

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 5 部門第 3 区分

【発行日】平成26年7月31日(2014.7.31)

【公開番号】特開2012-247077(P2012-247077A)

【公開日】平成24年12月13日(2012.12.13)

【年通号数】公開・登録公報2012-053

【出願番号】特願2011-116594(P2011-116594)

【国際特許分類】

F 2 2 B 3/00 (2006.01)

F 2 2 B 1/16 (2006.01)

【F I】

F 2 2 B 3/00

F 2 2 B 1/16 Z

【手続補正書】

【提出日】平成26年6月12日(2014.6.12)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

熱源から排出された熱交換媒体が流れる第 1 流路と、供給水が流れる第 2 流路と、前記熱交換媒体の熱を前記供給水に伝えて前記供給水を蒸発させる熱交換器と、前記熱交換器で生成された蒸気を圧縮する圧縮機とを備えた蒸気製造装置において、

前記供給水の供給水量を調整する流量調整弁と、前記流量調整弁を制御する制御装置とを有し、

前記制御装置は、

前記供給水の供給温度から蒸発温度までの顕熱と、前記蒸発温度での蒸発潜熱に予め設定された乾き度の閾値を乗算して求めた値との和に、前記供給水量を乗算して必要熱量を求め、

前記必要熱量と前記熱交換媒体が熱交換により失った損失熱量とを比較して、前記必要熱量が前記損失熱量を上回った場合には、前記流量調整弁を絞って前記供給水の供給水量を低減させ、前記必要熱量が前記損失熱量を下回った場合には、前記流量調整弁の開度を大きくして前記供給水の供給水量を増加させるようにしたことを特徴とする蒸気製造装置。

【請求項 2】

前記第 2 流路の前記熱交換器上流側及び前記熱交換器と前記圧縮機との間に温度計を設けることにより、前記供給水の供給温度と蒸発温度を求めたことを特徴とする請求項 1 に記載の蒸気製造装置。

【請求項 3】

前記供給水の供給温度と蒸発温度が予め前記制御装置に設定された設定値であることを特徴とする請求項 1 に記載の蒸気製造装置。

【請求項 4】

熱源から排出された熱交換媒体が流れる第 1 流路と、供給水が流れる第 2 流路と、前記熱交換媒体の熱を前記供給水に伝えて前記供給水を蒸発させる熱交換器と、前記熱交換器で生成された蒸気を圧縮する圧縮機とを備えた蒸気製造装置の運転方法において、

前記供給水の供給温度から蒸発温度までの顕熱と、前記蒸発温度での蒸発潜熱に予め設

定された乾き度の閾値を乗算して求めた値との和に、前記供給水の供給水量を乗算して必要熱量を求める必要熱量算出工程と、

前記熱交換媒体が熱交換により失った熱量を求める損失熱量算出工程と、

前記必要熱量算出工程で算出された必要熱量と前記損失熱量算出工程で算出された損失熱量とを比較して、前記必要熱量が前記損失熱量を上回った場合には、前記供給水の供給水量を調整する流量調整弁を絞って前記供給水の供給水量を低減させ、前記必要熱量が前記損失熱量を下回った場合には、前記流量調整弁の開度を大きくして前記供給水の供給水量を増加させる流量制御工程とを備えたことを特徴とする蒸気製造装置の運転方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】蒸気製造装置及びその運転方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、排熱を利用して蒸気を製造する蒸気製造装置及びその運転方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、工場などの熱源設備から排出される温水を利用して低圧蒸気を製造し、その低圧蒸気を昇圧することで排熱の用途を拡大することのできる蒸気製造装置が知られている。この蒸気製造装置は熱交換器と圧縮機とを備え、熱交換器において熱源設備から排出される温水の熱を供給水に伝えて供給水を蒸発させ、生成された蒸気を圧縮機で圧縮し、蒸気利用設備などに送るものである。

