

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5116042号
(P5116042)

(45) 発行日 平成25年1月9日 (2013.1.9)

(24) 登録日 平成24年10月26日 (2012.10.26)

(51) Int. Cl.

F I

F 2 6 B 21/00 (2006.01)

B 0 5 C 9/14 (2006.01)

F 2 6 B 23/00 (2006.01)

F 2 6 B 21/00 F

B 0 5 C 9/14

F 2 6 B 23/00 Z

請求項の数 4 (全 51 頁)

(21) 出願番号	特願2009-270615 (P2009-270615)	(73) 特許権者	000213297
(22) 出願日	平成21年11月27日 (2009.11.27)		中部電力株式会社
(65) 公開番号	特開2010-151437 (P2010-151437A)		愛知県名古屋市東区東新町 1 番地
(43) 公開日	平成22年7月8日 (2010.7.8)	(74) 代理人	100078721
審査請求日	平成23年10月26日 (2011.10.26)		弁理士 石田 喜樹
(31) 優先権主張番号	特願2008-305017 (P2008-305017)	(74) 代理人	100124420
(32) 優先日	平成20年11月28日 (2008.11.28)		弁理士 園田 清隆
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	市川 敏広
			愛知県岡崎市戸崎町字大道東 7 番地 中部電力株式会社 岡崎支店内
早期審査対象出願			
前置審査		審査官	黒石 孝志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 塗装乾燥装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

塗装されたワークに温風を作用させて当該塗装を乾燥させる乾燥炉と、
ワークに冷風を作用させて前記塗装を冷却する冷却炉と、
前記温風を生成するためにエアを加熱する加熱媒体を設定温度まで加熱すると共に、前記冷風を生成するためにエアを冷却する冷却媒体を冷却するヒートポンプと、
前記加熱媒体の前記ヒートポンプへの加熱負荷量を調節する加熱負荷量調節手段と、
前記冷却媒体の温度である冷熱温度を検知する冷熱温度センサと、
前記加熱媒体の加熱を補助する他熱源と、
前記冷熱温度センサ及び前記他熱源と接続され、当該冷熱温度センサから得た前記冷熱温度に応じ、前記加熱負荷量調節手段における加熱負荷量について、前記冷熱温度が所定値より低下した場合に、前記ヒートポンプにおける前記設定温度を維持したまま前記加熱媒体の前記ヒートポンプへの流量を減少させることで、あるいは当該流量を維持したまま前記設定温度を低く設定し直すことで、前記ヒートポンプの出力が絞られるようにし、且つ、前記冷熱温度が特定値より上昇した場合に、前記流量あるいは前記設定温度を復帰させることにより、前記ヒートポンプの出力が復帰するように制御すると共に、前記他熱源による加熱供給量について、前記流量あるいは前記設定温度にかかわらず所望の前記温風の温度となるように調整する自動制御装置と
を備えたことを特徴とする塗装乾燥装置。

【請求項 2】

塗装されたワークに温風を作用させて当該塗装を乾燥させる乾燥炉と、
ワークに冷風を作用させて前記塗装を冷却する冷却炉と、
前記温風を生成するためにエアを加熱する加熱媒体を加熱すると共に、前記冷風を生成するためにエアを冷却する冷却媒体を設定温度まで冷却するヒートポンプと、
前記冷却媒体の前記ヒートポンプへの冷却負荷量を調節する冷却負荷量調節手段と、
前記加熱媒体の温度である温熱温度を検知する温熱温度センサと、
前記冷却媒体の冷却を補助する他冷熱源と、
前記温熱温度センサ及び前記他冷熱源と接続され、当該温熱温度センサから得た前記温熱温度に応じ、前記冷却負荷量調節手段における冷却負荷量について、前記温熱温度が所定値より上昇した場合に、前記ヒートポンプにおける前記設定温度を維持したまま前記冷却媒体の前記ヒートポンプへの流量を減少させることで、あるいは当該流量を維持したまま前記設定温度を高く設定し直すことで、前記ヒートポンプの出力が絞られるようにし、
且つ、前記温熱温度が特定値より低下した場合に、前記流量あるいは前記設定温度を復帰させることにより、前記ヒートポンプの出力が復帰するように制御すると共に、前記他冷熱源による冷却供給量について、前記流量あるいは前記設定温度にかかわらず所望の前記冷風の温度となるように調整する自動制御装置と
を備えたことを特徴とする塗装乾燥装置。

10

【請求項 3】

前記冷却媒体を加熱する冷却媒体側他熱源を備えており、
当該冷却媒体側他熱源により前記冷却媒体を加熱した後、前記ヒートポンプを起動することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2に記載の塗装乾燥装置。

20

【請求項 4】

前記エアを加熱するエア側他熱源を備えており、
前記ワークに作用させた後の前記エアにより前記冷却媒体を加熱した後、前記ヒートポンプを起動することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3の何れかに記載の塗装乾燥装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、塗装乾燥工程等に用いられる塗装乾燥装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

塗装の乾燥は、対象物を、温風の作用する乾燥炉に導入することで行われ、次工程に迅速に導入する等のため、乾燥炉からの対象物に冷風を作用させる冷却炉が併設されることが多い。従来、このような塗装の乾燥を行う装置においては、ヒーターに送風して温風を乾燥炉に導入すると共に、ヒーターとは独立した別個のクーラーに送風して冷風を冷却炉に導入しており、ヒーターからの蒸気により加熱され、クーラーは冷水チラーないしクーリングタワーからの冷水により冷却されていて、加熱ないし冷却がそれぞれ完全に独立したものとなっており、エネルギー効率を向上する余地があるものとなっていた。

【0003】

40

そこで、エネルギー効率の向上を考慮して、下記特許文献 1 に記載のような塗装乾燥装置が提案された。この塗装乾燥装置においては、ヒーターに送るエアを、乾燥炉からの排気の保有熱を熱源として減湿する減湿手段が設けられている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 5 - 3 1 4 1 7 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

50

しかし、この塗装乾燥装置では、結局加熱ないし冷却を互いに独立した状態で行っているため、エネルギー効率の向上度合に限界がある。そこで、請求項 1 , 2 等に記載の発明は、極めてエネルギー効率の良い塗装乾燥を自動で実行可能とする塗装乾燥装置を提供することを目的としたものである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成するために、請求項 1 に記載の発明は、塗装されたワークに温風を作用させて当該塗装を乾燥させる乾燥炉と、ワークに冷風を作用させて前記塗装を冷却する冷却炉と、前記温風を生成するためにエアを加熱する加熱媒体を設定温度まで加熱すると共に、前記冷風を生成するためにエアを冷却する冷却媒体を冷却するヒートポンプと、前記加熱媒体の前記ヒートポンプへの加熱負荷量を調節する加熱負荷量調節手段と、前記冷却媒体の温度である冷熱温度を検知する冷熱温度センサと、前記加熱媒体の加熱を補助する他熱源と、前記冷熱温度センサ及び前記他熱源と接続され、当該冷熱温度センサから得た前記冷熱温度に応じ、前記加熱負荷量調節手段における加熱負荷量について、前記冷熱温度が所定値より低下した場合に、前記ヒートポンプにおける前記設定温度を維持したまま前記加熱媒体の前記ヒートポンプへの流量を減少させることで、あるいは当該流量を維持したまま前記設定温度を低く設定し直すことで、前記ヒートポンプの出力が絞られるようにし、且つ、前記冷熱温度が特定値より上昇した場合に、前記流量あるいは前記設定温度を復帰させることにより、前記ヒートポンプの出力が復帰するように制御すると共に、前記他熱源による加熱供給量について、前記流量あるいは前記設定温度にかかわらず所望の前記温風の温度となるように調整する自動制御装置とを備えたことを特徴とするものである。

【0007】

なお、本発明において、ヒートポンプは、エアを加熱する加熱媒体を直接加熱しても良いし（温水の供給）、エアを加熱する加熱媒体（加熱用冷媒の供給用）を、自ら保有する別の加熱媒体（内部加熱媒体）により加熱しても良い。前者の場合、加熱媒体が直接熱交換機に達し、後者の場合、ヒートポンプにおいては内部加熱媒体が加熱され、内部加熱媒体と加熱媒体（温水）との熱交換が行われる。同様に、本発明において、ヒートポンプは、エアを冷却する冷却媒体を直接冷却しても良いし（冷水の供給）、エアを冷却する冷却媒体（冷媒の供給用）を、自ら保有する別の冷却媒体（内部冷却媒体）により冷却しても良い。

【0008】

上記目的を達成するために、請求項 2 に記載の発明は、塗装されたワークに温風を作用させて当該塗装を乾燥させる乾燥炉と、ワークに冷風を作用させて前記塗装を冷却する冷却炉と、前記温風を生成するためにエアを加熱する加熱媒体を加熱すると共に、前記冷風を生成するためにエアを冷却する冷却媒体を設定温度まで冷却するヒートポンプと、前記冷却媒体の前記ヒートポンプへの冷却負荷量を調節する冷却負荷量調節手段と、前記加熱媒体の温度である温熱温度を検知する温熱温度センサと、前記冷却媒体の冷却を補助する他冷熱源と、前記温熱温度センサ及び前記他冷熱源と接続され、当該温熱温度センサから得た前記温熱温度に応じ、前記冷却負荷量調節手段における冷却負荷量について、前記温熱温度が所定値より上昇した場合に、前記ヒートポンプにおける前記設定温度を維持したまま前記冷却媒体の前記ヒートポンプへの流量を減少させることで、あるいは当該流量を維持したまま前記設定温度を高く設定し直すことで、前記ヒートポンプの出力が絞られるようにし、且つ、前記温熱温度が特定値より低下した場合に、前記流量あるいは前記設定温度を復帰させることにより、前記ヒートポンプの出力が復帰するように制御すると共に、前記他冷熱源による冷却供給量について、前記流量あるいは前記設定温度にかかわらず所望の前記冷風の温度となるように調整する自動制御装置とを備えたことを特徴とするものである。

【0010】

請求項 3 , 4 に記載の発明は、上記目的に加えて、より簡易にエネルギー使用量を減少

10

20

30

40

50

する目的を達成するため、上記発明にあって、前記冷却媒体を加熱する冷却媒体側他熱源を備えており、当該冷却媒体側他熱源により前記冷却媒体を加熱した後、前記ヒートポンプを起動したり、前記エアを加熱するエア側他熱源を備えており、前記ワークに作用させた後の前記エアにより前記冷却媒体を加熱した後、前記ヒートポンプを起動したりすることを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0028】

本発明によれば、温風生成用の加熱媒体の加熱と冷風生成用の冷却媒体の冷却をヒートポンプで一括して行い、冷熱温度が所定値より低下した場合に加熱媒体の流量又は加熱媒体の設定温度を下げることでヒートポンプの出力が絞られるようにし、且つ冷熱温度が特定値より上昇した場合に加熱媒体の流量又は加熱媒体の設定温度を復帰させることでヒートポンプの出力が復帰するようにして加熱負荷量を制御すると共に、前記他熱源による加熱供給量を、加熱媒体の流量や加熱媒体の設定温度にかかわらず所望の温風温度となるように調整する制御を行う。従って、極めて効率の良い安定したヒートポンプの動作を確保することができる、という効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】本発明の第1形態に係る塗装乾燥装置のブロック図である。

【図2】図1の塗装乾燥装置の動作を示すフローチャートである。

【図3】本発明の第2形態に係る塗装乾燥装置のブロック図である。

【図4】本発明の第3形態に係る塗装乾燥装置のブロック図である。

【図5】本発明の第4形態に係る塗装乾燥装置のブロック図である。

【図6】本発明の第5形態に係る塗装乾燥装置のブロック図である。

【図7】本発明の第6形態に係る塗装乾燥装置のブロック図である。

【図8】本発明の第6形態及び従来例に係る塗装乾燥装置のシミュレート結果を示す表である。

【図9】本発明の第7形態に係る塗装乾燥装置のブロック図である。

【図10】本発明の第8形態に係る塗装乾燥装置のブロック図である。

【図11】本発明の第9形態に係る塗装乾燥装置のブロック図である。

【図12】本発明の第10形態に係る塗装乾燥装置のブロック図である。

【図13】本発明の第11形態に係る塗装乾燥装置の夏季等におけるブロック図である。

【図14】本発明の第11形態に係る塗装乾燥装置の中間季・冬季等におけるブロック図である。

【図15】比較例に係る塗装乾燥装置の夏季等におけるブロック図である。

【図16】比較例に係る塗装乾燥装置の中間季・冬季等におけるブロック図である。

【図17】本発明の第11形態及び比較例に係る塗装乾燥装置のシミュレート結果を示す表である。

【図18】(a)、(b)は本発明の第12形態に係る塗装乾燥装置のブロック図であり、(c)は本発明の第13形態に係る塗装乾燥装置のブロック図である。

【図19】(a)、(b)は本発明の第15形態に係る塗装乾燥装置のブロック図である。

【図20】(a)は本発明の第17形態に係る塗装乾燥装置のブロック図であり、(b)は本発明の第18形態に係る塗装乾燥装置のブロック図である。

【図21】図20(a)の温度調節システムの動作を示すフローチャートである。

【図22】(a)、(b)は本発明の第19形態に係る塗装乾燥装置のブロック図である。

【図23】本発明の第20形態に係る塗装乾燥装置の(a)冷熱負荷が重い場合のブロック図、(b)冷熱負荷が軽い場合のブロック図、(c)冷熱負荷が小さい場合のブロック図である。

【図24】図23の塗装乾燥装置の(a)冷熱負荷がない場合のブロック図、(b)温熱

10

20

30

40

50

負荷が重い場合のブロック図である。

【図 2 5】本発明の第 2 1 形態に係る塗装乾燥装置の (a) 冷熱負荷が重い場合のブロック図, (b) 冷熱負荷が軽い場合のブロック図, (c) 冷熱負荷が小さい場合のブロック図である。

【図 2 6】(a), (b) は図 2 5 の塗装乾燥装置において空冷ヒートポンプが故障した場合のブロック図であり、(c) は本発明の第 2 2 形態に係る塗装乾燥装置の冷熱負荷が小さい場合のブロック図である。

【図 2 7】本発明の第 2 3 形態に係る塗装乾燥装置の (a) 冷熱負荷が重い場合のブロック図, (b) 冷熱負荷が軽い場合のブロック図, (c) 冷熱負荷が小さい場合のブロック図である。

10

【図 2 8】(a), (b) は図 2 7 の塗装乾燥装置において冷熱負荷がない場合のブロック図であり、(c) は本発明の第 2 4 形態に係る塗装乾燥装置の冷熱負荷がない場合のブロック図である。

【図 2 9】本発明の第 2 5 形態に係る塗装乾燥装置のブロック図である。

【図 3 0】図 2 9 の塗装乾燥装置の動作に係るフローチャートである。

【図 3 1】本発明の第 2 6 形態に係る塗装乾燥装置の動作に係るフローチャートである。

【図 3 2】本発明の第 2 7 形態に係る塗装乾燥装置の動作に係るフローチャートである。

【図 3 3】本発明の第 2 8 形態に係る塗装乾燥装置のブロック図である。

【図 3 4】図 3 3 の塗装乾燥装置の動作に係るフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

20

【 0 0 3 0 】

以下、本発明に係る実施の形態の例につき、適宜図面に基づいて説明する。なお、当該形態は、下記の例に限定されない。

【 0 0 3 1 】

[第 1 形態]

図 1 は第 1 形態に係る塗装乾燥装置 1 の模式図であって、塗装乾燥装置 1 は、ここでは図示しない自動車のスポイラーの下塗り塗装 (プライマー) を乾燥する工程に用いられる。下塗り塗装の乾燥後、上塗り塗装 (ベース) が行われ、上塗り塗装の乾燥後は、クリア塗装が施される。なお、塗装乾燥装置 1 の対象物 (ワーク) につき、自動車のパーツや、建設土木機械、特殊車両、鋼製家具、鋼製建具、自動販売機、電気機器、通信機器、配電盤、空調機等あるいはこれらの部品とすることができる。

30

【 0 0 3 2 】

塗装乾燥装置 1 は、スポイラーに温風を作用させて下塗り塗装を乾燥させる乾燥炉 (乾燥ブース) 2、及び、温風的作用により加熱されたスポイラーに冷風を作用させてクリア塗装に適した温度まで冷却する冷却炉 (冷却ブース) 4 を備えている。乾燥炉 2 ないし冷却炉 4 には、下塗り塗装工程から上塗り工程を経てクリア塗装工程に至るまでスポイラーを搬送する図示しないコンベアが併設されている。乾燥炉 2 において温風的作用によりスポイラーの下塗り塗装における溶媒が蒸発し、冷却炉 4 において冷風的作用により下塗り塗装が上塗り塗装に適した温度まで冷却される。温風や冷風は、乾燥炉 2 や冷却炉 4 の内部に設けられた図示しないノズルによりスポイラーに吹き付けられることで作用する。

40

【 0 0 3 3 】

温風や冷風の温度は塗装に係る塗料の性質やその下地・上乘せする塗料の材質・状態、あるいは塗装面積等に応じて調整され、ここでは、温風につき摂氏 (以下同様) 6 0 度前後とされ、冷風につき 2 0 度前後とされている。なお、乾燥炉 2 や冷却炉 4 のいずれか一方あるいは双方を複数に分け、それぞれに温風あるいは冷風を導入して良く、この場合に、それぞれの温度を互いに異なるものとすることができる。

【 0 0 3 4 】

そして、塗装乾燥装置 1 は、このような温風及び冷風を生成するために温水 (加熱媒体) ないし冷水 (冷却媒体) を一括して供給する排熱回収型のヒートポンプ 1 0 を備えている。ヒートポンプ 1 0 は、冷水を生成しながらその際発生する排熱を利用して温水を同時

50

に生成しそれぞれ外部に供給するものであり、ここでは7度～30度程度の冷水と70度程度の温水を同時に供給可能である株式会社神戸製鋼所製「ハイエフミニHR」を用いる。ヒートポンプ10は、温冷水が同時に供給される特性上、温冷水のバランスをとる必要があり、高温水を多量に取り出すには、高温水の熱が十分に対象へ吸収されて戻り、又低温水も多量に取り出された上で十分に熱を受けて戻らなければならない。なお、ヒートポンプ10として、最高80度の温水を供給可能であるものや、80～120度程度の高温風を供給可能なもの等を用いても良い。

【0035】

ヒートポンプ10は、温風を生成するため乾燥炉2に加熱媒体としての温水を供給するパイプ12を有すると共に、冷風を生成するため冷却炉4に冷却媒体としての冷水を供給するパイプ14を有する。温風は、パイプ12からの温水を導入した乾燥用熱交換機16に対して室温のエアを吹き付けることで、温水とエアとの熱交換により生成され、冷風は、パイプ14からの冷水を導入した冷却用熱交換機18に対して室温のエアを吹き付けることで、冷水とエアとの熱交換により生成される。乾燥用熱交換機16は、乾燥炉2（の側部）に配置され、冷却用熱交換機18は、冷却炉4（の側部）に配置される。又、乾燥炉2から水をヒートポンプ10に戻すパイプ22を有すると共に、冷却炉4から水をヒートポンプ10に戻すパイプ24を有する。なお、各パイプには、図示しない熱交換機やタンク、流量調節弁が1個ないし複数個介装されることがある。又、パイプ12、14を途中で分岐ないし集合させる等、パイプの配置等を適宜変更して良い。

【0036】

そして、塗装乾燥装置1は、ここではボディーのプレスや溶接等を行う工場に設置されている。当該工場からは、コンプレッサの冷却水やスポット溶接機の冷却水といった排温水Xが排出される。即ち、塗装乾燥装置1は、冷却側加熱媒体としての排温水Xを生ずる工場に設置されている。なお、上記に例示した乾燥対象（ワーク）を含め、一般に塗装の乾燥を行うのは他の機器も設置された排温水Xの存在する工場である。

【0037】

更に、塗装乾燥装置1における冷却炉4からヒートポンプ10へのパイプ24には、冷却媒体加熱機としての熱交換機30が設置され、この熱交換機30には、排温水Xを導入するパイプ32と、熱交換後の排温水Xを導出するパイプ34とが接続されている。熱交換機30により、排温水Xの熱と冷水の熱とが交換される。パイプ32には、加熱量調節手段としての流量調節弁36が設けられる。なお、流量調節弁36を、パイプ14や、これら双方のパイプ14、32に設置しても良い。

【0038】

このような塗装乾燥装置1は、次に説明するように動作する。

【0039】

例えば乾燥炉2（乾燥用熱交換機16）の加温負荷（加熱負荷）が併せて800kW（キロワット）であり、冷却炉4の冷却負荷が360kWであったとする。この場合、ヒートポンプ10からは温水800kWの供給が必要であるが、この供給のため電気入力に330kWを要し、又冷水470kWが同時に供給される。70度の温水800kWはパイプ12を通じ乾燥炉2に供給され、乾燥用熱交換機16を通過するエアについて必要十分に加熱し、65度の温水となってパイプ22からヒートポンプ10に循環する。一方、7度の冷水470kWはパイプ14を通じ冷却炉4に供給され、冷却用熱交換機18を通過するエアについて十分に冷却するが、なお110kWの冷却が可能な状態（10.8度）でパイプ24に入る。そして、この冷却水は熱交換機30内で排温水Xのパイプ32の周囲に達し、熱交換機30の作用によって排温水Xの熱を110kW分奪い、12度となってヒートポンプ10に循環する。このような熱交換により排温水Xも冷却される。

【0040】

又、加温負荷や冷却負荷の変動には、ヒートポンプ10や流量調節弁36の調整によって対処する。これらの調整は、パイプ24のヒートポンプ10接続部付近の温度（冷水戻り温度）を検知するセンサや、パイプ22のヒートポンプ10接続部付近の温度（温水戻り温度）を検知するセンサを用いて行う。

り温度)を把握するセンサと接続された図示しない自動制御装置により自動的に行われる。なお、自動制御装置は、ヒートポンプ10や流量調節弁36にそれぞれ配備される制御装置から構成するようにして良いし、独立した別体のものとしても良い。又、温度センサは、各炉あるいは他のパイプや熱交換機30、乾燥用熱交換機16や冷却用熱交換機18あるいはこれらを通じたエアの流路の少なくとも何れかに配して良いし、パイプ24の冷却炉4側に配して良い。更に、温度センサは、ヒートポンプ10の温水負荷追従装置に具備されたものとする代わりに、パイプ22の乾燥炉2側に配しても良い。

【0041】

即ち、図2に示すように、加温負荷を基準に温水に追従するように冷水を出し排温水Xの熱を回収する運転を許可していると、自動制御装置がパイプ24の温度を監視する(ステップS1でYes)。この監視において、冷水戻り温度が設定値を下回ると(ステップS2でYes)、冷却負荷が比較的にな軽くなっているため、パイプ24の冷水温度が設定値に上がるまで流量調節弁36を徐々に開放する(ステップS3~S5)。一方、冷水戻り温度が設定値を上回ると(ステップS2でNo、ステップS6でYes)、冷却負荷が比較的にな重くなっているため、パイプ24の冷水温度が設定値に下がるまで流量調節弁36を徐々に絞る(ステップS7~S9)。

10

【0042】

例えば、冷却負荷が360kWから100kWにな軽くなった場合、冷却炉4における冷風を20度に維持すると、冷却炉4から出るパイプ24の冷水温度は低くなるが、自動制御装置はパイプ24の温度センサによってこれを把握し、その分だけ排温水Xによる加熱を増加するため、上述のように流量調節弁36を徐放して、排温水Xによる加温量を110kWから370kWとし、温水側に対する冷水側の温度(熱量)バランスをとってヒートポンプ10の運転を継続させる。

20

【0043】

又、夏季等で加温負荷が比較的にな軽い(600kW)場合、冷却負荷360kWにおいて自動制御装置はパイプ22の温度センサによる温度上昇によってこれを把握し、ヒートポンプ10から出る温水の熱量を少なくする(600kW)。又、これに応じて冷水の逆の熱量(冷熱)が減ると(353kW)、上述のように流量調節弁36が絞られて排温水Xとの熱交換量が相応に減らされ(110kWから7kWへ)、ヒートポンプ10の運転の継続に寄与する。

30

【0044】

一方、冬季等で加温負荷が比較的にな重い場合、自動制御装置はパイプ22の温度センサによる所定値からの温度不足によってこれを把握し、ヒートポンプ10から出る温水の熱量を増やし、これに応じて冷水の冷熱も増えるので、上述のように流量調節弁36を開放してパイプ24における熱交換の量を増やす。

