

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2021-4678

(P2021-4678A)

(43) 公開日 令和3年1月14日(2021.1.14)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード(参考)
F 2 5 B 17/08 (2006.01) F 2 5 B 17/08 Z 3 L 0 9 3
 F 2 5 B 17/08 B

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2019-116959(P2019-116959)
 (22) 出願日 令和1年6月25日(2019.6.25)

(71) 出願人 000003609
 株式会社豊田中央研究所
 愛知県長久手市横道41番地の1
 (71) 出願人 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (74) 代理人 100160691
 弁理士 田邊 淳也
 (74) 代理人 100157277
 弁理士 板倉 幸恵
 (74) 代理人 100182718
 弁理士 木崎 誠司
 (72) 発明者 秋田 智行
 愛知県長久手市横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内

最終頁に続く

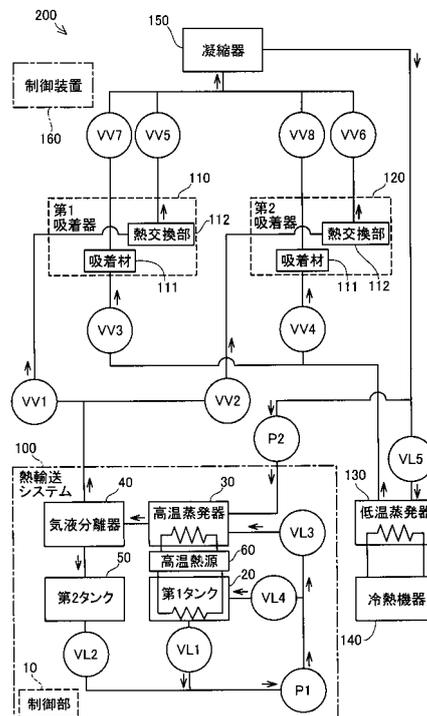
(54) 【発明の名称】 熱輸送システム、吸着式ヒートポンプ、および熱輸送方法

(57) 【要約】

【課題】 蒸発器内でのドライアウトの発生を抑制し、加熱対象に対する加熱能力を向上させる。

【解決手段】 熱輸送システムは、熱媒体を加熱可能な第1タンクと、第1タンクから供給される熱媒体を蒸発させる蒸発器と、第1タンクと蒸発器とを接続する第1流路と、第1流路における熱媒体の流量を変更可能な第1バルブと、第1流路に配置され、第1タンクから蒸発器へと熱媒体を輸送する第1ポンプと、第1タンクと蒸発器との間に配置され、気液二相流入口から蒸発器により生成された高温高圧の熱媒体が供給され、気体出口が加熱対象に接続されている気液分離器と、気液分離器の液出口と、第1タンクとを接続する第2流路と、第2流路における熱媒体の流量を変更可能な第2バルブと、第2流路に配置され、気液分離器から第1タンクへと熱媒体を輸送する第2ポンプと、を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

熱輸送システムであって、
熱媒体を加熱可能な第 1 タンクと、
前記第 1 タンクから供給される熱媒体を蒸発させる蒸発器と、
前記第 1 タンクと前記蒸発器とを接続する第 1 流路と、
前記第 1 流路における熱媒体の流量を変更可能な第 1 バルブと、
前記第 1 流路に配置され、前記第 1 タンクから前記蒸発器へと熱媒体を輸送する第 1 ポンプと、

前記第 1 タンクと前記蒸発器との間に配置され、気液二相流入口から前記蒸発器により生成された高温高圧の熱媒体が供給され、気体出口が加熱対象に接続されている気液分離器と、

前記気液分離器の液出口と、前記第 1 タンクとを接続する第 2 流路と、

前記第 2 流路における熱媒体の流量を変更可能な第 2 バルブと、

前記第 2 流路に配置され、前記気液分離器から前記第 1 タンクへと熱媒体を輸送する第 2 ポンプと、を備える、熱輸送システム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の熱輸送システムであって、さらに、

前記第 1 ポンプおよび前記第 2 ポンプの動作と、前記第 1 バルブおよび前記第 2 バルブの開閉とを制御する制御部を備え、

前記制御部は、

前記加熱対象の加熱時に、前記第 1 バルブを開き、かつ、前記第 2 バルブを閉じた状態で、前記第 1 ポンプを稼働させて、前記蒸発器により蒸発した熱媒体を前記気液分離器へと輸送し、

前記加熱対象の加熱完了時に、前記第 1 バルブを閉じ、かつ、前記第 2 バルブを開いた状態で、前記第 2 ポンプを稼働させて、前記液出口から前記第 1 タンクへと液体の熱媒体を輸送する、熱輸送システム。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の熱輸送システムであって、さらに、

前記第 2 流路における前記液出口と前記第 2 ポンプとの間、かつ、前記液出口の鉛直下側に配置され、液体の熱媒体を貯留可能な第 2 タンクを備え、

前記制御部は、前記加熱対象の加熱完了時に、前記第 2 ポンプを稼働させて、前記第 2 タンクから前記第 1 タンクへと液体の熱媒体を輸送する、熱輸送システム。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の熱輸送システムであって、

前記第 2 タンクは、前記第 2 タンク内における熱媒体の液面高さを測定する液位計を有し、

前記制御部は、前記加熱対象の加熱完了時に、前記液位計の測定値が予め設定された所定値以上の場合に前記第 2 ポンプを稼働させ、前記測定値が前記所定値未満の場合に前記第 2 ポンプの動作を停止させる、熱輸送システム。

【請求項 5】

請求項 3 または請求項 4 に記載の熱輸送システムであって、さらに、

前記第 1 流路における前記第 1 ポンプと前記蒸発器との間に配置され、前記第 1 流路における熱媒体の流量を変更可能な第 3 バルブと、

前記第 2 流路における前記第 2 ポンプの上流側と前記第 1 タンクとの間に配置され、前記第 2 流路における熱媒体の流量を変更可能な第 4 バルブと、を有し、

前記第 1 バルブは、前記第 1 タンクと、前記第 1 ポンプとの間に配置され、

前記第 2 バルブは、前記第 2 タンクと、前記第 2 ポンプとの間に配置され、

前記第 1 ポンプおよび前記第 2 ポンプは、同一のポンプであり、

前記制御部は、

10

20

30

40

50

前記加熱対象の加熱時に、前記第 1 バルブおよび前記第 3 バルブを開き、かつ、前記第 2 バルブおよび前記第 4 バルブを閉じた状態で、前記第 1 ポンプを稼働させることにより、前記第 1 タンクから前記蒸発器へと熱媒体を輸送し、

前記加熱対象の加熱完了時に、前記第 1 バルブおよび前記第 3 バルブを閉じ、かつ、前記第 2 バルブおよび前記第 4 バルブを閉じた状態で、前記第 2 ポンプを稼働させることにより前記第 2 タンクから前記第 1 タンクへと液体の熱媒体を輸送する、熱輸送システム。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の熱輸送システムであって、

前記第 2 タンクは、前記第 2 タンク内における熱媒体の液面高さを測定する液位計を有し、

前記制御部は、前記加熱対象の加熱完了時、かつ、前記第 2 タンク内における前記液位計の測定値が予め設定された所定値未満の場合に、前記第 1 バルブおよび前記第 2 バルブを閉じ、前記第 3 バルブおよび前記第 4 バルブを開いた状態で、前記第 2 ポンプを稼働させることにより、前記第 1 タンクと前記第 2 ポンプとを含む閉じた流路に液体の熱媒体を循環させる、熱輸送システム。

【請求項 7】

吸着式ヒートポンプであって、

請求項 1 から請求項 6 までのいずれか一項に記載の熱輸送システムと、

前記加熱対象としての吸着器と、を備える、吸着式ヒートポンプ。

【請求項 8】

熱輸送方法であって、

熱媒体を加熱可能な第 1 タンクと、前記第 1 タンクから供給される熱媒体を蒸発させる蒸発器とを第 1 流路を介して接続し、かつ、気液二相流入口から前記蒸発器により生成された高温高压の熱媒体が供給されると共に気体出口が加熱対象に接続された気液分離器の液出口と、前記第 1 タンクとを接続していない状態で、前記第 1 流路に配置された第 1 ポンプを稼働させることにより、前記蒸発器によって蒸発させた熱媒体を前記気液分離器に輸送することにより前記加熱対象を加熱する加熱工程と、

前記第 1 タンクと前記蒸発器とを接続せず、かつ、前記液出口と前記第 1 タンクとを第 2 流路を介して接続した状態で、前記第 2 流路に配置された第 2 ポンプを稼働させることにより、前記液出口から前記第 1 タンクへと液体の熱媒体を輸送する加熱後工程と、を備える、熱輸送方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、熱輸送システム、吸着式ヒートポンプ、および熱輸送方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一对の吸着器と、凝縮器と、蒸発器とを備える吸着式ヒートポンプが知られている（例えば、特許文献 1 参照）。特許文献 1 に記載された吸着式ヒートポンプでは、脱離時において、高温熱媒が吸着器を加熱して、吸着器内の吸着材から熱媒を脱離する。一方で、吸着時において、吸着材に熱媒が吸着されることにより生成される熱を、中温熱媒を用いて冷却する。特許文献 2 に記載された吸着式ヒートポンプでは、吸着器における熱媒の吸着時と、熱媒の脱離時との温度差によって生じる顕熱ロスを小さくするために、システム全体を低圧に保つことによって熱媒を蒸発させてシステム内での熱輸送を行っている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2010 - 151386 号公報