【0003】

ところで、熱源設備からの排熱を利用して蒸気を製造する装置においては、排出される温水の温度や流量が常に変動しているために、熱交換器で温水から供給水に伝えられる熱量も変動し、製造される蒸気に含まれる水分量が増減する。温水から供給水に伝えられる熱量が小さくなると、圧縮機に流入する蒸気に過剰の水分が混入して、圧縮機吸口側の乾き度（蒸気中の気相割合）が小さくなり、圧縮機が破損してしまう恐れがある。また、温水から供給水に伝えられる熱量が大き過ぎると（過熱状態となると）、今度は圧縮機に流入する蒸気に含まれる水分量が少なくなると、圧縮機吸口側の乾き度が大きくなり、圧縮機により得られる蒸気の吐出量が減少してしまう。

【0004】

そこで、上記課題を解決するため、圧縮機に流入する蒸気に含まれる水分量を制御した蒸気発生システムが知られている（例えば、特許文献1）。特許文献1に記載された蒸気発生システムは、圧縮機又は蒸気供給配管から蒸気を抽気して熱交換器に導く抽気配管を備えた装置であり、圧縮機により得られた蒸気の一部を熱交換器に送ることで、蒸気中の水分量を一定に保ち、圧縮機を安定に稼働させている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特許4281770号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1に記載された蒸気製造装置では、圧縮機により得られた蒸気の一部を熱交換器に導いているため、蒸気利用施設などに利用できる蒸気量が減少してしまう問題がある。

## 【 0 0 0 7 】

そこで、本発明の目的は、上記課題に鑑み、圧縮機に流入する蒸気に含まれる水分量を一定に保って、圧縮機の安定性を高めるとともに、圧縮機により得られた蒸気の全量を蒸気使用施設などに利用できる蒸気製造装置及びその運転方法を提供することである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 0 8 】

上記課題を解決するため、本発明の蒸気製造装置は、熱源から排出された熱交換媒体が流れる第1流路と、供給水が流れる第2流路と、前記熱交換媒体の熱を前記供給水に伝えて前記供給水を蒸発させる熱交換器と、前記熱交換器で生成された蒸気を圧縮する圧縮機とを備えた蒸気製造装置において、前記供給水の供給水量を調整する流量調整弁と、前記流量調整弁を制御する制御装置とを有し、前記制御装置は、前記供給水の供給温度から蒸発温度までの顕熱と、前記蒸発温度での蒸発潜熱に予め設定された乾き度の閾値を乗算して求めた値との和に、前記供給水量を乗算して必要熱量を求め、前記必要熱量と前記熱交換媒体が熱交換により失った損失熱量とを比較して、前記必要熱量が前記損失熱量を上回った場合には、前記流量調整弁を絞って前記供給水の供給水量を低減させ、前記必要熱量が前記損失熱量を下回った場合には、前記流量調整弁の開度を大きくして前記供給水の供給水量を増加させるようにしたことを特徴とするものである。

## 【 0 0 0 9 】

この構成により、圧縮機に流入する蒸気的水分量、即ち、圧縮機吸口側の乾き度を一定に保つことができるので、圧縮機に流入する蒸気に過剰の水分が混入して圧縮機が破損したり、圧縮機に流入する蒸気的水分量が少なくなり圧縮機により得られる蒸気の吐出量が減少してしまうことを防ぐことができる。また、圧縮機により得られた蒸気を熱交換器に導く必要もないので、得られた蒸気的全量を蒸気使用施設などで利用することができる。

## 【 0 0 1 0 】

また本発明において、前記第2流路の前記熱交換器上流側及び前記熱交換器と前記圧縮機との間に温度計を設けることにより、前記供給水の供給温度と蒸発温度を求めることが好ましい。この構成により、供給水の供給温度と蒸発温度を測定することができるので、容易に必要熱量を算出することができるようになる。

