

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5582960号
(P5582960)

(45) 発行日 平成26年9月3日(2014.9.3)

(24) 登録日 平成26年7月25日(2014.7.25)

(51) Int. Cl.		F I	
CO1B	31/20	(2006.01)	CO1B 31/20 B
BO1D	53/62	(2006.01)	BO1D 53/34 135Z
BO1D	53/34	(2006.01)	BO1D 53/34 ZAB
BO1D	53/14	(2006.01)	BO1D 53/14 1O3
GO1K	17/12	(2006.01)	GO1K 17/12

請求項の数 8 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2010-237307 (P2010-237307)	(73) 特許権者	000003078 株式会社東芝
(22) 出願日	平成22年10月22日(2010.10.22)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(65) 公開番号	特開2012-87032 (P2012-87032A)	(74) 代理人	100117787 弁理士 勝沼 宏仁
(43) 公開日	平成24年5月10日(2012.5.10)	(74) 代理人	100082991 弁理士 佐藤 泰和
審査請求日	平成25年7月5日(2013.7.5)	(74) 代理人	100103263 弁理士 川崎 康
		(74) 代理人	100107582 弁理士 関根 毅
		(74) 代理人	100118843 弁理士 赤岡 明
		(74) 代理人	100144967 弁理士 重野 隆之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 二酸化炭素分離回収システム及びリボイラー入熱量測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

燃焼排ガスに含まれる二酸化炭素を吸収液に吸収させる吸収塔と、
前記吸収塔から二酸化炭素を吸収した吸収液が供給され、当該吸収液から蒸気を含む二酸化炭素ガスを放出させるとともに当該吸収液を再生し、放出された二酸化炭素ガス及び蒸気を含む排出ガスを排出する再生塔と、

前記吸収塔と前記再生塔との間に設けられ、前記再生塔から前記吸収塔に供給される再生された吸収液を熱源として、前記吸収塔から前記再生塔に供給される二酸化炭素を吸収した吸収液を加熱する再生熱交換器と、

前記再生塔に連結され、加熱媒体を用いて前記再生塔内の吸収液を加熱するリボイラーと、

前記加熱媒体から前記吸収液に供給される熱量を測定する測定装置と、
を備え、

前記測定装置は、前記リボイラーから排出される前記加熱媒体を冷却する冷却器を有し、前記リボイラーに供給される前記加熱媒体の保有熱量から、前記冷却器により冷却された前記加熱媒体の保有熱量と前記冷却器における前記加熱媒体からの除熱量とを減じて、前記加熱媒体から前記吸収液に供給される熱量を求めることを特徴とする二酸化炭素分離回収システム。

【請求項2】

前記測定装置は、

10

20

前記リボイラーに供給される前記加熱媒体の温度を測定する第 1 温度センサと、
 前記リボイラーに供給される前記加熱媒体の圧力を測定する圧力センサと、
 前記リボイラーに供給される前記加熱媒体の質量流量又は前記冷却器により冷却された
 前記加熱媒体の質量流量を測定する第 1 流量センサと、
 前記冷却器により冷却された前記加熱媒体の温度を測定する第 2 温度センサと、
 を有し、

前記第 1 温度センサ及び前記圧力センサの測定値に基づいて、前記リボイラーに供給さ
 れる前記加熱媒体の単位重量当たりの保有熱量を求め、この単位重量当たりの保有熱量に
 前記流量センサの測定値を乗じて、前記リボイラーに供給される前記加熱媒体の保有熱量
 を算出し、

10

前記第 2 温度センサ及び前記圧力センサの測定値に基づいて、前記冷却器により冷却さ
 れた前記加熱媒体の単位重量当たりの保有熱量を求め、この単位重量当たりの保有熱量に
 前記流量センサの測定値を乗じて、前記冷却器により冷却された前記加熱媒体の保有熱量
 を算出することを特徴とする請求項 1 に記載の二酸化炭素分離回収システム。

【請求項 3】

前記測定装置は、
 前記冷却器に供給される冷却媒体の温度を測定する第 3 温度センサと、
 前記冷却器から排出される前記冷却媒体の温度を測定する第 4 温度センサと、
 前記冷却器に供給される前記冷却媒体の質量流量又は前記冷却器から排出される前記冷
 却媒体の質量流量を測定する第 2 流量センサと、
 を有し、

20

前記第 3 温度センサの測定値と前記第 4 温度センサの測定値との差分に、前記第 2 流量
 センサの測定値と前記冷却媒体の比熱とを乗じて、前記冷却器における前記加熱媒体から
 の除熱量を算出することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の二酸化炭素分離回収システ
 ム。

【請求項 4】

燃焼排ガスに含まれる二酸化炭素を吸収液に吸収させる吸収塔と、
 前記吸収塔から二酸化炭素を吸収した吸収液が供給され、当該吸収液から蒸気を含む二
 酸化炭素ガスを放出させるとともに当該吸収液を再生し、放出された二酸化炭素ガス及び
 蒸気を含む排出ガスを排出する再生塔と、
 前記吸収塔と前記再生塔との間に設けられ、前記再生塔から前記吸収塔に供給される再
 生された吸収液を熱源として、前記吸収塔から前記再生塔に供給される二酸化炭素を吸収
 した吸収液を加熱する再生熱交換器と、
 前記再生塔に連結され、加熱媒体を用いて前記再生塔内の吸収液を加熱するリボイラー
 と、

