0 の流路部 4 4 に、一例として 7 0 °C の水 (加熱水) を流す。その結果、容器 4 2 の水は加熱されて蒸発して、水蒸気が生成される。そして、容器 4 2 で生成された水蒸気は、パイプ P 1 を通って、蓄熱器 3 0 の容器 3 2 内に流れ込む。さらに、容器 3 2 内に流れ込んだ水蒸気は、蓄熱材 3 4 (酸化カルシウム) に水和される。これに伴い、蓄熱材 3 4 は放熱する (前述の式 2 参照)。そして、熱媒は、蓄熱材 3 4 が放熱した熱を吸収して一例として 4 0 0 °C に加熱され、経路部 2 2 内を流通して、加熱対象に吸収した熱を輸送する。放熱モードでは、経路部 2 2 内を熱媒が循環することで、以上の動作が繰り返される。以上が、放熱モードについての説明である。

20

【0056】

以上が、本実施形態の蓄熱システム 1 0 の動作についての説明である。

30

【0057】

<<要部>>

次に、本実施形態の要部である膨張タンク 5 0 について説明する。まず、膨張タンク 5 0 の構成について説明し、次いで、膨張タンク 5 0 の動作について説明する。

【0058】

<膨張タンクの構成>

膨張タンク 5 0 は、経路部 2 2 内における熱媒の圧力を定められた圧力に調整する機能を有する。具体的に、経路部 2 2 内の熱媒の温度が高くなるほど、熱媒の密度が下がって熱媒の体積が増加することになる。ここで、本実施形態の定められた圧力は、一例として膨張タンク 5 0 を構成する後述する第 1 室 7 4 内の蒸気 (熱媒の蒸気) の圧力が後述する温度計 8 0 が測った温度の蒸気圧となる圧力とされる。この場合、膨張タンク 5 0 は、増加した体積分の熱媒を経路部 2 2 から受け取って、経路部 2 2 内における熱媒の圧力を定められた圧力に調整するようになっている。これに対して、経路部 2 2 内の熱媒の温度が低くなるほど、熱媒の密度が上がって熱媒の体積が減少することになる。この場合、膨張タンク 5 0 は、減少した体積分の熱媒を経路部 2 2 に受け渡して、経路部 2 2 内における熱媒の圧力を定められた圧力に調整するようになっている。

40

【0059】

膨張タンク 5 0 は、容器 7 0 と、仕切り板 7 8 と、補助部材 7 9 と、温度計 8 0 と、圧力計 8 2 と、検出部 8 4 と、変更部 9 0 と、制御部 1 0 0 と、記憶部 1 1 0 と、を含んで

50

構成されている（図２、図３、図４及び図５参照）。

【００６０】

〔容器、仕切り板及び補助部材７９〕

容器７０は、図２、図３及び図４に示されるように、一例として、円筒状とされており、周壁７１と、上壁７２と、下壁７２と、で構成されている。周壁７１には装置高さ方向に並ぶ３ヶ所の貫通穴（以下、上側から、貫通穴７１Ａ、貫通穴７１Ｂ、貫通穴７１Ｃという。）が、上壁７２の中央には１ヶ所の貫通穴７２Ａが、下壁７３の中央には１ヶ所の貫通穴７３Ａが形成されている。

【００６１】

容器７０内には、円板状であって、容器７０内を２つの室に分ける仕切り板７８が配置されている。仕切り板７８は、全周に亘ってシール材７８Ａが設けられ、容器７０の内壁に密着した状態で、貫通穴７１Ｂが形成されている位置よりも下側かつ貫通穴７１Ｃの形成されている位置よりも上側の範囲を上下方向に移動可能とされている。以下、容器７０内における仕切り板７８により仕切られた室のうち下側の室を第１室７４とし、上側の室を第２室７６として説明する。ここで、第１室７４は、熱媒室の一例である。また、第２室７６は、気体室の一例である。

10

【００６２】

容器７０の下壁７３の貫通穴７３Ａには、図１、図２、図３及び図４に示されるように、パイプＰ１がシールされた状態で嵌め込まれている。そのため、第１室７４は、経路部２２に気密状態で連結され、熱媒及び蒸気（熱媒の蒸気）を収容するようになっている。これに対して、第２室７６は、不活性ガス（一例として窒素ガス）を収容するようになっている。ここで、不活性ガスは、気体の一例である。なお、第２室７６は、変更部９０に不活性ガスを排出すること又は変更部９０から不活性ガスが注入されることで、その気圧が変更されるようになっている。そして、仕切り板７８は、第１室７４と第２室７６との気圧差で（上下方向に）移動するように構成されている。ここで、仕切り板７８は、壁の一例である。

20

【００６３】

なお、仕切り板７８の上面の中央部分には、図１、図２、図３及び図４に示されるように、長尺の円柱（以下、補助部材７９という。）が固定されている。補助部材７９は、仕切り板７８に固定されている一端と反対側の端（他端）が容器７０の上壁７２の貫通穴７２Ａから外にはみ出した状態で、装置高さ方向に沿っている。なお、貫通穴７２Ａの内周面全周にはシール材が設けられており、補助部材７９は、仕切り板７８の上下方向への移動に伴い容器７０に対して滑りながら移動可能とされている。そして、補助部材７９は、仕切り板７８が上下方向に移動するに際し、仕切り板７８の上面（又は下面）が装置高さ方向に直交している状態を維持できるように補助している。すなわち、仕切り板７８、補助部材７９及び容器７０により、いわゆるピストンシリンダーが構成されているといえる。

30

【００６４】

〔温度計〕

温度計８０は、第１室７４内の熱媒の温度を測る機能を有する。温度計８０は、図１、図２、図３及び図４に示されるように、その測定端子が容器７０の周壁７１の貫通穴７１Ｃにシールされた状態で嵌め込まれている。そして、温度計８０は、逐次（一例として０．１秒ごとに）、第１室７４内の熱媒の温度を測るようになっている。なお、温度計８０が測った結果（熱媒の温度に関する情報）は、その都度、制御部１００に送られるようになっている（図５参照）。

40

【００６５】

〔圧力計〕

圧力計８２は、第２室７６内の気圧を測る機能を有する。圧力計８２は、図１、図２、図３及び図４に示されるように、容器７０の周壁７１の貫通穴７１Ｃにシールされた状態で取り付けられている。そして、圧力計８２は、逐次（一例として０．１秒ごとに）、第