【0045】

以上の塗装乾燥装置1は、排温水Xを生ずる自動車製造工場に設置されており、塗装されたスポイラーに温風を作用させて当該塗装を乾燥させる乾燥炉2と、スポイラーに冷風を作用させて前記塗装を冷却する冷却炉4と、この温風を生成するためにエアを加熱する温水を加熱すると共に、この冷風を生成するためにエアを冷却する冷水を冷却するヒートポンプ10と、この冷水と排温水Xとを導入し熱交換することで当該冷水を当該排温水Xにより加熱する熱交換機30とを備えている。

40

【0046】

従って、加温負荷に合わせてヒートポンプ10を作動させようとするが、冷却負荷が軽すぎで冷水が十分に冷熱を奪われた状態で戻らず、加温水と冷水のバランスがとれずにヒートポンプ10が停止してしまう事態を回避することができ、加熱ないし冷却をひとつのヒートポンプ10でまかなうことができる。又、ヒートポンプ10を冷却負荷に合わせて作動させ、不足する加温負荷に蒸気発生装置等の他熱源で対処する方式に比して、他熱源を設置する必要がなくシンプルな構成としてエネルギー使用量を低減することができるし、他熱源駆動分のエネルギーが不要であり、更に元来そのまま排熱されていた排温水Xの

50

エネルギーを有効利用することができ、省エネルギー性に優れた塗装乾燥装置 1 とすることができ、更に他熱源駆動による二酸化炭素の排出を削減することもできる。

【 0 0 4 7 】

なお、工場の排温水 X を乾燥用熱交換機 1 6 の加熱に用いる方式が考えられなくもないが、一般に排温水 X の温度は 1 0 ~ 5 0 度程度であって、排温水 X に十分な熱がなく、スポイラーの乾燥（温風 6 0 度）等において有効に加熱することができない。これに対し、塗装乾燥装置 1 では、温度の低い冷却水に対して工場の排温水 X を適用するので、有効に排温水 X の熱を利用することができる。

【 0 0 4 8 】

又、排温水 X の熱交換機 3 0 への流量を調節する流量調節弁 3 6 と、この冷水がヒートポンプ 1 0 へ戻る際の温度である冷水戻り温度を検知する冷水戻り温度センサと、当該冷水戻り温度センサと接続され、当該冷水戻り温度センサから得た前記冷水戻り温度に応じて流量調節弁 3 6 の開度を制御する自動制御装置とを備えている。

10

【 0 0 4 9 】

従って、ヒートポンプ 1 0 にとって適した冷水の戻り温度ないし熱量となるように、工場の排温水 X との熱交換量を自動的に調整することができ、効率の良い加熱ないし冷却を自動的に行うことができる。

【 0 0 5 0 】

[第 2 形態]

図 3 は第 2 形態に係る塗装乾燥装置 1 0 1 の模式図であって、塗装乾燥装置 1 0 1 は、冷却炉 4 とヒートポンプ 1 0 の間の構成以外は第 1 形態と変更例も含め同様である。

20

【 0 0 5 1 】

塗装乾燥装置 1 0 1 は、排熱回収型のヒートポンプ 1 0 の他、冷却側加熱媒体供給用ヒートポンプとしての空冷式のヒートポンプ 1 3 1 を備えている。そして、塗装乾燥装置 1 0 1 は、図 3 (a) に示すように、ヒートポンプ 1 3 1 と冷却炉 4 との間において、冷却炉 4 の冷却用熱交換機 1 8 に直接媒体（冷水）を供給するためのパイプ 1 1 4 を有すると共に、冷却用熱交換機 1 8 から媒体を回収するためのパイプ 1 2 4 を有している。

【 0 0 5 2 】

又、塗装乾燥装置 1 0 1 は、図 3 (b) に示すように、パイプ 2 4 において、第 1 形態の熱交換機 3 0 と同様の熱交換機 1 3 0 を備えており、熱交換機 1 3 0 には、第 1 形態と同様パイプ 1 3 2 , 1 3 4 が配されると共に流量調節弁 1 3 6 が配置されている。そして、パイプ 1 3 2 , 1 3 4 にはヒートポンプ 1 3 1 が接続され、このうちパイプ 1 3 2 はヒートポンプ 1 3 1 の媒体（温水、冷却側加熱媒体）を通し、パイプ 1 3 4 は熱交換機 1 3 0 を通過してヒートポンプ 1 3 1 に戻る媒体を通す。

30

【 0 0 5 3 】

塗装乾燥装置 1 0 1 の自動制御装置は、ヒートポンプ 1 3 1 に係る媒体の循環につき、パイプ 1 1 4 , 1 2 4 側（冷却炉 4 側の回路）か、あるいはパイプ 1 3 2 , 1 3 4 側（熱交換機 1 3 0 側の回路）かで切替可能である。又、塗装乾燥装置 1 0 1 の自動制御装置は、パイプ 2 4 の温度センサの監視に応じて流量調節弁 1 3 6 を開閉可能である。なお、パイプ 2 4 の温度センサは、ヒートポンプ 1 0 側に設けても良いし、冷却炉 4 側に設けても

40

【 0 0 5 4 】

このような塗装乾燥装置 1 0 1 は、次に説明するように動作する。

【 0 0 5 5 】

塗装乾燥装置 1 0 1 では、ヒートポンプ 1 0 の他、ヒートポンプ 1 3 1 並びに熱交換機 1 3 0 及び温度センサが設けられており、自動制御装置は、図 3 (a) で示すようにヒートポンプ 1 3 1 につき媒体を冷水として冷却炉 4 側へ供給する夏季等に係るモードと、図 3 (b) で示すようにヒートポンプ 1 3 1 につき媒体を温水として、ヒートポンプ 1 0 から供給され冷却炉 4 でエアと熱交換された冷水に対し熱交換機 1 3 0 を介して適用する冬季等に係るモードとを切替可能である。

50

【 0 0 5 6 】

即ち、自動制御装置は、夏季等であり、温熱負荷と共に冷却負荷も十分にかかり、温熱負荷に対して冷却負荷のバランスがとり易い場合には、図 3 (a) で示すように、基本的にヒートポンプ 1 0 の温水と冷水のみで乾燥炉 2 側の加熱と冷却炉 4 の冷却を行わせ、ヒートポンプ 1 3 1 の媒体をヒートポンプ 1 0 の冷水に作用させることはしない。自動制御装置は、ヒートポンプ 1 3 1 につき、媒体を冷却炉 4 側 (パイプ 1 1 4 , 1 2 4 側) で循環するように回路の切替を行うと共に、熱 A を外気へ放出することで媒体を冷水として供給する運転をさせ、その冷水を冷却炉 4 の冷却用熱交換機 1 8 に導入して回収するようにさせる。このとき、冷却用熱交換機 1 8 においては、ヒートポンプ 1 0 の冷水と、ヒートポンプ 1 3 1 の冷水とがそれぞれ導入される。自動制御装置は、乾燥炉 2 において必要な熱量を供給するための温水を供給することができるよう温水に追従してヒートポンプ 1 0 を運転させ、この運転による冷水の冷熱量の変化や、冷却炉 4 付近の気温変化等による必要な冷熱の変化に対しては、ヒートポンプ 1 3 1 の運転状態を変更してその冷水の温度を変化させるか、あるいはその冷水の流量調節をするかして対応する。

10

【 0 0 5 7 】

例えば、温熱負荷 8 0 0 k W に対し、冷却負荷が 9 0 0 k W も必要である場合、自動制御装置は、ヒートポンプ 1 0 に電力 3 3 0 k W を入力して、温水 8 0 0 k W を供給させると共に、冷水 4 7 0 k W を供給させる。そして、冷却炉 4 における冷却が 4 3 0 k W 不足するので、自動制御装置はヒートポンプ 1 3 1 に冷水 4 3 0 k W を生成させ、冷却炉 4 に供給させる。

20

【 0 0 5 8 】

一方、自動制御装置は、冬季等であり、温熱負荷に対して冷却負荷が少ない場合、図 3 (b) で示すように、ヒートポンプ 1 0 を温水に追従させた状態で運転して冷水も供給し、その冷水側にヒートポンプ 1 3 1 の媒体を温水 (冷却側加熱媒体) として作用させるべく、ヒートポンプ 1 3 1 につき外気における熱 B を取り込む状態で (冷却側加熱媒体供給用ヒートポンプとして) 運転させると共に、媒体を熱交換機 1 3 0 側 (パイプ 1 3 2 , 1 3 4 側) で循環するように回路の切替を行う。ヒートポンプ 1 0 が比較的に大きい温熱負荷に追従する運転をするために冷却負荷より多い冷熱を有する冷水を供給し、冷却炉 4 において十分に冷熱が使用されないままヒートポンプ 1 0 に戻ろうとする冷水に対して、ヒートポンプ 1 3 1 による温水との熱交換が熱交換機 1 3 0 において行われ、熱を比較的多く使用される温水に対して冷水 (使用される冷熱) をバランスさせることが可能となって、ヒートポンプ 1 0 の運転が継続される。

30

【 0 0 5 9 】

例えば、温熱負荷 8 0 0 k W に対し、冷却負荷が 1 5 0 k W である場合、自動制御装置は、ヒートポンプ 1 0 につき温熱負荷に対して温水 8 0 0 k W を追従させる。ヒートポンプ 1 0 は、これに応じ冷水 4 7 0 k W を生成する。この冷水 (7 度) によって冷却炉 4 の冷却 (冷風 2 0 度) が行われるが、この冷却を経ても冷水の冷熱が 3 2 0 k W だけ残る。しかし、この冷熱は熱交換機 1 3 0 におけるヒートポンプ 1 3 1 からの温水 3 2 0 k W との熱交換により解消され、このように余った冷熱の取り除かれた冷水 (1 2 度) がヒートポンプ 1 0 に戻る。自動制御装置は、ヒートポンプ 1 3 1 につき、外気の熱 B を用いて温水を供給するモードで運転させ、回路を熱交換機側に切替える。又、自動制御装置は、第 1 形態と同様、パイプ 2 4 の温度センサの検知した温度等に応じて流量調節弁 1 3 6 を制御して冷水の戻り温度 (冷熱) を温水に対しバランスさせ、あるいはヒートポンプ 1 3 1 の運転を制御してその温水の温度 (熱量) を調整し、冷水の戻り温度を温水に対しバランスさせる。

40

【 0 0 6 0 】

自動制御装置は、ヒートポンプ 1 3 1 の運転モードや回路の切替を、パイプ 2 4 の温度センサの検知した温度が所定の閾値以下 (未満) となったか否か、あるいは特定の閾値以上となった (上回った) か否かを判断することにより行う。自動制御装置は、前者が成立すれば、図 3 (b) の運転モードとし、後者が成立すれば、図 3 (a) の運転モードとす

50

る。ここで、所定の閾値と特定の閾値は、同一であっても良い。又、他の部分の温度や熱量等に基づいて判断しても良い。

【 0 0 6 1 】

以上の塗装乾燥装置 1 0 1 では、冷却側加熱媒体供給用ヒートポンプとして機能するヒートポンプ 1 3 1 が設置されており、塗装されたスポイラーに温風を作用させて当該塗装を乾燥させる乾燥炉 2 と、スポイラーに冷風を作用させて前記塗装を冷却する冷却炉 4 と、この温風を生成するためにエアを加熱する温水を加熱すると共に、この冷風を生成するためにエアを冷却する冷水を冷却するヒートポンプ 1 0 と、この冷水とヒートポンプ 1 3 1 の温水（冷却側加熱媒体）とを導入し熱交換することでヒートポンプ 1 0 の冷水をヒートポンプ 1 3 1 の温水により加熱する熱交換機 1 3 0 とを備えている。

10

【 0 0 6 2 】

従って、第 1 形態と同様に、ヒートポンプ 1 0 の冷水を加温して温水とのバランスをとることができ、シンプルな構成で省エネルギー性に優れたものとする事ができながら、第 1 形態と異なり冷水の加温に排温水を用いないため、排温水の生じない工場等においても設置することができる。

【 0 0 6 3 】

[第 3 形態]

図 4 は第 3 形態に係る塗装乾燥装置 2 0 1 の模式図であって、当該塗装乾燥装置 2 0 1 の構成は、冷却炉 4 と各種ヒートポンプの間の構成以外は第 2 形態と変更例も含め同様である。

20

【 0 0 6 4 】

第 3 形態の塗装乾燥装置 2 0 1 の冷却炉 4 側の構成は、第 2 形態の塗装乾燥装置 1 0 1 における構成から、ヒートポンプ 1 3 1 を（冷却用ヒートポンプとして）維持したうえで、熱交換機 1 3 0 ・パイプ 1 3 2 , 1 3 4 ・流量調節弁 1 3 6 を取り除き、工場の排温水 X をヒートポンプ 1 0 の冷水としてパイプ 1 4 , 2 4 と切り替えて循環させるパイプ 2 1 4 , 2 2 4 を設けて成る。塗装乾燥装置 2 0 1 の自動制御装置は、排温水 X（パイプ 2 1 4 , 2 2 4）側と冷却炉 4（パイプ 1 4 , 2 4）側との切替を指令可能である。

【 0 0 6 5 】

このような塗装乾燥装置 2 0 1 は、次に説明するように動作する。

【 0 0 6 6 】

塗装乾燥装置 2 0 1 では、ヒートポンプ 1 0 の冷水側回路につき排温水 X 側と冷却炉 4 側との切替が可能であると共に、ヒートポンプ 1 0 の冷水側回路に温度センサが設けられており、自動制御装置は、図 4（a）で示すように冷却炉 4 側とする夏季等に係るモードと、図 4（b）で示すようにヒートポンプ 1 0 の冷水側回路につき排温水 X 側とする冬季等に係るモードとを切替可能である。

30

【 0 0 6 7 】

即ち、自動制御装置は、夏季等であり、温熱負荷と共に冷却負荷も十分にかかり、温熱負荷に対して冷却負荷のバランスがとり易い場合には、図 4（a）で示すように、ヒートポンプ 1 0 の冷水側につき、媒体を冷却炉 4 側（パイプ 1 4 , 2 4 側）で循環するように回路の切替を行い、基本的に温水に追従してヒートポンプ 1 0 を運転させ、ヒートポンプ 1 0 の温水と冷水のみで乾燥炉 2 側の加熱と冷却炉 4 の冷却を行わせる。又、自動制御装置は、温度センサにより把握した冷水の温度が所定値以上であれば、ヒートポンプ 1 3 1 を起動し、パイプ 1 1 4 , 1 2 4 を介して冷媒（第 2 冷却媒体）を冷却炉 4 へ供給させる。一方、自動制御装置は、ヒートポンプ 1 3 1 の起動中、温度センサにより把握した冷水の温度が特定値以下となれば、ヒートポンプ 1 3 1 の運転を中止して、パイプ 1 1 4 , 1 2 4 を介した冷却炉 4 への冷媒の供給を停止させる。

40

【 0 0 6 8 】

例えば、温熱負荷 8 0 0 k W に対し、冷却負荷が 9 0 0 k W も必要である場合、自動制御装置は、ヒートポンプ 1 0 に電力 3 3 0 k W を入力して、温水 8 0 0 k W を供給させると共に、冷水 4 7 0 k W を供給させる。そして、冷却炉 4 における冷却が 4 3 0 k W 不足

50

するので、自動制御装置はヒートポンプ 1 3 1 に冷水 4 3 0 k W を生成させ、冷却炉 4 に供給させる。

【 0 0 6 9 】

他方、自動制御装置は、冬季等であり、温熱負荷に対して冷却負荷が少なくヒートポンプ 1 0 のバランスが保てない場合、図 4 (b) で示すように、ヒートポンプ 1 0 の冷水側回路をパイプ 2 1 4 , 2 2 4 側に切替えて、ヒートポンプ 1 0 を温水に追従させた状態で運転しつつその冷水側に排温水 X を導入させる。パイプ 2 1 4 を通るヒートポンプ 1 0 の冷水は夏季の排温水 X と同様の処理がなされ、パイプ 2 2 4 には排温水 X が通り、ヒートポンプ 1 0 の冷水の冷熱が十分に奪われて戻ると同様の状態でヒートポンプ 1 0 に入って、熱を比較的多く使用される温水に対して冷水側をバランスさせることが可能となり、ヒートポンプ 1 0 の運転が継続される。そして、冷却炉 4 の冷却は、ヒートポンプ 1 3 1 によってパイプ 1 1 4 , 1 2 4 を介して冷却炉 4 へ冷媒を供給させることで行われる。

10

【 0 0 7 0 】

例えば、温熱負荷 8 0 0 k W に対し、冷却負荷が 1 5 0 k W である場合、自動制御装置は、ヒートポンプ 1 0 につき温熱負荷に対して温水 8 0 0 k W を追従させる。ヒートポンプ 1 0 は、これに応じ冷水 6 2 5 k W (3 0 度) を生成する。この冷水はパイプ 2 1 4 を経て夏季の排温水 X と同様に処理され、代わりに 3 5 度の排温水 X がパイプ 2 2 4 を経てヒートポンプ 1 0 の冷水側に戻る。この冷水側の構成により、6 2 5 k W の加温を行ったのと同等の効果を生じることとなり、冷水の戻り温度が温水に対しバランスする。

【 0 0 7 1 】

20

以上の第 3 形態の塗装乾燥装置 2 0 1 は、塗装されたボディーに温風を作用させて当該塗装を乾燥させる乾燥炉 2 と、ボディーに冷風を作用させてこの塗装を冷却する冷却炉 4 と、この温風を生成するためにエアを加熱する温水を加熱すると共に、この冷風を生成するためにエアを冷却する冷水を冷却するヒートポンプ 1 0 と、この冷風を生成するためにエアを冷却する第 2 冷却媒体を冷却するヒートポンプ 1 3 1 とを備えており、ヒートポンプ 1 0 の冷水を冷却炉 4 側と工場から生ずる排温水 X 側で切替可能とし、ヒートポンプ 1 0 が温水を加熱し続ける場合に冷水の冷熱が充分奪われないときには、この冷水を冷却炉 4 側から排温水 X 側に切替える。

【 0 0 7 2 】

従って、ヒートポンプ 1 0 において温水側に対して冷水側が過冷却となるとしても、排温水 X を直接冷水側に導入することで、流量調節弁を設けなくともヒートポンプ 1 0 の冷水側を温水側とバランスさせることができ、シンプルな構成で省エネルギー性に優れた塗装乾燥装置 2 0 1 を提供することができる。

30

【 0 0 7 3 】

[第 4 形態]

図 5 は第 4 形態に係る塗装乾燥装置 3 0 1 の模式図であって、塗装乾燥装置 3 0 1 は、冷却炉 4 とヒートポンプ 1 0 の間の構成以外は第 1 形態と変更例も含め同様である。なお、乾燥炉 2 から排気管 3 0 2 が出されており、排気管 3 0 2 は乾燥炉 2 の内部で用いられたエアを大気へ導出する。

【 0 0 7 4 】

40

塗装乾燥装置 3 0 1 は、冷却炉 4 からのパイプ 2 4 に、流量調節弁 3 0 4 を備えており、流量調節弁 3 0 4 からパイプ 3 0 6 が分岐している。パイプ 3 0 6 は、その熱を排気管 3 0 2 の熱と交換する熱交換機 3 0 8 まで延びており、熱交換機 3 0 8 から先はパイプ 3 1 0 となって、流量調節弁 3 0 4 よりヒートポンプ 1 0 側におけるパイプ 2 4 に戻るように配置されている。

【 0 0 7 5 】

パイプ 2 4 のヒートポンプ 1 0 側 (あるいはパイプ 2 4 の冷却炉 4 側、パイプ 3 0 8 , 3 1 0 の何れか又はこれらの組合せ) には、パイプ内の媒体の温度 (熱量) を検知する温度センサが設置されており、塗装乾燥装置 3 0 1 の自動制御装置は、この温度センサが検知した温度に基づいて、第 1 形態における排温水 X との熱交換に係る制御と同様に、乾燥

50

炉 2 の排気との熱交換に係る制御を行う。ここで、第 1 形態では排温水 X の流量を調節してヒートポンプ 10 の冷水の熱交換の度合を調整したが、本形態では排気の流量は調節せず、ヒートポンプ 10 の冷水に係る熱交換機 308 への分岐流量を流量調節弁 304 により調整して、当該冷水の熱交換の度合を調整する。なお、排気管 302 に流量調節弁を設けても良いし、双方に設けても良い。又、冷却炉 4 に排気管を有する場合には、当該排気管における排気とヒートポンプ 10 の冷水とに係る熱交換機ないし流量調節弁を設けて良いし、この熱交換機と乾燥炉 2 の排気に係る熱交換機（ないし流量調節弁）とを併せて設けても良い。

【0076】

このような塗装乾燥装置 301 は、第 1 形態と同様に動作し、例えば次に説明するように動作する。

【0077】

即ち、自動制御装置は、ヒートポンプ 10 につき、乾燥炉 2 の 800 kW の温熱負荷に追従した運転をさせる（電気入力 330 kW）。ヒートポンプ 10 は、これに伴い、冷水 470 kW（7 度）を生成し、当該冷水は冷却炉 4 の冷却（負荷 150 kW）に用いられ、8.6 度となって流量調節弁 304 に入る。自動制御装置は、流量調節弁 304 を制御して、熱交換機 308 において排気管 302 の排気から冷水が 320 kW の熱を受けるように冷水の流量を調整し、その冷水につきパイプ 310 を介してヒートポンプ 10 に戻すようにして、ヒートポンプ 10 の温水と冷水とをバランスさせ、ヒートポンプ 10 の運転を継続させる。

【0078】

以上の第 4 形態の塗装乾燥装置 301 は、第 1 形態と同様に成り、特に乾燥炉 4 の排気熱によりヒートポンプ 10 の戻り冷水が加温される。

【0079】

従って、第 1 形態と同様の効果を奏し、特に乾燥炉 4 の排気熱を利用するので排温水のない工場においても塗装乾燥装置 301 を導入することができるし、ヒートポンプ 10 の戻り冷水の加熱のために新たにヒートポンプを設置せずとも塗装乾燥装置 301 を導入することができ、シンプルな構成で極めてエネルギー効率の良い塗装乾燥装置 301 を提供することができる。

【0080】

[第 5 形態]

図 6 は第 5 形態に係る塗装乾燥装置 321 の模式図であって、塗装乾燥装置 321 は、乾燥炉 2 における空調の構成、ワークが自動車のボディーであること、又このことにより乾燥炉 2 の温風が 90 度程度とされ冷却炉 4 の冷風が 20 度程度とされていること以外は、第 4 形態と変更例も含め同様である。

【0081】

即ち、乾燥炉 2 には、炉内のエアの一部を循環させるパイプ 316、318 と、パイプ 316、318 に介装されるヒーター 320 が設けられており、炉内のエアがパイプ 316 より取り入れられ、ヒーター 320 により熱せられてパイプ 318 により戻るようになっている。なお、パイプ 316、318 及びヒーター 320 は、他の形態において設置されて良い。又、パイプ 316、318 及びヒーター 320 は、省略しても良い。

【0082】

又、ヒートポンプ 10 の温水側のパイプ 12、22 の間には乾燥用熱交換機 322 が設置されており、乾燥用熱交換機 322 に対してブース空調 323（冷却炉 4 あるいは他の機器との共通の空調ないしエア導入）のエアを通して乾燥炉 2 に導入するパイプ 324、326 が配されている。なお、このようなブース空調を利用した乾燥炉 2 へのエアの導入は、他の形態においてなされて良い。

【0083】

このような塗装乾燥装置 321 は、第 4 形態と同様に動作し、例えば次に説明するように動作する。

【 0 0 8 4 】

乾燥炉 2 におけるエア（温風 9 0 度）は、ヒーター 3 2 0 及び乾燥用熱交換機 3 2 2 を経たブース空調 3 2 3（2 0 度から 9 0 度に昇温）により供給され、排気管 3 0 2 において 9 0 度の排気がなされる。乾燥用熱交換機 3 2 2 には、パイプ 1 2 からの 6 0 k W の加熱媒体（冷媒）が必要であり、ヒートポンプ 1 0 は自動制御装置により温風に追従して運転され（電気入力 2 0 k W）、冷水 4 0 k W（7 度）が供給される。冷却炉 4（冷風 2 0 度）における冷却負荷は 3 0 k W であり、冷却後冷水は 1 0 . 7 5 度となって冷却炉 4 を出るが、流量調節弁 3 0 4 により冷水の一部が乾燥炉 2 の排気熱から 1 0 k W の加温を受けるように冷水の流量を調整され、その冷水の一部を合流させ冷水全体としてまとめてヒートポンプ 1 0 の冷水側に戻り、ヒートポンプ 1 0 は温水側と冷水側とのバランスを調整されてその運転の継続が図られる。

10

【 0 0 8 5 】

以上の第 5 形態の塗装乾燥装置 3 2 1 においても、第 4 形態と同様、乾燥炉 4 の排気熱によりヒートポンプ 1 0 の戻り冷水を加温することで、シンプルな構成で極めてエネルギー効率の良いものとすることができる。