## 【 0 0 1 1 】

また本発明において、前記供給水の供給温度と蒸発温度が予め前記制御装置に設定された設定値であることが好ましい。この構成により、供給水の供給温度と蒸発温度を測定せずに必要熱量を算出することができるようになる。

## 【 0 0 1 2 】

また、本発明の蒸気製造装置の運転方法は、熱源から排出された熱交換媒体が流れる第1流路と、供給水が流れる第2流路と、前記熱交換媒体の熱を前記供給水に伝えて前記供給水を蒸発させる熱交換器と、前記熱交換器で生成された蒸気を圧縮する圧縮機とを備えた蒸気製造装置の運転方法において、前記供給水の供給温度から蒸発温度までの顕熱と、前記蒸発温度での蒸発潜熱に予め設定された乾き度の閾値を乗算して求めた値との和に、前記供給水の供給水量を乗算して必要熱量を求める必要熱量算出工程と、前記熱交換媒体が熱交換により失った熱量を求める損失熱量算出工程と、前記必要熱量算出工程で算出された必要熱量と前記損失熱量算出工程で算出された損失熱量とを比較して、前記必要熱量が前記損失熱量を上回った場合には、前記供給水の供給水量を調整する流量調整弁を絞って前記供給水の供給水量を低減させ、前記必要熱量が前記損失熱量を下回った場合には、前記流量調整弁の開度を大きくして前記供給水の供給水量を増加させる流量制御工程とを備えたことを特徴とするものである。

## 【発明の効果】

## 【 0 0 1 3 】

本発明によれば、排熱を利用して蒸気を製造する蒸気製造装置において、圧縮機により得られた蒸気を熱交換器に導かずとも、圧縮機に流入する蒸気的水分量を一定に保ち、圧縮機の安定性を高めるとともに、圧縮機により得られた蒸気的全量を蒸気使用施設などで

利用することができる蒸気製造装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 4 】

【図 1】本発明の蒸気製造装置の第 1 実施形態を示す概略図

【図 2】図 1 に示す蒸気製造装置の運転方法を示すフローチャート

【図 3】本発明の蒸気製造装置の変形例を示す概略図

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 5 】

(第 1 実施形態)

以下に、本発明を実施するための形態について図面を参照しつつ説明する。図 1 ~ 図 2 は、本発明の蒸気製造装置の第 1 実施形態を示し、図 1 は第 1 実施形態の概略図を示している。本発明の蒸気製造装置 1 は、第 1 流路 1 0、第 2 流路 2 0、熱交換器 3 0、圧縮機 4 0、制御装置 5 0 などから構成される。

【 0 0 1 6 】

まず、蒸気の製造についての概要を説明する。第 1 流路 1 0 には、図示しない工場などの熱源設備から排出された温水（熱交換媒体）が流れ、第 2 流路 2 0 には供給水が流れる。そして、熱交換器 3 0 において、熱源設備から排出された温水の熱が供給水に伝えられ供給水は蒸発する。そして、熱交換器 3 0 で生成された蒸気は圧縮機 4 0 で圧縮され、図示しない蒸気利用施設などに送られる。

【 0 0 1 7 】

(第 1 流路)

第 1 流路 1 0 は、配管 1 0 a、配管 1 0 b からなり、それぞれ両端が熱交換器 3 0 と図示しない熱源設備に接続されている。第 1 流路 1 0 の内部には、熱源設備から排出された温水が流れており、温水は、まず配管 1 0 a に流入し、熱交換器 3 0 をとおって、配管 1 0 b から流出する。熱交換器 3 0 の上流側にあたる配管 1 0 a には、流量計 1 1 f と温水の供給温度を測定する温度計 1 2 t が設けられ、熱交換器 3 0 の下流側にあたる配管 1 0 b には、熱交換後の温水温度を測定する温度計 1 3 t が設けられている。本実施形態では、流量計 1 1 f を配管 1 0 a に設けているが、配管 1 0 b に設けてもよい。また、熱源から排出される熱交換媒体には温水を用いているが、熱交換媒体は油や気体などであってもよい。