50

2室76内の気圧を測るようになっている。なお、圧力計82が測った結果（気圧に関する情報）は、その都度、制御部100に送られるようになっている（図5参照）。

【0066】

〔検出部〕

検出部84は、仕切り板78の位置を検出する機能を有する。本実施形態の検出部84は、一例として、光学センサとされている。検出部84は、図1、図2、図3及び図4に示されるように、補助部材79の上端面から離間して、補助部材79の上側に配置されている。そして、検出部84は、逐次（一例として0.1秒ごとに）、補助部材79の上端面に光を照射し、上端面から反射した光を検出することで、上端面の位置を検出するようになっている。なお、本実施形態の検出部84は、検出した補助部材79の上端面の位置を検出することに伴い、補助部材79の高さから換算して仕切り板78の位置を算出するようになっている。すなわち、検出部84は、逐次（一例として0.1秒ごとに）、仕切り板78の位置を検出するようになっている。なお、検出部84が検出した結果（仕切り板78の位置に関する情報）は、その都度、制御部100に送られるようになっている（図5参照）。

10

【0067】

〔変更部〕

変更部90は、第2室76内の気圧を変更する機能を有する。変更部90は、パイプ92と、アングルバルブ94と、ガスボンベ96と、排気パイプ98と、を備えている。本実施形態のガスボンベ96には、不活性ガス（一例として窒素ガス）が高圧の状態で収容されている。また、本実施形態のガスボンベ96には、レギュレーター（図示省略）が設けられており、ガスボンベ96内の圧力に寄らず定められた圧力で不活性ガスを送り出すように構成されている。変更部90は、図1、図2、図3及び図4に示されるように、容器70の周壁71の貫通穴71Aにパイプ92の一端部がシールされた状態で取り付けられている。そして、変更部90は、第2室76内の気圧を上昇させる場合、アングルバルブ94におけるガスボンベ96側の弁を開放してガスボンベ96内の不活性ガスを第2室76内に注入するようになっている。これに対して、変更部90は、第2室76内の気圧を低下させる場合、アングルバルブ94における排気パイプ98側の弁を開放して第2室76内の不活性ガスを排出させるようになっている。以上のとおり、変更部90は、第2室76内の気圧を変更することで、第1室74内と第2室76内の気圧差で仕切り板78を上下方向に移動させるようになっている。ここで、変更部90は、移動部の一例である。なお、本実施形態のアングルバルブ94及びガスボンベ96のレギュレーター（図示省略）は、制御部100により制御されるようになっている（図5参照）。

20

30

【0068】

〔制御部及び記憶部〕

制御部100は、膨張タンク50における制御部100以外の制御を行う機能を有する。具体的に、制御部100は、温度計80、変更部90及び検出部84を用いて、逐次（一例として0.1秒ごとに）、（温度計80が測る温度（の情報）に基づき、）第1室74内の気圧を温度計80が測った温度の蒸気圧にする位置に仕切り板78を移動させるように第2室76内の気圧を変更させる機能を有する。制御部100は、温度計80から逐次送られてくる第1室74内の熱媒の温度の情報と、検出部84から逐次送られてくる仕切り板78の位置の情報と、記憶部110に予め記憶されている熱媒の温度と蒸気圧との関係のテーブルTBとに基づいて、第1室74内の蒸気圧を算出するようになっている（図5参照）。制御部100についての詳しい機能については、蓄熱システム10の動作の説明の中で説明する。

40

【0069】

＜膨張タンクの動作＞

次に、本実施形態の膨張タンク50の動作について図面を参照しつつ説明する。本実施形態の膨張タンク50は、例えば、蓄熱システム10の動作における蓄熱モード及び放熱モードによって異なる。以下、まず、蓄熱システム10が放熱モードで動作する場合につ

50

いて説明し、次いで、蓄熱モードで動作する場合について説明する。

【0070】

[放熱モード]

以下、図2に示される膨張タンク50の状態を初期状態として説明する。ここで、初期状態とは、膨張タンク50における第1室74内の熱媒の温度が蓄熱システム10における最低の温度（一例として80℃）にある状態をいう。

【0071】

まず、蓄熱システム10における制御装置60によりポンプ24が駆動されると、経路部22内の熱媒が循環方向（図1中の矢印FLの方向）に流通される。そして、一例として350℃であった熱媒は、経路部22内を流通されて、蓄熱器30内を通過することで、蓄熱材34が放熱した熱を吸収して一例として400℃に加熱される。これに伴い、経路部22内の熱媒の温度が高くなる（この場合、熱媒の温度が350℃から400℃になる）。そして、経路部22内の熱媒の密度が下がって熱媒の体積が増加する。その結果、経路部22内における増加した体積分の熱媒は、パイプP1を通過して第1室74内に移る。また、膨張タンク50は、図2の状態から図3の状態を経て図4の状態に変化する。ここで、図3の状態は、経路部22内から第1室74内に熱媒が移っている状態である。また、図4の状態は、経路部22内で増加した体積分の熱媒が移り終わった状態である。

【0072】

次に、膨張タンク50が、図2の状態から図3の状態を経て図4の状態に変化するまでの動作について詳しく説明する。

【0073】

放熱モードにおいて、制御部100は、温度計80により測った第1室74内の熱媒の温度の情報と、検出部84により測った仕切り板78の位置の情報と、テーブルTBとを用いて、第1室74内の気圧を算出する。次いで、制御部100は、第1室74内の気圧を蒸気圧にするための仕切り板78の位置を算出する。次いで、制御部100は、変更部90を用いて、仕切り板78を、算出した第1室74内の気圧を蒸気圧にする位置に移動させる。具体的には、以下のとおりである。

【0074】

まず、温度計80は、前述のとおり、逐次、第1室74内の熱媒の温度を測り、その結果（熱媒の温度に関する情報）を、その都度制御部100に送る（図5参照）。また、検出部80は、前述のとおり、逐次、仕切り板78の位置を測り、その結果（仕切り板78の位置の情報）を、その都度制御部100に送る（図5参照）。そして、制御部100は、熱媒の温度に関する情報が送られてくる都度、記憶部に記憶されているテーブルTBに基づいて、第1室74内の蒸気圧を算出する。なお、蓄熱システム10が放熱モードを開始した直後は、第1室74内の熱媒の温度が上昇している状態である。そのため、制御部100が第1室74内の蒸気圧を算出した時点において、第1室74内の気圧は蒸気圧よりも高い状態にあるといえる。