【 0 0 8 6 】

〔 第 6 形態 〕

図 7（a）は第 6 形態に係る塗装乾燥装置 4 0 1 の模式図であって、塗装乾燥装置 4 0 1 は、自動車のボディーの上塗り塗装（ベース）を乾燥させる乾燥炉 2 を有すると共に、上塗り塗装（ベース）に上塗りされるクリア塗装を乾燥させる後段乾燥炉 4 0 2 を有する。後段乾燥炉 4 0 2 においては例えば（以下同様）1 8 0 度の排気が排気管 4 0 3 より出され、その排気は排気管 4 0 3 に介装された脱臭炉 4 0 5 で脱臭される際に 4 0 0 度に昇温される。なお、排気管 4 0 3 や脱臭炉 4 0 5 は一般にボディー塗装工場等でみられる既存の設備である。又、既存の設備として、工場において共用される蒸気（主蒸気）を乾燥炉 2 におけるエア（9 0 度）加熱用の乾燥用熱交換機 1 6 に導入する蒸気管 4 0 7 が設置され、ないしは蒸気管 4 0 7 に温風温度調節弁 4 0 8 が介装され、あるいはエア（2 0 度）を導入するエアダクト 4 0 9 も設置されており、塗装乾燥装置 4 0 1 はこれら既存の設備に追加することで形成されるものである。温風温度調節弁 4 0 8 は、乾燥用熱交換機 1 6 に導入する蒸気の量を調整することで、乾燥炉 2 におけるエアの温度を調節する。

20

【 0 0 8 7 】

そして、塗装乾燥装置 4 0 1 は、後段乾燥炉 4 0 2 の排気熱により熱せられた熱源媒体を導入してその熱を熱源とし、別途給水した水（媒体）により蒸気及び温水を発生するヒートポンプ式蒸気・温水発生装置 4 1 0 を備えている。後段乾燥炉 4 0 2 の脱臭炉 4 0 5 より下流側の排気管 4 0 3 には、熱交換機 4 1 1 が設置されていると共に、熱交換機 4 1 1 とヒートポンプ式蒸気・温水発生装置 4 1 0 との間に、熱源媒体（5 0 ～ 9 5 度）を後者に供給するパイプ 4 1 2 ないし熱源媒体（4 5 ～ 9 0 度）を前者に戻すパイプ 4 1 4 が設けられており、熱交換機 4 1 1 は排気管 4 0 3 内の排気（熱源加熱媒体）の熱と熱源媒体の熱とを交換する。又、ヒートポンプ式蒸気・温水発生装置 4 1 0 は、給水を導入する軟水管 4 1 7 及び給水管 4 1 8 と接続されている。なお、熱交換機 4 1 1 は、排気管 4 0 3 における脱臭炉 4 0 5 より後段乾燥炉 4 0 2 側に設置されても良いし、他の炉や工程の排気（熱源加熱媒体）等と熱交換するものとしても良い。

30

40

【 0 0 8 8 】

更に、ヒートポンプ式蒸気・温水発生装置 4 1 0 は、熱源媒体（5 0 ～ 9 5 度）の熱を用いて軟水管 4 1 7 及び給水管 4 1 8 からの給水（2 5 度）を加熱する運転により、蒸気（1 0 0 ～ 1 2 0 度）及び／又は高温水（8 5 ～ 9 5 度）を発生するところ、その発生した蒸気を提供する蒸気管 4 2 0 と、高温水を提供する温水管 4 2 1 が接続されている。蒸気管 4 2 0 は、蒸気管 4 0 7 に介装されたエゼクター 4 2 4 に接続され、エゼクター 4 2 4 は、主蒸気（例えば 5 キログラム（k g）毎平方センチ）とヒートポンプ式蒸気・温水発生装置 4 1 0 により供給される蒸気とを混合して乾燥用熱交換機 1 6 に蒸気を供給する。

50

【 0 0 8 9 】

一方、温水管 4 2 1 は、給水管 4 1 8 へ戻るように配置されており（戻り温度 4 0 度）、温水管 4 2 1 ないしエアダクト 4 0 9 には、高温水とエアとの熱交換を行うことでエアを予熱する熱交換機 4 2 6 が介装されている。なお、乾燥炉 2 内のエアはブロワ付きのパイプ 4 2 8 により一部エアダクト 4 0 9（熱交換機 4 2 6 より乾燥炉 2 側）に戻される（8 0 度）。なお、図 7（b）に示すように、蒸気管 4 0 7、4 2 0 のそれぞれに乾燥用熱交換機 1 6、4 1 6 を設け、乾燥用熱交換機 1 6 で最終的にエアを加熱する前に乾燥用熱交換機 4 1 6 でエアを加熱するようにし、エゼクター 4 2 4 を省略するようにしても良い。又、図 7（b）に示す塗装乾燥装置において、蒸気管 4 0 7（の温風温度調節弁 4 0 8 より乾燥用熱交換機 1 6 側）と蒸気管 4 2 0 を別途パイプにより接続し、当該パイプにバックアップ弁を設けても良い。この場合、ヒートポンプ式蒸気・温水発生装置 4 1 0 が停止した際に当該バックアップ弁を開放することによって、乾燥用熱交換機 4 1 6 にも蒸気管 4 0 7 の熱を導入することができ、ヒートポンプ式蒸気・温水発生装置 4 1 0 の停止に備えて乾燥用熱交換機 1 6 の容量を大きくする必要が無く、乾燥用熱交換機 1 6 の容量を少なくすることができる。

10

【 0 0 9 0 】

このような第 6 形態の塗装乾燥装置 4 0 1 にあっては、ヒートポンプ式蒸気・温水発生装置 4 1 0 について後段乾燥炉 4 0 2 内の排気（熱源加熱媒体）の熱を利用して乾燥炉 2 のエア加熱用の蒸気と高温水とを生成する運転を継続することができ、更に高温水を熱交換機 4 2 6 によりエアのプレヒートに用いて熱の奪われた状態でヒートポンプ式蒸気・温水発生装置 4 1 0 の給水に戻すことができ、全体として極めてエネルギー効率の良好な塗装乾燥装置 4 0 1 を提供することができる。

20

【 0 0 9 1 】

例えば、上述の例で、従来例（乾燥用熱交換機 1 6 に対し都市ガスボイラーで生成した蒸気のみを導入する例）と共にエネルギー使用に係るシミュレーションを行い、それぞれの年間エネルギー使用量を把握してこれらの対比を行うと、図 8 や以下に説明するように、第 6 形態の塗装乾燥装置 4 0 1 のエネルギー使用量の少なさ（効率の良好さ）が表れる。

【 0 0 9 2 】

即ち、ヒートポンプ式蒸気・温水発生装置 4 1 0（図 8 では H P 式蒸気・温水発生装置、H P、熱源媒体約 8 0 度）の消費電力を 2 0 k W h（k W 時）とし、従来例の都市ガスボイラーの効率を 9 0 パーセント（％）とする。又、電気の効率を 8 6 0 キロカロリー毎キロワット時（k c a l / k W h）とし、二酸化炭素（C O₂）の排出係数や各自の効率を次の通りとする。即ち、都市ガスについて、地球温暖化対策の推進に関する法律施行令及び特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に関する省令を基に環境省が作成した「算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧」からの計算値（1 1 0 0 0 キロカロリー毎ノルマル立方メートル（k c a l / N m³）、2 . 3 3 0 0 キログラム（C O₂）毎ノルマル立方メートル（k g - C O₂ / N m³））を用い、電気について、中部電力株式会社の 0 8 年度実績値（8 6 0 キロカロリー毎キロワット時（k c a l / k W h）、0 . 4 5 5 0 k g - C O₂ / k W h）を用いる。

30

40

【 0 0 9 3 】

そして、まず 1 時間当たりで考えると、第 6 形態に係るヒートポンプ式蒸気・温水発生装置 4 1 0 の負荷は 1 4 6 8 8 0 k c a l / h となり、併用するボイラーの負荷は 3 9 2 0 4 k c a l / h となる。よって、ヒートポンプ式蒸気・温水発生装置 4 1 0 の電気使用量は 2 0 k W h となり、ボイラーの都市ガス使用量は 4 . 0 N 立方 m となって、C O₂ 排出量は電気の使用に基づく 9 . 1 k g / h 及び都市ガスの使用に基づく 9 . 2 k g / h の合計 1 8 . 3 k g / h となる。一方、従来例のボイラーの負荷は 1 8 5 8 6 8 k c a l / h となり、都市ガス使用量は 1 8 . 8 N 立方 m となって、C O₂ 排出量は都市ガスの使用に基づく 4 3 . 7 k g / h となる。

【 0 0 9 4 】

50

次に、1年間の総計を考える。ここで、1日当たりの運転時間を16時間とし、年間作業日数を250日とする。すると、ヒートポンプ式蒸気・温水発生装置410の電気使用量は80000kWhとなり、併用するボイラーの都市ガス使用量は15840Nm³となつて、CO₂排出量は電気の使用に基づく36.4トン(t)及び都市ガスの使用に基づく36.9tの合計73.3tとなる。一方、従来例のボイラーの都市ガス使用量は75098Nm³となつて、CO₂排出量は都市ガスの使用に基づく175.0tとなる。

【0095】

このようなシミュレーションに基づくエネルギー使用状況の把握結果によれば、第6形態の塗装乾燥装置401では、従来例と比べて、年間のCO₂の排出量を58%削減することができている。又、年間のエネルギー使用量につき原油に換算すると、第6形態の塗装乾燥装置401で39キロリットル(kl)となる一方、従来例で89klとなり、56%の削減効果が現れている。

10

【0096】

そして、塗装乾燥装置401にあっては、蒸気管407等の既存の設備を利用することが可能であり、既存の設備が無駄にならず、又導入コストを低減することができる。

【0097】

[第7形態]

図9は第7形態に係る塗装乾燥装置451の模式図であつて、塗装乾燥装置451は、排熱回収型のヒートポンプ10と空冷のヒートポンプ131とを備えた第3形態の構成において、ヒートポンプ10と乾燥炉2との間に第5形態と同様のヒートポンプ式蒸気・温水発生装置410を介装させて成る。なお、本形態では、ヒートポンプ10は熱源媒体加熱機の役目を担う。

20

【0098】

即ち、ヒートポンプ式蒸気・温水発生装置410は、発生した蒸気を乾燥炉2に供給する蒸気管420と、高温水を乾燥炉2に供給する温水管421と、乾燥炉2において熱を使用して戻る加熱媒体(高温水)を受ける給水管418とを有すると共に、熱源媒体としてヒートポンプ10からの温水を受けるパイプ412と、熱使用済みの熱源媒体をヒートポンプ10に戻すパイプ414とを有する。又、ヒートポンプ10の冷水側は、冷却炉4に係るパイプ14, 24(図9(a))と、工場の排温水Xに係るパイプ214, 224(図9(b))とで回路を切替え可能である。更に、ヒートポンプ131は、冷却炉4へ冷媒を供給し回収するためのパイプ114, 124を備えている。

30

【0099】

このような塗装乾燥装置451は、例えば次に説明するように動作する。

【0100】

即ち、自動制御装置は、ヒートポンプ10に関し、夏季等であり、温熱負荷(温水55~80度)と共に冷却負荷(冷風20度)も十分にかかり、温熱負荷に対して冷却負荷のバランスがとり易い場合には、図9(a)で示すように、冷水側につき媒体を冷却炉4側(パイプ14, 24側)で循環するように回路の切替を行い、基本的に温水に追従してヒートポンプ10を運転させ、ヒートポンプ10の温水と冷水のみでヒートポンプ式蒸気・温水発生装置410への温水(熱源媒体)の供給と冷却炉4の冷却を行わせる(熱源加熱媒体供給用ヒートポンプとしてのヒートポンプ10)。又、自動制御装置は、温度センサにより把握した冷水の温度(冷水の熱量)が所定値以上であれば、ヒートポンプ131を起動し、パイプ114, 124を介して冷媒(第2冷却媒体)を冷却炉4へ供給させる。一方、自動制御装置は、ヒートポンプ131の起動中、温度センサにより把握した冷水の温度が特定値以下となれば、ヒートポンプ131の運転を中止して、パイプ114, 124を介した冷却炉4への冷媒の供給を停止させる。

40

【0101】

一方、自動制御装置は、ヒートポンプ10に関し、冬季等であり、温熱負荷に対して冷却負荷が少なくヒートポンプ10のバランスが保持できない場合、図9(b)で示すよう

50

に、冷水側回路をパイプ 2 1 4 , 2 2 4 側に切替えて、温水に追従させた状態で運転しつつその冷水側に排温水 X を導入させる。パイプ 2 1 4 を通るヒートポンプ 1 0 の冷水は夏季の排温水 X と同様の処理がなされ、パイプ 2 2 4 には排温水 X が通り、ヒートポンプ 1 0 の冷水の冷熱が十分に奪われて戻ると同様の状態でヒートポンプ 1 0 に入って、熱を比較的多く使用される温水に対して冷水側をバランスさせることが可能となり、温水（熱源媒体）をヒートポンプ式蒸気・温水発生装置 4 1 0 に適したものとした状態においてヒートポンプ 1 0 の運転が継続される。そして、冷却炉 4 の冷却（冷風 2 0 度）は、ヒートポンプ 1 3 1 によってパイプ 1 1 4 , 1 2 4 を介して冷却炉 4 へ冷媒を供給させることで行われる。

【 0 1 0 2 】

10

他方、自動制御装置は、ヒートポンプ式蒸気・温水発生装置 4 1 0 に関し、夏季等ないし冬季等のいずれの時季であっても、ヒートポンプ 1 0 により熱源媒体を加熱させることで安定した熱源媒体をヒートポンプ 1 0 から供給させるように制御するので、乾燥炉 2（温風 9 0 度）に対し、蒸気管 4 2 0 にて蒸気（1 0 0 ~ 1 2 0 度）を供給させると共に、温水管 4 2 1 にて高温水（8 5 ~ 9 5 度）を供給させることが可能である。なお、蒸気の供給は、第 6 形態と同様、エゼクターにより既存の蒸気管との混合を図っても良いし、個別の熱交換機になされるようにしても良い。

【 0 1 0 3 】

このような第 7 形態に係る塗装乾燥装置 4 5 1 にあっても、ヒートポンプ 1 0 の冷水側に適宜排温水 X を適用してヒートポンプ 1 0 の安定した温水に追従した運転を図ることができ、又ヒートポンプ式蒸気・温水発生装置 4 1 0 によって、既存の蒸気用設備を用いつつ、乾燥炉 2 への安定した蒸気等の供給をエネルギー効率の極めて良好な状態で図ることができる。更に、ヒートポンプ式蒸気・温水発生装置 4 1 0 に対する熱源媒体を加熱する熱源媒体加熱器をヒートポンプ 1 0 とするため、ヒートポンプ式蒸気・温水発生装置 4 1 0 の安定した動作を確保することができるし、ヒートポンプ 1 0 は同時に冷却炉 4 に係る冷却を行うため、極めて効率を良好なものとすることができる。

20

【 0 1 0 4 】

[第 8 形態]

図 1 0 は第 8 形態に係る塗装乾燥装置 5 0 1 の模式図であって、塗装乾燥装置 5 0 1 は、第 5 形態と同様、乾燥炉 2 に対してブース空調をヒートポンプ 1 0 の加熱媒体を受け入れる乾燥用熱交換機 3 2 2 により加熱して、パイプ 3 2 4 , 3 2 6 を介し導入する。又、塗装乾燥装置 5 0 1 は、乾燥炉 2 内の温風の一部をパイプ 3 1 6 によりパイプ 3 2 4 に戻し、一部をパイプ 3 0 2 により大気へ排気する。なお、冷水側との熱交換機 3 0 8 や、パイプ 3 0 6 , 3 1 0 は、省略されている。

30

【 0 1 0 5 】

一方、塗装乾燥装置 5 0 1 における冷却炉 4 の冷風についても、乾燥炉 2 における温風と同様、ブース空調を用いて生成されている。即ち、塗装乾燥装置 5 0 1 は、冷水の入る熱交換機 5 2 2 を備えており、パイプ 5 2 4 によりブース空調を冷却用熱交換機 5 2 2 に導入し、冷却用熱交換機 5 2 2 を通過することで冷却されたブース空調をパイプ 5 2 6 により冷却炉 4 へ導入する。なお、冷却炉 2 のエアは同様にパイプ 5 1 6 によりパイプ 5 2 4 へ戻されたり、パイプ 5 0 2 を経て排気されたりする。

40

【 0 1 0 6 】

そして、塗装乾燥装置 5 0 1 は、ヒートポンプ 1 0 の冷水側（パイプ 1 4 , 2 4）と接続された冷却媒体タンクとしての冷水タンク 5 3 0 を有しており、冷水タンク 5 3 0 から熱交換機 5 2 2 に対してブース空調の冷却等のための冷水がパイプ 5 3 2 , 5 3 4 ないしポンプ 5 3 6 を介して供給される。パイプ 5 3 2 , 5 3 4 には、流量調節弁 5 3 7 が介装されている。更に、冷水タンク 5 3 0 には、空冷ヒートポンプ 5 4 0 も、パイプ 5 4 2 , 5 4 4 やポンプ 5 4 6 を介して接続されており、又ブース空調や工場空調の基にある熱交換機ともパイプ 5 5 2 , 5 5 4 やポンプ 5 5 6 を介して接続されている。なお、パイプ 2 4 にも、ポンプ 5 5 8 が取り付けられている。又、空冷ヒートポンプ 5 4 0 は省略し、あ

50

るいは1個又は3個以上として良いし、ブース空調や工場空調の基にある熱交換機等を省略しても良い。

【0107】

このような塗装乾燥装置501は、例えば次に説明するように動作する。

【0108】

即ち、自動制御装置は、ヒートポンプ10に関し、乾燥用熱交換機322を通ったエアにつき所定量(640立方m/分)で所定温度(80度)が維持されるように加熱媒体を供給するように運転する。

【0109】

そして、自動制御装置は、空冷ヒートポンプ540を、冷水タンク530の冷水につきヒートポンプ10の運転が継続でき且つ冷却炉4に係るエアの冷却が賄えるよう冷却等するために運転する。

【0110】

即ち、夏季等であり、ヒートポンプ10の加熱媒体に追従する運転によって発生する冷熱によっても冷却炉4の冷却が不十分となる場合には、空冷ヒートポンプ540を冷水発生モードで運転し、冷却負荷に対する調整を行う。

【0111】

例えば、エアはブース空調から65立方m/分だけ28度で供給され、パイプ316からは575立方m/分だけ70度で戻されて640立方m/分で65.7度のものとなって乾燥用熱交換機322に入り、80度に加熱されて乾燥炉2に入る一方、乾燥炉2からは65立方m/分だけ70度で排気されるとすると、およそ2629kcal/分(約3.06kW/分)の加熱媒体を供給するようヒートポンプ10の運転が行われる。

【0112】

加熱媒体側の運転(ワークの出入りにより加熱負荷が変動する)により、ヒートポンプ10の出す冷水の温度は変化し得るが、ヒートポンプ10の冷水はパイプ14により冷水タンク530に供給される(7度)。

【0113】

一方、自動制御装置は、冷水タンク530ないしポンプ536により冷水を冷却用熱交換機522に供給させ、ブース空調からのエア(28度, 65立方m/分)とこれに混合する冷却炉4からパイプ516により戻るエア(30度, 575立方m/分、混合後29.9度, 640立方m/分)を冷却する(20度)。このとき、冷水による冷却用熱交換機522への冷熱の供給は、およそ1826kcal/分(約2.12kW/分)となる。なお、冷却用熱交換機522に対する冷熱の供給は、流量調節弁537による冷水の供給量の調節によっても調整される。

【0114】

又、ブース空調や工場空調に対しても冷却のために冷水がパイプ552, 554やポンプ556を介して供給される(14333kcal/分, 16.67kW/分の冷熱)。

【0115】

そして、冷水は冷水タンク530からパイプ24ないしポンプ558を介してヒートポンプ10に戻されるが、この戻り冷水がヒートポンプ10の加熱媒体側とのバランスをとるためヒートポンプ10の出す冷水に対し適度に加温された状態(12度, 1762kcal/分・2.05kW/分の冷熱)となるよう、空冷ヒートポンプ540を冷水発生モードで運転して、冷水の冷却を行う(2台の空冷ヒートポンプ540の運転により計14397kcal/分(約16.74kW/分)の冷却)。

【0116】

一方、冷却負荷が比較的になくなる中間期や冬季等であり、ヒートポンプ10の発生する冷熱が冷却側において余剰する場合には、空冷ヒートポンプ540を温水発生モードで運転し、冷水タンク530に温水を供給して冷水を加温する(冷却媒体加熱機ないし加熱用ヒートポンプとしての空冷ヒートポンプ540)。

【0117】

10

20

30

40

50

例えば、エアはブース空調から65立方m/分だけ20度で供給され、575立方m/分だけ70度で戻されて640立方m/分で64.9度のものとなって乾燥用熱交換機322に入り、80度に加熱されて乾燥炉2に入る一方、乾燥炉2からは65立方m/分だけ70度で排気されるとすると、およそ2779kcal/分(約3.23kW/分)の加熱媒体を供給するようヒートポンプ10の運転が行われる。加熱媒体側の運転により、ヒートポンプ10の冷水はパイプ14により冷水タンク530に供給される(7度)。

【0118】

一方、自動制御装置は、冷水タンク530から冷水を冷却用熱交換機522に供給させ、ブース空調からのエア(20度、65立方m/分)とこれに混合する冷却炉4からの戻りエア(30度、575立方m/分、混合後29.0度、640立方m/分)を冷却する(20度)。このとき、冷水による冷却用熱交換機522への冷熱の供給は、およそ1656kcal/分(約1.93kW/分)となる。なお、ここではブース空調や工場空調に対する冷却は不要であり、ブース空調や工場空調に対して冷水の冷熱は用いられない。

【0119】

そして、冷水は冷水タンク530からヒートポンプ10に戻されるが、この戻り冷水がヒートポンプ10の加熱媒体側とのバランスをとるためヒートポンプ10の出す冷水に対し適度に加温された状態(12度、1862kcal/分・2.17kW/分の冷熱)となるよう、空冷ヒートポンプ540を温水発生モードで運転して、冷水の加温を行う(2台の空冷ヒートポンプ540の運転により計206kcal/分(約0.24kW/分)の加熱)。この加温により、ヒートポンプ10の冷水行き温度(パイプ24により受け入れる冷水の温度)を、冷水供給温度(パイプ14により供給する冷水の温度)に対して十分冷熱の奪われたものとすることができ、ヒートポンプ10の温水に追従した運転の継続が可能となる。

【0120】

このような第8形態に係る塗装乾燥装置501にあっても、ヒートポンプ10の冷水側に冷水タンク530を配して冷水の温度を調整することで、ヒートポンプ10に温水追従運転を継続させることができ、又、冷水タンク530を介することで、冷水の温度変化を比較的に穏やかなものとして、より一層制御を容易にすることができる。

【0121】

[第9形態]

図11は第9形態に係る塗装乾燥装置571の模式図であって、塗装乾燥装置571は、冷却側の構成を除いて第8形態と同様に成る。塗装乾燥装置571では、冷水タンクやこれと空冷ヒートポンプとの間のパイプは配置されず、ヒートポンプの冷水供給用のパイプ14は、ブース空調や工場空調に係る熱交換機に接続されると共に、冷却用熱交換機522へのパイプ532との分岐部を有している。冷却用熱交換機522からのパイプ534は、ブース空調や工場空調に係る熱交換機からのパイプ554の途中に接続され、その接続部の先にポンプ558が配置され、更にその先において空冷ヒートポンプ572が接続されている。空冷ヒートポンプ572の出力先は、パイプ24を介してヒートポンプ10となっている。

【0122】

このような塗装乾燥装置571においても、空冷ヒートポンプ572がヒートポンプ10の冷水入口(パイプ24)に対して加熱等の調整の施された冷水を供給するため、ヒートポンプ10の加熱媒体に追従した運転を継続することができる。

【0123】

例えば、第8形態の例と同様にブース空調のエアを乾燥ないし冷却すると、ヒートポンプ10は7度の冷水を出力し、ブース空調等に係る熱交換機や冷却用熱交換機522を経て、空冷ヒートポンプ572に対し、夏季等で17度、冬季等で9度の冷水が入る。そこで、自動制御装置は、夏季等においては、空冷ヒートポンプ572につき冷水モードで運転し、冷水の負荷調整を行う(17度から12度に冷却する)。一方、自動制御装置は、中間期や冬季等においては、空冷ヒートポンプ572につき温水モードで運転し(冷却媒