【 0 0 1 8 】

(第 2 流路)

第 2 流路 2 0 は、3 本の配管（配管 2 0 a、配管 2 0 b、配管 2 0 c）からなり、配管 2 0 a は両端が熱交換器 3 0 と供給水を供給する装置とに接続され、配管 2 0 b は両端が熱交換器 3 0 と圧縮機 4 0 とに接続され、配管 2 0 c は両端が圧縮器 4 0 と図示しない蒸気利用施設などとに接続されている。第 2 流路 2 0 の内部には供給水が流れており、供給水は、まず配管 2 0 a に流入し、熱交換器 3 0 で蒸発した後、配管 2 0 b をとおって圧縮機 4 0 に入り昇温昇圧される。そして、昇温昇圧された蒸気は、配管 2 0 c から蒸気利用施設などに送られる。配管 2 0 a には上流側から、供給水の供給量を制御する流量調整弁 2 1、供給水の流量を測定する流量計 2 2 f、供給水の供給温度を測定する温度計 2 3 t が設けられ、配管 2 0 b には、供給水の蒸発温度を測定する温度計 2 4 t が設けられている。なお、流量調整弁 2 1 が流量計 2 2 f よりも上流側に設置されているのであれば、流量調整弁 2 1 と流量計 2 2 f は、配管 2 0 a や配管 2 0 b のどの位置に設置してあってもよい。

【 0 0 1 9 】

(熱交換器)

熱交換器 3 0 は、温水と供給水とを熱的に接続するものであり、温水の熱を供給水に伝えて供給水を蒸発させている。熱交換器 3 0 には、複数のプレート有し、その複数のプレート間を温水と供給水とが交互に流れることで熱交換されるプレート式熱交換器が好適に用いられる。プレート式熱交換器は、他の熱交換器に比べ、伝熱面積に対して装置が小

さいため、蒸気製造装置 1 がコンパクトになり、設置スペースの小さい蒸気利用施設にも蒸気製造装置 1 を設置することができる。なお、熱交換器 30 はプレート式熱交換器に限定されず、タンク式熱交換器や垂直短管式熱交換器等であってもよい。

#### 【0020】

(圧縮機)

圧縮機 40 は、第 2 流路 20 の配管 20 b と配管 20 c との間に配置され、圧縮機 40 に流入した蒸気を圧縮する。圧縮機 40 には、スクリュ圧縮機が好適に用いられる。なお、圧縮機 40 はスクリュ圧縮機に限定されず、往復圧縮機、スクロール圧縮機、及び、ロータリ圧縮機等であってもよい。

#### 【0021】

(制御装置)

制御装置 50 は、流量計 11 f、22 f、温度計 12 t、13 t、23 t、24 t、及び流量調整弁 21 と電氣的に接続され、これら測定器から求められる測定値と、予め制御装置 50 に記憶させておいた各種設定値とから後述する必要熱量と供給熱量を算出し、その算出結果を基に流量調整弁 21 を制御している。制御装置 50 は、演算処理装置である CPU (Central Processing Unit) と、CPU が実行する制御プログラム及び制御プログラムに使用されるデータが記憶されている ROM (Read Only Memory) と、プログラム実行時にデータを一時記憶するための RAM (Random Access Memory) とを有している。制御装置 50 による制御機能は、これらハードウェアと ROM 内のソフトウェアとが協働して構築されている。

#### 【0022】

(蒸気製造装置の運転方法について)