【0075】

また、圧力計82は、前述のとおり、逐次、第2室76内の気圧を測り、その結果（気圧に関する情報）を、その都度制御部100に送る（図5参照）。

【0076】

以上のようにして、制御部100には、温度計80、圧力計82及び検出部84から各情報が送られる。次いで、制御部100は、温度計80から送られてくる第1室74内の温度の情報に基づき、第1室74内の気圧が温度計80が測った温度の蒸気圧となるように、変更部90を作動させて、第2室76内の気圧を変更させる。具体的に、制御部100は、変更部90のアングルバルブ94を作動させ、排気パイプ98側の弁を開けて、第2室76内の気圧を低下させる。この場合、制御部100は、仕切り板78の位置が初期状態より上昇して第1室74内の気圧が蒸気圧となり、かつ、第2室76内の気圧並びに仕切り板78及び補助部材79の自重との関係により仕切り板78が静止する位置となるように、当該静止する位置を目指して、変更部90を用いて仕切り板78を移動させる。

さらにこの場合、制御部100は、第2室76内の気圧を第1室74内における蒸気圧よりも低い定められた範囲の気圧で変化させる（図6の一点鎖線のスペクトル）。ここで、定められた範囲の気圧は、一例として、第1室74内の蒸気圧の80%以上95%以下の範囲の気圧とされており、本実施形態の制御部100は、一例として、第2室76内の気圧が第1室74内の蒸気圧の90%の気圧となるように設定されている。なお、制御部100は、第2室76内の気圧を第1室74内の蒸気圧の90%の気圧で変化させるが、最終的にはアングルバルブ94の弁が閉じられることで、仕切り板78は静止する位置となる（図4参照）。

【0077】

〔蓄熱モード〕

次に、蓄熱システム10が蓄熱モードで動作する場合における、膨張タンク50の動作について図面を参照しつつ説明する。この場合、膨張タンク50は、例えば、図4の状態から図3の状態を経て図2の状態に変化する。

【0078】

まず、蓄熱システム10における制御装置60によりポンプ24が駆動されると、経路部22内の熱媒が循環方向（図1中の矢印FLの方向）に流通される。そして、一例として400℃であった熱媒は、経路部22内を流通されて、蓄熱器30内を通過することで、蓄熱材34に熱を与えて一例として350℃に冷却される。これに伴い、経路部22内の熱媒の温度が低くなる（この場合、熱媒の温度が400℃から350℃になる）。そして、経路部22内の熱媒の密度が上がって熱媒の体積が減少する。その結果、第1室74内の熱媒は、パイプP1を通過して経路部22内に移る。すなわち、経路部22内の減少した体積分の熱媒は、第1室74内から経路部22内に補充される。

【0079】

次に、膨張タンク50が、図4の状態から図3の状態を経て図2の状態に変化するまでの動作について詳しく説明する。

【0080】

蓄熱モードにおいて、制御部100は、温度計80により測った第1室74内の熱媒の温度の情報と、検出部84により測った仕切り板78の位置の情報と、テーブルTBとを用いて、第1室74内の気圧を算出する。次いで、制御部100は、第1室74内の気圧を蒸気圧にするための仕切り板78の位置を算出する。次いで、制御部100は、変更部90を用いて、仕切り板78を、算出した第1室74内の気圧を蒸気圧にする位置に移動させる。具体的には、以下のとおりである。

【0081】

まず、温度計80は、前述のとおり、逐次、第1室74内の熱媒の温度を測り、その結果（熱媒の温度に関する情報）を、その都度制御部100に送る（図5参照）。また、検出部80は、前述のとおり、逐次、仕切り板78の位置を測り、その結果（仕切り板78の位置の情報）を、その都度制御部100に送る（図5参照）。そして、制御部100は、熱媒の温度に関する情報が送られてくる都度、記憶部に記憶されているテーブルTBに基づいて、第1室74内の蒸気圧を算出する。なお、蓄熱システム10が放熱モードを開始した直後は、第1室74内の熱媒の温度が低下している状態である。そのため、制御部100が第1室74内の蒸気圧を算出した時点において、第1室74内の気圧は蒸気圧よりも低い状態にあるといえる。

【0082】

また、圧力計82は、前述のとおり、逐次、第2室76内の気圧を測り、その結果（気圧に関する情報）を、その都度制御部100に送る（図5参照）。

【0083】

以上のようにして、制御部100には、温度計80、圧力計82及び検出部84から各情報が送られる。次いで、制御部100は、温度計80から送られてくる第1室74内の温度の情報に基づき、第1室74内の気圧が温度計80が測った温度の蒸気圧となるように、変更部90を作動させて、第2室76内の気圧を変更させる。具体的に、制御部10

10

20

30

40

50

0は、変更部90のアングルバルブ94を作動させ、ガスボンベ96側の弁を開けて、第2室76内の気圧を上昇させる。この場合、制御部100は、仕切り板78の位置が図4の状態より下降して第1室74内の気圧が蒸気圧となり、かつ、第2室76内の気圧並びに仕切り板78及び補助部材79の自重との関係により仕切り板78が静止する位置となるように、当該静止する位置を目指して、変更部90を用いて仕切り板78を移動させる。さらにこの場合、制御部100は、第2室76内の気圧を第1室74内における蒸気圧よりも高い定められた範囲の気圧で変化させる（図6の破線のスペクトル）。ここで、定められた範囲の気圧は、一例として、第1室74内の蒸気圧の105%以上125%以下の範囲の気圧とされており、本実施形態の制御部100は、一例として、第2室76内の気圧が第1室74内の蒸気圧の110%の気圧となるように設定されている。なお、制御部100は、第2室76内の気圧を第1室74内の蒸気圧の110%の気圧で変化させるが、最終的にはアングルバルブ94の弁が閉じられることで、仕切り板78は静止する位置となる（図2参照）。なお、前述のとおり、蓄熱モードの際の定められた範囲の気圧は、第1室74内の蒸気圧の105%以上125%以下の気圧とされているが、この範囲は、第1室74内の蒸気圧が第2室76内の気圧に対して80%以上95%以下の気圧に相当する関係とされる。