10

20

30

40

50

体加熱機ないし加熱用ヒートポンプとしての空冷ヒートポンプ 572)、ヒートポンプ 10 の入口冷水温度を加温(9度から12度)することで運転を継続させる。

【0124】

なお、ヒートポンプ 10 は加熱負荷に追従する運転をするため、パイプ 14 において出力する冷水の温度を直接制御することができないが、自動制御装置は、空冷ヒートポンプ 572 の出力する冷水の温度(ヒートポンプ 10 の冷水入口温度)を調整することで、間接的にパイプ 14 内の冷水の温度を制御することが可能である。ここで、自動制御装置は、パイプ 14 内の冷水の温度をセンサにより監視して、当該温度が所定温度(7度)となるように空冷ヒートポンプ 572 の出力する冷水の温度を調整する。

【0125】

このような第9形態に係る塗装乾燥装置 571 にあっても、ヒートポンプ 10 の冷水入口に空冷ヒートポンプ 572 を配して冷水入口温度を調整することで、ヒートポンプ 10 に、適切な乾燥及び冷却を行う温水追従運転を継続させることができる。

【0126】

[第10形態]

図12は第10形態に係る塗装乾燥装置 601 の模式図であって、塗装乾燥装置 601 は、第5形態と同様に成るが、熱交換機 308 は、乾燥炉 2 の排気管 302 に配置されず、上塗り塗装を行う前の工程である前処理電着塗装工程(の前処理槽 602)において排出される排気に係る排気管 604 に配置されている。排気管 604 としては、前処理電着塗装工程に属する前処理槽 602 としての脱脂槽に係るもの、予備脱脂槽に係るもの、湯洗槽に係るもの、化成槽に係るもの、又はこれらの組合せが挙げられ、複数存在する場合には熱交換機 308 もこれに対応して複数とすることができる。なお、塗装乾燥装置 601 の乾燥炉 2 及び冷却炉 4 におけるエアの供給は、第8, 9形態と同様、ブース空調を利用したものとなっている。

【0127】

第10形態の塗装乾燥装置 601 においても、第4, 5形態と例示も含めて同様に動作するので、第4, 5形態と同様、従来熱利用されることなく単に大気へ放出されていた前処理電着塗装工程から出る排気熱を利用してヒートポンプ 10 の戻り冷水を加温することができ、ヒートポンプ 10 につき加熱及び冷却のバランスの取れた運転を継続させることができ、シンプルな構成で極めてエネルギー効率の良いものとすることができる。

【0128】

[第11形態]

図13は第11形態に係る塗装乾燥装置 701 の夏季等における模式図であり、図14は塗装乾燥装置 701 の中間期等ないし冬季等における模式図であって、塗装乾燥装置 701 は、第4, 5形態と同様、乾燥炉 2 の排気管 302 においてパイプ 306 内の冷却媒体との熱交換機 308 を有する。

【0129】

又、塗装乾燥装置 701 は、第8, 9形態と同様、ブース空調を利用した乾燥ないし冷却を行うための配管等が施されている。更に、塗装乾燥装置 701 は、冷却媒体側において、冷却用熱交換機 522 の手前(パイプ 14 側)に流量調節弁 702 を備えていると共に、加熱媒体側において、エア導入用のパイプ 324 ないし排気管 302 に、エアを排気で予熱するためのプレヒート用熱交換機 704 が介装されている。

【0130】

加えて、パイプ 324 のプレヒート用熱交換機 704 より手前(外調機)側と、冷却炉 4 の排気管 502 との間には、冷却炉 4 の排気を加熱用熱交換機 322 (プレヒート用熱交換機 704)に導くためのパイプ 708 が配置されており(図14)、切替により、排気管 302 の排気につきパイプ 708 に導入されてプレヒート用熱交換機 704 に達する排気路が選択可能となっている。なお、自動制御装置は、冷却炉 4 の排気を大気に導き、プレヒート用熱交換機 704 には外調機(ブース空調)のエアを導く、図13に示された排気路ないしエア路への切替も指令可能である。又、ブース空調は、蒸気や冷水を通す各

10

20

30

40

50

種の熱交換機を含む空調機 706 により実施されている。

【0131】

このような塗装乾燥装置 701 は、第 4, 5, 8, 9 形態と同様に動作し、例えば次に説明するように動作する。

【0132】

即ち、図 13 に示す夏季等において、自動制御装置は、ヒートポンプ 10 につき、乾燥炉 2 へのエアが 80 度に加熱されるよう、乾燥用熱交換機 322 に対する加熱媒体の供給を調整させる。

【0133】

ブース空調に係る 28 度のエアが 65 立方 m / 分だけプレヒート用熱交換機 704 に導入され、38 度に予熱される。予熱されたエアは循環に係るパイプ 316 の 70 度・575 立方 m / 分のエアと混合して 66.8 度・640 立方 m / 分のエアとなり、乾燥用熱交換機 322 に入る。

【0134】

ヒートポンプ 10 は、66.8 度・640 立方 m / 分のエアを 80 度に加熱すべく、2442 kcal / 分 (2.84 kW / 分) の熱量をもった加熱媒体を供給する。このとき、加熱媒体の温度は 90 度となる。

【0135】

一方、自動制御装置は、ヒートポンプ 10 が加熱媒体と同時に抛出する冷却媒体により、冷却炉 4 へのエアが 20 度となるように冷却を行わせる。

【0136】

28 度のブース空調が 65 立方 m / 分だけ冷却用熱交換機 522 に導入され、循環に係るパイプ 516 の 27 度・575 立方 m / 分のエアと混合して 27.1 度・640 立方 m / 分のエアとなり、冷却用熱交換機 522 に入る。

【0137】

ヒートポンプ 10 からは、1465 kcal / 分 (1.7 kW / 分) の冷熱をもった 7 度の冷却媒体が抛出され、27.1 度・640 立方 m / 分のエアは、その内 1309 kcal / 分 (1.52 kW / 分) の冷熱を用いて、冷却用熱交換機 522 により 20 度に冷却される。冷却用熱交換機 522 に導入する冷熱量は、冷却用熱交換機 522 手前の冷却媒体の流量調節弁 702 によって調整される。流量調節弁 702 は、自動制御装置により開度 (閉度) を制御される。ヒートポンプ 10 においては、必要となる加熱媒体への熱量の付与に対して、随伴する冷却媒体への冷熱の付与は冷却炉 4 に係る冷却に比して十分となり、あるいはそのままでは冷却炉 4 において十分に冷熱が奪われず、ヒートポンプ 10 の加熱負荷に応じた運転の継続が図れなくなる。なお、冷却炉 4 からは、排気管 502 を介して 65 立方 m / 分の排気となされる。

【0138】

他方、乾燥炉 2 からは、排気管 302 を通じて 70 度・65 立方 m / 分の排気となされ、プレヒート用熱交換機 704 を通過すると 60 度となり、ヒートポンプ 10 の冷却媒体の一部との熱交換機 308 に入る。そして、ヒートポンプ 10 の冷却媒体の冷熱を適切に奪ってその運転を継続すべく、熱交換機 308 により冷却媒体の一部を乾燥炉 2 の排気で加熱する (156 kcal / 分, 0.2 kW / 分)。自動制御装置は、ヒートポンプ 10 の運転を継続すると共に、ヒートポンプ 10 の抛出するパイプ 14 内の冷却媒体の温度が冷却炉 4 のエアの冷却に要する冷熱量に対して低すぎない (高すぎない) ようにするため、流量調節弁 304 により熱交換機 308 における熱交換に用いられる冷却媒体の量を調節し、熱交換機 308 における熱交換量を調整する。排気は、熱交換機 308 通過後、52 度となる。

【0139】

以上に対し、自動制御装置は、図 14 に示す中間季ないし冬季等において、冷却炉 4 の排気管 502 ないし乾燥炉 2 側のブース空調のパイプ 324 につきパイプ 708 側に切替えて、冷却炉 4 の排気 (20 度・65 立方 m / 分) をプレヒート用熱交換機 704 に導く

10

20

30

40

50

ようにする。そして、乾燥炉 2 の排気（70 度・65 立方 m / 分）にてエアを 30 度とするプレヒートを行い、70 度・575 立方 m / 分の戻りエアと共に 65.9 度・640 立方 m / 分のエアとして乾燥用熱交換機 322 に入り、80 度の温風としてエアを乾燥炉 2 に供給する。自動制御装置は、ヒートポンプ 10 につき、2592 kcal / 分（3.01 kW / 分）の熱量をもった 90 度の加熱媒体を乾燥用熱交換機 322 に供給する。

【0140】

又、自動制御装置は、夏季等と同様に、ヒートポンプ 10 が生じた 1555 kcal / 分（1.8 kW / 分）・7 度の冷却媒体の一部（流量調節弁 702 により調整した 1159 kcal / 分・1.35 kW / 分）にて 20 度・65 立方 m / 分のブース空調からのエア及び 27 度・575 立方 m / 分の戻りエア（合わせて 26.3 度）を冷却用熱交換機 522 で冷やし、20 度・640 立方 m / 分の冷風を生成する。

10

【0141】

そして、自動制御装置は、夏季等と同様に、乾燥炉 2 のプレヒート後の排気（60 度・65 立方 m / 分）を熱交換機 308 に導入し、流量の調節された冷却媒体に対し 396 kcal / 分（0.46 kW / 分）の熱を与え（冷熱を奪い）、ヒートポンプ 10 の運転を継続させる。

【0142】

以上の塗装乾燥装置 701 の効果を明らかにするため、次に説明する塗装乾燥装置 701 と同規模の比較例（従来例）と共に、一年間におけるエネルギーの使用状況をシミュレートする（図 17）。

20

【0143】

比較例の夏季等（夏季）における模式図を図 15 に示し、中間期等ないし冬季等（他季）における模式図を図 16 に示す。比較例に係る塗装乾燥装置 801 は、蒸気（夏季 4.31 kg / 分・2830 kcal / 分・3.29 kW / 分、他季 4.57 kg / 分・3003 kcal / 分・3.49 kW / 分）を生成する都市ガスボイラー 802 を備えており、当該蒸気を乾燥用熱交換機 322 へ導入して温風（80 度・640 立方 m / 分）を発生する（夏季 2442 kcal / 分・2.84 kW / 分、他季 2592 kcal / 分・3.01 kW / 分）。蒸気は、乾燥用熱交換機 322 を経ると、90 度となり、ドレン 804 にて排出される（夏季 0.45 kW / 分、他季 0.48 kW / 分）。

【0144】

30

乾燥用熱交換機 322 へ導入するエア（夏季・ブース空調 28 度・65 立方 m / 分、他季・冷却炉 4 の排気 20 度・65 立方 m / 分）は、乾燥炉 2 の排気（70 度・65 立方 m / 分）によりプレヒートされる（夏季 38 度、他季 30 度）。プレヒートのエアは、戻りエア（70 度・575 立方 m / 分）と合流し、夏季 66.8 度、他季 65.9 度となる。なお、塗装乾燥装置 801 は、流量調節弁 810 を備えている。又、乾燥炉 2 の排気は、プレヒート後、大気へ放出される。

【0145】

一方、塗装乾燥装置 801 は、冷水を冷却する空冷ヒートポンプ 806 を備えており、冷水を 7 度として夏季 1309 kcal / 分・1.52 kW / 分、他季 1159 kcal / 分・1.35 kW / 分の冷熱を生成し、冷却用熱交換機 522 に冷熱を与え、ブース空調のエア（65 立方 m / 分、夏季 28 度、他季 20 度）と戻りエア（27 度・575 立方 m / 分）との混合エア（夏季 27.1 度、他季 26.3 度）を冷却して 20 度・640 立方 m / 分の冷風を生成する。冷水は、12 度となって空冷ヒートポンプ 806 へ戻る。なお、塗装乾燥装置 801 は、流量調節弁 812 やポンプ 814 を備えている。

40

【0146】

図 17 に、このようなシミュレートに基づく本発明の第 11 形態と比較例との年間エネルギー使用量の比較結果を示す。シミュレートに当たっては、本発明のヒートポンプ 10（排熱回収型 HP）の加熱媒体（温水・温風）側の COP（Coefficient of Performance, 効率）を 2.5 とし、冷却媒体（冷水・冷風）側の COP を 1.5 とする。又、比較例の空冷ヒートポンプ 806（空冷 HP）の夏季の COP を 3

50

、3とし、他季のCOPを5.3とし、都市ガスボイラー802の効率を90%とする。更に、CO₂排出量や電気や都市ガスの効率につき、第6形態と同様のものを用いる。

【0147】

そして、まず1時間当たりで考えると、ヒートポンプ10の冷水負荷は夏季87921 kcal/h、他季93312 kcal/hとなり、温水負荷は夏季146534 kcal/h、他季155320 kcal/hとなる。よって、ヒートポンプ10の電気使用量は夏季68.2 kWh、他季72.3 kWhとなり、CO₂排出量は電気使用に基づく夏季31.0 kg/h、他季32.9 kg/hとなる。

【0148】

一方、比較例の空冷ヒートポンプ806の冷水負荷は夏季78538 kcal/h、他季69552 kcal/hとなり、都市ガスボイラー802の負荷は夏季163333 kcal/h、他季173349 kcal/h（給水温度25度）となる。よって、空冷ヒートポンプ806の電気使用量は夏季27.7 kWh、他季15.3 kWhとなり、都市ガスボイラー802の都市ガス使用量は夏季16.5 N立方m/h、他季17.5 N立方m/hとなり、CO₂排出量は、電気使用に基づく夏季12.6 kg/h、他季6.9 kg/hと都市ガス使用に基づく夏季38.4 kg/h、他季40.8 kg/hとの合計の、夏季51.0 kg/h、他季47.7 kg/hとなる。

【0149】

次に季毎の総計を考える。ここで、1日当たりの運転時間を16時間とし、夏季（6～9月とする）の操業日数を年間81日とし、他季（10～5月とする）の操業日数を年間169日とする。

【0150】

本発明のヒートポンプ10の電気使用量は、夏季88330 kWh、他季195594 kWhとなり、CO₂排出量は、夏季40.2 t、他季89.0 tとなつて、原油に換算すると夏季23 kl、他季50 klとなる。

【0151】

一方、比較例の空冷ヒートポンプ806の電気使用量は夏季35865 kWh、他季41261 kWhとなり、都市ガスボイラー802の都市ガス使用量は夏季21382 N立方m、他季47347 N立方mとなり、CO₂排出量は、夏季66.1 t（電気使用に基づく16.3 t及び都市ガス使用に基づく49.8 t）、他季129.1 t（電気使用に基づく18.8 t及び都市ガス使用に基づく110.3 t）となつて、原油に換算すると夏季35 kl、他季67 klとなる。

【0152】

従つて、本発明の第11形態のCO₂排出量は夏季40.2 t、他季89.0 tとなり、比較例の夏季66.1 t、他季129.1 tに比して夏季39%、他季31%の削減を達成している。又、第11形態のエネルギー消費の原油換算量は夏季23、他季50 klとなり、比較例の夏季35 kl、他季67 klに比して夏季34%、他季25%の削減を達成している。

【0153】

又、本発明の第11形態のCO₂排出量は年間129 tとなり、比較例の195 tに比して34%の削減を達成している。又、第11形態のエネルギー消費の原油換算量は年間73 klとなり、比較例の102 klに比して28%の削減を達成している。

【0154】

[第12形態]

図18(a)は第12形態に係る塗装乾燥装置1101の模式図であつて、当該塗装乾燥装置1101は、戻り温水の代わりにエアを吸うと共に温水供給の代わりに温風を出す温風冷水発生型のヒートポンプ1110を備え、温風を更に他熱源熱交換機1104により適宜加熱する他熱源Zを有し、更に基エアをヒートポンプ1110に送るほか温風路1112へ適宜分岐させる送風バイパス弁1102を備える他は、第4形態と変更例も含め同様に成る。他熱源Zは、例えば電気ヒーターであり、他熱源熱交換機1104は、温風

10

20

30

40

50

路 1 1 1 2 における温風を、熱交換により更に加熱する。温風は、乾燥炉 2 に導入される。なお、乾燥炉 2 からの排気を冷却側と熱交換しない（外部に放出する）ようにして良い。

【 0 1 5 5 】

このような塗装乾燥装置 1 1 0 1 は、第 4 形態と同様に動作する他、次に説明するように動作する。

【 0 1 5 6 】

自動制御装置は、温風温度を把握する図示しないセンサからの信号に基づき、ヒートポンプ 1 1 1 0 の出力を制御して吐出温風温度を調整する。又、自動制御装置は、冷水温度を把握する図示しないセンサからの信号により冷水温度を監視し、冷却負荷の変動（軽減）により冷熱が変化して（冷水温度が低下して）温風出力に対する冷水供給のバランスの崩れを監視する。

10

【 0 1 5 7 】

例えば、自動制御装置は、冷水供給のバランスが取れていると判断する場合には、図 1 8 (a) のように、送風バイパス弁 1 1 0 2 を全量ヒートポンプ 1 1 1 0 側に切り替えて 1 5 度のエア $10\text{ m}^3/\text{min}$ をヒートポンプ 1 1 0 に吸わせ、1 3 k W の加熱により同量で設定温度（8 0 度）となった温風を乾燥炉 2 へ供給する。ここで、他熱源 Z による温風の加熱は 0 k W であり、即ち追加の加熱はなされない。なお、このときの冷水負荷は 8 . 7 k W であり、冷水行き温度は 7 度、冷水戻り温度は 1 7 度である。

【 0 1 5 8 】

20

一方、自動制御装置は、戻り又は往きの冷水温度の低下（所定温度（1 5 度）以下となったこと、例えば冷水戻り温度が 1 7 度から 1 2 . 7 度となったこと）を把握して温風負荷に対する冷水負荷（5 k W に減少）のバランスが崩れたと判断すると、図 1 8 (b) に示すように、送風バイパス弁 1 1 0 2 によりエアの一部を温風路 1 1 1 2 側へ分岐させ、ヒートポンプ 1 1 1 0 への送風量を少なくする（ $10\text{ m}^3/\text{min}$ から $5.7\text{ m}^3/\text{min}$ ）。ヒートポンプ 1 1 1 0 は、温風設定温度を維持するため、温風側の出力を絞り、これに伴い冷熱側も絞る。この冷却出力の低減により、低下した冷却負荷に対応しながら温熱負荷とのバランスを保持可能である。但し、ヒートポンプ 1 1 1 0 によるエアの加熱量が減少する（分岐させたエアが温風に混合して温風が $10\text{ m}^3/\text{min}$ で 5 2 度となる）ため、他熱源 Z により最終的に加熱調整し（5 . 6 k W ）、温風温度（温風の熱量）を 8 0 度に維持する。

30

【 0 1 5 9 】

なお、図 1 8 (b) の状態となった後で冷却負荷が増加して冷水温度が特定温度（2 0 度）以上となると、自動制御装置は、徐々に送風バイパス弁 1 1 0 2 の分岐側を絞ってヒートポンプ 1 1 1 0 へのエアの送風量を増やす。すると、ヒートポンプ 1 1 1 0 による吐出温風温度を維持したエアの加熱量が増加して、冷熱も加熱量の増加に従い増えるので、送風量の調節によって増加した冷却負荷に対応することが可能である。

【 0 1 6 0 】

以上の第 1 2 形態の塗装乾燥装置 1 1 0 1 は、第 4 形態と同様に成るため、加熱や冷却を極めて効率の良い良好な状態で適切に実行しながら運転を継続することができ、消費電力や CO_2 排出量を上述の通り極めて効果的に抑制することができる。

40

【 0 1 6 1 】

又、塗装乾燥装置 1 1 0 1 は、ヒートポンプ 1 1 1 0 へのエアの導入量を調節することによって、温熱負荷を調整し、もって冷却負荷を制御する一方、エアの導入量変化による温風の熱量不足を補う他熱源 Z を有するため、エアの送風バイパス弁 1 1 0 2 を設置するというシンプルな構成によって冷却負荷の変動に簡易且つ確実に対応することができる。

【 0 1 6 2 】

[第 1 3 形態]

図 1 8 (c) は第 1 3 形態に係る塗装乾燥装置 1 1 2 1 の模式図であって、当該塗装乾燥装置 1 1 2 1 は、乾燥炉 2 からの排気の一部がエア（の一部）として循環する循環方式

50

とされている他は、第 1 2 形態と変更例も含め同様に成る。

【 0 1 6 3 】

このような第 1 3 形態の塗装乾燥装置 1 1 2 1 であっても、第 1 2 形態と同様に、ヒートポンプ 1 1 1 0 への送風量を増減することで、ヒートポンプ 1 1 1 0 における温熱と冷熱の供給バランスを維持して運転の継続を可能としながら、冷却負荷の増減に簡易且つ適切に対応することができる。

【 0 1 6 4 】

[第 1 4 形態]

第 1 4 形態に係る塗装乾燥装置は、第 1 2 形態から送風バイパス弁 1 1 0 2 を除いて構成される。自動制御装置は、冷水温度が下がったと判断すると、ヒートポンプ 1 1 1 0 に吐出温風温度を下げるように指令する。ヒートポンプ 1 1 1 0 はこの指令に応じ、よってエアの導入量を変えなくとも加熱量が減少し、これに伴いヒートポンプ 1 1 1 0 における冷却量も低下して、冷却負荷の減少から生ずる冷水温度の低下に対応することが可能となる。

【 0 1 6 5 】

例えば、 $10\text{ m}^3/\text{min}$ で 15 度のエアをヒートポンプ 1 1 1 0 による 13 kW の温熱で加熱し、80 度として他熱源 Z の加熱無しで乾燥炉 2 に温風を供給する。このとき、冷熱負荷が 8.7 kW であればバランスが取れているが、5 kW に低下したとすると、このままでは冷水温度が 17 度から 12.7 度となり、15 度以下となる。自動制御装置は、ヒートポンプ 1 1 1 0 に対し、吐出温風温度を 52 度とするように指令し、ヒートポンプ 1 1 1 0 はこれに基づき加熱量を 13 kW から 7.4 kW へ変更する。変更すべき吐出温風温度の値は、冷却負荷あるいは冷水温度（の低下幅）により自動制御装置が定める。すると、ヒートポンプ 1 1 1 0 は冷却量も減少し、減少した冷熱量と冷却負荷が釣り合っ

【 0 1 6 6 】

てヒートポンプ 1 1 1 0 の運転が継続可能となる。なお、吐出温風温度の値は、吐出温風温度の低下に伴って低減する冷却量の度合といった装置の特性により決定することができる。又、このような吐出温風温度の調整による冷却負荷のバランスの確保は、第 1 3 形態のような循環方式においても採用することができる。

【 0 1 6 7 】

[第 1 5 形態]

第 1 5 形態に係る塗装乾燥装置 1 1 5 1 は、図 19 (a) に示すように、温風発生型のヒートポンプ 1 1 1 0 に代えて前記ヒートポンプ 1 0 を設置したことを除き、第 1 4 形態と同様に成る。ヒートポンプ 1 0 は、温水供給パイプ 1 1 6 0 及び温水戻りパイプ 1 1 6 2 と接続されており、これらのパイプには温水とエアとで熱交換を行う熱交換機 1 1 6 4 （加熱手段）が接続されている。エアは熱交換機 1 1 6 4 を通過することで加熱され、適宜他熱源 Z による追加的加熱を受けて乾燥炉 2 に温風として供給される。なお、温水戻りパイプ 1 1 6 2 には、温水を一定速で循環させる温水ポンプ 1 1 6 6 （加熱媒体ポンプ）が取り付けられている。

【 0 1 6 8 】

自動制御装置は、例えば、 $10\text{ m}^3/\text{min}$ で 15 度のエアを熱交換機 1 1 6 4 に導入させ、70 度の温風とする。この温風は更に他熱源 Z により 80 度に加熱される（加熱負荷 2 kW）。エア加熱のための温水は行き 80 度・戻り 70 度である一方（加熱負荷 11 kW, COP 2.0）、この温水供給に伴い冷水も行き 7 度・戻り 17 度で発生し、冷却負荷 5.5 kW に対してバランスの取れる状態で（丁度冷熱が用いられる状態で）作用する。自動制御装置は、熱交換機 1 1 6 4 と他熱源 Z の間の温風路 1 1 1 2 （熱交換機 1 1 6 4 の直後）における温風温度を監視し、当該温度が 70 度となるようにヒートポンプ 1

0の温水供給を制御する(温水80度)。

【0169】

そして、自動制御装置は、冷水温度を監視し、冷却負荷が4.6kWに低下して冷水温度が所定温度以下となった場合には、ヒートポンプ10の温水供給設定温度を80度から60度へ下げる。すると、ヒートポンプ10の加熱量は7kW(COP3.0)へ軽減され、エアから50度の温風が生成されると共に、冷水に加わる冷熱も減少して冷水戻り温度が所定温度以上に復帰して(15.7度)、温熱に対する冷熱のバランスが保たれる。なお、他熱源Zにより、加熱量6kWにて温風を加熱し、乾燥炉2の所望する80度とする。