【特許文献 2】特開 2016 - 11821 号公報

10

20

30

40

50

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

特許文献1に記載された吸着式ヒートポンプ技術では、吸着時と脱離時の熱媒の温度差によって生じる顕熱ロスが大きくなり、系全体のエネルギー効率が低下するおそれがある。特許文献2に記載された吸着式ヒートポンプでは、加熱時に高温蒸発器によって熱媒としての水から蒸発した水蒸気が吸着器へと供給され、凝縮器から凝縮された水が高温蒸発器へと供給される。吸着器の制御を吸着時から加熱時へと切り替えると、吸着器内の圧力が高温蒸発器内の圧力と比較して極めて小さいため、高温蒸発器内の圧力が急激に下がり、蒸発器内で突沸が発生する。突沸によって発生した蒸気と共に高温蒸発器内の水が、気液二相流として吸着器内へと輸送される。これにより、加熱時に、高温蒸発器内の水が不足するドライアウトが発生するおそれがある。ドライアウトが発生すると、吸着器の加熱を完了させるための時間が長くなってしまい、系全体の冷熱出力が低下する。また、高温蒸発器から吸着器内に輸送された水が吸着器内に留まることにより、顕熱ロスが発生してしまう。

10

【0005】

本発明は、上述した課題を解決するためになされたものであり、蒸発器内でのドライアウトの発生を抑制し、加熱対象に対する加熱能力を向上させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】**【0006】**

本発明は、上述の課題を解決するためになされたものであり、以下の形態として実現できる。

20

【0007】

(1)本発明の一形態によれば、熱輸送システムが提供される。この熱輸送システムは、熱媒体を加熱可能な第1タンクと、前記第1タンクから供給される熱媒体を蒸発させる蒸発器と、前記第1タンクと前記蒸発器とを接続する第1流路と、前記第1流路における熱媒体の流量を変更可能な第1バルブと、前記第1流路に配置され、前記第1タンクから前記蒸発器へと熱媒体を輸送する第1ポンプと、前記第1タンクと前記蒸発器との間に配置され、気液二相流入口から前記蒸発器により生成された高温高圧の熱媒体が供給され、気体出口が加熱対象に接続されている気液分離器と、前記気液分離器の液出口と、前記第1タンクとを接続する第2流路と、前記第2流路における熱媒体の流量を変更可能な第2バルブと、前記第2流路に配置され、前記気液分離器から前記第1タンクへと熱媒体を輸送する第2ポンプと、を備える。

30

【0008】

この構成によれば、加熱対象の加熱時に、蒸発器には、第1流路を介して第1タンクから高温かつ高圧である熱媒が供給される。これにより、低温かつ低い圧の加熱対象と、蒸発器とが接続しても、第1タンク内から供給される熱媒により蒸発器内での突沸を抑制するため、加熱時における蒸発器内のドライアウトの発生を抑制できる。この結果、熱媒が加熱対象内に留まらずに熱輸送システム内を循環するため、加熱対象に対する加熱能力を向上させることができる。また、加熱対象の加熱完了時に、第1タンクには、気液分離器で分離された水が第2流路を介して供給される。この際に、加熱対象の加熱が完了しているため、加熱対象内は、高温かつ飽和蒸気圧である。そのため、加熱対象と接続している気液分離器内も高温かつ飽和蒸気圧である。この状態で、第2バルブが開いて第2流路が接続されると、気液分離器の液出口から第2ポンプによって第1タンクへと供給される液体の熱媒では、第2ポンプのインペラにおけるキャビテーションが発生しない。よって、この構成では、第2ポンプの動作不良を抑制し、第2ポンプの故障を抑制できる。

40

【0009】

(2)上記態様の熱輸送システムにおいて、さらに、前記第1ポンプおよび前記第2ポンプの動作と、前記第1バルブおよび前記第2バルブの開閉とを制御する制御部を備え、前記制御部は、前記加熱対象の加熱時に、前記第1バルブを開き、かつ、前記第2バルブを

50

閉じた状態で、前記第 1 ポンプを稼働させて、前記蒸発器により蒸発した熱媒体を前記気液分離器へと輸送し、前記加熱対象の加熱完了時に、前記第 1 バルブを閉じ、かつ、前記第 2 バルブを開いた状態で、前記第 2 ポンプを稼働させて、前記液出口から前記第 1 タンクへと液体の熱媒体を輸送してもよい。

この構成によれば、制御部が、加熱対象の加熱時および加熱完了時に対応させて、第 1 バルブおよび第 2 バルブの開閉と、第 1 ポンプおよび第 2 ポンプの動作とを制御する。そのため、加熱時における蒸発器内のドライアウトの発生を抑制し、第 2 ポンプの動作不良および故障を抑制できる。

【 0 0 1 0 】

(3) 上記態様の熱輸送システムにおいて、さらに、前記第 2 流路における前記液出口と前記第 2 ポンプとの間、かつ、前記液出口の鉛直下側に配置され、液体の熱媒体を貯留可能な第 2 タンクを備え、前記制御部は、前記加熱対象の加熱完了時に、前記第 2 ポンプを稼働させて、前記第 2 タンクから前記第 1 タンクへと液体の熱媒体を輸送してもよい。

10

この構成によれば、加熱対象の加熱時に、気液分離器によって分離された液体の熱媒は第 2 タンクに送られるため、加熱時に分離された液体の熱媒を第 2 タンクに貯留しておくことができる。

【 0 0 1 1 】

(4) 上記態様の熱輸送システムにおいて、前記第 2 タンクは、前記第 2 タンク内における熱媒体の液面高さを測定する液位計を有し、前記制御部は、前記加熱対象の加熱完了時に、前記液位計の測定値が予め設定された所定値以上の場合に前記第 2 ポンプを稼働させ、前記測定値が前記所定値未満の場合に前記第 2 ポンプの動作を停止させてもよい。

20

この構成によれば、加熱対象の加熱完了時に、第 2 タンク内における熱媒の液位が下がった場合に、制御部により第 2 ポンプの動作が停止するため、第 2 ポンプの空回りによる故障を抑制できる。

【 0 0 1 2 】

(5) 上記態様の熱輸送システムにおいて、さらに、前記第 1 流路における前記第 1 ポンプと前記蒸発器との間に配置され、前記第 1 流路における熱媒体の流量を変更可能な第 3 バルブと、前記第 2 流路における前記第 2 ポンプの上流側と前記第 1 タンクとの間に配置され、前記第 2 流路における熱媒体の流量を変更可能な第 4 バルブと、を有し、前記第 1 バルブは、前記第 1 タンクと、前記第 1 ポンプとの間に配置され、前記第 2 バルブは、前記第 2 タンクと、前記第 2 ポンプとの間に配置され、前記第 1 ポンプおよび前記第 2 ポンプは、同一のポンプであり、前記制御部は、前記加熱対象の加熱時に、前記第 1 バルブおよび前記第 3 バルブを開き、かつ、前記第 2 バルブおよび前記第 4 バルブを閉じた状態で、前記第 1 ポンプを稼働させることにより、前記第 1 タンクから前記蒸発器へと熱媒体を輸送し、前記加熱対象の加熱完了時に、前記第 1 バルブおよび前記第 3 バルブを閉じ、かつ、前記第 2 バルブおよび前記第 4 バルブを閉じた状態で、前記第 2 ポンプを稼働させることにより前記第 2 タンクから前記第 1 タンクへと液体の熱媒体を輸送してもよい。

30

この構成によれば、制御部による 4 つのバルブの開閉が制御されることにより、1 つのポンプだけによって、第 1 タンクから蒸発器へと熱媒が輸送され、かつ、第 2 タンクから第 1 タンクへと熱媒が輸送される。これにより、熱輸送システムが備えるポンプの数を減らすため、熱輸送システムのコストを低減できる。

40

【 0 0 1 3 】

(6) 上記態様の熱輸送システムにおいて、前記第 2 タンクは、前記第 2 タンク内における熱媒体の液面高さを測定する液位計を有し、前記制御部は、前記加熱対象の加熱完了時、かつ、前記第 2 タンク内における前記液位計の測定値が予め設定された所定値未満の場合に、前記第 1 バルブおよび前記第 2 バルブを閉じ、前記第 3 バルブおよび前記第 4 バルブを開いた状態で、前記第 2 ポンプを稼働させることにより、前記第 1 タンクと前記第 2 ポンプとを含む閉じた流路に液体の熱媒体を循環させてもよい。

この構成によれば、第 2 タンク内における熱媒の液位が下がった場合に第 2 ポンプの空回りによる故障を抑制できる。さらに、第 2 タンク内における熱媒の液位が下がった場合

50

に、液体の熱媒が十分にある第1タンクと、第2ポンプとの閉回路内で液体の熱媒を循環させることにより、第2ポンプをいちいち停止させずに稼働させた状態を継続できる。

【0014】

(7)本発明の他の一形態によれば、吸着式ヒートポンプが提供される。この吸着式ヒートポンプは、上記形態の熱輸送システムと、前記加熱対象としての吸着器と、を備える。

【0015】

(8)本発明の他の一形態によれば、熱輸送方法が提供される。この熱輸送方法は、熱媒体を加熱可能な第1タンクと、前記第1タンクから供給される熱媒体を蒸発させる蒸発器とを第1流路を介して接続し、かつ、気液二相流入口から前記蒸発器により生成された高温高圧の熱媒体が供給されると共に気体出口が加熱対象に接続された気液分離器の液出口と、前記第1タンクとを接続していない状態で、前記第1流路に配置された第1ポンプを稼働させることにより、前記蒸発器によって蒸発させた熱媒体を前記気液分離器に輸送することにより前記加熱対象を加熱する加熱工程と、前記第1タンクと前記蒸発器とを接続せず、かつ、前記液出口と前記第1タンクとを第2流路を介して接続した状態で、前記第2流路に配置された第2ポンプを稼働させることにより、前記液出口から前記第1タンクへと液体の熱媒体を輸送する加熱後工程と、を備える。