次に、本実施形態における蒸気製造装置の運転方法について図 2 に示すフローチャートに沿って説明する。まず、蒸気製造装置 1 の運転を開始する (S1)。蒸気製造装置 1 の運転が開始されると、熱源設備と第 1 流路 10 との間に設けられた図示しないポンプが駆動されるなどして、熱源設備から排出された温水が第 1 流路 10 に流入する。また、圧縮機 40 が回転するなどして、供給水が第 2 流路 20 に流入する。なお、流量調整弁 21 は、全開ではないもののある程度開いた状態に制御されている。そして、温水と供給水はそれぞれ熱交換器 30 に入り、温水の熱が供給水に伝えられて供給水が蒸発する。さらに、蒸気は圧縮機 40 により昇温昇圧されて、配管 20 c から吐出され、蒸気利用施設に送られる。

#### 【0023】

続いて、必要熱量と損失熱量の測定を開始するか否かを判断する (S2)。熱量測定を開始する場合 (S2: Yes)、ステップ S3 に進み、熱量測定を開始しない場合 (S2: No)、熱量測定を開始するまで待機する。

#### 【0024】

ステップ S3 では、制御装置 50 の制御により、第 1 流路 10 及び第 2 流路 20 に設けられた流量計 11 f、22 f の流量、及び、温度計 12 t、13 t、23 t、24 t の温度を測定する (S3)。

#### 【0025】

そして、損失熱量  $Q_1$  を算出する (S4: 損失熱量算出工程)。損失熱量とは、温水が熱交換により失う熱量のことであり、供給水が熱交換により得る熱量と同等とみなすことができる。損失熱量  $Q_1$  は、温水の流量 (質量流量) と、熱交換前後での温水の温度差と、温水の比熱とを乗算することで算出される。具体的には、以下の手順によって求まる。

(i) 温度計 12 t で測定した温水の供給温度  $T_1$  と温度計 13 t で測定した温水の熱交換後の温度  $T_2$  との温度差 ( $T_2 - T_1$ ) を算出する。

(ii) 流量計 11 f での流量  $F_1$ 、温水の供給温度  $T_1$  から熱交換後の温度  $T_2$  までの平均比熱  $c_1$  を測定する。

(iii) 温度差 ( $T_2 - T_1$ ) と、流量  $F_1$  と、平均比熱  $c_1$  とを全て乗算する。

以上の手順により、損失熱量  $Q_1$  が求まる。

## 【 0 0 2 6 】

続いて、必要熱量  $Q_2$  を算出する（S 5：必要熱量算出工程）。必要熱量とは、圧縮機吸口側 4 1 の蒸気の乾き度を、予め制御装置 5 0 に設定された乾き度の閾値に近づけるために必要な熱量のことである。必要熱量  $Q_2$  は、供給水の顕熱（当圧の下で供給水の温度変化のために吸収する単位重量あたりの熱量）と、蒸発潜熱（当圧の下で供給水の相変化のために吸収する単位重量あたりの熱量）に予め設定された乾き度の閾値を乗算して求めた値との和に、供給水の供給水量（質量流量）を乗算することで算出される。 具体的には、以下の手順によって求まる。

（i）温度計 2 3 t で測定した供給水の供給温度  $T_3$  と温度計 2 4 t で測定した供給水の蒸発温度  $T_4$  との温度差（ $T_4 - T_3$ ）を算出する。

（ii）流量計 2 2 f での流量（供給水量） $F_2$ 、供給温度  $T_3$  から蒸発温度  $T_4$  までの供給水の平均比熱  $c_2$ 、蒸発温度  $T_4$  における蒸発潜熱  $Q_b$  を求める。

（iii）温度差（ $T_4 - T_3$ ）と平均比熱  $c_2$  とを乗算することにより顕熱  $Q_a$  を求める

°  
（iv）顕熱  $Q_a$  と、蒸発潜熱  $Q_b$  に予め制御装置 5 0 に設定された乾き度の閾値  $X_0$  を乗算して求めた値との和に、流量  $F_2$  を乗算する（ $(Q_a + Q_b \times X_0) \times F_2$ ）。