10

【0084】

以上が、本実施形態の膨張タンク50の動作についての説明である。

【0085】

《作用》

20

次に、本実施形態の作用（第1、第2及び第3の作用）について、以下に説明する各比較形態と比較しつつ図面を参照して説明する。なお、各比較形態において本実施形態で用いた部品等を用いる場合、図示しなくてもその部品、名称等をそのまま用いて説明する。

【0086】

＜第1の作用＞

第1の作用は、第1の作用は、膨張タンク50が、経路部22に気密状態で連結されており、容器70と仕切り板78とで形成される第1室76を有し、仕切り板78が制御部100に制御されて移動することの作用である。別の見方をすると、膨張タンク50が、経路部22に気密状態で連結されている第1室74と、経路部22に連結されていない第2室76とに分けられ、かつ、仕切り板78が制御部100に制御されて移動されることの作用である。以下、第1の作用について、本実施形態を以下の第1及び第2比較形態と比較して説明する。

30

【0087】

第1比較形態は、図7に示されるように、膨張タンク50Aの容器70内に仕切り板78が配置されていない。また、膨張タンク50Aは、制御部100が、圧力計82が測った圧力が定められた圧力を超えた場合に、パイプ92に取り付けられた大気開放バルブVを開くことで、容器70内の気圧を調整するように構成されている。第1比較形態の膨張タンク50A（蓄熱システム10A）は、上記の点以外、本実施形態の膨張タンク50（蓄熱システム10）と同様の構成とされている。

【0088】

40

第1比較形態の場合、容器70内の気圧を調整するために大気開放バルブVが開くと、経路部22内及び容器70内の熱媒から気化した蒸気が経路部22内及び容器70内の閉じた系から排出されてしまう。そのため、排出された分の熱媒を補充する必要がある。また、第1比較形態の場合、容器70内の気圧を調整するために大気開放バルブVが開くことで、容器70内の気圧が急激に変化し得る。そして、容器70内の圧力が急激に変化すると、経路部22内の熱媒にキャビテーションが発生し易い。これに伴い、第1比較形態の場合、経路部22での熱媒の輸送効率が低下し易い。

【0089】

次に、第2比較形態について図8を参照しつつ説明する。第2比較形態の膨張タンク50Bは、本実施形態の仕切り板78に換えて、ゴム製のダイヤフラム78Bにより容器7

50

0内を第1室74と第2室76とに仕切っている。また、第2比較形態の場合、容器70の上壁72及び周壁71には貫通穴が形成されていない。そして、第2比較形態の膨張タンク50Bには、温度計80、圧力計82、検出部84、変更部90及び制御部100が備えられていない。第2比較形態の膨張タンク50B（蓄熱システム10B）は、上記の点以外、本実施形態の膨張タンク50（蓄熱システム10）と同様の構成とされている。

【0090】

第2比較形態の場合、第1室74内の熱媒の量により、ダイヤフラム78Bが変形する。そのため、第2比較形態の場合、経路部22内及び第1室74内の熱媒（及び蒸気）が経路部22内及び容器70内の閉じた系から排出されることがない。すなわち、第2比較形態の場合、第1比較形態の場合のように、熱媒を補充する必要がない。しかしながら、第2比較形態の場合、第1室74内の熱媒の量と第2室76内の不活性ガスの量等の関係により、ダイヤフラム78Bの変形させていることから、ダイヤフラム78Bを受動的にしか変形させることができない。さらに、第2比較形態の場合、第1室74内は熱媒と熱媒の蒸気とが収容された状態、すなわち、第1室74内の一部に蒸気が存在している状態では、ダイヤフラム78Bを安定して変形させることが難しい。

【0091】

これに対して、本実施形態の場合、膨張タンク50は、図1、図2、図3及び図4に示されるように、経路部22に気密状態で連結されている第1室74と、経路部22に連結されていない第2室76とに分けられている。そのため、本実施形態の場合、第1比較形態の場合と異なり、経路部22内の熱媒が外部に排出されることがない。また、本実施形態の場合、仕切り板78が制御部100に制御されて移動される。そのため、本実施形態の場合、第1比較形態の場合と異なり、第1室74内の気圧が急激に変化することがない。

【0092】

したがって、本実施形態の膨張タンク50によれば、熱媒を補充する必要がなく、かつ、経路部22（循環部20）の熱媒におけるキャビテーションの発生を抑制するように制御することができる。これに伴い、本実施形態の蓄熱システム10によれば、経路部22の熱媒におけるキャビテーションの発生に伴う熱媒の輸送効率の低下が抑制される。

【0093】

<第2の作用>

第2の作用は、第1室74内の気圧が蒸気圧よりも高い場合、制御部100が第2室76内の気圧を第1室74内の蒸気圧より低い定められた範囲（一例として、当該蒸気圧の80%以上95%以下の気圧）の気圧で変化させる制御を行うことの作用である。以下、第2の作用について、本実施形態を以下の第3及び第4比較形態（図示省略）と比較して説明する。

【0094】

第3比較形態では、第1室74内の気圧が蒸気圧よりも高い場合、制御部100が第2室76内の気圧を定められた範囲の気圧（の下限）よりも低い気圧（一例として、蒸気圧の50%の気圧）で変化させる制御を行うようになっている。第3比較形態の膨張タンク（蓄熱システム）は、上記の点以外、本実施形態の膨張タンク50（蓄熱システム10）と同様の構成とされている。なお、第3比較形態は、上記の第1の作用を奏する構成を備えた形態であることから、本発明の技術的範囲に属する。

【0095】

また、第4比較形態では、第1室74内の気圧が蒸気圧よりも高い場合、制御部100が第2室76内の気圧を定められた範囲の気圧（の上限）よりも高い気圧（一例として、蒸気圧の98%の気圧）で変化させる制御を行うようになっている。第4比較形態の膨張タンク（蓄熱システム）は、上記の点以外、本実施形態の膨張タンク50（蓄熱システム10）と同様の構成とされている。なお、第4比較形態は、上記の第1の作用を奏する構成を備えた形態であることから、本発明の技術的範囲に属する。

【0096】

第3比較形態の場合、第1室74内の気圧が蒸気圧となるように仕切り板78を移動させる際、仕切り板78の移動により経路部22内の熱媒にキャビテーションが発生する虞がある。

【0097】

これに対して、本実施形態では、第1室74内の気圧が蒸気圧よりも高い場合、第2室76内の気圧を第3比較形態の場合の気圧より高くして仕切り板78を移動させる。そのため、本実施形態の場合、第3比較形態の場合に比べて、仕切り板78が遅く移動する。