この構成によれば、加熱工程では、蒸発器に第1流路を介して第1タンクから高温かつ高圧である熱媒が供給されるため、加熱対象と蒸発器とが接続しても蒸発器内での突沸を抑制する。そのため、加熱時における蒸発器内のドライアウトの発生を抑制できる。この結果、熱媒が加熱対象内に留まらずにシステム内を循環するため、加熱対象に対する加熱能力を向上させることができる。加熱後工程では、加熱対象内は高温かつ飽和蒸気圧であるため、加熱対象と接続している気液分離器内も高温かつ飽和蒸気圧である。この状態で、気液分離器の液出口から第2ポンプによって第1タンクへと供給される液体の熱媒では、第2ポンプのインペラにおけるキャピテーションが発生しない。よって、この構成では、第2ポンプの動作不良を抑制し、第2ポンプの故障を抑制できる。

【0016】

なお、本発明は、種々の態様で実現することが可能であり、例えば、熱輸送システム、熱媒体循環システム、蒸発・気液分離システム、吸着式ヒートポンプおよびこれらのシステムを備える装置、および熱輸送方法、熱媒体循環方法、蒸発・気液分離方法、これらシステムや方法を実行するためのコンピュータプログラム、このコンピュータプログラムを配布するためのサーバ装置、コンピュータプログラムを記憶した一時的でない記憶媒体等の形態で実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の実施形態としての熱輸送システムを備える吸着式ヒートポンプの概略のブロック図である。

【図2】吸着モードにおける吸着式ヒートポンプの動作説明図である。

【図3】脱離モードにおける吸着式ヒートポンプの動作説明図である。

【図4】熱輸送システムの概略のブロック図である。

【図5】第1吸着器の加熱時における熱輸送システムの動作説明図である。

【図6】第1吸着器の加熱完了時における熱輸送システムの動作説明図である。

【図7】第1吸着器の加熱完了時における熱輸送システムの動作説明図である。

【図8】熱輸送システムが行う熱輸送方法のフローチャートである。

【図9】比較例1の熱輸送システムを備える吸着式ヒートポンプの一部のブロック図である。

【図10】脱離モードにおける高温蒸発器の出力の時間推移を表すグラフである。

【図11】比較例2の熱輸送システムを備える吸着式ヒートポンプの一部のブロック図である。

【図12】脱離モードにおける高温蒸発器の出力の時間推移を表すグラフである。

【図13】比較例3の熱輸送システムを備える吸着式ヒートポンプの一部のブロック図で

10

20

30

40

50

ある。

【図 1 4】変形例 2 における熱輸送システムの概略のブロック図である。

【図 1 5】変形例 2 の熱輸送システムにおける熱輸送方法のフローチャートである。

【図 1 6】変形例 3 における熱輸送システムの概略のブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

< 第 1 実施形態 >

図 1 は、本発明の実施形態としての熱輸送システム 100 を備える吸着式ヒートポンプ 200 の概略のブロック図である。吸着式ヒートポンプ 200 は、一对の吸着器 110, 120 (加熱対象) 内の吸着材 111 に対して、熱媒体 (以降、単に「熱媒」とも呼ぶ) としての水の吸着と脱離とを繰り返す。これにより、吸着材 111 の吸着熱と、水の蒸発熱を利用して吸着器 110, 120 の加熱および冷却を実行する。

10

【0019】

図 1 に示されるように、吸着式ヒートポンプ 200 は、一对の吸着器としての第 1 吸着器 110 および第 2 吸着器 120 と、加熱時に一对の吸着器 110, 120 に対して高温の熱媒を供給する熱輸送システム 100 と、冷却時に一对の吸着器 110, 120 に対して低温の熱媒を供給する冷熱機器 140 および低温蒸発器 130 と、一对の吸着器 110, 120 内の熱媒を液体として回収する凝縮器 150 と、凝縮器 150 から低温蒸発器 130 へと熱媒が通る流路を開閉する液体バルブ VL5 と、凝縮器 150 から供給される熱媒を熱輸送システム 100 へと輸送する輸送ポンプ P2 と、熱輸送システム 100 から一对の吸着器 110, 120 へと供給される高温の熱媒が通る流路を開閉する各バルブ VV1, VV2 と、低温蒸発器 130 から一对の吸着器 110, 120 へと供給される低温の熱媒が通る流路を開閉する各バルブ VV3, VV4 と、一对の吸着器 110, 120 から凝縮器 150 へと回収される熱媒が通る流路を開閉する各バルブ VV5 ~ VV8 と、各バルブ VV1 ~ VV8, VL5 の開閉制御および輸送ポンプ P2 の動作制御を行う制御部 160 とを備えている。なお、図 1 中に示される矢印は、熱媒が流れる方向を表している。以降では、熱媒が流れる方向によって、図 1 の矢印に応じた「上流」および「下流」を定義している。

20

【0020】

低温蒸発器 130 内には、熱媒としての液体の水と、水を加熱するための加熱部とが含まれている。冷熱機器 140 は、低温蒸発器 130 内の加熱部を制御する。冷熱機器 140 の制御によって低温蒸発器 130 内の水が加熱されることにより、低圧蒸発器 130 内に水蒸気が生成される。なお、本実施形態では、加熱されていない状態の低温蒸発器 130 の温度は、常温 (例えば、摂氏 30 度 (30)) である。

30

【0021】

本実施形態における一对の吸着器 110, 120 では、全体が低圧に保たれている。第 1 吸着器 110 と、第 2 吸着器 120 とは、同じ構成を有するため、第 1 吸着器 110 の構成について説明し、第 2 吸着器 120 の説明を省略する。図 1 に示されるように、第 1 吸着器 110 は、低温蒸発器 130 から供給される低温の水蒸気を吸着する吸着材 111 と、熱輸送システム 100 から供給される高温の熱媒が通過する熱交換部 112 とを備えている。吸着材 111 の材料として、例えば、活性炭、メソポーラスシリカ、ゼオライト等が用いられる。

40

【0022】

熱交換部 112 は、吸着材 111 を含む吸着材ルーム 111R と熱交換可能な隔壁を介し、熱媒の水を貯留可能な伝熱タンクである。本実施形態における吸着材ルーム 111R は、低圧 (例えば、4 キロパスカル (4 kPa)) に保たれている。熱交換部 112 は、冷熱機器 140 の制御により冷却され、熱輸送システム 100 からの高温の熱媒の供給により加熱される。本実施形態では、熱交換部 112 内は、熱輸送システム 100 に接続していない状態で、低圧 (例えば、4 kPa) に保たれるように制御されている。

【0023】

50

制御部 160 は、図示されていない、CPU (Central Processing Unit) と、ROM (Read Only Memory) と、RAM (Random Access Memory) とを備えている。CPU が ROM に格納されているコンピュータプログラムを RAM に展開して実行する。これにより、制御部 160 は、各バルブ V V 1 ~ V V 8 , V L 5 の開閉を制御し、輸送ポンプ P 2 の動作を制御する。これらの制御により、制御部 160 は、低温蒸発器 130 から供給される熱媒を吸着材 111 に吸着させる吸着モードと、高温蒸発器 30 から供給される熱媒を用いて吸着材 111 に吸着された熱媒を脱離させる脱離モードとを実行する。なお、本実施形態では、熱輸送システム 100 から吸着器 110 , 120 へと供給される熱媒の温度は、85 になるように制御されている。熱輸送システム 100 の詳細な構成については、後述する。

10

【0024】

図 2 は、吸着モードにおける吸着式ヒートポンプ 200 の動作説明図である。図 2 には、吸着式ヒートポンプ 200 の一部のブロック図が示されている。第 1 吸着器 110 の吸着モードでは、バルブ V V 1 , V V 7 が閉じられ、かつ、バルブ V V 3 , V V 5 が開かれた状態で、低温蒸発器 130 が冷熱機器 140 により加熱される。図 2 に示されるように、加熱により低温蒸発器 130 内で発生した水蒸気は、吸着材ルーム 111 R に流れ込むと、吸着材 111 により吸着される。吸着材 111 の吸着により発生した吸着熱は、吸着材ルーム 111 R と熱交換部 112 との隔壁 113 を介して、熱交換部 112 内の水へと伝わる。熱交換部 112 内の水は、吸着熱によって気化して、凝縮器 150 により凝縮される。凝縮器 150 により凝縮された水は、図 1 に示されるように、低温蒸発器 130 および熱輸送システム 100 の高温蒸発器 30 へと送られる。

20

【0025】

図 3 は、脱離モードにおける吸着式ヒートポンプ 200 の動作説明図である。図 3 には、吸着式ヒートポンプ 200 の一部のブロック図が示されている。第 1 吸着器 110 の脱離モードでは、バルブ V V 1 , V V 7 が開かれ、かつ、バルブ V V 3 , V V 5 が閉じられた状態で、図 3 に示されるように、熱輸送システム 100 から熱交換部 112 内へと高温の熱媒としての水蒸気を送られる。熱輸送システム 100 から供給される水蒸気は、温度に応じて飽和蒸気圧 (例えば、58 kPa) を保つように設定されている。熱輸送システム 100 から供給される水蒸気の温度は、高温 (例えば、85) であり、吸着モードで吸着材ルーム 111 R に供給される水蒸気の温度よりも高い。そのため、熱輸送システム 100 から熱交換部 112 内に水蒸気が流れ込むと、隔壁 113 を介して、熱交換部 112 内の熱が吸着材 111 へと伝わる。吸着材 111 に吸着されていた水は、熱交換部 112 内からの熱によって脱離し、凝縮器 150 により凝縮される。凝縮器 150 により凝縮された水は、低温蒸発器 130 および高温蒸発器 30 へと送られる。