以上の手順により、必要熱量  $Q_2$  が求まる。なお、損失熱量  $Q_1$  を算出するステップ（S 4）と必要熱量  $Q_2$  を算出するステップ（S 5）は順番を入れ替えてもよい。

## 【 0 0 2 7 】

ここで、本実施例では、乾き度（圧縮機吸口側 4 1 の乾き度）の閾値  $X_0$  を 0.9 に設定している。閾値  $X_0$  が、0.7 ~ 0.95 の範囲内であると、圧縮機の負担が低減でき且つ圧縮機により得られる蒸気の吐出量が確保できるので好ましく、さらに 0.85 ~ 0.95 の範囲に設定されていれば、より圧縮機の負担が低減されるので好ましい。逆に、乾き度の閾値  $X_0$  が 0.7 未満であると、圧縮機に流入する蒸気に過剰の水分が混入し、圧縮機 4 0 が破損してしまう恐れがある。また、乾き度の閾値  $X_0$  が 0.95 よりも大きいと、圧縮機 4 0 に流入する蒸気の水分量が少なく、圧縮機 4 0 により得られる蒸気の吐出量が減少してしまう。

## 【 0 0 2 8 】

続いて、必要熱量  $Q_2$  と損失熱量  $Q_1$  との差  $Q$  を測定する（S 6）。 $Q > 0$ 、即ち、必要熱量  $Q_2$  が損失熱量  $Q_1$  を上回った場合には（S 6：Yes）、制御装置 5 0 の制御により流量調整弁 2 1 を絞り（S 7）、供給水の流量  $F_2$  を低減させる。 $Q > 0$  の場合には、圧縮機吸口側 4 1 の乾き度  $X$  が乾き度の閾値  $X_0$  に近づくための熱量（必要熱量  $Q_2$ ）よりも、供給水が実際に得ている熱量（即ち、損失熱量  $Q_1$  と同等の熱量）が小さい状態であり、供給水が得るべき熱量が  $Q$  だけ不足して、圧縮機吸口側 4 1 の乾き度  $X$  が、乾き度の閾値  $X_0$  よりも小さい乾き度の蒸気を得られている状態である。この現象は、例えば、熱源から排出される温水の温度や流量が低下した場合等に関わり得る。したがって、圧縮機吸口側 4 1 の乾き度  $X$  を乾き度の閾値  $X_0$  に近づけるためには、必要熱量  $Q_2$  を  $Q$  ほど減少させる必要があるので、流量調整弁 2 1 を絞り、供給水の流量  $F_2$  を減少させる。一回のステップで減少させる流量  $F_2$  の量は、必要熱量  $Q_2$  と損失熱量  $Q_1$  との差  $Q$  等を考慮して適宜選択すればよい。

$Q = 0$ 、又は  $Q < 0$ 、即ち、必要熱量  $Q_2$  が損失熱量  $Q_1$  と等しい又は下回った場合には（S 6：No）、ステップ S 8 に進む。

## 【 0 0 2 9 】

ステップ S 8 において、 $Q < 0$ 、即ち、必要熱量  $Q_2$  と損失熱量  $Q_1$  を下回った場合には（S 8：Yes）、今度は制御装置 5 0 の制御により流量調整弁 2 1 の開度を大きくし（S 9）、供給水の供給流量  $F_2$  を増加させる。 $Q < 0$  の場合には、圧縮機吸口側 4 1 の乾き度  $X$  が乾き度の閾値  $X_0$  になるための熱量（必要熱量  $Q_2$ ）よりも、供給水が実際に得ている熱量（即ち、損失熱量  $Q_1$  と同等の熱量）が大きい状態であり、供給水が得るべき熱量が  $Q$  だけ過剰で、圧縮機吸口側 4 1 の乾き度  $X$  が乾き度の閾値  $X_0$  よりも大きい乾き度の蒸気を得られている状態である。この現象は、例えば、熱源から排出される