【0170】

なお、ヒートポンプ10につき、温水温度に追従して運転しても良く(例えば所望温風温度+5度)、この場合でも温水温度設定値を下げることで冷熱量を下げることが可能である。又、温水供給温度を一定にしつつ、温水ポンプ1166の流量をインバーターにより絞っても、加熱量を下げひいては冷熱量を下げることになる。加えて、このようなヒートポンプ10の冷熱制御は、第13形態のような温風循環方式においても同様に実行可能であるし、本出願人による別出願に係るヒートポンプ関連の各種技術(特願2009-261206「電着塗装装置」、特願2009-193528「空調システム」、特願2009-129380「媒体温度調整システム」)におけるヒートポンプ制御においても実行可能である。これらの変更例も、他の実施形態(第16~19形態等)において採用することができる。

【0171】

又、図19(b)に示すように、塗装乾燥装置1181において、冷却側に冷水タンク530を配備し、冷水タンク530から冷却炉4へのパイプ532にポンプ536を設けると共に、ヒートポンプ10から乾燥炉2へのパイプ12やヒートポンプ10から冷水タンク530へのパイプ14、あるいは冷水タンク530から熱交換機308へのパイプ306(流量調節弁304は無い)にも順にポンプ1182, 1184, 1186を設けた場合にあっては、これらポンプ536, 1182, 1184, 1186において上記温水ポンプ1166と同様にインバータ制御による流量調整を行うことができ、特にポンプ1186のインバーターによる流量制御により冷水と排ガスとの熱交換量を簡易に調整することができる。

【0172】

このような第15形態の塗装乾燥装置1151, 1181であっても、第14形態と同様に、ヒートポンプにおける温熱と冷熱の供給バランスを簡易な方式によって維持して運転の継続が可能となる。

【0173】

[第16形態]

第16形態に係る塗装乾燥装置は、第15形態と同様に成る。自動制御装置は、温水ポンプ1166につき、流量一定運転に代えて、所定の温風温度を生成する熱量を有する熱量一定運転を行う。温水ポンプ1166は、熱量を一定にするため、温水の流量を自動調整する。

【0174】

例えば、 $10\text{ m}^3/\text{min}$ で15度のエアを熱交換機1164により9kWの加熱(COP2.5, 温水行き70度)で60度とし、冷却負荷5.4kW(COP1.5)にバランスの取れた状態に対応する(冷水行き7度・戻り17度)。温水ポンプ1166は、温水循環量につき、温風温度が60度となるような温水熱量を有するように運転される。

【0175】

そして、自動制御装置は、冷却負荷が4.5kWに減少して冷水温度が15度以下となると、ヒートポンプ10の温水供給設定温度を80度にする(温水温度行き80度・戻り70度)。このとき、温水ポンプ1166は依然として熱量一定運転を続けるため、ヒートポンプ10の加熱COPが2.5から2.0となり、又循環温水量が絞られる。よっ

10

20

30

40

50

て、ヒートポンプ 10 の発生する冷熱も低減され（冷水戻り温度 15.3 度，COP 1.0）、冷却負荷の減少に対応しながらヒートポンプ 10 の運転を継続することが可能となる。

【0176】

[第17形態]

図 20 (a) に示す第 17 形態に係る塗装乾燥装置 1201 は、ヒートポンプ 10 に代えてヒートポンプ式給湯器 1204 を用いる他、第 15 形態と同様に成る。ヒートポンプ式給湯器 1204 は、水熱源であり、好ましくは CO₂ 冷媒であるが、R410A 冷媒であっても良い。又、ヒートポンプ式給湯器 1204 は、低温の戻り温水（25 度）から 90 度程度の高温度の温水を極めて効率良く生成可能であるが、温水戻り温度が 45 度程度以上になると、ヒートポンプサイクルが成り立たないために運転の継続が不可能となるか、効率の悪化した状態（加熱側 COP 1.0 ~ 1.5）でしか運転できなくなる。従って、ヒートポンプ式給湯器 1204 を温風生成にそのまま用いると、80 度の温風を生成するために行き温水温度が 90 度程度必要となり、戻り温水温度が 80 度となって、良好な運転状態とならない。

10

【0177】

そこで、第 15 形態と同様に、温水ポンプ 1166 を温風温度が 80 度となり且つ温水戻り温度が所定温度（35 度）以下となるように自動調整運転させ、ヒートポンプ式給湯器 1204 の効率良い運転を継続させる。例えば、10 m³ / min で 15 度のエアから生成される温風温度を 80 度で維持するために温水温度行き 90 度とし（加熱 13 kW，COP 3.0）、他熱源 Z の加熱は 0 kW である。一方、冷却負荷 8.7 kW（COP 2.0）に対し、温熱と同時に生成される冷熱により冷水温度行き 7 度・戻り 17 度でバランスする。温水戻り温度は温水ポンプ 1166 の流量調整により 25 度となる。温水戻り温度を 35 度以下とするために温水循環量を絞った場合において、エアの加熱量が不足する際には、他熱源 Z により再加熱する。なお、なるべく他熱源 Z を使用しないために、熱交換機 1164 について十分に温水戻り温度が下がる容量とする。

20

【0178】

このような制御における自動制御装置の作動の例について図 21 等に基づき改めて説明すると、自動制御装置は、まず乾燥炉 2 が運転中か否かを把握する（ステップ S101）。運転中でなければ（No）、温水ポンプ 1166 及びヒートポンプ式給湯器 1204 を停止して（ステップ S102，S103）、処理を終了する。

30

【0179】

一方、自動制御装置は、ステップ S101 で Yes であると、温風路 1112 のエア流通のための送風ファンが運転中であるか否かを確認し（ステップ S104）、運転中でなければ（No）、温水ポンプ 1166 の運転中であるときのみこれを停止して（ステップ S105，S106）、処理の最初（ステップ S101）に戻る。又、ステップ S104 で Yes であれば、ヒートポンプ給湯器 1204 が停止中である場合にのみこれを起動し（ステップ S107，S108）、温水ポンプ 1166 が運転中でない場合のみこれを最低回転数で起動して（ステップ S109，S110）、ヒートポンプ給湯器 1204 の温水戻り温度が所定値（35 度）を上回るかを確認する（ステップ S111）。

40

【0180】

自動制御装置は、ヒートポンプ給湯器 1204 の温水戻り温度が設定値を上回る場合（Yes）、温水ポンプ 1166 における流量をインバーター制御によって減らす（ステップ S112）。この戻り温水流量を減少するインバーター制御により、ヒートポンプ給湯器 1204 に戻る温水の温度が所定値以下に保持される。そして処理の最初（ステップ S101）に戻る。

【0181】

一方、自動制御装置は、ヒートポンプ給湯器 1204 の温水戻り温度が設定値を上回らない場合（No）、熱交換機 1164 を通過した温風の温度が設定値より 5 度を超えて低いか否かを確認し（ステップ S113）、Yes である場合のみ、温水ポンプ 1166 に

50

おける流量をインバーター制御によって増やす（ステップS114）。この戻り温水流量を増加するインバーター制御により、温風温度が低く（温水加熱量が少なく）かつ温水温度が設定値以下で余裕がある場合に温水加熱量を増やすことができる。この後処理の最初（ステップS101）に戻る。

【0182】

このような第17形態の塗装乾燥装置1201では、温水ポンプ1166により温水熱量を調整して戻り温水温度を低温とするため、極めて効率の良い良好な運転を行うヒートポンプ式給湯器1204を温風生成に継続利用することができる。

【0183】

[第18形態]

図20(b)に示す第18形態に係る塗装乾燥装置1221は、水熱源のヒートポンプ式給湯器1204に代えて空気熱源のヒートポンプ式給湯器1224を用いる他、第17形態と同様に成る。この第18形態にあっても、第17形態と同様に制御することができ、温風生成のためのヒートポンプ式給湯器1204の極めて効率の良い運転を継続させることができる。

【0184】

又、乾燥炉2からの排気をヒートポンプ式給湯器1224の空気熱交換機に導入すると、効率が更に向上する（外気6度の場合のCOP3.0から排気導入空気25度の場合のCOP3.8へ）。

【0185】

[第19形態]

図22に示す第19形態に係る塗装乾燥装置1251は、パイプ24に冷水を循環させる冷水ポンプ1252が設置されていると共に、パイプ14にパイプ24への分岐パイプ1253が接続された冷熱量調整手段としての冷水弁1254が設置されており、更にパイプ24の分岐パイプ1253接続部よりヒートポンプ10側に排気冷水熱交換機1256が設置されている他、第12形態と同様に成る。排気冷水熱交換機1256には、乾燥炉2の排気口から排出された排気の排気路1258も通されており、当該排気と冷水とで熱交換が可能となっている。

【0186】

このような塗装乾燥装置1251において、ヒートポンプ10は第12形態と同様に動作する他、次に示すように起動される。

【0187】

即ち、図22(a)に示すような、起動前で停止中のヒートポンプ10を起動させる場合、冷水側において熱交換すべき排気が発生していないため、ヒートポンプ10を継続運転可能な状態で起動することができない。従って、ヒートポンプ10を立ち上げる前に、他熱源Zでまず温風を作り、排気が発生した後に、ヒートポンプ10を起動する。

【0188】

例えば、エアにつき $10\text{ m}^3/\text{min}$ ・15度で導入し、停止中のヒートポンプ10をそのまま通過させて他熱源Zで80度まで加熱して（13kW）、乾燥炉2に導入して排気 $10\text{ m}^3/\text{min}$ ・70度を発生させる。そして、この排気につき、排気冷水熱交換機1256において冷水を加熱すべく流通させる。熱交換後の排気は、35度となって排出される。

【0189】

そして、自動制御装置は、排気温度が所定値（60度）まで上昇したことを把握すると、図22(b)に示すようにヒートポンプ10を起動し、他熱源Zを補助熱源とする運転に切り替える。なお、（冷水ポンプ1252をまず作動させ）冷水温度が所定値（25度）以上となったことを条件にヒートポンプ10の運転を開始するようにしても良い。

【0190】

例えば、 $10\text{ m}^3/\text{min}$ ・15度のエアにつき、ヒートポンプ10で13kWの加熱を行って80度とし、他熱源Zの加熱無しで乾燥炉2へ温風を導入する。温風の排気は7

10

20

30

40

50

0度となり、排気冷水熱交換機1256の通過後は35度となる。冷却負荷がないので冷水は冷水弁1254により全量分岐パイプ1253へ送られ、行き温度20の冷水が排気との熱交換により25度となってヒートポンプ10に戻る。

【0191】

このような第19形態の塗装乾燥装置1251では、他熱源Zにより排気を発生させてからヒートポンプ10を起動するため、極めて効率の良い運転を継続的に進めるヒートポンプ10の起動を極めて円滑に実行することができる。

【0192】

[第20形態]

図23(a)は第20形態に係る塗装乾燥装置2861の冷熱負荷が重い場合における模式図、図23(b)は塗装乾燥装置2861の冷熱負荷が比較的軽い場合における模式図、図23(c)は塗装乾燥装置2861の温熱負荷が冷熱負荷を上回る場合における模式図、図24(a)は塗装乾燥装置2861の冷熱負荷がない場合における模式図、図24(b)は塗装乾燥装置2861の冷熱負荷がなく温熱負荷が比較的大きい場合における模式図であって、塗装乾燥装置2861は、第2形態と同様に成るが、空冷ヒートポンプの代わりに複数のヒートポンプ2004, 2004p, 2004q, 2004r等を用いており、又空気圧縮機2840が配備されている。なお、塗装乾燥装置2861は、ヒートポンプ2004の加熱側供給パイプ2034における温水を加温する熱交換機2862と、熱交換機2862に蒸気(温水)STを供給可能な図示しないボイラーと、当該蒸気STの供給量を調整可能な温熱供給量調節弁2864を備えている(図24(b)参照)。又、塗装乾燥装置2861は、空気圧縮機2840の冷却水を冷却するクーリングタワー2832aと、冷却量を調整するための冷熱供給調節弁2866を備えている。

【0193】

ヒートポンプ2004p等の加熱側には、供給側のモーター弁2047p等や戻り側のモーター弁2049p等を介してクーリングタワー2832p等が接続されている。又、ヒートポンプ2004p等の加熱供給パイプ2034pにあつては、モーター弁2047pによりヒートポンプ2004の加熱側供給パイプ2034側へ切替(ないし流量調整)可能であり、ヒートポンプ2004p等の加熱戻りパイプ2036pは、モーター弁2049pによりヒートポンプ2004の加熱側戻りパイプ2036側へ切替(ないし流量調整)可能である。なお、クーリングタワー2832p等の何れかとクーリングタワー2832aとは共通であっても良い。

【0194】

更に、ヒートポンプ2004p等の冷却側のモーター弁2043p, 2045p等により、当該冷却側の回路につきヒートポンプ2004の冷却側と空気圧縮機840側とで切替(ないし流量調整)可能とされている。空気圧縮機2840側に切替えられた場合には空気圧縮機2840の冷却水と熱交換可能である。又、ヒートポンプ2004の冷却側供給パイプ2030及び冷却側戻りパイプ2032にも順にモーター弁2043, 2045が設置されており、同様に冷却炉4側と空気圧縮機2840側とで切替(ないし流量調整)可能とされている。なお、図23(a), (b)においてはヒートポンプ2004pの回路が省略されており、図23(c), 図24(a)においてはヒートポンプ2004pの加熱側回路が省略されている。これらの加熱側回路は、実際には乾燥炉2の乾燥用熱交換機16と繋がっている。

【0195】

このような塗装乾燥装置2861は、第2形態と同様に動作し、例えば次のように動作する。

【0196】

即ち、冷熱重負荷時等の図23(a)の場合、冷却用熱交換機18へ冷熱を供給する必要があり、冷熱負荷に応じた台数におけるヒートポンプ2004p等の冷房運転を行う。このとき、ヒートポンプ2004p等の冷却側はヒートポンプ2004の冷却側に切り替わっており、ヒートポンプ2004p等の加熱側はクーリングタワー2832p等側に切

り替わっている。又、複数のヒートポンプ 2004 p 等が冷房運転していれば、全てのヒートポンプ 2004 p 等につき冷房運転又は冷房運転待機の状態とする。ただし、全体としての冷却能力に余裕があれば、1 台を暖房待機状態とする。

【0197】

例えば、ヒートポンプ 2004, 2004 p 等により冷水が 7 度で冷却用熱交換機 18 に供給され、ヒートポンプ 2004 には 12 度で戻る。このとき、ヒートポンプ 2004 の温水供給温度は 70 度であり、温水戻り温度は 65 度である。又、ヒートポンプ 2004 p 等の温水供給温度は 35 度であり、温水戻り温度はクーリングタワー 2832 p 等の冷却により 30 度である。当該冷却により、ヒートポンプ 2004 p 等は冷房運転を継続することができる。

10

【0198】

又、冷熱軽負荷時等の図 23 (b) の場合、負荷に応じて冷房運転するヒートポンプ 2004 p 等が 1 台となったら、他の 1 台につき冷房待機を行い、残りのヒートポンプ 2004 p 等につき温水追従運転 (暖房運転) の待機を行う。温水追従待機中のヒートポンプ 2004 p 等の加熱側は、クーリングタワー 2832 p 等側からヒートポンプ 2004 の加熱側に切替えられ、冷却側は、ヒートポンプ 2004 の冷却側から空気圧縮機 2840 側へ切替えられる。そして、自動制御装置は、ヒートポンプ 2004 の温水戻り温度あるいは温水出口温度が所定値以下となる等、温熱の不足を検知したら、温水追従待機中のヒートポンプ 2004 p 等を運転する。なお、ヒートポンプ 2004 p 等の内 1 台でも温水追従運転が開始されると、冷房待機中のヒートポンプ 2004 p 等を温水追従待機状態に切替える。

20

【0199】

例えば、ヒートポンプ 2004 や冷房運転するヒートポンプ 2004 p 等により冷水が 7 度で冷却コイル 16 に供給され、ヒートポンプ 2004 には 12 度で戻る。ここで、ヒートポンプ 2004 の温水供給温度は 70 度であるものの、温水戻り温度は 65 度から 63 度以下となったら、温水追従待機中のヒートポンプ 2004 p 等を運転し、冷水を 30 度で空気圧縮機 2840 に供給し、冷却水との熱交換により 35 度で戻らせる。又、温水追従運転中のヒートポンプ 2004 p 等は、ヒートポンプ 2004 へ戻る温水を 70 度まで加熱し、ヒートポンプ 2004 の加熱側供給パイプ 2034 へ戻す。温水追従運転中のヒートポンプ 2004 p 等に空気圧縮機 2840 の排熱を適用することにより、ヒートポンプ 2004 p 等は暖房運転を継続することができる。

30

【0200】

更に、冷熱負荷が少なく、ヒートポンプ 2004 の冷却最低出力 (あるいはこれを上回る所定出力) 未滿となった場合、図 23 (c) に示すように、ヒートポンプ 2004 の冷却側を空気圧縮機 2840 側に切替え、ヒートポンプ 2004 による冷却用熱交換機 18 に対する冷熱供給を停止する。当該冷熱供給は、冷房運転する 1 台のヒートポンプ 2004 p 等により行われる。

【0201】

例えば、冷房運転するヒートポンプ 2004 p 等により冷水が 7 度で冷却用熱交換機 18 に供給され、ヒートポンプ 2004 には 12 度で戻る。冷房運転するヒートポンプ 2004 p 等の加熱側は、クーリングタワー 2832 p 等で運転継続可能に冷却される。又、ヒートポンプ 2004 の冷水供給温度は 30 度であり、冷水戻り温度は空気圧縮機 2840 の冷却水との熱交換により 35 度とされ、ヒートポンプ 2004 による温水供給の継続を可能としている。一方、ヒートポンプ 2004 の温水側は温水追従運転中のヒートポンプ 2004 p 等により適宜加温され、供給温度が 70 度に維持される (戻り温度は 65 度近辺となる)。

40

【0202】

又、生産ライン立ち上げ時等で冷熱が不要である場合、図 24 (a) に示すように、ヒートポンプ 2004 p 等は温熱負荷に応じて温水追従運転又は待機状態とされ、ヒートポンプ 2004 も含めて冷却側が空気圧縮機 2840 側に切替えられる。ただし、自動制御

50

装置は、冷却側の温度や各種モーター弁の開度あるいは生産状況ないしこれらの関係から、冷却用熱交換機 18 において冷水が必要になりそうであると判断すると、ヒートポンプ 2004p 等の内の 1 台を冷房待機状態とする。

【0203】

例えば、ヒートポンプ 2004, 2004p 等の加熱側は、65 度で戻り、70 度で供給される。又、ヒートポンプ 2004, 2004p 等の冷却側は、空気圧縮機 2840 の冷却水により 30 度から 35 度に加温され、空気圧縮機 2840 の排熱を利用してヒートポンプ 2004, 2004p 等の運転を継続することができる。

【0204】

加えて、冬季の生産ライン立ち上げ時等で冷熱が不要であり温熱負荷が大きい場合、図 24(b) に示すように、ヒートポンプ 2004p 等は温水追従運転され、ヒートポンプ 2004 も含めて冷却側が空気圧縮機 2840 側に切替えられる。又、温熱負荷により、ボイラーから蒸気 ST 等を温熱供給量調節弁 2864 による調整のうえで供給し、熱交換機 2862 を介して温水を加熱する。

【0205】

更に、空気圧縮機 2840 の排熱量が工場の空気消費量の減少等により低下して、ヒートポンプ 2004, 2004p 等の冷却側の加温が十分に行えなくなる場合、そのままではヒートポンプ 2004, 2004p 等の冷水戻り温度が低下し、ヒートポンプ 2004, 2004p 等が停止する温度（例えば 5 度）となってしまう。そこで、冷水が所定温度（例えば 20 度）以下となった場合、自動制御装置はヒートポンプ 2004p 等を 1 台ずつ停止して温水追従待機状態とし、空気圧縮機 2840 の冷却水温度を保持する。ヒートポンプ 2004p 等の停止による加熱量の減少は、熱交換機 2862 による加熱により補われる。なお、ヒートポンプ 2004, 2004p 等の出力をインバーター等により絞ることで空気圧縮機 2840 の冷却水温度の低下を防止しても良いし、温水の流量を温水ポンプやインバーター等により絞ることでヒートポンプ 2004, 2004p 等の出力を絞って空気圧縮機 2840 の冷却水温度の低下を防止しても良いし、熱交換機 2862 における加熱量を増すことでヒートポンプ 2004, 2004p 等の負担を減らして運転継続に必要な冷水の加熱量を減らし、空気圧縮機 2840 の冷却水温度の低下を防止しても良いし、ヒートポンプ 2004, 2004p 等の温水供給温度設定値を下げて、ヒートポンプ 2004, 2004p 等の出力を絞って空気圧縮機 2840 の冷却水温度の低下を防止しても良い。

【0206】

又、空気圧縮機 2840 の排熱量が工場の空気消費量の増加等により上昇して、ヒートポンプ 2004, 2004p 等の冷却側の加温が過剰となる場合、そのままではヒートポンプ 2004, 2004p 等の冷水戻り温度が上昇し、ヒートポンプ 2004, 2004p 等が停止する温度となってしまう。そこで、自動制御装置は、冷水が所定温度以上となるかあるいは空気圧縮機 2840 の冷却水温度が所定温度（例えば 35 度）以上となった場合、ボイラーが運転していて温水追従待機中のヒートポンプ 2004p 等があればそのヒートポンプ 2004p 等を運転して冷却水の冷却を行い、あるいはクーリングタワー 2832a を運転し、冷却水温度が上昇しないよう保持する。

【0207】

例えば、ヒートポンプ 2004, 2004p 等の冷却側は、30 度で供給され、35 度で戻る。又、ヒートポンプ 2004, 2004p 等の加熱側は、68 度から熱交換機 2862 の加熱により 70 度となって供給され、63 度で戻る。

【0208】

以上の塗装乾燥装置 2861 では、加熱負荷や冷熱負荷に応じてヒートポンプ 2004, 2004p 等の冷却側を自動で空気圧縮機 2840 側に切替え、空気圧縮機 2840 の冷却水との熱交換によりヒートポンプ 2004, 2004p 等の冷水を加温するため、冷却水を利用してヒートポンプ 2004, 2004p 等の運転を継続させることができ、省エネルギー性の高い状態で作動させることができる。

10

20

30

40

50

【 0 2 0 9 】

[第 2 1 形態]

図 2 5 (a) は第 2 1 形態に係る塗装乾燥装置 2 8 7 1 において冷熱負荷が温熱負荷に対して極めて大きい場合等における模式図、図 2 5 (b) は塗装乾燥装置 2 8 7 1 において冷熱負荷が温熱負荷に対して大きい場合等における模式図、図 2 5 (c) は塗装乾燥装置 2 8 7 1 において温熱負荷が冷熱負荷に対して大きい場合等における模式図、図 2 6 (a) , (b) は塗装乾燥装置 2 8 7 1 において空冷ヒートポンプが故障した場合等における模式図であって、塗装乾燥装置 2 8 7 1 は、第 2 0 形態と同様に成る。

【 0 2 1 0 】

加えて、空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等の回路は、モーター弁 2 0 4 3 a 等やモーター弁 2 0 4 5 a 等により、ヒートポンプ 2 0 0 4 の加熱側と冷却側とで切替可能である。なお、図 2 5 , 2 6 において、冷却炉 4 とヒートポンプ 2 0 0 4 の間の回路は一部省略されている。

10

【 0 2 1 1 】

塗装乾燥装置 2 8 7 1 では、空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等による冷却を見込み、ヒートポンプ 2 0 0 4 の最大冷熱出力を当該最低冷熱負荷より小さくしている。

【 0 2 1 2 】

このような塗装乾燥装置 2 8 7 1 は、第 2 0 形態と同様に動作し、例えば次のように動作する。

【 0 2 1 3 】

20

即ち、夏季の冷熱重負荷時等の図 2 5 (a) の場合、冷却炉 4 の冷却用熱交換機 1 8 へ冷熱を供給する必要があるため、冷熱負荷に応じた台数における空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等の冷房運転を行う。このとき、空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等の冷却側はヒートポンプ 2 0 0 4 の冷却側に切り替わっている。又、複数の空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等が冷房運転していれば、全ての空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等につき冷房運転又は冷房運転待機の状態とする。ただし、全体としての冷却能力に余裕があれば、1 台を暖房待機状態とする。