【0098】

したがって、本実施形態によれば、第1室74内の気圧が蒸気圧よりも高い場合において、制御部100が、第1室74内の熱媒の温度に基づき、第1室74内の気圧を蒸気圧にする位置に仕切り板78を移動させるように第2室76内の気圧を定められた範囲の気圧より低い気圧で変化させながら変更させる制御を行う場合に比べて、経路部22（循環部20）の熱媒におけるキャビテーションの発生を抑制させることができる。

【0099】

なお、第4比較形態の場合、本実施形態の場合と同様、第3比較形態の場合に比べて、仕切り板78が遅く移動する。そのため、第4比較形態の場合、本実施形態の場合と同様、第3比較形態の場合に比べて、経路部22（循環部20）の熱媒におけるキャビテーションの発生を抑制させることができる。ただし、本実施形態は、第1室74内の気圧が蒸気圧よりも高い場合において、制御部100が、第1室74内の熱媒の温度に基づき、第1室74内の気圧を蒸気圧にする位置に仕切り板78を移動させるように第2室76内の気圧を定められた範囲の気圧より高い気圧で変化させながら変更させる制御を行う場合に比べて、短時間で仕切り板78を移動させることができる（短時間で仕切り板78を理想の位置に移動させることができる）。

【0100】

<第3の作用>

第3の作用は、第1室74内の気圧が蒸気圧よりも低い場合、制御部100が第2室76内の気圧を第1室74内の蒸気圧より高い定められた範囲（一例として、当該蒸気圧の105%以上125%以下の気圧）の気圧で変化させる制御を行うこと的作用である。以下、第3の作用について、本実施形態を以下の第5及び第6比較形態（図示省略）と比較して説明する。

【0101】

第5比較形態では、第1室74内の気圧が蒸気圧よりも低い場合、制御部100が第2室76内の気圧を定められた範囲の気圧（の下限）よりも低い気圧（一例として、蒸気圧の102%の気圧）で変化させる制御を行うようになっている。第5比較形態の膨張タンク（蓄熱システム）は、上記の点以外、本実施形態の膨張タンク50（蓄熱システム10）と同様の構成とされている。なお、第5比較形態は、上記の第1の作用を奏する構成を備えた形態であることから、本発明の技術的範囲に属する。

【0102】

また、第6比較形態では、第1室74内の気圧が蒸気圧よりも低い場合、制御部100が第2室76内の気圧を定められた範囲の気圧（の上限）よりも高い気圧（一例として、蒸気圧の150%の気圧）で変化させる制御を行うようになっている。第6比較形態の膨張タンク（蓄熱システム）は、上記の点以外、本実施形態の膨張タンク50（蓄熱システム10）と同様の構成とされている。なお、第6比較形態は、上記の第1の作用を奏する構成を備えた形態であることから、本発明の技術的範囲に属する。

【0103】

第5比較形態の場合、第1室74内の気圧が蒸気圧となるように仕切り板78を移動させる際、仕切り板78の移動により経路部22内の熱媒にキャビテーションが発生する虞がある。

【0104】

これに対して、本実施形態では、第1室74内の気圧が蒸気圧よりも低い場合、第2室

10

20

30

40

50

76内の気圧を第5比較形態の場合の気圧より高くして仕切り板78を移動させる。そのため、本実施形態の場合、第5比較形態の場合に比べて、仕切り板78が速く移動する。

【0105】

したがって、本実施形態によれば、第1室74内の気圧が蒸気圧よりも低い場合において、制御部100が、第1室74内の熱媒の温度に基づき、第1室74内の気圧を蒸気圧にする位置に仕切り板78を移動させるように第2室76内の気圧を定められた範囲の気圧より低い気圧で変化させながら変更させる制御を行う場合に比べて、経路部22（循環部20）の熱媒におけるキャビテーションの発生を抑制させることができる。

【0106】

なお、第6比較形態の場合、本実施形態の場合と同様、第5比較形態の場合に比べて、仕切り板78が速く移動する。そのため、第6比較形態の場合、本実施形態の場合と同様、第5比較形態の場合に比べて、経路部22の熱媒におけるキャビテーションの発生を抑制させることができる。しかしながら、第6比較形態の場合、第5比較形態の場合に比べて、第1室74内からパイプP1を通して経路部22（循環部20）に移る熱媒の移動速度（熱媒における単位時間当たりの移動量）が速い。そのため、第6比較形態の場合、第5比較形態に比べて、例えば、経路部22内を循環する熱媒と温度差の大きい（経路部22内を循環する熱媒よりも温度の低い）第1室74内の熱媒が急激に経路部22内に流れ込む場合がある。その結果、第6比較形態の場合、第5比較形態の場合に比べて、経路部22内を循環する熱媒に温度分布が大きくなり（局所的に温度差がある部分ができ易くなり）、熱媒による熱の輸送効率が低下し易い。これに伴い、第6比較形態の場合、蓄熱器30における反応効率が低下し易い。

【0107】

これに対して、本実施形態では、第1室74内の気圧が蒸気圧よりも低い場合、第2室76内の気圧を第6比較形態の場合の気圧より低くして仕切り板78を移動させる。そのため、本実施形態の場合、第6比較形態の場合に比べて、仕切り板78が遅く移動する。

【0108】

したがって、本実施形態は、第1室74内の気圧が蒸気圧よりも低い場合において、制御部100が、第1室74内の熱媒の温度に基づき、第1室74内の気圧を蒸気圧にする位置に仕切り板78を移動させるように第2室76内の気圧を定められた範囲の気圧より高い気圧で変化させながら変更させる制御を行う場合に比べて、ゆっくりと仕切り板78を移動させることができる。これに伴い、本実施形態によれば、第1室74内の気圧が蒸気圧よりも低い場合において、制御部100が、第1室74内の熱媒の温度に基づき、第1室74内の気圧を蒸気圧にする位置に仕切り板78を移動させるように第2室76内の気圧を定められた範囲の気圧より高い気圧で変化させながら変更させる制御を行う場合に比べて、経路部22（循環部20）における熱媒による熱の輸送効率が低下し難い。

【0109】

以上が、本実施形態の蓄熱システム10の作用についての説明である。

【0110】

以上のとおり、本発明を特定の実施形態について詳細に説明したが、本発明の技術的範囲には前述した実施形態以外の形態も含む。例えば、本発明の技術的範囲には、下記のような形態も含まれる。