温水の温度が上昇した場合や流量が増加した場合等に関り得る。したがって、圧縮機吸口側 4 1 の乾き度  $X$  を乾き度の閾値  $X_0$  に近づけるためには、必要熱量  $Q_2$  を  $Q$  ほど増加させる必要があるため、流量調整弁 2 1 の開度を大きくして、供給水の流量  $F_2$  を増加させる。

$Q = 0$ 、即ち、必要熱量  $Q_2$  と損失熱量  $Q_1$  との差が等しい場合には (S 8 : No)、圧縮機吸口側 4 1 の乾き度  $X$  と乾き度の閾値  $X_0$  が略同じ大きさの状態であることを意味しているため、流量調整弁 2 1 を制御することなく次のステップ (S 10) に進む。

【0030】

続いて、熱量測定を終了するか否かを判断する (S 10)。熱量測定を続ける場合 (S 10 : No)、S 3 に戻り S 3 ~ S 9 のステップを繰り返す。熱量測定を終了する場合 (S 10 : Yes)、蒸気製造装置 1 の運転を停止するなどして蒸気の製造を終了する (S 11)。

【0031】

(効果)

次に、本実施形態により得られる効果について説明する。本実施形態の蒸気製造装置 1 は、第 2 流路 20 に設けられた供給水の流量を調整する流量調整弁 2 1 と、流量調整弁 2 1 を制御する制御装置 50 とを有し、圧縮機 40 に流入する蒸気の乾き度  $X$  が乾き度の閾値  $X_0$  になるために必要な熱量 (必要熱量  $Q_2$ ) と温水が熱交換により失う熱量 (損失熱量  $Q_1$ ) とを比較して、必要熱量  $Q_2$  が損失熱量  $Q_1$  を上回った場合には、流量調整弁 2 1 を絞って供給水の供給量を低減させ、必要熱量  $Q_2$  が損失熱量  $Q_1$  を下回った場合には、流量調整弁 2 1 の開度を大きくして供給水の供給量を増加させるようにしている。

【0032】

この構成により、流量や温度が常に変動している排熱を利用して蒸気を製造する場合であっても、つまり、損失熱量  $Q_1$  が常に変動している場合であっても、必要熱量  $Q_2$  と損失熱量  $Q_1$  とを比較して、供給水の流量を制御しているため、実際の乾き度  $X$  を乾き度の閾値  $X_0$  に近づけることができ、圧縮機吸口側 4 1 の乾き度を理想の状態に保つことができる。

【0033】

このように、圧縮機吸口側 4 1 の乾き度を一定に保つことができるため、圧縮機 40 に流入する蒸気に過剰の水分が混入し圧縮機 40 が破損したり、圧縮機 40 に流入する蒸気の水分が少なくなり得られる蒸気の吐出量が減少してしまうことを防ぐことができる。また、圧縮機 40 により得られた蒸気を熱交換器 30 に導く必要もないため、圧縮機 40 により得られた蒸気の全量を蒸気使用施設に供給することができる。

【0034】

また、蒸気製造装置 1 の第 1 流路 10 及び第 2 流路 20 には、流量計 11 f、22 f、及び温度計 12 t、13 t、23 t、24 t が設けられているため、これら測定器から得られた測定値から必要熱量  $Q_2$  と損失熱量  $Q_1$  を簡単に算出することができる。

【0035】

(変形例)

次に本発明の変形例について、図 3 を用いて説明する。図 3 は、変形例の概略図を示している。本変形例は、第 1 実施形態から温度計 23 t、24 t を取り除き、代わりに、供給水の供給温度  $T_3'$  と蒸発温度  $T_4'$  とを設定値として、予め制御装置 50 に設定しておいたものである。

【0036】

(変形例に係る蒸気製造装置の運転方法について)