【 0 2 1 4 】

例えば、ヒートポンプ 2 0 0 4 や空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等により冷水が 7 度で冷却用熱交換機 1 8 に供給され、ヒートポンプ 2 0 0 4 や空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等には 1 2 度で戻る。このとき、ヒートポンプ 2 0 0 4 の温水供給温度は 6 5 度であり、温水戻り温度は 6 0 度である。又、空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等による戻り冷水の冷却ないし冷却側供給パイプ 2 0 3 0 への供給により、冷水温度ないし冷熱量を制御する。温水については、ヒートポンプ 2 0 0 4 を温水追従モードで運転（熱回収運転）することにより、温水温度ないし加熱量を制御する。

30

【 0 2 1 5 】

又、冷熱軽負荷時等の図 2 5 (b) の場合、負荷に応じて冷房運転する空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等が所定台数（1 台）以下となったら、他の所定台（1 台）につき冷房待機を行い、残りの空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等につき暖房運転の待機を行う。暖房待機中の空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等の加熱側は、ヒートポンプ 2 0 0 4 の冷却側から加熱側に切替えられる。そして、自動制御装置は、ヒートポンプ 2 0 0 4 の温水戻り温度が所定値以下となる等温熱の不足を検知したら、暖房待機中の空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等を運転する。なお、空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等の内所定台（1 台）以上において暖房運転が開始されると、冷房待機中の空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等を暖房待機状態に切替える。

40

【 0 2 1 6 】

例えば、ヒートポンプ 2 0 0 4 や冷房運転する空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等により冷水が 7 度で冷却コイル 2 0 1 6 に供給され、ヒートポンプ 2 0 0 4 や空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等には 1 2 度で戻る。ここで、ヒートポンプ 2 0 0 4 の温水供給温度は 6 5 度であるものの、温水戻り温度は 6 0 度から 5 8 度以下となったら、暖房待機中の空冷ヒート

50

ポンプ 2 1 5 4 a 等を運転し、ヒートポンプ 2 0 0 4 へ戻る温水を空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等により 6 5 度まで加熱し、ヒートポンプ 2 0 0 4 の加熱側供給パイプ 2 0 3 4 へ戻して温水不足を解消する。

【 0 2 1 7 】

更に、生産状況により冷熱負荷が少なくなった場合、図 2 5 (c) に示すように、ヒートポンプ 2 0 0 4 による冷却は続行すると共に、空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等 (の 1 台) を冷房運転して冷熱負荷を調整する。又、温熱負荷に応じて暖房待機中の空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等を運転し、暖房待機中の空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等を運転すると、冷房待機中の空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等を暖房待機状態に切替える。なお、空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等において冷房待機機を (1 台) 設けても良い。

10

【 0 2 1 8 】

例えば、ヒートポンプ 2 0 0 4 や冷房運転する空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等により冷水が 7 度で冷却用熱交換機 1 8 に供給され、ヒートポンプ 2 0 0 4 には 1 2 度で戻る。ヒートポンプ 2 0 0 4 や暖房運転中の空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等による温水供給温度は 6 5 度であり、温水戻り温度は 6 0 度とされ、ヒートポンプ 2 0 0 4 による温水ないし冷水の供給の継続を可能としている。

【 0 2 1 9 】

加えて、冷房運転中の空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等がトリップ等により故障した場合、図 2 6 (a) に示すように、暖房待機中の空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等を冷房モードに切替え冷房運転して冷熱不足を防止する。

20

【 0 2 2 0 】

以上の塗装乾燥装置 2 8 7 1 では、加熱負荷や冷熱負荷に応じて空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等の状態を切替え、ヒートポンプ 2 0 0 4 による加熱や冷却を補助するため、乾燥炉 2 ないし冷却炉 4 につき年間を通じて的確に加熱ないし冷却することができ、ヒートポンプ 2 0 0 4 の運転を継続させて、省エネルギー性の高い状態で塗装乾燥装置 2 8 7 1 を作動させることができる。

【 0 2 2 1 】

[第 2 2 形態]

図 2 6 (c) は第 2 2 形態に係る塗装乾燥装置 2 8 8 1 において温熱負荷が冷熱負荷に対して大きい場合等における模式図であって、塗装乾燥装置 2 8 8 1 は、第 2 0 形態と同様に成るが、ヒートポンプ 2 0 0 4 の最大冷熱出力を当該最低冷熱負荷以上にしている点で相違する。

30

【 0 2 2 2 】

塗装乾燥装置 2 8 8 1 においては、温水追従運転中のヒートポンプ 2 0 0 4 にあって、冷熱負荷が少ないことから冷熱が十分に利用されないで冷水が戻り、このままでは温熱と冷熱のバランスが崩れて運転が停止してしまうような場合、暖房運転中の (1 台の) 空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等の温水を熱交換機 2 0 4 0 側に切替えて、ヒートポンプ 2 0 0 4 の冷水を熱交換により加熱し、ヒートポンプ 2 0 0 4 の冷水の冷熱を奪って温熱とのバランスを保ち、ヒートポンプ 2 0 0 4 の運転を継続させる。なお、ヒートポンプ 2 0 0 4 の加熱側の回路を熱交換機 2 0 4 0 側に分岐可能とし、この分岐回路ないし熱交換機 2 0 4 0 によってヒートポンプ 2 0 0 4 の冷水側を加熱しても良い。

40

【 0 2 2 3 】

このような塗装乾燥装置 2 8 8 1 にあっても、ヒートポンプ 2 0 0 4 の冷熱と温熱のバランスが維持されてヒートポンプ 2 0 0 4 の運転を継続させることができ、省エネルギー性に優れた状態で塗装乾燥装置 2 8 8 1 を適切に運転することができる。

【 0 2 2 4 】

[第 2 3 形態]

図 2 7 (a) は第 2 3 形態に係る塗装乾燥装置 2 9 0 1 において冷熱負荷が温熱負荷に対して極めて大きい場合等における模式図、図 2 7 (b) は塗装乾燥装置 2 9 0 1 において冷熱負荷が温熱負荷に対して大きい場合等における模式図、図 2 7 (c) は塗装乾燥装

50

置 2 9 0 1 において温熱負荷が冷熱負荷に対して大きい場合等における模式図、図 2 8 (a) は塗装乾燥装置 2 9 0 1 において冷熱負荷がない場合等における模式図、図 2 8 (b) は塗装乾燥装置 2 9 0 1 において冷熱負荷がなく温熱負荷が比較的に大きい場合等における模式図であって、塗装乾燥装置 2 9 0 1 は、第 2 0 形態と同様に成る。なお、図 2 7 , 2 8 においても一部の回路が省略されている。

【 0 2 2 5 】

又、塗装乾燥装置 2 9 0 1 は、第 2 0 形態と同様に、空気圧縮機 2 8 4 0 を備えていると共に、ヒートポンプ 2 0 0 4 の冷却側を空気圧縮機 2 8 4 0 の冷却水 (排温水) 側に切替えるモーター弁 2 0 4 3 , 2 0 4 5 ないし回路を有している。

【 0 2 2 6 】

このような塗装乾燥装置 2 9 0 1 は、第 2 0 形態と同様に動作し、例えば次のように動作する。

【 0 2 2 7 】

即ち、冷熱重負荷時等の図 2 7 (a) の場合、冷却用熱交換機 1 8 へ冷熱を供給する必要がある、冷熱負荷に応じた台数における空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等の冷房運転を行う。このとき、空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等の冷却側はヒートポンプ 2 0 0 4 の冷却側に切り替わっている。又、複数の空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a が冷房運転していれば、全ての空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等につき冷房運転又は冷房運転待機の状態とする。ただし、全体としての冷却能力に余裕があれば、1 台を暖房待機状態とする。

【 0 2 2 8 】

例えば、ヒートポンプ 2 0 0 4 や空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等により冷水が 7 度で冷却コイル 1 6 に供給され、ヒートポンプ 4 や空冷ヒートポンプ 1 5 4 a 等には 1 2 度で戻る。このとき、ヒートポンプ 2 0 0 4 の温水供給温度は 6 5 度であり、温水戻り温度は 6 0 度である。又、空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等による戻り冷水の冷却ないし冷却側供給パイプ 3 0 への供給により、ヒートポンプ 2 0 0 4 の冷熱負荷が軽減され、ヒートポンプ 2 0 0 4 は冷房運転を継続することができる。

【 0 2 2 9 】

又、冷熱軽負荷時等の図 2 7 (b) の場合、負荷に応じて冷房運転する空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等が 1 台となったら、他の 1 台につき冷房待機を行い、残りの空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等につき暖房運転の待機を行う。暖房待機中の空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等の加熱側は、ヒートポンプ 2 0 0 4 の冷却側から加熱側に切替えられる。そして、自動制御装置は、ヒートポンプ 2 0 0 4 の温水戻り温度が所定値以下となる等温熱の不足を検知したら、暖房待機中の空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等を運転する。なお、空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等の内 1 台でも暖房運転が開始されると、冷房待機中の空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等を暖房待機状態に切替える。

【 0 2 3 0 】

例えば、ヒートポンプ 2 0 0 4 や冷房運転する空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等により冷水が 7 度で冷却用熱交換機 2 0 1 8 に供給され、ヒートポンプ 2 0 0 4 や空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等には 1 2 度で戻る。ここで、ヒートポンプ 2 0 0 4 の温水供給温度は 6 5 度であるものの、温水戻り温度は 6 0 度から 5 8 度以下となったら、暖房待機中の空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等を運転し、ヒートポンプ 2 0 0 4 へ戻る温水を 6 5 度まで加熱し、ヒートポンプ 2 0 0 4 の加熱側供給パイプ 2 0 3 4 へ戻して温水不足を解消する。

【 0 2 3 1 】

更に、生産状況により冷熱負荷が少なくなり、冷房運転中の空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等の出力が所定値 (最大出力の所定割合 (2 5 %) に応じた値) 以下となるか、あるいは冷水戻り温度が所定値 (1 0 度) 以下となった場合、図 2 7 (c) に示すように、ヒートポンプ 2 0 0 4 の冷却側を空気圧縮機 2 8 4 0 側に切替えると共に、空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等の 1 台を冷房運転して冷却炉 4 の冷熱負荷に対応する。又、温熱負荷に応じて暖房待機中の空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等を運転し、暖房待機中の空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等を運転すると、冷房待機中の空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等を暖房待機状態

10

20

30

40

50

に切替える。なお、空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等において冷房待機機を (1 台) 設けても良い。

【 0 2 3 2 】

例えば、ヒートポンプ 2 0 0 4 は 6 5 度の温水を供給して 6 0 度の戻り温水を受ける一方、空気圧縮機 2 8 4 0 側に 3 0 度の冷水を供給して冷却水との熱交換により 3 5 度の戻り冷水を受ける。乾燥炉 2 の加熱はヒートポンプ 2 0 0 4 によりまかなわれ、冷却炉 4 の冷却は冷房運転中の空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等によりまかなわれる (供給 7 度、戻り 1 2 度)。ヒートポンプ 2 0 0 4 の冷却側に空気圧縮機 2 8 4 0 の排温水を適用することで、ヒートポンプ 2 0 0 4 の運転が継続される。

【 0 2 3 3 】

一方、冷房運転中の空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等の出力が所定値 (最大出力の所定割合 (8 5 %) に応じた値) 以上となるか、あるいは冷水戻り温度が所定値 (1 5 度) 以上となった場合、ヒートポンプ 2 0 0 4 を一旦停止し、冷水側を乾燥炉 2 側に切替え、乾燥炉 2 の温水を空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等でまかった後、ヒートポンプ 2 0 0 4 を温水追従運転して冷温水を供給する。

【 0 2 3 4 】

加えて、生産ライン立ち上げ時等で冷房負荷がない図 2 8 (a) のような場合、空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等を加熱負荷に応じた台数で暖房運転し、残りを暖房待機状態とする。又、冷熱供給量調節弁 2 0 4 8 の開度が所定値以上となるか、あるいは生産状況が所定のものとなったら、冷水の供給再開に対応するため、(1 台の) 空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等を冷房待機状態に切替える。

【 0 2 3 5 】

又、冬季の生産ライン立ち上げ時等で温熱負荷が大きい図 2 8 (b) のような場合、温水の熱量が加熱負荷に対して少なければ、その分ヒートポンプ 2 0 0 4 の加熱側がボイラーからの蒸気 S T との熱交換により加温され、加熱不足を防止する。例えば、ヒートポンプ 2 0 0 4 の温水戻り温度が 5 8 度で温水供給温度が暖房運転中の空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等によっても 6 3 度にしか昇温しない場合、自動制御装置は温度センサ等によりこの場合を把握して温熱供給量調節弁 2 8 6 4 を作動させ、蒸気 S T により供給する温水を 6 5 度に加温する。

【 0 2 3 6 】

以上の塗装乾燥装置 2 9 0 1 では、加熱負荷や冷熱負荷に応じて空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等の状態を切替え、ヒートポンプ 2 0 0 4 による加熱や冷却を補助すると共に、冷熱負荷がない場合にはヒートポンプ 2 0 0 4 の冷却側を排温水側に切替えると共に必要に応じて空冷ヒートポンプ 2 1 5 4 a 等を冷房待機させるため、乾燥炉 2 や冷却炉 4 につき的確に加熱ないし冷却しながら、ヒートポンプ 2 0 0 4 の運転を継続させて、省エネルギー性の高い状態で塗装乾燥装置 2 9 0 1 を作動させることができる。

【 0 2 3 7 】

[第 2 4 形態]

図 2 8 (c) は第 2 4 形態に係る塗装乾燥装置 2 9 1 1 において冷熱負荷がない場合等における模式図であって、塗装乾燥装置 2 9 1 1 は、第 2 3 形態と同様に成るが、冷却側回路の切替えにつき、モーター弁 2 0 4 3 , 2 0 4 5 で行うのではなく、熱交換機 2 0 4 0 で空気圧縮機 2 8 4 0 の冷却水との熱交換を行いつつ流量調節弁 2 0 4 6 により行うものとしている。

【 0 2 3 8 】

このような塗装乾燥装置 2 9 1 1 にあっても、例えば空気圧縮機 2 8 4 0 の 4 0 度の冷却水によってヒートポンプ 2 0 0 4 の 2 5 度の冷水を 3 0 度に昇温できる (空気圧縮機 2 8 4 0 の冷却水は 3 5 度となる) ため、温熱と冷熱のバランスを保持して省エネルギー性に優れたヒートポンプ 2 0 0 4 の運転を継続させることができる。

【 0 2 3 9 】

[第 2 5 形態]

図29は第25形態に係る塗装乾燥装置3001の模式図であって、塗装乾燥装置3001は、第20形態と同様に成るが、温水ボイラー2506及び温水タンク2508が加熱側戻りパイプ2036側に配置されていると共に、冷却側戻りパイプ2032a~2032dないし加熱側戻りパイプ2036a~2036dのそれぞれに冷水ポンプ3002a~3002dあるいは温水ポンプ3006a~3006dが設置されている。又、ヒートポンプ2004aは、冷熱負荷調整機として位置づけられている。なお、冷熱負荷調整機はここでは1台とされているが、複数台配置しても良い。

【0240】

塗装乾燥装置3001の自動制御装置は、例えばヒートポンプ2004b等につき自身の温水供給温度に基づいて制御し、冷熱負荷調整機としてのヒートポンプ2004aにつ
10
き自身の温水供給温度及び冷水供給温度に基づいて制御し、温水ボイラー2506につき温水タンク2508の温度あるいは加熱側戻りパイプ2036の温水戻り温度に基づいて制御し、冷水戻り温度を調整する流量調節弁2046につき冷水戻り温度に基づいて制御し、乾燥炉2への温水供給量を調整する第2温熱供給量調節弁2109ないし冷却炉4への冷水供給量を調整する冷熱供給量調節弁2048につき温風温度に基づいて制御する。これらの温度は、それぞれの温度センサにより検知され、自動制御装置により把握される。

【0241】

このような塗装乾燥装置3001は、第20形態と同様に動作し、例えば次のように動作する。
20

【0242】

即ち、図30に示すように、自動制御装置は、乾燥炉2の停止指令があれば（ステップS1001でNO）、ヒートポンプ2004a等や温水ボイラー2506を停止して（ステップS1002, 1003）、処理を終了する。

【0243】

一方、停止指令がなければ（ステップS1001でYES）、流量調節弁2046の開度が60%以下であるかを判定し（ステップS1004）、YESであれば、冷水を加温する排温水Xの熱量に余裕があるので、温水ボイラー2506が運転中でなければ最初に戻る（ステップS1005でNO）。なお、初期状態において、ヒートポンプ2004aは運転していると共に、ヒートポンプ2004b等は停止している。
30

【0244】

他方、温水ボイラー2506が運転中であれば（ステップS1005でYES）、流量調節弁2046の開度を上げるためのループ1の処理に移る。即ち、まず冷熱負荷調整機としてのヒートポンプ2004aの温水ポンプ3006aにおける流量を増加する（ステップS1006）。すると、一時的にヒートポンプ2004aの温水供給温度が下がるので、ヒートポンプ2004aは、温水が設定温度（60度）となるように、出力を自動的に増加する（温熱追従運転、インバーター出力増）。

【0245】

温水出力が増加すると、これに伴い冷水出力も増加して、そのままでは冷水温度が低下していくので、自動制御装置は、流量調節弁2046の開度が所定値（70%）に上昇し
40
、排温水X（35度）との熱交換量が増加して冷水戻り温度（17度、供給温度10度）が維持される状態で落ち着くように、ヒートポンプ2004a等や温水ボイラー2506を次のように制御する。

【0246】

即ち、自動制御装置は、ヒートポンプ2004aの負荷が最大負荷に対して所定割合（95%）以下であるか否か確認する（ステップS1007）。ヒートポンプ2004aの負荷が所定割合以下でなければ（NO）、ヒートポンプ2004b等のうち運転していないものを（1台）起動し（ステップS1008）、ステップS1009に移行する。又、ヒートポンプ2004aの負荷が所定割合以下であれば（ステップS1007でYES）、ステップS1008を実行せずにステップS1009に移行する。
50

【 0 2 4 7 】

又、ヒートポンプ 2 0 0 4 a の戻り温水の流量を増やすと、乾燥炉 2 への温水流量も増加し、温水戻り温度が上昇するため、他熱源としての温水ボイラー 2 5 0 6 の出力を絞ることで、温水戻り温度を適切な温度差（ヒートポンプ 2 0 0 4 a の最大出力時のもの、差分 5 度）が確保されるようにする。

【 0 2 4 8 】

即ち、自動制御装置は、ステップ S 1 0 0 9 において、温水戻り温度が所定値（66度）以上となったか否かを監視する。温水戻り温度が所定値以上であれば温水戻り温度を所定値（65度）まで下げるためのループ 2 を実行し、そうでなければループ 1 の先頭（ステップ S 1 0 0 7 ）若しくは処理の先頭（流量調節弁 4 6 の開度が所定値に達した場合、ステップ S 1 0 0 1 ）に戻る。ループ 2 では、温水ボイラー 2 5 0 6 の出力を減じていく（ステップ S 1 0 1 0 ）。

10

【 0 2 4 9 】

例えば、450 kW の温熱負荷を賄う場合、温水流量毎時 43 トンで温度差 5 度となるヒートポンプ 4 a では 250 kW（ 43×5 を $860 \text{ kW} / \text{kcal}$ で除する）を賄い、又温水ボイラー 2 5 0 6 では 200 kW を賄っている状態から、温水流量を毎時 60.2 トンに増加すると、一時的にヒートポンプ 2 0 0 4 a の温水供給温度が下がり、当該温度を設定値まで回復するためインバーターで 350 kW（ $60.2 \times 5 / 860$ ）に増加され、乾燥炉 2 からの温水戻り温度が上昇するものの、これに従い温水ボイラー 2 5 0 6 の出力を 100 kW に絞るので、ヒートポンプ 2 0 0 4 a での温水供給・戻り温度差を保持しながら、450 kW の温熱負荷に対応することができる。

20

【 0 2 5 0 】

なお、以上に対し、温水ボイラー 2 5 0 6 によって温水戻り温度を調整しないとすると、戻り温水の流量を増やしても一時的にヒートポンプ 2 0 0 4 a の温水供給温度が下がるので、温水追従運転をするヒートポンプ 2 0 0 4 a は出力を増して温水供給温度を設定値（70度）とする。すると、一時的に設定温度における温水の流量が増えて熱量が増えるが、乾燥炉 2 における熱消費量は変わらない程度の時間経過であるため、温水戻り温度が上昇して供給温度との差が少なくなり、温水追従運転によりヒートポンプ 2 0 0 4 a の出力が絞られるため、結局ヒートポンプ 2 0 0 4 a の加熱出力は変わらないとみることができ、よって冷却出力も増加しないことになる。

30

【 0 2 5 1 】

例えば、450 kW の温熱負荷を賄う場合、ヒートポンプ 2 0 0 4 a において温水流量毎時 77.4 トンで温度差 5 度のところ流量を毎時 129 トンに増加しても温度差が 3 度となり、加熱出力は 450 kW で変わらない。即ち、流量を増すと一時的に温水供給温度が 68 度に下がるが、温水追従運転により温水温度を 70 度とするためインバーター出力が増加され、一時的に 750 kW の高出力となる。しかし、乾燥炉 2 での負荷が 450 kW であるため温熱が用いられず温水戻り温度が上がることとなり、温水供給温度との温度差が縮まって結局ヒートポンプ 2 0 0 4 a の温水出力が乾燥炉 2 での負荷に合っていく。

【 0 2 5 2 】

一方、流量調節弁 2 0 4 6 の開度が所定値（60%）以下でなければ（ステップ S 1 0 0 4 で NO）、更に当該開度がこれを上回る特定値（80%）以上であるかをチェックし（ステップ S 1 0 1 1）、そうでなければ、処理の先頭（ステップ S 1 0 0 1）に戻り、そうであれば、排温水 X の熱量が不足するものとして、流量調節弁 2 0 4 6 の開度を当該所定値と特定値の間の値（70%）に下げるためのループ 3 を実行する。

40

【 0 2 5 3 】

ループ 3 では、ヒートポンプ 2 0 0 4 a の温水ポンプ 3 0 0 6 a における流量を減らし（ステップ S 1 0 1 2）、ヒートポンプ 2 0 0 4 a の負荷が最大負荷に対して所定割合（50%）以上であるか否かを確認する（ステップ S 1 0 1 3）。自動制御装置は、ヒートポンプ 2 0 0 4 a の負荷が所定割合以上でなければ、ヒートポンプ 2 0 0 4 b 等のうち運転中のものを（1台）停止し（ステップ S 1 0 1 4）、ステップ S 1 0 1 5 に移行する。又

50

、自動制御装置は、ヒートポンプ2004aの負荷が所定割合以上であれば、ステップS1014を実行せずにステップS1015に移行する。

【0254】

自動制御装置は、ステップS1015において、温水戻り温度が所定値(64度)以下となったか否かを監視する。温水戻り温度が所定値以下であれば温水戻り温度を所定値(65度)まで上げるためのループ4を実行し、そうでなければループ3の先頭(ステップS1012)若しくは処理の先頭(流量調節弁2046の開度が所定値に達した場合、ステップS1001)に戻る。ループ4では、温水ボイラー2506が自動運転モードでなければ当該モードとしたうえで(ステップS1016、S1017)、温水ボイラー2506の出力を増していく(ステップS1018)。

10

【0255】

このようなループ3等の実行により、温水ポンプ3006aの流量を減らすと共に他熱源としての温水ボイラー2506による加温量を調整して、ヒートポンプ2004aにおける温水側の温度差を適切に保持し、冷熱負荷に適切に対応することができる。

【0256】

例えば、350kWの温熱負荷を賄う場合、温水流量毎時60.2トンで温度差5度となるヒートポンプ2004aでは350kWを賄っている状態から、温水流量を毎時43トンに減少すると、一時的にヒートポンプ2004aの温水供給温度が上がり、当該温度を設定値へ下げるためインバーターで250kWに絞られて、乾燥炉2からの温水戻り温度が下がるものの、これに伴い温水ボイラー2506による100kWの加熱を開始するので、ヒートポンプ2004aでの温水供給・戻り温度差を差分5度に保持しながら、350kWの温熱負荷に対応することができる。

20

【0257】

なお、以上に対し、温水ボイラー2506によって温水戻り温度を調整しないとすると、例えば温水流量を毎時60.2トンから毎時43トンに絞っても、結局温度差が7度に広がって加熱出力が350kWから変わらない。

【0258】

以上の塗装乾燥装置3001では、流量調節弁2046の開度が所定値以上となって排温水Xの熱量が不足し温熱負荷に対する冷熱のバランスがとれなくなってヒートポンプ2004が停止しそうになると、適宜ヒートポンプ2004の一部を停止したり、温水ボイラー2506の出力を増したりし、又流量調節弁2046の開度が所定値以下(かつ温水ボイラー2506運転中)となって排温水Xの熱量に余裕がありヒートポンプ2004による運転が可能な状況になると、順次ヒートポンプ2004の運転を開始するので、温熱負荷に適切に対応しつつ運転の継続可能な状態で最大数のヒートポンプ2004を稼働させることができ、運転に影響のない範囲でなるべくヒートポンプ2004の他熱源に対する運転比率を向上して、温熱負荷が変動しても省エネルギー性の高い状態で塗装乾燥を施すことができる。