【0111】

本実施形態では、温度計80からの温度の情報、検出部84による仕切り板78の位置の情報、及びテーブルTBに基づき、第1室74内の気圧が蒸気圧となるように、変更部90により第1室74内と第2室76内との気圧差を利用して仕切り板78を移動させるとして説明した。しかしながら、温度計80からの温度の情報、検出部84による仕切り板78の位置の情報及びテーブルTBに基づき、第1室74内の気圧が蒸気圧となるように、第1室74内の容積を変更することができれば、異なる形態であってもよい。例えば、上壁72に開口している、すなわち、密閉領域を形成する第2室76を有さない容器70と仕切り板78とで経路部22に気密状態で連結されている第1室74（室）を形成し

、当該室内の熱媒の温度を温度計 80 により測定し、検出部 84 により仕切り板 78 の位置を掲出し、移動手段（図示省略、移動部の一例）を用いて、仕切り板 78 を当該室内の気圧が蒸気圧となる位置に移動させるようにしてもよい。この場合、移動部の一例は、補助部材 79 に取り付けられているモーター（図示省略）等であってもよい。

【0112】

本実施形態では、膨張タンク 50 の容器 70 は円筒状であるとして説明した。しかしながら、容器 70 の形状は矩形状その他の形状であってもよい。蓄熱器 30 の容器 32、蒸発凝縮器 40 の容器 42 の場合も同様である。

【0113】

本実施形態では、膨張タンク 50 における仕切り板 78 の位置（補助部材 79 の上端面の位置）は、光を用いて検出されるとして説明した。しかしながら、仕切り板 78 の位置を検出することができれば、別の手段により検出する構成としてもよい。例えば、接触式検出手段その他の手段としてもよい。

10

【0114】

本実施形態では、膨張タンク 50 の容器 70 が、第 1 室 74 と第 2 室 76 とが装置高さ方向に重なるように配置されているとして説明した。しかしながら、容器 70 内が仕切り板 78 により 2 つの室（第 1 室 74 及び第 2 室 76）に仕切られており、第 1 室 74 内と第 2 室 76 内の気圧差により仕切り板 78 が移動する構成であれば、容器 70 は、第 1 室 74 と第 2 室 76 とが装置高さ方向に重なるように配置されていなくてもよい。例えば、容器 70 は、第 1 室 74 と第 2 室 76 とが横方向（装置高さ方向と直交する方向）に並ぶように配置されていてもよい。

20

【0115】

本実施形態では、変更部 90 において、排気パイプ 98 はパイプ（筒）であるとして説明した。しかしながら、排気パイプ 98 の一端部（アングルバルブ 94 の固定されている側と反対側の端部）に排気ポンプ（図示省略）を設けて排気ポンプを作動させることで、排気パイプ 98 を通じて第 2 室 76 内の不活性ガスを排気してもよい。

【0116】

本実施形態では、膨張タンク 50 と経路部 22 とは、パイプ P1 により連結され、常時気密状態で繋がっているとして説明した。しかしながら、パイプ P1 にバルブ（図示省略）を設け、バルブによりパイプ P1 を開閉させるようにしてもよい。このような構成にすれば、例えば、蓄熱システム 10 において、膨張タンク 50 又は膨張タンク 50 以外のメンテナンス等を行う場合に有効である。

30

【0117】

本実施形態では、蓄熱器 30 と蒸発凝縮器 40 とは、パイプ P2 により連結され、常時気密状態で繋がっているとして説明した。しかしながら、パイプ P2 にバルブ（図示省略）を設け、バルブによりパイプ P2 を開閉させるようにしてもよい。このような構成にすれば、例えば、蓄熱器 30 と蒸発凝縮器 40 とを分けて作動させることができる点で有効である。

【0118】

本実施形態では、第 1 室 74 内の気圧が蒸気圧よりも高い場合、第 2 室 76 内の定められた範囲の気圧は、一例として、第 1 室 74 内の蒸気圧の 80 % 以上 95 % 以下の範囲の気圧であるとして説明した。また、第 1 室 74 内の気圧が蒸気圧よりも低い場合、第 2 室 76 内の定められた範囲の気圧は、一例として、第 1 室 74 内の蒸気圧の 105 % 以上 125 % 以下の範囲の気圧であるとして説明した。しかしながら、これらの各定められた範囲の気圧は一例に過ぎず、例えば、仕切り板 78 の自重、仕切り板 78 と容器 70 の内壁との摩擦、循環部 20 内を循環する熱媒の使用温度等により、適宜変更してもよい。

40

【0119】

本実施形態では、蓄熱材 34 が一例として酸化カルシウム（CaO）の成形体であるとして説明した。しかしながら、蓄熱器 30 において蓄熱材としての機能（放熱及び蓄熱する機能）を有すれば、酸化カルシウム以外の化学蓄熱材であってもよい。例えば、蓄熱材

50

34は、アルカリ金属若しくはアルカリ土類金属の酸化物若しくは水酸化物又はこれらの複合物その他の化学蓄熱材であってもよい。

【0120】

また、本実施形態の蓄熱材34は、一例として酸化カルシウム(CaO)の成形体、すなわち、水が化学反応する化学蓄熱材であるとして説明した。しかしながら、蓄熱器30において蓄熱材としての機能(放熱及び蓄熱する機能)を有すれば、水が物理吸着する蓄熱材(物理吸着材)であってもよい。例えば、蓄熱材34は、活性炭、メソポーラスシリカ、ゼオライト、シリカゲル、粘土鉱物その他の物理吸着材であってもよい。

【0121】

また、本実施形態では、蓄熱材34に反応する媒体が水であるとして説明した。しかしながら、蓄熱材(化学蓄熱材及び物理吸着材)に反応して蓄熱材としての機能を有する媒体であれば、媒体は水でなくてもよい。例えば、媒体は、アンモニア、二酸化炭素その他の媒体であってもよい。

10

【0122】

また、本実施形態では、蓄熱器30内の経路部22(熱交換部22A)を流通する熱媒は、一例としてオイル(液体)であるとして説明した。しかしながら、経路部22を流通する熱媒が、熱媒としての機能(熱を加熱対象に輸送する機能及び熱源から得た熱を蓄熱材に与える機能)を有すれば、熱媒はオイル以外の液体、例えば、水、アルコールその他の液体であってもよい。また、熱媒が上記の熱媒としての機能を有すれば、熱媒は、酸素、窒素、空気その他の気体であってもよい。また、熱媒が上記の熱媒としての機能を有すれば、熱媒は、ゾル、ゲル、エマルジョン、スラリーその他の連続体(粘弾性体)であってもよい。