30

【0026】

図 4 は、熱輸送システム 100 の概略のブロック図である。図 4 には、熱輸送システム 100 のブロック図と、加熱対象としての第 1 吸着器 110 と、バルブ V V 1 とが示されている。なお、図 4 では、第 2 吸着器 120 およびバルブ V V 2 の図示を省略しているが、バルブ V V 1 , V V 2 の開閉に応じて、熱輸送システム 100 が加熱する加熱対象は、第 1 吸着器 110 または第 2 吸着器 120 に変更し得る。

40

【0027】

図 4 に示されるように、熱輸送システム 100 は、熱媒としての水を加熱可能な第 1 タンク 20 と、第 1 タンク 20 から供給される水を蒸発させる高温蒸発器 (蒸発器) 30 と、第 1 タンク 20 から高温蒸発器 30 へと水を輸送するポンプ (第 1 ポンプ、第 2 ポンプ) P 1 と、高温蒸発器 30 の上流側に気液二相流入口 41 が接続している気液分離器 40 と、気液分離器 40 の液出口 43 が接続している第 2 タンク 50 と、第 1 タンク 20 内および高温蒸発器 30 内の水を加熱する高温熱源 60 と、各部を接続して熱媒が流れる各流路 F P 1 ~ F P 6 と、流路 F P 1 ~ F P 4 のそれぞれを開閉するバルブ V L 1 ~ V L 4 とを備えている。

【0028】

50

第1タンク20は、水を貯蔵している。第1タンク20内の水は、高温熱源60により高温(85)に保たれ、かつ、飽和水蒸気圧(58kPa)に保たれている。高温蒸発器30は、水を貯蔵し、高温熱源60の加熱により貯蔵した水を蒸発させる。高温蒸発器30内の圧力は、第1吸着器110との接続の有無によって変化する。本実施形態の高温熱源60は、第1タンク20および高温蒸発器30内を通る配管に、吸着式ヒートポンプ200内を流れる熱媒とは異なる熱媒を循環させることにより、第1タンク20内および高温蒸発器30内の水を加熱する。高温蒸発器30は、凝縮器150に接続されているため(図4では不図示)、凝縮器150から水が供給される。なお、他の実施形態では、高温熱源60は、配管を循環する熱媒の代わりに、第1タンク20内および高温蒸発器30内に配置された電熱線を加熱してもよい。

10

【0029】

ポンプP1は、稼働することにより、流路FP1, FP2が位置する下流側から、流路FP3, FP4が位置する上流側へと熱媒を送る。気液分離器40は、流路FP5に接続している気液二相流入口41と、流路FP6に接続している液出口43と、バルブVV1を介して第1吸着器110に接続している気体出口42とを備えている。気液二相流入口41には、高温蒸発器30により生成された高温かつ高圧の水および水蒸気が供給される。気液分離器40は、気液二相流入口41から流入する水および水蒸気を分離して、分離した水蒸気を気体出口42から第1吸着器110へと送り、分離した水を液出口43から第2タンク50へと送る。なお、気液二相流入口41に供給される高温かつ高圧の水および水蒸気は、加熱完了前の第1吸着器110内の温度と、圧力とを比較した表現である。

20

【0030】

第2タンク50は、気液分離器40の液出口43の鉛直下側に配置され、水を貯留可能なタンクである。第2タンク50が液出口43の鉛直下側に配置されているため、気液分離器40により分離された水は、重力によって第2タンク50へと送られる。第2タンク50は、第2タンク50内に貯留された水の液面高さを測定する液位計51を備えている。図4に示されるように、流路FP2は、第2タンク50と、ポンプP1とを接続する。流路FP1は、流路FP2におけるバルブVL2の上流側と、第1タンク20とを接続する。流路FP3は、ポンプP1の上流側と、高温蒸発器30とを接続する。流路FP4は、流路FP3におけるバルブVL3の下流側と、第1タンク20とを接続する。なお、ポンプP1により送られる水は、バルブVL3, VL4の開閉状況に応じて、第1タンク20または高温蒸発器30へと供給される。各バルブVL1~VL4は、制御部160の制御により、各流路FP1~FP4を流れる熱媒の流量を変更可能にする。

30

【0031】

制御部160(図1)は、各バルブVL1~VL4の開閉およびポンプP1の動作を制御することにより、第1吸着器110を加熱する第1吸着器110の脱離モードと、第1吸着器110の加熱が完了した第1吸着器110の吸着モードとを行う。また、制御部160は、第1吸着器110の吸着モードにおいて、第2タンク50の液位計51の測定値を用いて、各バルブVL1~VL4の開閉を変更する。

40

【0032】

図5は、第1吸着器110の加熱時における熱輸送システム100の動作説明図である。第1吸着器110の加熱時には、制御部160は、バルブVL1, VL3を開き、かつ、バルブVL2, VL4を閉じた状態で、ポンプP1を稼働させる。この状態に変化すると、低温(30)かつ低圧(4kPa)である第1吸着器110と、高温蒸発器30との圧力差によって、高温蒸発器30から気液分離器40へと熱媒の気液二相流が流入する。一方で、高温蒸発器30には、ポンプP1によって第1タンク20から水が供給され続ける。気液分離器40により分離された水は、第2タンク50へと送られる。また、気液分離器40により分離された水蒸気は、図3に示されるように、第1吸着器110の熱交換部112へと送られる。第1吸着器110の加熱は、第1吸着器110の熱交換部112が高温(85)かつ飽和蒸気圧(58kPa)になるまで行われる。

50

【0033】

第1吸着器110の加熱が完了すると、第1吸着器110の熱交換部112内が高温、かつ、熱交換部112内が飽和蒸気圧で満たされる。そのため、加熱完了時では、第1吸着器110に接続している高温蒸発器30内および第2タンク50内は、第1吸着器110と同じように、高温、かつ、飽和蒸気圧で満たされている。なお、加熱時における流路FP1および流路FP3は、第1流路として機能する。また、バルブVL1は、第1バルブとして機能し、バルブVL3は、第3バルブとして機能する。

【0034】

図6および図7は、第1吸着器110の加熱完了時における熱輸送システム100の動作説明図である。第1吸着器110の加熱が完了すると、図6に示されるように、制御部160は、ポンプP1を稼働させたまま、バルブVL1, VL3を閉じ、かつ、バルブVL2, VL4を開く。この状態に変化すると、ポンプP1により第2タンク50に貯留された水は、第1タンク20へと送られる。この状態における第1タンク20内における温度および圧力は、第2タンク50内における温度および圧力と同じ高温かつ飽和蒸気圧である。制御部160は、液位計51の測定値が予め設定された所定値以上の場合に、第2タンク50から第1タンク20へと水を送る。

10

【0035】

液位計51の測定値が所定値以上から所定値未満へと変化すると、制御部160は、ポンプP1を稼働させたまま、バルブVL2を閉じ、かつ、バルブVL1を開き、図7に示される状態へと変化させる。変化後では、図7に示されるように、第1タンク20と、ポンプP1とを含む閉じた回路内を水が循環する。制御部160は、ポンプP1を稼働させたまま、水を循環させた状態で、第1吸着器110または第2吸着器120を加熱する吸着モードに変化するまで待機する。なお、加熱時における流路FP2および流路FP4は、第2流路として機能する。また、バルブVL2は、第2バルブとして機能し、バルブVL4は、第4バルブとして機能する。ポンプP1は、第1吸着器110の加熱時に第1タンク20から高温蒸発器30へと水を輸送する第1ポンプとして機能し、かつ、第1吸着器110の加熱完了時に第2タンク50から第1タンク20へと水を輸送する第2ポンプとしても機能する。

20

【0036】

図8は、熱輸送システム100が行う熱輸送方法のフローチャートである。図8に示されるように、熱輸送方法では、初めに、制御部160は、吸着式ヒートポンプ200のバルブVV1および熱輸送システム100のバルブVL1, VL3を開き、かつ、バルブVL2, VL4を閉じて、ポンプP1を稼働させることにより第1吸着器110を加熱する(ステップS1)。次に、制御部160は、第1吸着器110の加熱が完了したか否かを判定する(ステップS2)。制御部160は、加熱完了の判定を、図1に図示されていない温度計および圧力計の測定値も用いて判定する。なお、加熱完了の判定方法は、周知技術を適用できる。

30

【0037】

制御部160は、第1吸着器110の加熱が完了していないと判定した場合には(ステップS2:NO)、第1吸着器110の加熱完了を待機する。制御部160は、第1吸着器110の加熱が完了したと判定した場合には(ステップS2:YES)、バルブVV1, VL1, VL3を閉じ、かつ、バルブVL2, VL4を開いて、第1吸着器110の加熱完了後の加熱後工程を行う(ステップS3)。