30

【0259】

又、塗装乾燥装置3001では、排温水Xや温水ボイラー2506という他熱源が設置されると共に、冷水ポンプ3002a等や温水ポンプ3006a等によってヒートポンプ2004に対する媒体の流量を調整するため、流量の調整によって媒体温度ないし媒体熱量を制御することができる。

40

【0260】

更に、塗装乾燥装置3001では、複数のヒートポンプ2004のうちの一部を冷水負荷調整機とし、その負荷に応じて他のヒートポンプ2004の追加起動や停止を行うため、単数あるいは複数のヒートポンプ2004を負荷が過剰とならない範囲で負荷の高く効率の良好な状態で運転することができ、又このような適切な運転を冷熱負荷調整機の負荷というシンプルな指標に基づいて簡便に実行することができる。

【0261】

[第26形態]

50

図 3 1 は第 2 6 形態に係る塗装乾燥装置の動作を示すフローチャートであって、当該塗装乾燥装置は、第 2 5 形態と同様に成るが、冷却側戻りパイプ 2 0 3 2 (冷却側戻りパイプ 3 2 a に分岐する手前・上流側) に冷水タンクを備えている。又、図示しない冷水チラーが、後述の第 2 8 形態 (図 3 3 参照) と同様、冷却側に接続されている。

【 0 2 6 2 】

このような塗装乾燥装置は、第 2 5 形態と同様に動作するが、流量調節弁 2 0 4 6 の開度の代わりに、冷水タンク等における冷水戻り温度に基づいて、ヒートポンプ 2 0 0 4 の運転台数を変更したり、他熱源の出力を増減したりする。

【 0 2 6 3 】

即ち、冷水戻り温度が特定値 (1 7 度) 以上であって (ステップ S 1 0 2 1 で Y E S) 、温水ボイラー 2 5 0 6 が運転中であれば (ステップ S 1 0 0 5 で Y E S) 、冷水戻り温度を所定値 (1 5 度) まで下げるためにループ 1 を実行する。なお、温水ボイラー 2 5 0 6 が運転中でなければ (ステップ S 1 0 0 5 で N O) 、冷水チラーを運転する (ステップ S 1 0 2 2) 。

【 0 2 6 4 】

又、冷水戻り温度が特定値 (1 3 度) 以下であれば (ステップ S 1 0 2 3 で Y E S) 、冷水戻り温度を所定値 (1 5 度、下げる場合の所定値と異なっても良い) まで上げるためにループ 3 を実行する。なお、ステップ S 1 0 1 2 の手前において、冷水チラーが運転中か否かを確認し (ステップ S 1 0 2 4) 、運転中であれば (Y E S) 、冷水チラーを 1 台停止して (ステップ S 1 0 2 5) ループ 3 の末尾に移行し、運転中でなければ (N O) 、ステップ S 1 0 1 2 を実行する。

【 0 2 6 5 】

以上の第 2 6 形態に係る塗装乾燥装置においても、第 2 5 形態に係る塗装乾燥装置 3 0 0 1 と同様、温熱負荷に適切に対応しつつ運転の継続可能な状態で最大数のヒートポンプ 2 0 0 4 を稼働させることができ、運転に影響のない範囲でなるべくヒートポンプ 2 0 0 4 の他熱源に対する運転比率を向上して、温熱負荷が変動しても省エネルギー性の高い状態で塗装乾燥を実行することができる。

【 0 2 6 6 】

[第 2 7 形態]

図 3 2 は第 2 7 形態に係る塗装乾燥装置の動作を示すフローチャートであって、当該塗装乾燥装置は、第 2 6 形態と同様に成るが、温水ボイラー 2 5 0 6 と接続された温水タンクが、加熱側供給パイプ 2 0 3 4 及び加熱側戻りパイプ 2 0 3 6 の双方 (合流分岐部と第 2 温熱供給量調節弁 2 1 0 9 の間) において介装されており、当該温水タンクと乾燥炉 2 の間における加熱側供給パイプ 2 0 3 4 には、当該温水タンクから温水を乾燥炉 2 (第 2 温熱供給量調節弁 2 1 0 9) に供給するためのポンプが設置されている。

【 0 2 6 7 】

又、第 2 7 形態の塗装乾燥装置にあっては、冷水を直接冷却しあるいは冷水を冷却するための媒体を冷却する冷水チラーが、1 台又は複数台設置されている。当該冷水チラーの冷水側は、ヒートポンプ 2 0 0 4 と同様に接続されている。又、冷水チラーには、冷却時に発生した熱を冷却するため、ヒートポンプ 2 0 0 4 の温水回路から独立しているクーリングタワーが接続されているが、クーリングタワーを必要としない空冷式としても良い。なお、排熱回収型ヒートポンプ (の予備機) を冷水チラーとして用いても良い。

【 0 2 6 8 】

このような塗装乾燥装置は、第 2 6 形態と同様に動作するが、冷水温度をヒートポンプ 2 0 0 4 の台数の増減に加えて (増減をする前に) 冷水チラーにより制御することが可能である。

【 0 2 6 9 】

即ち、冷水戻り温度が特定値 (1 7 度) 以上であって (ステップ S 1 0 2 1 で Y E S) 、温水ボイラー 2 5 0 6 が運転中でなければ (ステップ S 1 0 0 5 で N O) 、冷水チラーを運転する (ステップ S 1 0 3 1) 。なお、温水ボイラー 2 5 0 6 が運転中であれば (ス

10

20

30

40

50

テップ S 1 0 0 5 で Y E S)、冷水戻り温度を所定値 (1 5 度) まで下げるためにループ 1 を実行するが、ループ 1 においては、温水タンク内の温水の温度が所定値 (7 0 度) 以上である場合にループ 2 を実行する (ステップ S 1 0 3 2)。又、ループ 3 においても、温水タンク温度が所定値 (6 7 度) 以下である場合にループ 4 を実行する (ステップ S 1 0 3 3)。

【 0 2 7 0 】

以上の第 2 7 形態に係る塗装乾燥装置においても、第 2 6 形態に係る塗装乾燥装置と同様、温熱負荷に適切に対応しつつ運転の継続可能な状態で最大数のヒートポンプ 2 0 0 4 を稼働させることができ、又冷水チラーを配備することによりヒートポンプ 4 の台数を減じる前に冷水温度を調整することができ、運転に影響のない範囲でなるべくヒートポンプ 2 0 0 4 の他熱源に対する運転比率をよりきめ細かく向上して、温熱負荷が変動しても省エネルギー性の高い状態で塗装乾燥を実行することができる。

10

【 0 2 7 1 】

[第 2 8 形態]

図 3 3 は第 2 8 形態に係る塗装乾燥装置 3 0 5 1 の模式図であって、塗装乾燥装置 3 0 5 1 は、第 2 5 形態と同様に成るが、第 2 7 形態の冷水チラーと同様の冷水チラー 3 0 5 2 a , 3 0 5 2 b が複数設置されている。冷水チラー 3 0 5 2 a 等には、温熱渡しパイプ 3 0 5 4 a 等と温熱戻りパイプ 3 0 5 6 a 等を介してクーリングタワー 2 5 0 4 c 等と接続されている。温熱戻りパイプ 3 0 5 6 a 等には、ポンプ 3 0 5 7 a 等が配置されている。なお、冷水チラーは、単数でも良い。又、塗装乾燥装置 3 0 5 1 は、第 2 5 形態と同様の温水タンク 3 0 5 8 を有する。

20

【 0 2 7 2 】

更に、ヒートポンプ 2 0 0 4 a , 2 0 0 4 b は、冷水の温度あるいは冷熱が一定となるような冷水追従運転が可能であり、ヒートポンプ 2 0 0 4 a , 2 0 0 4 b は温熱負荷調整機として位置づけられているが、全台を温熱負荷調整機としなくても良いし、ヒートポンプ 2 0 0 4 につき単数あるいは 3 台以上としても良い。又、排温水 X や流量調節弁 2 0 4 6 等は省略されている。

【 0 2 7 3 】

塗装乾燥装置 3 0 5 1 の自動制御装置は、例えば温熱負荷調整機としてのヒートポンプ 2 0 0 4 a , 2 0 0 4 b につき自身の冷水供給温度及び温水供給温度に基づいて制御し、温水ボイラー 2 5 0 6 につき温水タンク 3 0 5 8 の温度あるいは加熱側供給パイプ 2 0 3 4 の温水供給温度に基づいて制御し、乾燥炉 2 への温水供給量を調整する第 2 温熱供給量調節弁 2 1 0 9 ないし冷却炉 4 への冷水供給量を調整する冷熱供給量調節弁 2 0 4 8 につき温風温度に基づいて制御する。これらの温度は、それぞれの温度センサにより検知され、自動制御装置により把握される。

30

【 0 2 7 4 】

このような塗装乾燥装置 3 0 5 1 は、第 2 5 , 2 7 形態と同様に動作し、例えば次のように動作する。

【 0 2 7 5 】

即ち、図 3 4 に示すように、自動制御装置は、ヒートポンプ 2 0 0 4 の温水供給温度が 6 8 度以下であれば (ステップ S 1 0 5 1 で Y E S)、温水供給温度を所定温度 (7 0 度) に上げるためのループ 1 を実行し、ヒートポンプ 4 の温水供給温度が特定温度 (7 2 度) 以上であって温水ボイラー 2 5 0 6 が停止中であれば (ステップ S 1 0 5 1 で N O、ステップ S 1 0 6 0 , S 1 0 6 1 で共に Y E S)、温水供給温度を所定温度 (7 0 度) に下げるためのループ 3 を実行する。なお、ステップ S 1 0 6 1 で N O であれば、温水ボイラー 5 0 6 の出力を減じ (ステップ S 1 0 6 2)、処理の最初に戻る。

40

【 0 2 7 6 】

自動制御装置は、ループ 1 において、温熱負荷調整機としてのヒートポンプ 4 a , 4 b の冷水ポンプ 3 0 0 2 a の流量を増し (ステップ S 1 0 5 2)、冷水供給温度が特定温度 (7 度) 以下であれば (ステップ S 1 0 5 3 で Y E S)、冷水供給温度を所定温度 (1 0

50

度)とするために冷水チラー3052a, 3052bの出力を減ずる(台数を減らすことを含む、ステップS1054)ループ2を実行して、ヒートポンプ2004の温水供給温度が所定温度(70度)から所定温度幅内に収まるか否か判断する(ステップS1055)。一方、ステップS1053でNOであれば、ループ2を実行せずにステップS1055に移行する。

【0277】

ステップS1055でYESであれば、温水ボイラー2506の出力を減じ(ステップS1056)、ループ1の最初に戻る。一方、ステップS1055でNOであれば、ヒートポンプ2004aの負荷が所定値(最大負荷の95%)以下であるか確認し(ステップS1057)、YESであればループ1の最初に戻り、NOであれば温水ボイラー2506の出力を増して(ステップS1058)、処理の最初に戻る。

10

【0278】

即ち、ループ1では、温熱負荷調整機としてのヒートポンプ2004a, 2004bの冷水ポンプ3002aの流量を増やすと、一時的にヒートポンプ2004a, 2004bの冷水供給温度が上昇し、ヒートポンプ2004a, 2004bの冷水供給温度を所定温度(10度)にするようにヒートポンプ2004a, 2004bが出力を自動的に増やす(インバーター出力増)。ヒートポンプ2004a, 2004bの冷水出力が増加すれば、温水出力も増加するため、温水温度を所定値に維持させる。

【0279】

一方、自動制御装置は、ループ3において、ヒートポンプ2004a, 2004bの冷水ポンプ3002aの流量を減じ(ステップS1063)、冷水供給温度が特定温度(13度)以上であるか否か判断する(ステップS1064)。YESであれば冷水供給温度を所定温度(10度)に下げするためのループ4を実行し、NOであればループ4を実行せずループ3の最初に戻る。ループ4においては、冷水チラー3052a, 3052bの出力を増し、あるいは台数を増やす(ステップS1065)。

20

【0280】

即ち、ループ3では、温熱負荷調整機としてのヒートポンプ2004a, 2004bの冷水ポンプ3002aの流量を減らすと、一時的にヒートポンプ2004aの冷水供給温度が下がり、ヒートポンプ2004a, 2004bの冷水供給温度を所定温度(10度)にするようにヒートポンプ2004a, 2004bが出力を自動的に絞る(インバーター出力減)。ヒートポンプ2004a, 2004bの冷水出力が減少すれば、温水出力も減少するため、冷水チラー3052a, 3052bにより冷熱の不足分を補う。

30

【0281】

以上の塗装乾燥装置3051では、冷水追従運転するヒートポンプ2004と、冷水チラー3052a, 3052bを備えているため、年間を通じて冷熱負荷がある塗装乾燥において温熱負荷に適切に対応しながら冷水追従運転を行うことができ、極めて省エネルギー性の高い状態で塗装乾燥を実施することができる。

【0282】

又、塗装乾燥装置3051では、冷水ポンプ3002a等によってヒートポンプ2004に対する媒体の流量を調整するため、流量の調整によって媒体温度ないし媒体熱量を制御することができる。

40

【0283】

更に、塗装乾燥装置3051では、複数のヒートポンプ2004を温熱負荷調整機とし、その負荷に応じて温水ボイラー2506等の起動や停止を行うため、温水ボイラー2506等を効率の良好な状態で運転することができ、又このような適切な運転を冷熱負荷調整機の負荷というシンプルな指標に基づいて簡便に実行することができる。

【0284】

[その他の形態]

以上の形態の一部にあっては、加熱と冷却とを行うヒートポンプの冷却側に適用する冷却側加熱媒体として排気の排熱を用いているが、排熱に代えてあるいはこれと共に、次に

50

示すような他の工場に属する熱を用いることができる。即ち、工場で生ずる他の排気や排熱を用いたり、これらの組合せを用いたりする。加えて、自動制御装置による各種の制御や切替等を、手動により行うことも可能である。又、加熱量の調整（加熱量調節手段）につき、冷水の熱交換機への分岐量の調節によるものに代えて、冷却媒体加熱用熱交換機に当たる排気の量の調節によるものや、これらの組合せによるもの等として良い。更に、冷水の分岐量の調整（熱交換量調節手段）において、インバーターポンプを用いても良い。又、ヒートポンプや冷却機を複数台組み合わせて構成する等、各要素の数を適宜変更して良い。

【 0 2 8 5 】

又、以上の形態の一部にあっては、加熱と冷却とを行うヒートポンプの冷水側に適用する冷却側加熱媒体として排温水を用いているが、各形態における排温水の代わりに、当該ヒートポンプとは別個のヒートポンプ（冷却側加熱媒体供給用ヒートポンプ）により生成した温水を用いて良い。この場合、冷却側加熱媒体供給用ヒートポンプの稼働分だけ使用するエネルギーが増加するが、その増加分は加熱冷却用ヒートポンプの温水の熱を捨てる場合のエネルギーに比べ少なく済み、総合しても効率の良好な塗装乾燥装置とすることが可能である。又、冷却側加熱媒体供給用ヒートポンプの温水及び工場の排温水と加熱冷却用ヒートポンプの冷水とを熱交換機に導入し、当該温水及び排温水Xを併せて加熱冷却用ヒートポンプの冷水に適用しても良い。更に、冷却側加熱媒体として、ボイラの蒸気等又はこれと排温水ないし冷却側加熱媒体供給用ヒートポンプの温水との組合せを用いることができる。

【 符号の説明 】

【 0 2 8 6 】

1, 1 0 1, 2 0 1, 3 0 1, 3 2 1, 4 0 1, 4 5 1, 5 0 1, 5 7 1, 6 0 1, 7 0 1, 8 0 1, 1 1 0 1, 1 1 2 1, 1 1 5 1, 1 1 8 1, 1 2 0 1, 1 2 2 1, 1 2 5 1, 2 8 6 1, 2 8 7 1, 2 8 8 1, 2 9 0 1, 2 9 1 1, 3 0 0 1, 3 0 5 1 塗装乾燥装置

2 乾燥炉

4 冷却炉

1 0, 2 0 0 4 ヒートポンプ（排熱回収型）

3 0, 1 3 0, 3 0 8, 4 1 1, 2 0 4 0 熱交換機（冷却媒体加熱機，熱源媒体加熱機）

3 6, 1 3 6, 3 0 4, 7 0 2 流量調節弁（加熱量調節手段）

1 3 1 ヒートポンプ（空冷，冷却側加熱媒体供給用等）

3 0 2, 4 0 3, 5 0 2, 6 0 4 排気管

4 1 0 ヒートポンプ式蒸気・温水発生装置

5 3 0 冷水タンク（冷却媒体タンク）

5 4 0, 5 7 2, 2 1 5 4 空冷ヒートポンプ（冷却媒体加熱機，加熱用ヒートポンプ）

1 1 1 0 ヒートポンプ（温風冷水発生型）

1 2 5 4 冷水弁（加熱量調節手段）

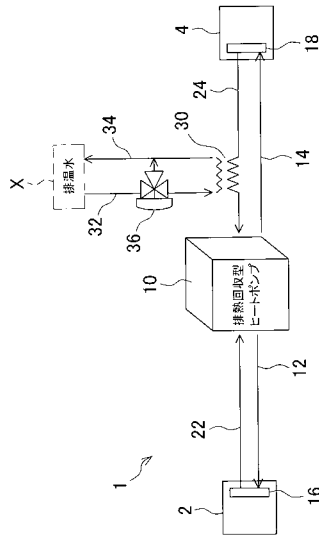
1 2 5 6 排気冷水熱交換機（冷却媒体加熱機）

2 0 4 8 冷熱供給量調整弁（加熱量調節手段）

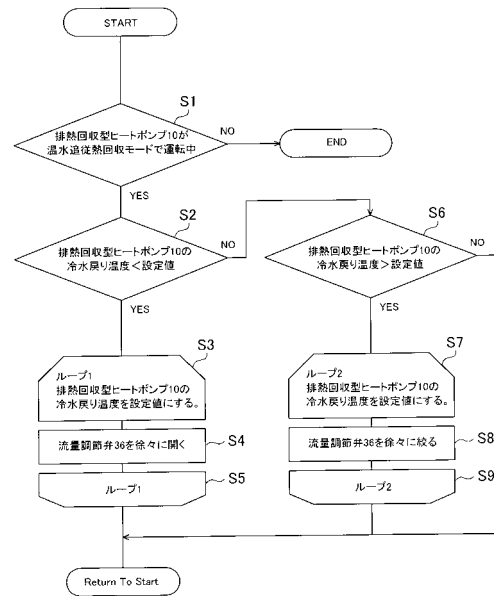
X 排温水

Z 他熱源

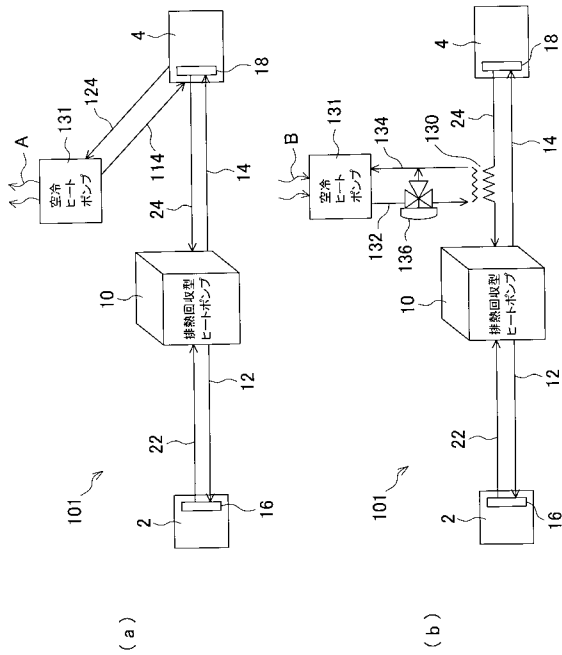
【図 1】



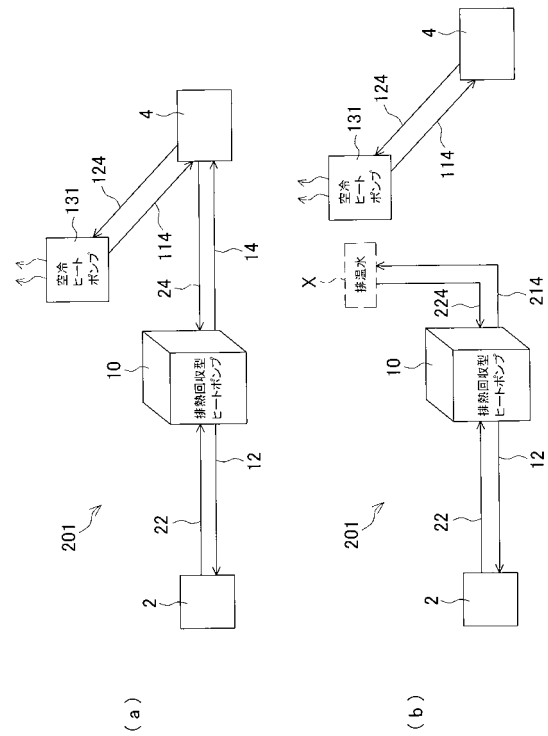
【図 2】



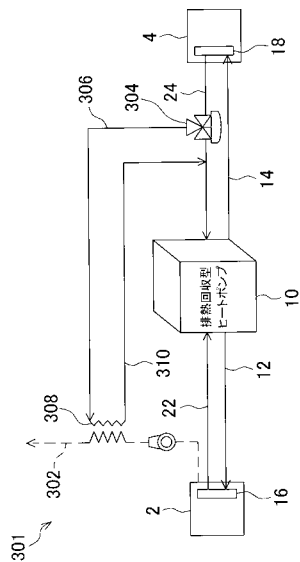
【図 3】



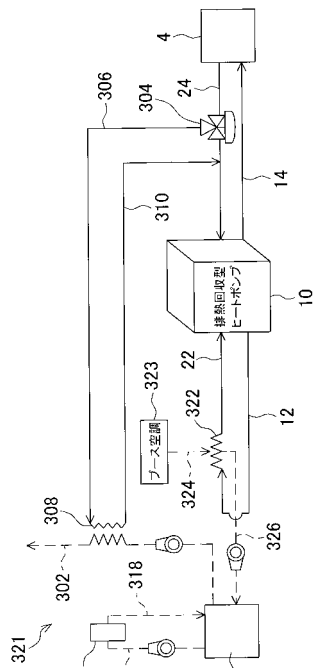
【図 4】



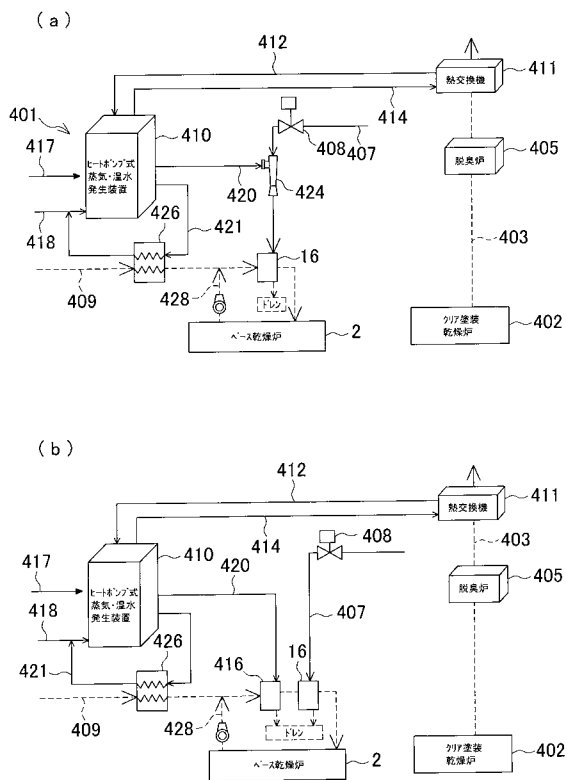
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