20

【0123】

また、本実施形態では、一例として350℃であった熱媒が、経路部22内を流通されて、蓄熱器30内を通過することで、蓄熱材34が放熱した熱を吸収して一例として400℃に加熱されるとして説明した。しかしながら、400℃という値は一例に過ぎず、本実施形態の構成、熱媒の種類、加熱対象の構成、熱源の構成その他の構成により、400℃とは異なる温度となってもよい。

【0124】

また、本実施形態では、温度計80は逐次第1室74内の熱媒の温度を測り、圧力計82は逐次第2室76内の気圧を測り、検出部84は逐次仕切り板78の位置を検出し、これらの結果はその都度制御部100に送られるとして説明した。また、逐次とは、一例として0.1秒ごとであるとして説明した。しかしながら、0.1秒は逐次の一例であり、別言すれば、温度計80が温度を測った都度(又は測った都度のうち適当なタイミングで)、圧力計82が気圧を測った都度(又は測った都度のうち適当なタイミングで)、検出部84が位置を検出した都度(又は検出した都度のうち適当なタイミングで)に、という意味である。そのため、逐次は、例えば、0.1秒よりも短い0.05秒であっても、0.1秒よりも長い0.2秒、1.0秒であってもよい。

30

【0125】

また、本実施形態の蓄熱システム10は、熱媒を介して熱を加熱対象に輸送し、熱源から移動させた熱を蓄熱材で蓄熱するとして説明した。しかしながら、本実施形態の蓄熱システム10の構成(前述した実施形態以外の形態の構成も含む。)をいわゆるヒートポンプに適用することもできる。そして、蓄熱システム10の構成を備えたヒートポンプは、前述の第1比較形態の蓄熱システム10Aの構成を備えたヒートポンプに比べて、経路部22の熱媒におけるキャビテーションの発生に伴う熱媒の輸送効率の低下が抑制される。

40

【符号の説明】

【0126】

10 蓄熱システム

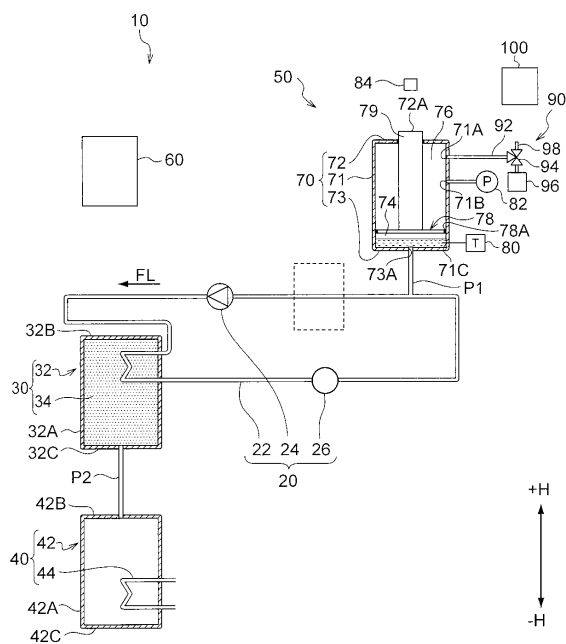
20 循環部

22A 熱交換部(循環部の一部の一例)

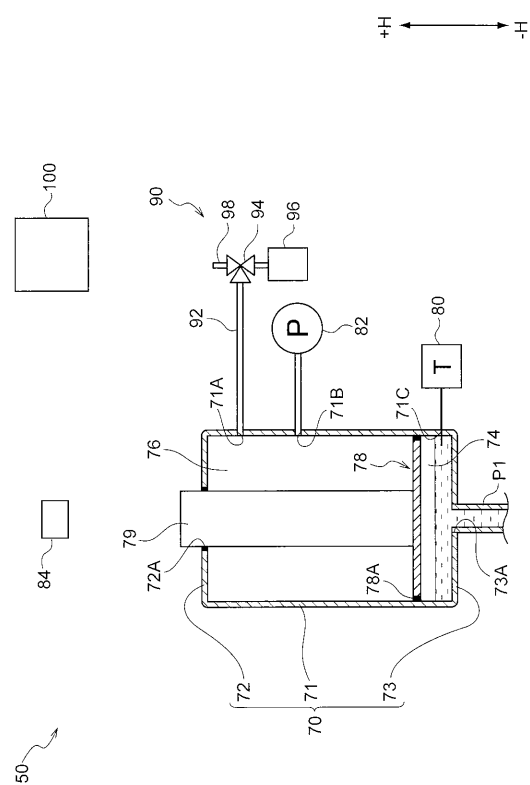
50

- 3 0 蓄熱器
- 3 4 蓄熱材
- 5 0 膨張タンク
- 7 4 第 1 室（熱媒室の一例）
- 7 6 第 2 室（気体室の一例）
- 7 8 仕切り板（壁の一例）
- 8 0 温度計
- 8 2 圧力計
- 8 4 検出部
- 9 0 変更部（移動部の一例）
- 1 0 0 制御部