40

【0038】

制御部160は、液位計51によって測定された第2タンク50内の液位が所定値以上であるか否かを判定する(ステップS4)。第2タンク50内の液位が所定値以上の場合には(ステップS4:YES)、後述のステップS6の処理が行われる。第2タンク50内の液位が所定値未満の場合には(ステップS4:NO)、制御部160は、バルブVL1を開き、かつ、バルブVL2を閉じ、第1タンク20とポンプP1とを含む閉回路内で水を循環させる(ステップS5)。

50

【 0 0 3 9 】

ステップ S 5 の処理が行われると、制御部 1 6 0 は、熱輸送システム 1 0 0 の処理を終了するか否かを判定する（ステップ S 6）。例えば、吸着式ヒートポンプ 2 0 0 の動作を停止する場合、制御部 1 6 0 は、熱輸送システム 1 0 0 の処理を終了し（ステップ S 6：YES）、熱交換方法のフローは終了する。ステップ S 6 の処理において、熱輸送システム 1 0 0 の処理が終了しない場合には（ステップ S 6：NO）、制御部 1 6 0 は、次のサイクルに移行するか否かを判定する（ステップ S 7）。制御部 1 6 0 は、例えば、次のサイクルとして第 2 吸着器 1 2 0 の加熱を行う場合（ステップ S 7：YES）、ステップ S 1 以降の処理を繰り返す。次のサイクルに移行しない場合には（ステップ S 7；NO）、制御部 1 6 0 は、ステップ S 4 以降の処理を繰り返す。

10

【 0 0 4 0 】

図 9 は、比較例 1 の熱輸送システム 1 0 0 x を備える吸着式ヒートポンプ 2 0 0 x の一部のブロック図である。比較例 1 の吸着式ヒートポンプ 2 0 0 x では、本実施形態の吸着式ヒートポンプ 2 0 0 に対して、熱輸送システム 1 0 0 x のみが異なる。図 4 に示されるように、比較例 1 の熱輸送システム 1 0 0 x は、本実施形態の構成と同じ高温蒸発器 3 0 x および高温熱源 6 0 と、高温蒸発器 3 0 と熱交換部 1 1 2 との接続を開閉するバルブ V A 1 とを備えている。バルブ V A 1 は、図 9 に図示されていない制御部 1 6 0 により制御される。

【 0 0 4 1 】

比較例 1 の吸着式ヒートポンプ 2 0 0 x の脱離モードでは、バルブ V A 1 が開くと、高温蒸発器 3 0 x 内と、熱交換部 1 1 2 内との圧力差が大きいため、高温蒸発器 3 0 x 内の圧力が急激に下がって突沸が発生する。突沸によって高温蒸発器 3 0 x 内で発生した蒸気と共に高温蒸発器 3 0 内の水が、気液二相流として高温蒸発器 3 0 x から熱交換部 1 1 2 へと一気に流入する。この結果、高温蒸発器 3 0 内の水が不足するドライアウトが発生する。

20

【 0 0 4 2 】

図 1 0 は、脱離モードにおける高温蒸発器 3 0 x の出力の時間推移を表すグラフである。図 1 0 には、高温蒸発器 3 0 x の出力の時間推移が曲線 C 1 として示されている。図 1 0 に示されるように、吸着式ヒートポンプ 2 0 0 x の処理が吸着モードから脱離モードへと切り替わると、高温蒸発器 3 0 x の出力は、徐々に上昇してピークに達した後、徐々に減少して以降低い値を維持する。出力におけるこの変化は、第 1 吸着器 1 1 0 の加熱が完了する前に、高温蒸発器 3 0 x 内でドライアウトが発生したためである。そのため、比較例 1 の吸着式ヒートポンプ 2 0 0 x では、ドライアウトの発生により高温蒸発器 3 0 x の出力が低下するため、第 1 吸着器 1 1 0 の加熱完了までの時間を要してしまう。

30

【 0 0 4 3 】

図 1 1 は、比較例 2 の熱輸送システム 1 0 0 y を備える吸着式ヒートポンプ 2 0 0 y の一部のブロック図である。比較例 2 の吸着式ヒートポンプ 2 0 0 y では、比較例 1 の吸着式ヒートポンプ 2 0 0 x に対して、気液分離器 4 0 が追加された点のみが異なる。図 1 1 に示されるように、比較例 2 の熱輸送システム 1 0 0 y では、気液分離器 4 0 は、高温蒸発器 3 0 y の鉛直上側に配置されている。また、気液分離器 4 0 の液出口 4 3 は、高温蒸発器 3 0 y に接続されている。そのため、熱輸送システム 1 0 0 y は、気液分離器 4 0 で分離された水を、理論的には、高温蒸発器 3 0 y 内へと戻すことができる。

40

【 0 0 4 4 】

図 1 2 は、脱離モードにおける高温蒸発器 3 0 y の出力の時間推移を表すグラフである。図 1 2 には、図 1 0 に示された比較例 1 の高温蒸発器 3 0 x の出力の時間推移が実線の曲線 C 1 に加えて、比較例 2 の高温蒸発器 3 0 y の出力の時間推移が破線の曲線 C 2 として示されている。図 1 2 の曲線 C 2 として示されるように、吸着式ヒートポンプ 2 0 0 y の処理が吸着モードから脱離モードへと切り替わると、比較例 2 の高温蒸発器 3 0 y の出力は、比較例 1 の高温蒸発器 3 0 x の出力よりも早い時間に、高温蒸発器 3 0 x の出力ピークよりも小さいピークに達する。その後、高温蒸発器 3 0 y 内では、高温蒸発器 3 0 x

50

よりも早い時間にドライアウトが発生する。これは、高温蒸発器 30 y 内と熱交換部 112 内との圧力差が大きいため、高温蒸発器 30 y から気液分離器 40 の液出口 43 まで高温蒸発器 30 y 内の水が逆流してしまっているからである。なお、ドライアウト後の曲線 C2 におけるパルス状の時間推移は、ドライアウトした高温蒸発器 30 y に気液分離器 40 から供給された水が瞬間的に蒸発し、蒸発した蒸気圧力が配管内の水を押し戻すことの繰り返しである。

【0045】

図13は、比較例3の熱輸送システム100zを備える吸着式ヒートポンプ200zの一部のブロック図である。比較例3の吸着式ヒートポンプ200zでは、比較例2の吸着式ヒートポンプ200yに対して、気液分離器40と高温蒸発器30yとの間にポンプP1および逆止弁70が追加された点のみ異なる。

10

【0046】

図13に示されるように、比較例3の熱輸送システム100zでは、ポンプP1が気液分離器40内の水を高温蒸発器30側へと送っている。さらに、逆止弁70は、気液分離器40の液出口43から高温蒸発器30への方向のみに流れる水を許容する。そのため、比較例3の熱輸送システム100zでは、比較例2の熱輸送システム100yで発生した高温蒸発器30から液出口43への水の逆流が発生しない。一方で、脱離モード開始時にバルブVA1が開くと、気液分離器40内は飽和蒸気圧よりも低い圧力であるため、気液分離器40内の水は沸騰する。液出口43付近では、ポンプP1の吸引による圧力低下によりさらに沸騰しやすく、ポンプP1のインペラでキャビテーションが発生する。キャビテーションが発生することにより、ポンプP1が、動作不良を起こし、故障してしまうおそれがある。

20

【0047】

以上説明したように、本実施形態の熱輸送システム100では、熱媒の水を加熱可能な第1タンク20と、第1タンク20と高温蒸発器30とを接続する流路FP1を開閉するバルブVL1と、高温蒸発器30と第1吸着器110との間に配置された気液分離器40と、気液分離器40の液出口43と第1タンク20とを接続する流路FP2と、流路FP2を開閉するバルブVL2と、流路FP2に配置されて液出口43から第1タンク20へと気液分離器40内の水を輸送するポンプP1とを備えている。そのため、第1吸着器110の加熱時に、高温蒸発器30には、流路FP1を介して第1タンク20から高温かつ高圧である水および水蒸気が供給され続ける。これにより、高温蒸発器30内での突沸を抑制するため、加熱時におけるドライアウトの発生を抑制できる。この結果、水が第1吸着器110内に留まらずに熱輸送システム100内を循環するため、第1吸着器110に対する加熱能力を向上させることができる。また、第1吸着器110の加熱完了時に、第1タンク20には、気液分離器40で分離された水が流路FP2を介して供給される。この際に、第1吸着器110の加熱が完了しているため、第1吸着器110内は、高温かつ飽和蒸気圧である。そのため、第1吸着器110と接続している気液分離器40内も高温かつ飽和蒸気圧である。この状態で、バルブVL2が開いて流路FP2が接続されると、気液分離器40の液出口43からポンプP1によって第1タンク20へと供給される水によって、ポンプP1のインペラにおけるキャビテーションが発生しない。よって、本実施形態の熱輸送システム100では、ポンプP1の動作不良を抑制し、ポンプP1の故障を抑制できる。

30

40

【0048】

また、本実施形態の熱輸送システム100では、制御部160が、第1吸着器110の加熱時および加熱完了時に対応させて、バルブVL1, VL2の開閉およびポンプP1の動作を制御する。そのため、加熱時におけるドライアウトの発生を抑制し、ポンプP1の動作不良および故障を抑制できる。

【0049】

また、本実施形態の熱輸送システム100は、流路FP2における気液分離器40の液出口43と第2タンク50との間に配置され、かつ、液出口43の鉛直下側に配置され、

50

水を貯留可能な第2タンク50を備えている。そのため、第1吸着器110の加熱時に、気液分離器40によって分離された水は第2タンク50に送られるため、加熱時に分離された水を第2タンク50に貯留しておくことができる。