続いて、変形例における蒸気製造装置の運転方法について説明する。ここでは、第 1 実施形態における蒸気製造装置の運転方法と異なる箇所についてのみ説明し、第 1 実施形態における蒸気製造装置の運転方法と同様の箇所は説明を割愛する。

【0037】

図 2 に示すフローチャートのステップ S 3 における温度測定においては、変形例では、

第 1 実施形態から温度計 2 3 t、2 4 t を取り除いているため、第 1 流路 1 0 に備えた温度計 1 2 t、1 3 t での温度のみを測定する。

【0038】

また、ステップ S 5 において、変形例では、必要熱量  $Q_2$  を以下の手順によって算出する。

(i) 予め制御装置 5 0 に設定しておいた供給水の供給温度  $T_{3'}$  と同じく制御装置 5 0 に設定しておいた供給水の蒸発温度  $T_{4'}$  との温度差 ( $T_{4'} - T_{3'}$ ) を算出する。

(ii) 流量測定器 2 2 f での流量  $F_2$ 、供給温度  $T_{3'}$  から蒸発温度  $T_{4'}$  までの供給水の平均比熱  $c_{2'}$ 、蒸発温度  $T_{4'}$  における蒸発潜熱  $Q_{b'}$  を測定する。

(iii) 温度差 ( $T_{4'} - T_{3'}$ ) と平均比熱  $c_{2'}$  とを乗算することにより顕熱  $Q_{a'}$  を求める。

(iv) 顕熱  $Q_{a'}$  と、蒸発潜熱  $Q_{b'}$  に予め制御装置 5 0 に設定された乾き度の閾値  $X_0$  を乗算して求めた値との和に、流量  $F_2$  を乗算する ( $(Q_{a'} + Q_{b'} \times X_0) \times F_2$ )

。

以上の手順により必要熱量  $Q_2$  は求まる。

【0039】

ここで、供給水の供給温度の設定値  $T_{3'}$  は、実際の供給温度に近い温度に設定することが好ましい。ただし、供給水の供給温度  $T_{3'}$  は顕熱  $Q_{a'}$  を求める際に必要であるが、顕熱  $Q_{a'}$  は蒸発潜熱  $Q_{b'}$  に比べて大きさが 10 分の 1 程度であるので、顕熱  $Q_{a'}$  による影響は小さい。したがって、供給温度  $T_{3'}$  と実際の供給温度との誤差が 20 程度あったとしても問題はない。

【0040】

また、供給水の蒸発温度  $T_{4'}$  も、実際の蒸気の温度に近い温度にすることが好ましい。ただし、蒸発温度  $T_{4'}$  と実際の蒸発温度との誤差が例えば 20 あったとしても、その場合の乾き度  $X$  の計算上の誤差は 0.02 程度であり、圧縮機 4 0 に影響が出ることはない。したがって、蒸発温度  $T_{4'}$  と実際の蒸発温度との誤差が 20 程度あったとしても問題はない。

【0041】

(効果)

本変形例による効果について説明する。本変形例において、供給水の供給温度  $T_{3'}$  と蒸発温度  $T_{4'}$  を予め制御装置 5 0 に設定された設定値とした。この構成により、温度測定器にて供給水の供給温度と蒸発温度を測定する必要がなく、蒸気製造装置を簡素化することができる。

【0042】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上述の実施の形態に限られるものではなく、特許請求の範囲に記載した限りにおいて様々に変更して実施することができるものである。

【符号の説明】

【0043】

- 1 蒸気製造装置
- 1 0 第 1 流路
- 1 0 a、1 0 b 配管
- 1 1 f 流量計
- 1 2 t、1 3 t 温度計
- 2 0 第 2 流路
- 2 0 a、2 0 b、2 0 c 配管
- 2 1 流量調整弁
- 2 2 f 流量計
- 2 3 t、2 4 t 温度計
- 3 0 熱交換器



- 4 0 圧縮機
- 4 1 圧縮機吸口側
- 5 0 制御装置