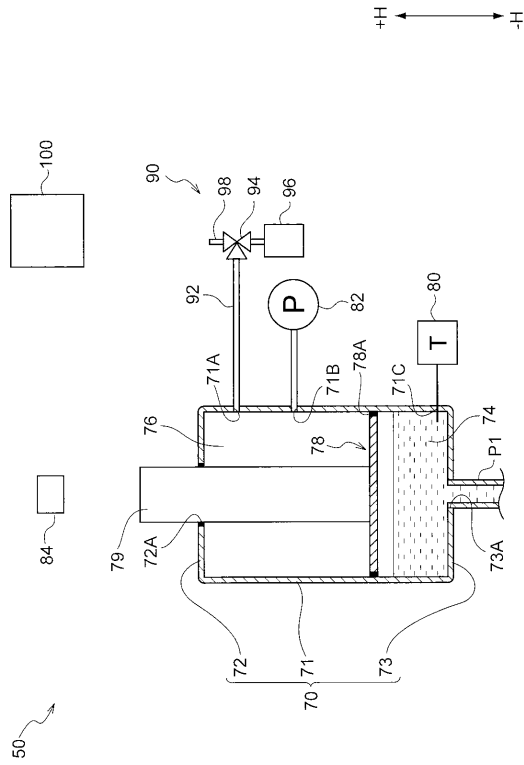
【図 1】



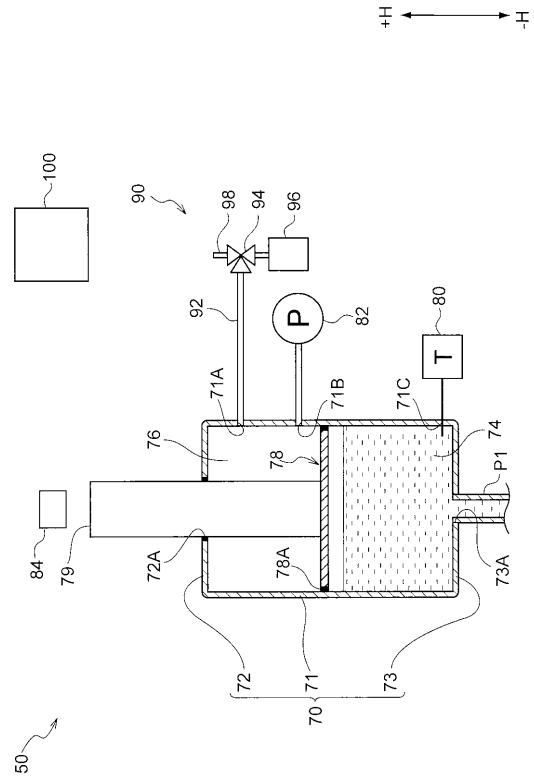
【図 2】



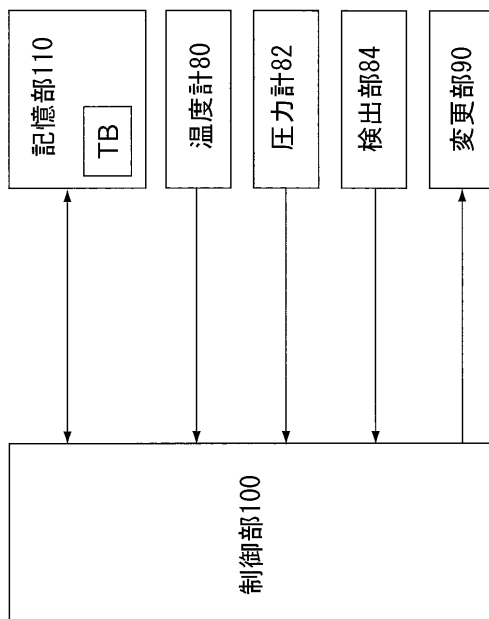
【図 3】



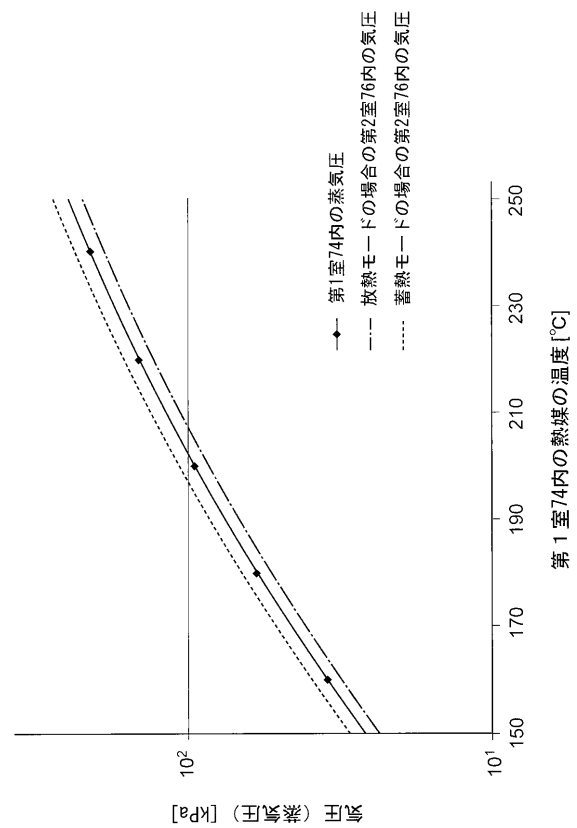
【図 4】



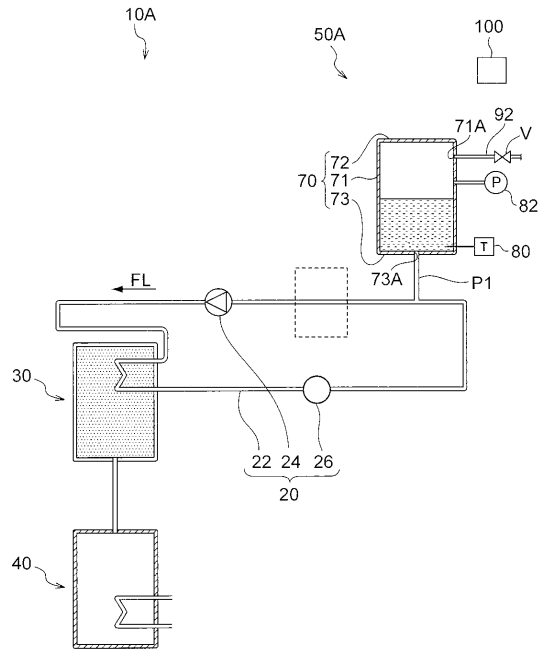
【図 5】



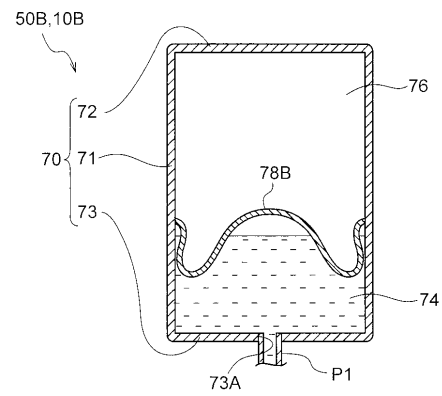
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

- (56)参考文献 実開昭54-18051 (JP, U)
実開昭52-35516 (JP, U)
実開昭57-193150 (JP, U)
実開昭52-136220 (JP, U)
特表2010-500248 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F28D 20/00
F24F 5/00