【0050】

また、本実施形態の熱輸送システム100は、ポンプP1と高温蒸発器30とを接続する流路FP3を開閉するバルブVL3と、流路FP3におけるポンプP1の上流側と第1タンク20との間に配置されると共に流路FP3を開閉するバルブVL4とを備えている。制御部160は、第1吸着器110の加熱時に、バルブVL1, VL3を開き、かつ、バルブVL2, VL4を閉じた状態で、ポンプP1を稼働させる。一方で、制御部160は、第1吸着器110の加熱完了時に、バルブVL1, VL3を閉じ、かつ、バルブVL2, VL4を開いた状態で、ポンプP1を稼働させる。そのため、本実施形態の熱輸送システム100では、1つのポンプP1だけによって、第1タンク20から高温蒸発器30へと熱媒が輸送され、かつ、第2タンク50から第1タンク20へと熱媒が輸送される。これにより、熱輸送システム100が備えるポンプの数を減らせるため、熱輸送システム100のコストを低減できる。

10

【0051】

また、本実施形態の熱輸送システム100では、第2タンク50は、第2タンク内に貯留された水の液面高さを測定する液位計51を有する。制御部160は、ポンプP1を稼働させたまま、第1吸着器110の加熱完了時における液位計51の測定値が所定値以上の場合に、バルブVL1, VL3を閉じ、かつ、バルブVL2, VL4を開く。一方で、制御部160は、液位計51の測定値が所定値未満の場合に、ポンプP1を稼働させたまま、バルブVL2, VL3を閉じ、かつ、バルブVL1, VL4を開く。そのため、本実施形態の熱輸送システム100では、第2タンク50内の液位が下がった場合にポンプP1の空回りによる故障を抑制できる。さらに、第2タンク50内の液位が下がった場合に、水が十分にある第1タンク20と、ポンプP1との閉回路内で水を循環させることにより、ポンプP1をいちいち停止させずに稼働させた状態を継続できる。

20

【0052】

<本実施形態の変形例>

本発明は上記の実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能であり、例えば次のような変形も可能である。

30

【0053】

[変形例1]

本実施形態における熱輸送システム100および吸着式ヒートポンプ200は、一例であり、種々変形可能である。例えば、吸着式ヒートポンプ200は、吸着器110, 120に加えて、さらに他の吸着器を備えていてもよいし、逆に、第1吸着器110のみを備えていてもよい。第1吸着器110と、第2吸着器120とは、異なる構成の吸着器であってもよい。第1吸着器110における温度および圧力と、熱輸送システム100における高温熱源60により設定される温度および圧力についても、種々変形可能である。高温熱源60により設定される高温は85と異なる温度であってもよいし、第1吸着器110における定圧は4kPaと異なる圧力であってもよい。熱輸送システム100で用いられる熱媒は、水以外であってもよい。熱媒の種類に応じて、熱輸送システム100および吸着式ヒートポンプ200で制御される熱媒の温度および圧力については、種々変形可能である。熱輸送システム100は、複数の高温熱源60を備え、高温蒸発器30と、第1タンク20とを加熱する高温熱源60は、異なる熱源であってもよい。

40

【0054】

第2タンク50は、必須の構成でなく、熱輸送システム100は第2タンク50を備えていなくてもよい。第2タンク50を備えない熱輸送システム100では、第1吸着器110の加熱時に、気液分離器40により分離された水は、第2タンク50内の代わりに、気液分離器40内に貯留される。この構成であっても、制御部160は、バルブVL1~VL4の開閉を制御することにより、加熱時におけるドライアウトの発生を抑制し、ポン

50

プ P 1 の動作不良および故障を抑制できる。

【 0 0 5 5 】

上記実施形態の制御部 1 6 0 が実行するバルブ V L 1 ~ V L 4 およびポンプ P 1 の制御については、一例であり、種々変形可能である。例えば、制御部 1 6 0 が、上記実施形態の熱輸送システム 1 0 0 が備えるバルブ V L 1 ~ V L 4 について異なる開閉制御を行っても、吸着式ヒートポンプ 2 0 0 におけるバルブ V V 1 , V V 2 の開閉制御を変更することにより、上記実施形態と同じ効果を奏することができる。

【 0 0 5 6 】

[変形例 2]

図 1 4 は、変形例 2 における熱輸送システム 1 0 0 a の概略のブロック図である。図 1 4 に示されるように、変形例 2 の熱輸送システム 1 0 0 a では、流路 F P 2 にポンプ（第 2 ポンプ）P 3 が配置されている点と、流路 F P 2 がバルブ V L 2 と第 1 タンク 2 0 とを接続している点と、および流路 F P 4 およびバルブ V L 3 , V L 4 が無い点とが異なる。そのため、変形例 2 では、上記実施形態の熱輸送システム 1 0 0 と異なる点について説明し、その他の説明を省略する。

10

【 0 0 5 7 】

変形例 2 の熱輸送システム 1 0 0 a では、制御部 1 6 0 a は、第 1 吸着器 1 1 0 の加熱時に、バルブ V L 1 を開き、かつ、バルブ V L 2 を閉じた状態で、ポンプ P 1 を稼働させる。これにより、第 1 タンク 2 0 から高温蒸発器 3 0 へと熱媒が輸送される。一方で、制御部 1 6 0 a は、第 1 吸着器 1 1 0 の加熱完了時に、バルブ V L 1 を閉じ、かつ、バルブ V L 2 を開いた状態で、ポンプ P 1 の動作を停止させ、ポンプ P 3 を稼働させる。また、制御部 1 6 0 a は、液位計 5 1 の測定値が所定値未満の場合には、ポンプ P 3 の稼働を停止させ、第 2 タンク 5 0 から第 1 タンク 2 0 への水の輸送を停止する。

20

【 0 0 5 8 】

そのため、変形例 2 の熱輸送システム 1 0 0 a では、第 2 タンク 5 0 内の液位が下がった場合に、制御部 1 6 0 a によりポンプ P 3 の動作が停止するため、ポンプ P 3 の空回りによる故障を抑制できる。変形例 2 の熱輸送システム 1 0 0 a のように、第 1 タンク 2 0 から高温蒸発器 3 0 へと熱媒を輸送するポンプ P 1 と、第 2 タンク 5 0 から第 1 タンク 2 0 へと熱媒を輸送するポンプ P 3 とは、異なるポンプであってもよい。変形例 2 の熱輸送システム 1 0 0 a は、第 2 タンク 5 0 を備えていなくてもよく、この場合に、ポンプ P 3 は、気液分離器 4 0 の液出口 4 3 から第 1 タンク 2 0 へと熱媒を輸送する。また、熱輸送システム 1 0 0 a は、制御部 1 6 0 a を備えずに、第 1 タンク 2 0 等の構成のみを備えていてもよい。この場合に、熱輸送システム 1 0 0 が備えていない他の装置からの制御信号によって、バルブ V L 1 , V L 2 の開閉制御およびポンプ P 1 , P 3 の稼働制御が行われてもよい。

30

【 0 0 5 9 】

変形例 2 を換言すると、熱輸送システム 1 0 0 a は、第 1 タンク 2 0 と、高温蒸発器 3 0 と、第 1 流路として機能する流路 F P 1 , F P 3 と、第 1 バルブとしてのバルブ V L 1 と、第 1 タンク 2 0 から高温蒸発器 3 0 へと熱媒を輸送するポンプ P 1 と、気液二相流入口 4 1 が高温蒸発器 3 0 に接続されると共に気体出口 4 2 が加熱対象としての第 1 吸着器 1 1 0 に接続されている気液分離器 4 0 と、第 2 流路として機能する流路 F P 2 と、第 2 バルブとしてのバルブ V L 2 と、気液分離器 4 0 から第 1 タンク 2 0 へと熱媒を輸送するポンプ P 3 とを備えていればよい。

40

【 0 0 6 0 】

図 1 5 は、変形例 2 の熱輸送システム 1 0 0 a における熱輸送方法のフローチャートである。図 1 5 に示されるように、変形例 2 では、加熱工程が行われた後に（ステップ S 1 1）、加熱後工程が行われ（ステップ S 1 2）、熱輸送方法が終了する。加熱工程では、制御部 1 6 0 a は、バルブ V L 1 を開くことにより、第 1 タンク 2 0 と、高温蒸発器 3 0 とを流路 F P 1 , F P 3 を介して接続する。さらに、制御部 1 6 0 a は、バルブ V L 2 を閉じることにより、気液分離器 4 0 の液出口 4 3 と、前記第 1 タンクとを接続しない。こ

50

の状態、制御部 160 a は、流路 F P 1 , F P 3 に配置されたポンプ P 1 を稼働させることにより、高温蒸発器 30 内で蒸発した水蒸気を気液分離器 40 に輸送することにより第 1 吸着器 110 を加熱する。

【0061】

加熱後工程では、制御部 160 a は、第 1 タンク 20 と高温蒸発器 30 とを接続せず、かつ、気液分離器 40 の液出口 43 と第 1 タンク 20 とを流路 F P 2 を介して接続する。この状態で、制御部 160 a は、流路 F P 2 に配置されたポンプ P 3 を稼働させることにより、液出口 43 から第 1 タンク 20 へと水を輸送する。そのため、変形例 2 の熱輸送方法では、第 1 吸着器 110 の加熱完了時に、第 1 吸着器 110 内は、高温かつ高圧であるため、第 1 吸着器 110 と接続している気液分離器 40 内も高温かつ飽和蒸気圧である。この状態で、気液分離器 40 の液出口 43 からポンプ P 3 によって第 1 タンク 20 へと供給される水によって、ポンプ P 3 のインペラにおけるキャビテーションが発生しない。よって、変形例 2 の熱輸送方法では、ポンプ P 3 の動作不良を抑制し、ポンプ P 3 の故障を抑制できる。