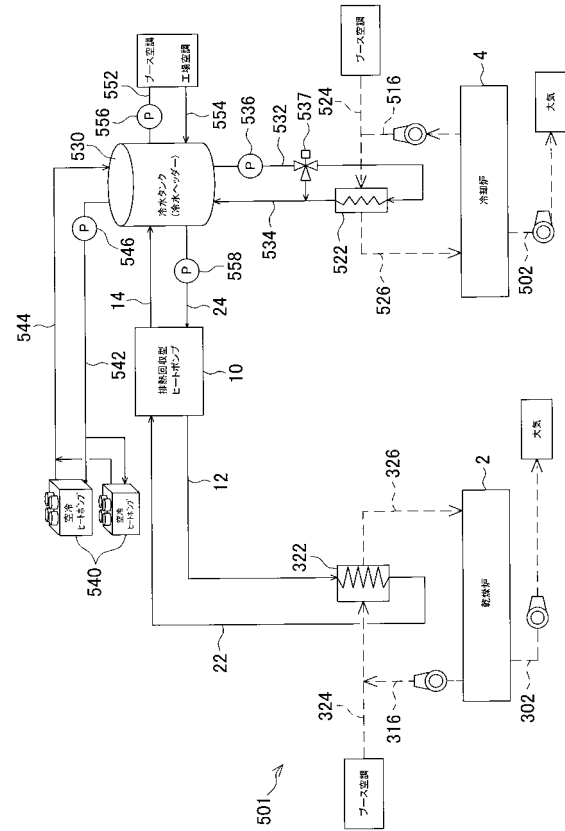
1時間あたり		第6形態	
HPの負荷	146,880kcal/h	HPの負荷	146,880kcal/h
本行の負荷	185,868kcal/h	本行の負荷	39,204kcal/h
HPの電気使用量	20kWh	HPの電気使用量	20kWh
本行の都市ガス使用量	4.0Nm ³ /h	本行の都市ガス使用量	4.0Nm ³ /h
		電気0.1kg/h	電気0.1kg/h
		ガス43.7kg/h	ガス43.7kg/h
		合計43.7kg/h	合計43.7kg/h

年間		第6形態	
HPの電気使用量	80,000kWh	HPの電気使用量	80,000kWh
本行の都市ガス使用量	15,840Nm ³	本行の都市ガス使用量	15,840Nm ³
		電気0.07/年	電気0.07/年
		ガス36.97/年	ガス36.97/年
		合計37.04/年	合計37.04/年
		削減33%	削減33%
原油換算(合計)	88k ² /年	原油換算(合計)	39k ² /年
		削減56%	削減56%

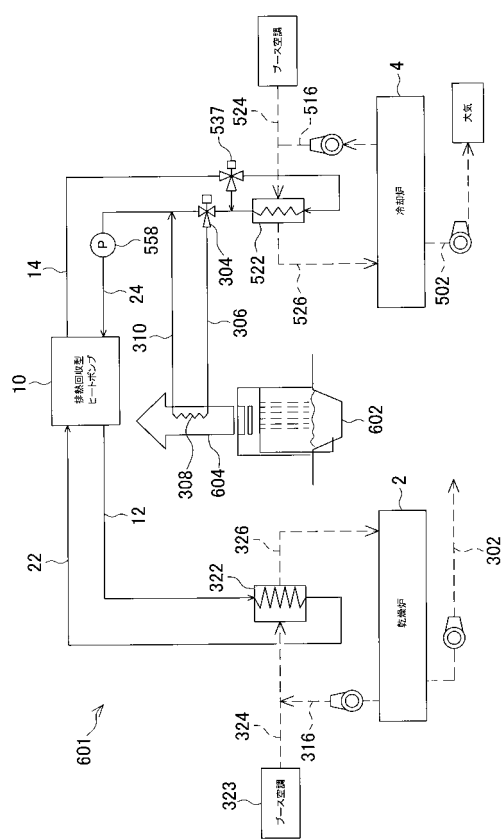
HP式蒸気・温水発生装置		1台	
運転可能台数	消費電力	1台	20kWh/台
既設ボイラー効率		90%	
電気	860kcal/kWh		
都市ガス	0.4550kg-CO ₂ /kWh		
	0.1000kg-CO ₂ /Nm ³		
	2.3300kg-CO ₂ /Nm ³		

1日の運転時間		18h/日	
年間稼働日数		250日/年	

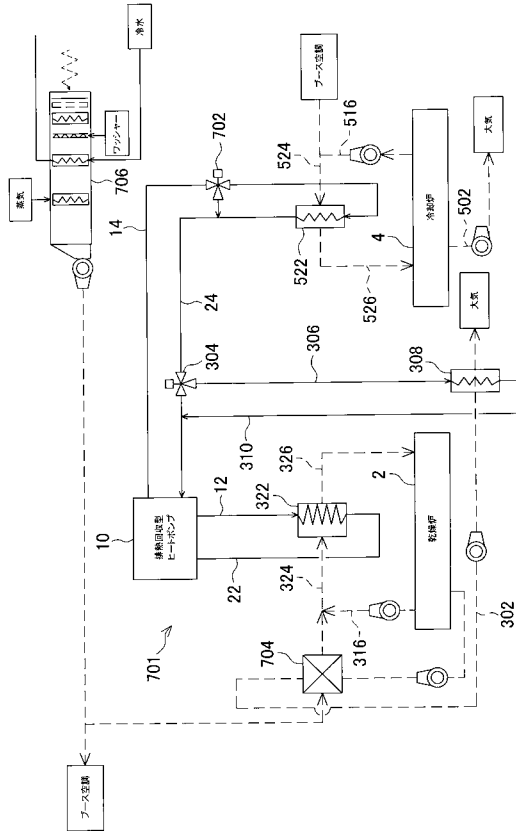
【 図 1 0 】



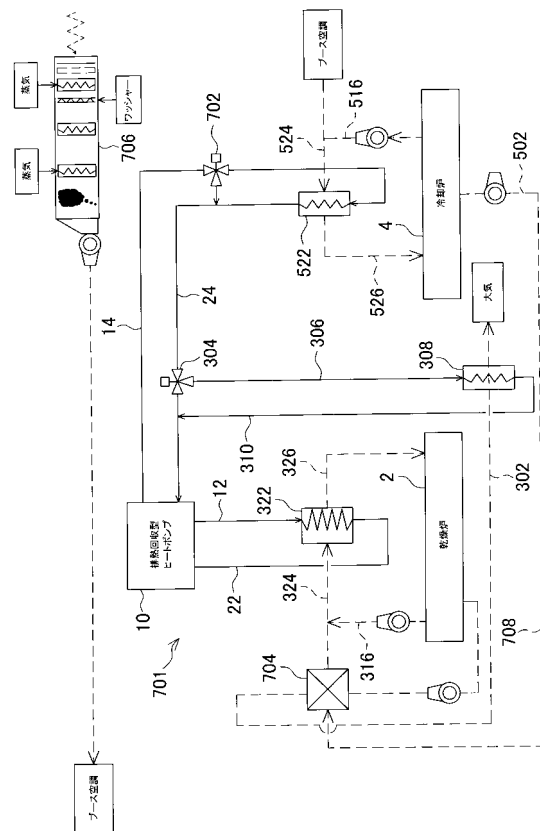
【圖 12】



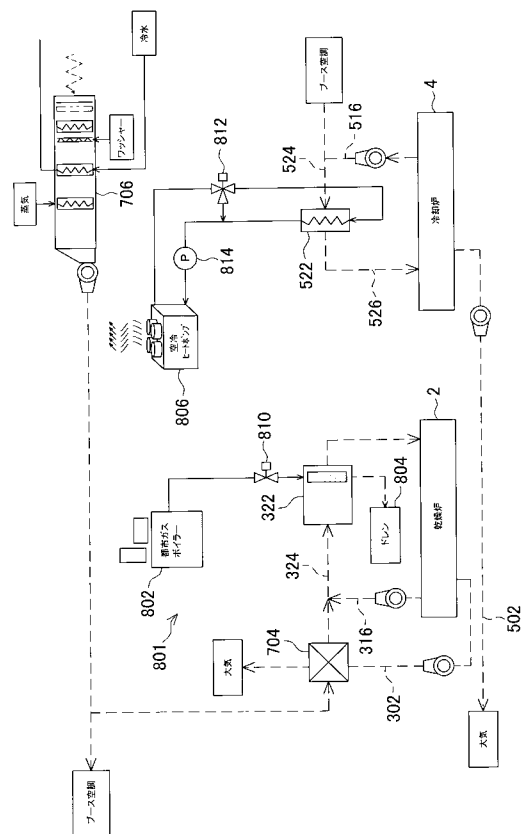
【図 13】



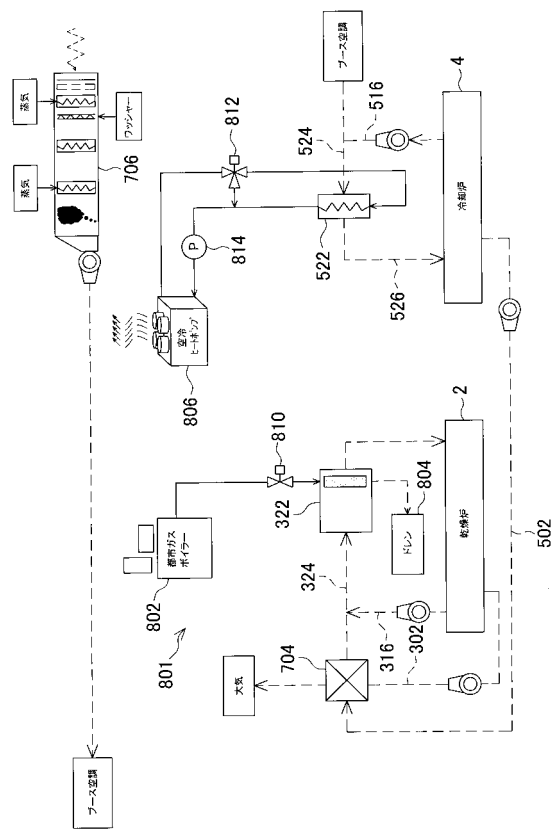
【図 14】



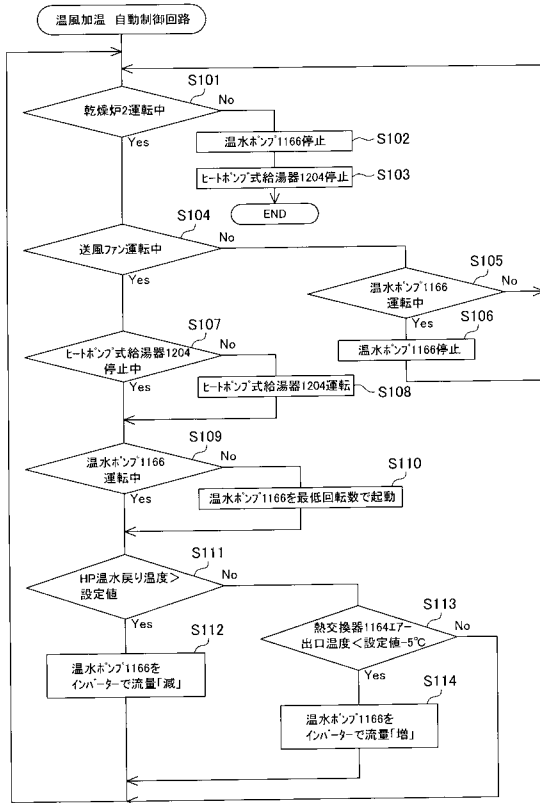
【図 15】



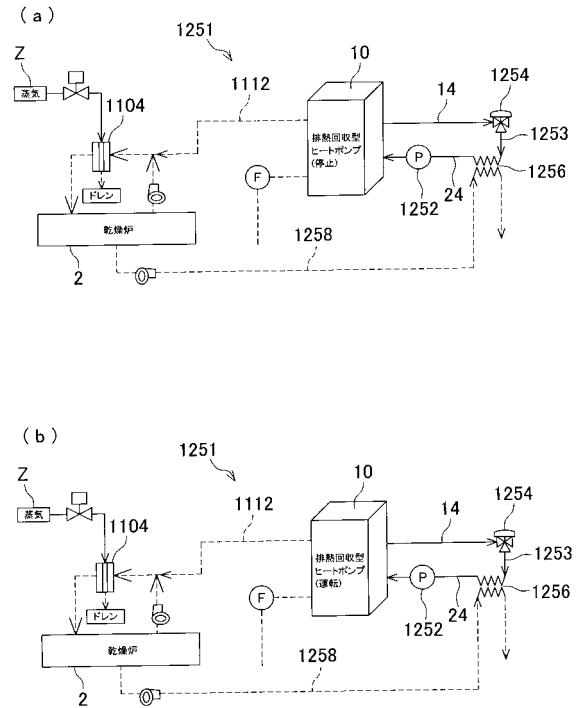
【図 16】



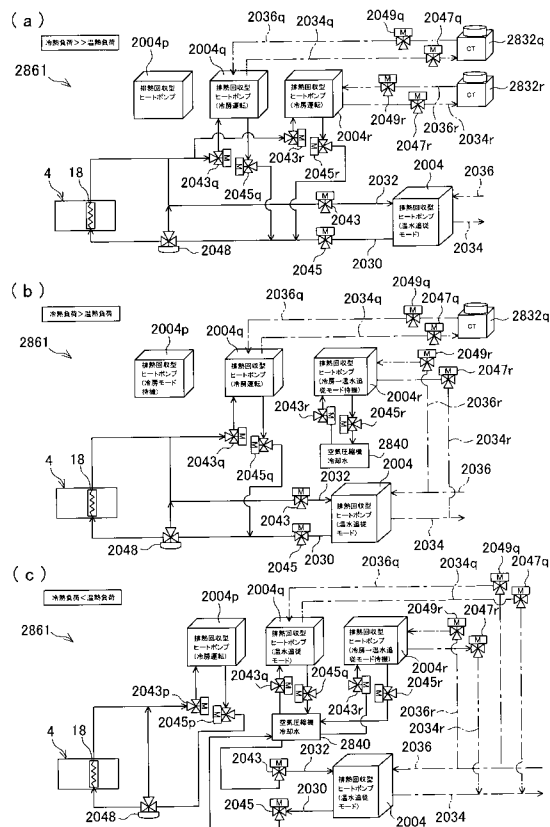
【図 2 1】



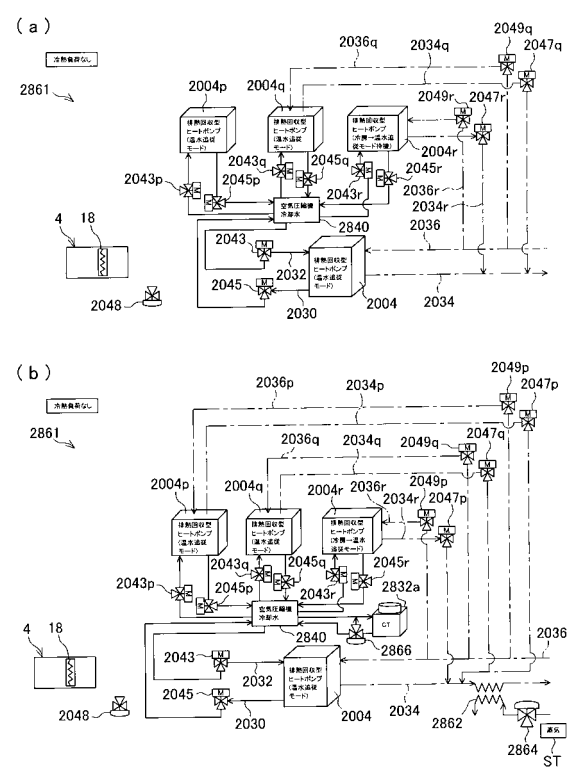
【図 2 2】



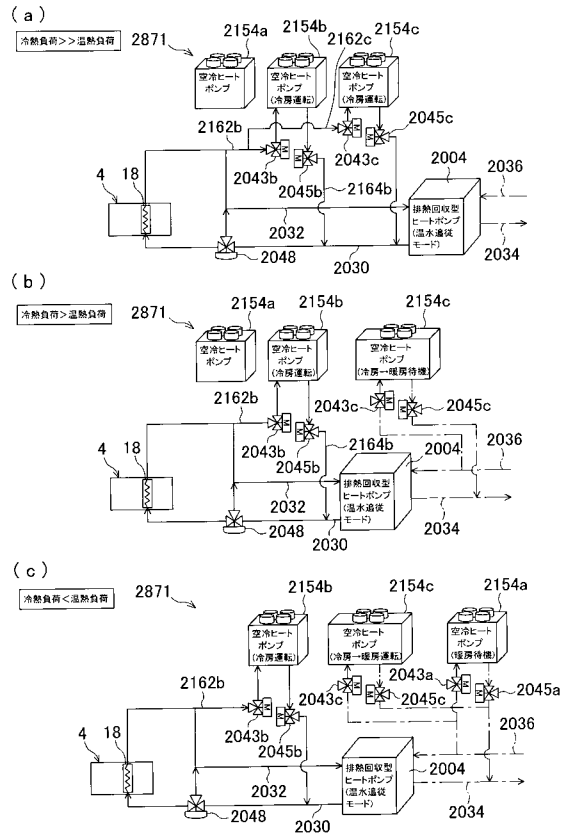
【図 2 3】



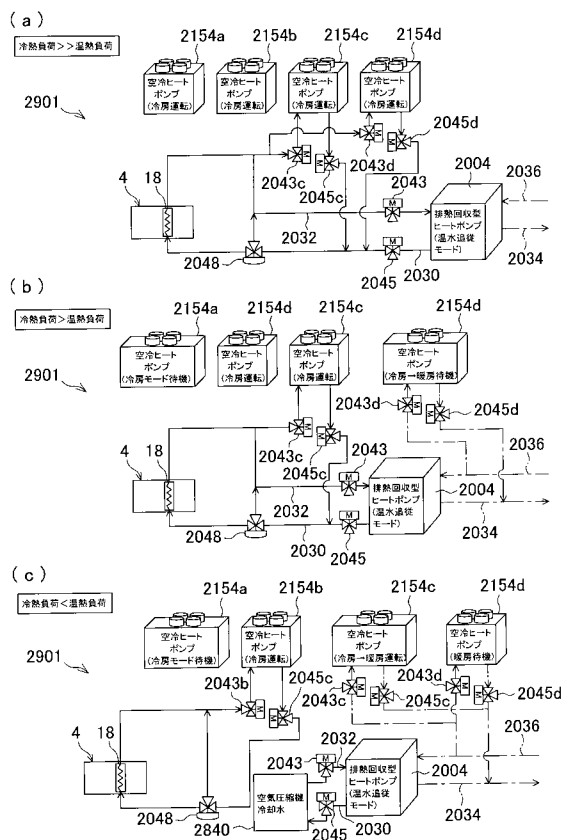
【図 2 4】



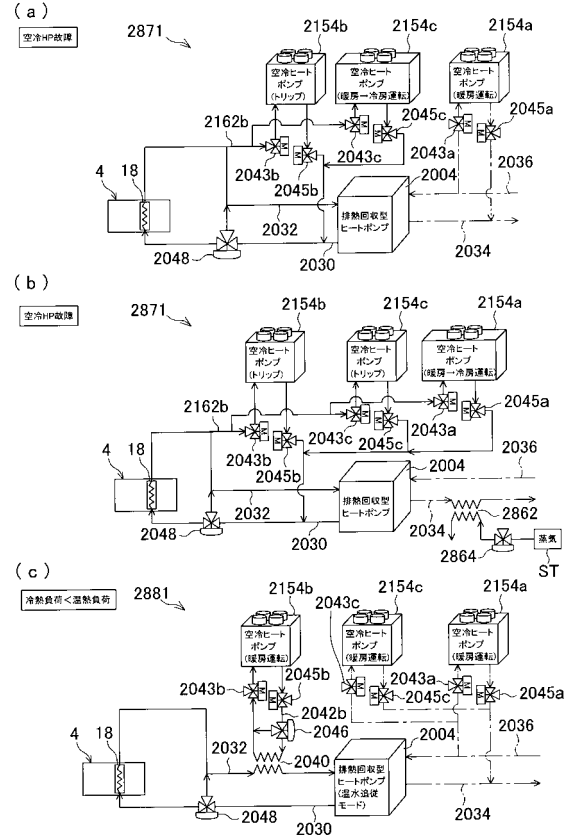
【図 25】



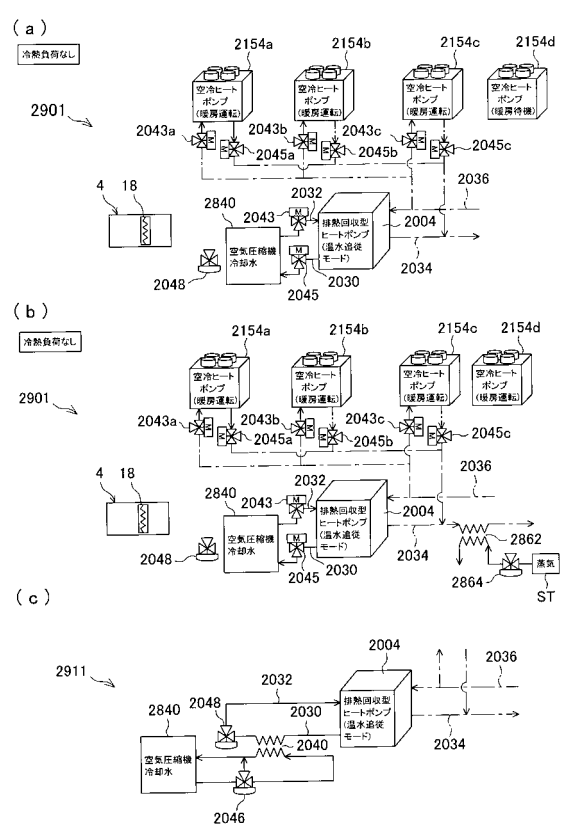
【図 27】



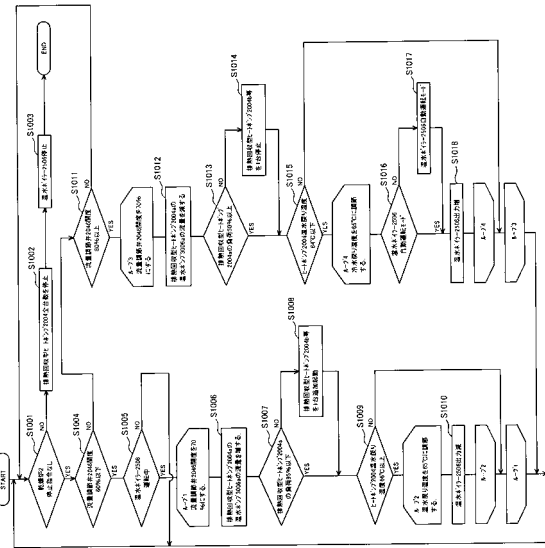
【図 26】



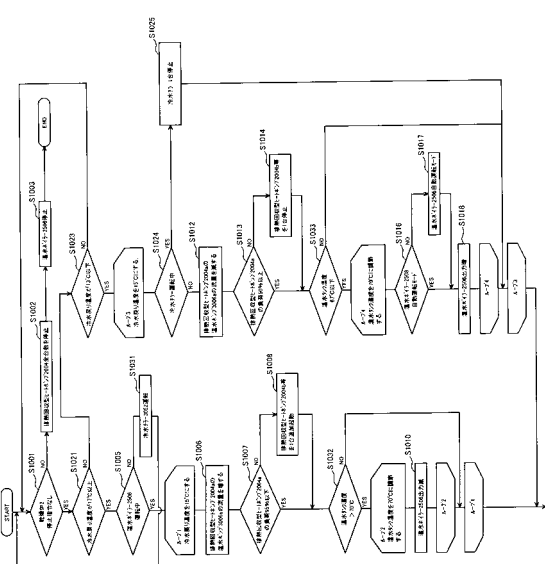
【図 28】



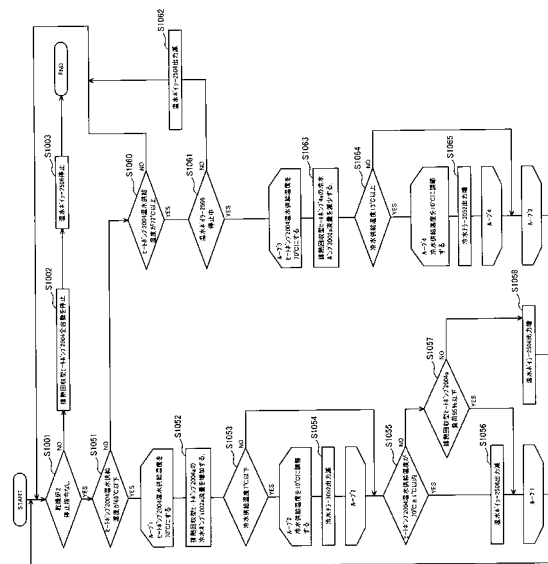
【 図 3 0 】



【 図 3 2 】



【 図 3 4 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2008-93578(JP,A)
特開昭59-122878(JP,A)
特開昭61-259062(JP,A)
特公昭61-60918(JP,B2)
特開昭63-131959(JP,A)
特開平5-31417(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F26B 1/00 - 25/22
B05C 9/14