10

【0062】

[変形例 3]

図 16 は、変形例 3 における熱輸送システム 100 b の概略のブロック図である。図 16 に示されるように、変形例 3 の熱輸送システム 100 b は、上記実施形態におけるバルブ V L 1 , V L 2 の代わりとしての三方弁 V L 1 b と、上記実施形態におけるバルブ V L 3 , V L 4 の代わりとしての三方弁 V L 3 b とを備えている。また、熱輸送システム 100 b は、三方弁 V L 1 b , V L 3 b の変更に対応した流路 F P 1 b , F P 4 b を備えている。制御部 160 b は、三方弁 V L 1 b , V L 3 b を制御することにより、上記実施形態の熱輸送システム 100 と同じ熱媒の流路を構成できる。

20

【0063】

以上、実施形態、変形例に基づき本態様について説明してきたが、上記した態様の実施の形態は、本態様の理解を容易にするためのものであり、本態様を限定するものではない。本態様は、その趣旨並びに特許請求の範囲を逸脱することなく、変更、改良され得ると共に、本態様にはその等価物が含まれる。また、その技術的特徴が本明細書中に必須なものとして説明されていなければ、適宜、削除することができる。

30

【符号の説明】

【0064】

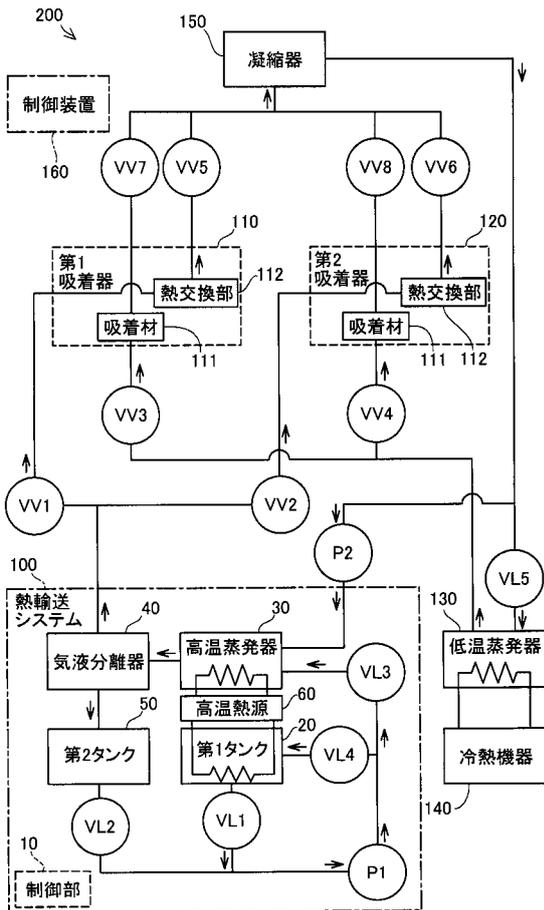
- 20 ... 第 1 タンク
- 30 , 30 x , 30 y ... 高温蒸発器 (蒸発器)
- 40 ... 気液分離器
- 41 ... 気液二相流入口
- 42 ... 気体出口
- 43 ... 液出口
- 50 ... 第 2 タンク
- 51 ... 液位計
- 60 ... 高温熱源
- 70 ... 逆止弁
- 100 , 100 a , 100 b , 100 x , 100 y , 100 z ... 熱輸送システム
- 110 ... 第 1 吸着器 (加熱対象)
- 111 ... 吸着材
- 111 R ... 吸着材ルーム
- 112 ... 熱交換部
- 113 ... 隔壁
- 120 ... 第 2 吸着器 (加熱対象)
- 130 ... 低温蒸発器
- 140 ... 冷熱機器

40

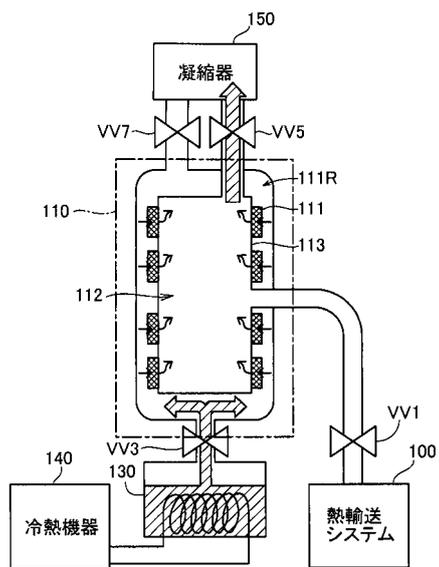
50

- 150 ... 凝縮器
- 160, 160a, 160b ... 制御部
- 200, 200x, 200y ... 吸着式ヒートポンプ
- C1, C2 ... 曲線
- FP1 ~ FP6, FP1b, FP4b ... 流路
- P1 ... ポンプ (第1ポンプ, 第2ポンプ)
- P2 ... 輸送ポンプ
- P3 ... ポンプ (第2ポンプ)
- VL1 ~ VL4 ... バルブ (第1バルブ ~ 第4バルブ)
- VA1, VV1 ~ VV8 ... バルブ
- VL5 ... 液体バルブ
- VL1b, VL3b ... 三方弁

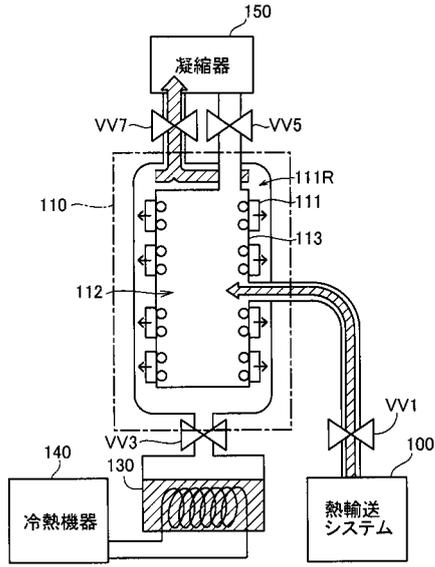
【図1】



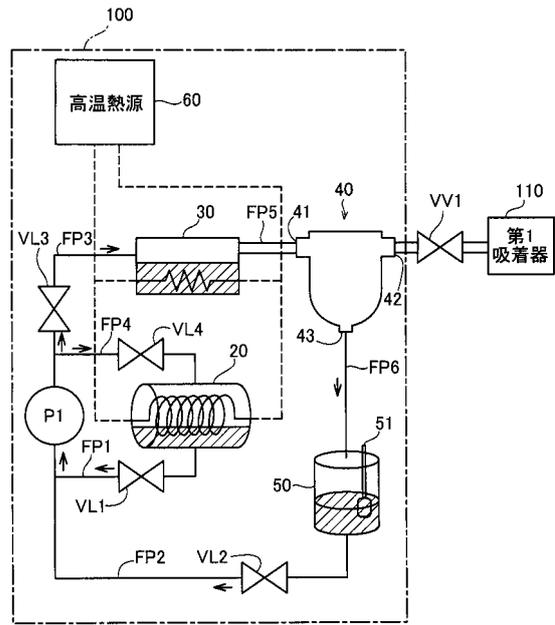
【図2】



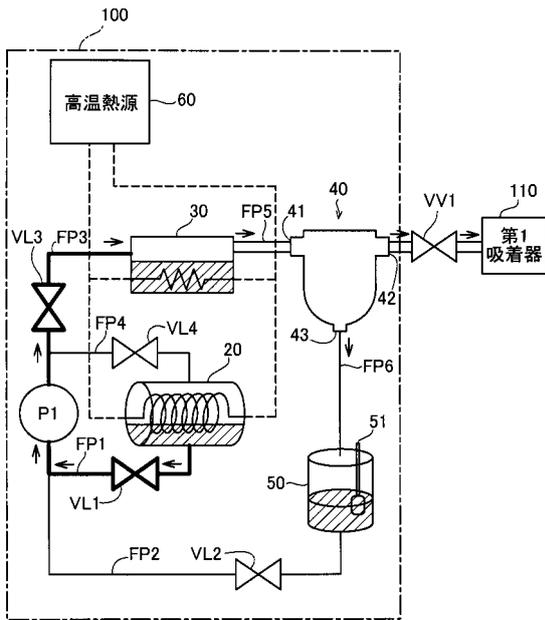
【 図 3 】



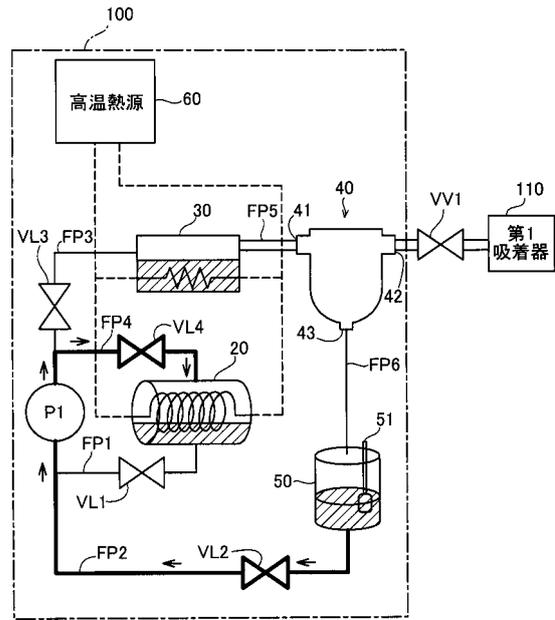
【 図 4 】



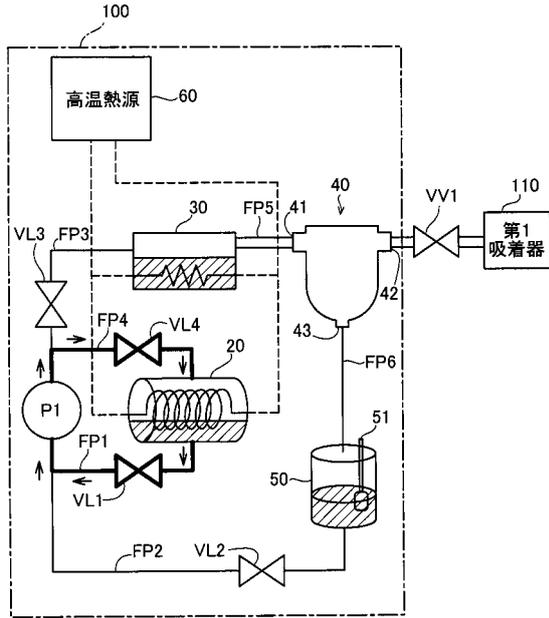
【 図 5 】



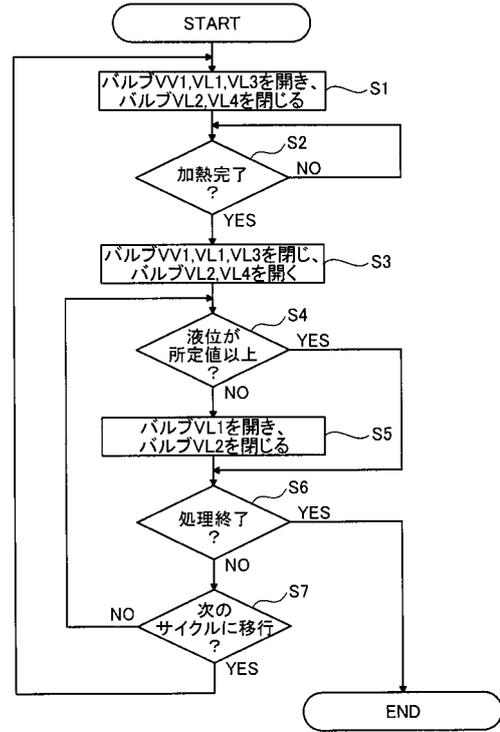
【 図 6 】



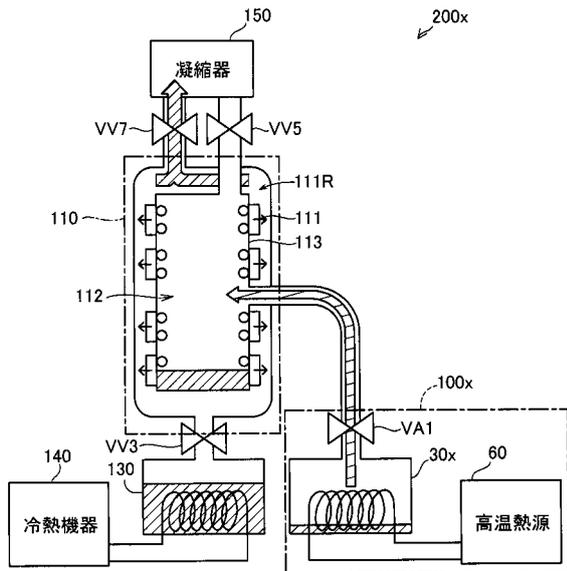
【 図 7 】



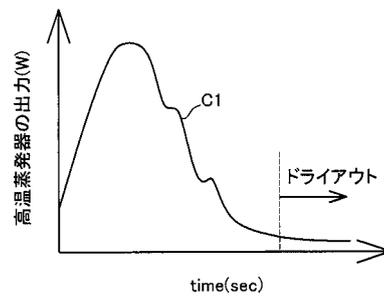
【 図 8 】



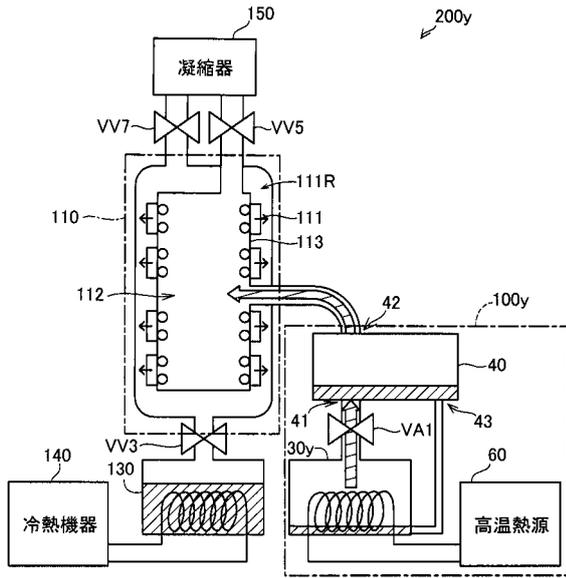
【 図 9 】



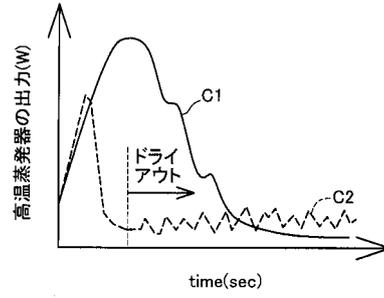
【 図 10 】



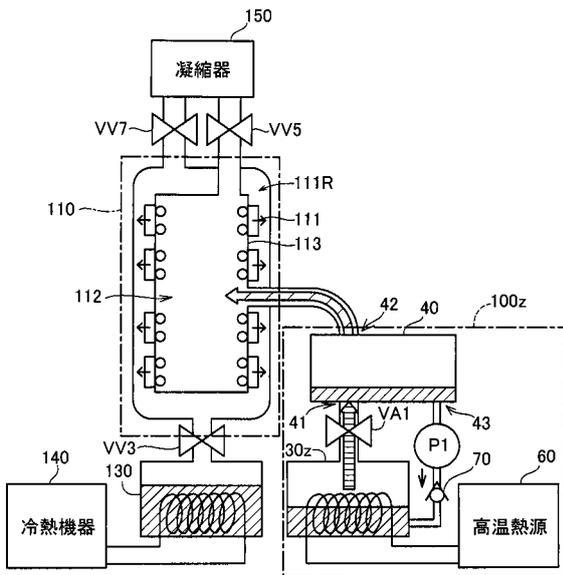
【図11】



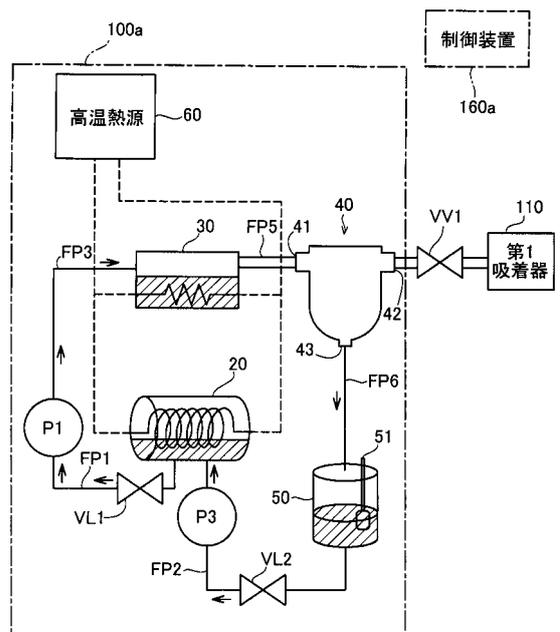
【図12】



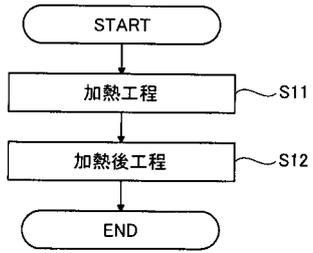
【図13】



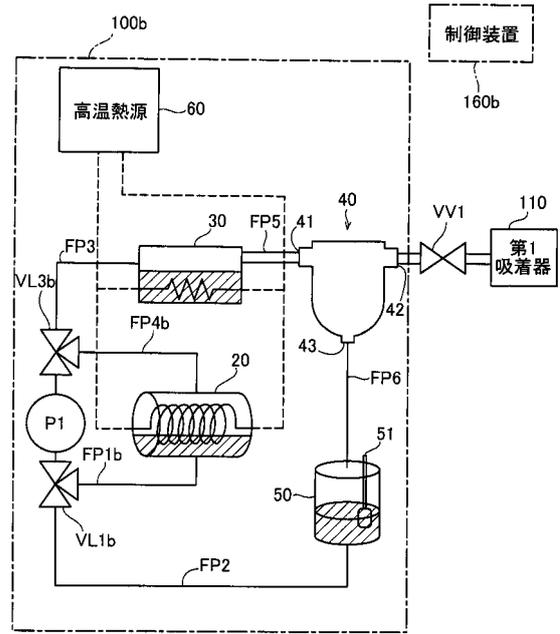
【図14】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



フロントページの続き

(72)発明者 廣田 靖樹

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 神谷 隆太

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

Fターム(参考) 3L093 NN04 PP07 QQ05