30

前記加熱媒体から前記吸収液に供給される熱量を測定する測定装置と、
 を備え、
 前記測定装置は、
 前記リボイラーに供給される前記加熱媒体の質量流量を測定する第 1 流量センサと、
 前記リボイラーから排出される前記加熱媒体を気液分離する気液分離器と、
 前記気液分離器から排出される液相成分の質量流量を測定する第 2 流量センサと、
 を有し、

40

前記リボイラーに供給される前記加熱媒体の単位重量当たりの保有熱量から、前記気液
 分離器から排出される気相成分の単位重量当たりの保有熱量を減じた値に、前記リボイ
 ラーに供給される前記加熱媒体の質量流量を乗じた値と、前記気相成分の単位重量当たりの
 保有熱量から前記液相成分の単位重量当たりの保有熱量を減じた値に、前記液相成分の質
 量流量を乗じた値とを加算して、前記加熱媒体から前記吸収液に供給される熱量を求め
 ることを特徴とする二酸化炭素分離回収システム。

【請求項 5】

前記測定装置は、

50

前記リボイラーに供給される前記加熱媒体の温度を測定する第1温度センサと、
 前記リボイラーに供給される前記加熱媒体の圧力を測定する第1圧力センサと、
 前記液相成分の温度を測定する第2温度センサと、
 前記液相成分の圧力を測定する第2圧力センサと、
 前記気相成分の温度を測定する第3温度センサと、
 前記気相成分の圧力を測定する第3圧力センサと、
 を有し、

前記第1温度センサ及び前記第1圧力センサの測定値に基づいて、前記リボイラーに供給される前記加熱媒体の単位重量当たりの保有熱量を求め、

前記第2温度センサ及び前記第2圧力センサの測定値に基づいて、前記液相成分の単位重量当たりの保有熱量を求め、

前記第3温度センサ及び前記第3圧力センサの測定値に基づいて、前記気相成分の単位重量当たりの保有熱量を求めることを特徴とする請求項4に記載の二酸化炭素分離回収システム。

【請求項6】

前記気液分離器から排出される気相成分を熱源として、前記再生熱交換器から前記再生塔に供給される吸収液を加熱する加熱器をさらに備えることを特徴とする請求項4又は5に記載の二酸化炭素分離回収システム。

【請求項7】

燃焼排ガスに含まれる二酸化炭素を吸収液に吸収させる吸収塔と、
 前記吸収塔から二酸化炭素を吸収した吸収液が供給され、当該吸収液から蒸気を含む二酸化炭素ガスを放出させるとともに当該吸収液を再生し、放出された二酸化炭素ガス及び蒸気を含む排出ガスを排出する再生塔と、

前記吸収塔と前記再生塔との間に設けられ、前記再生塔から前記吸収塔に供給される再生された吸収液を熱源として、前記吸収塔から前記再生塔に供給される二酸化炭素を吸収した吸収液を加熱する再生熱交換器と、

前記再生塔に連結され、加熱媒体を用いて前記再生塔内の吸収液を加熱するリボイラーと、

を備える二酸化炭素分離回収システムの前記リボイラーにおいて、前記加熱媒体から前記吸収液に供給される熱量を測定するリボイラー入熱量測定方法であって、

前記リボイラーに供給される前記加熱媒体の第1保有熱量を算出する工程と、

前記リボイラーから排出される前記加熱媒体を冷却器により冷却する工程と、

前記冷却器により冷却された前記加熱媒体の第2保有熱量を算出する工程と、

前記冷却器における前記加熱媒体からの除熱量を算出する工程と、

前記第1保有熱量から、前記第2保有熱量及び前記除熱量を減じて、前記加熱媒体から前記吸収液に供給される熱量を求める工程と、

を有することを特徴とするリボイラー入熱量測定方法。

【請求項8】

燃焼排ガスに含まれる二酸化炭素を吸収液に吸収させる吸収塔と、
 前記吸収塔から二酸化炭素を吸収した吸収液が供給され、当該吸収液から蒸気を含む二酸化炭素ガスを放出させるとともに当該吸収液を再生し、放出された二酸化炭素ガス及び蒸気を含む排出ガスを排出する再生塔と、

前記吸収塔と前記再生塔との間に設けられ、前記再生塔から前記吸収塔に供給される再生された吸収液を熱源として、前記吸収塔から前記再生塔に供給される二酸化炭素を吸収した吸収液を加熱する再生熱交換器と、

前記再生塔に連結され、加熱媒体を用いて前記再生塔内の吸収液を加熱するリボイラーと、

を備える二酸化炭素分離回収システムの前記リボイラーにおいて、前記加熱媒体から前記吸収液に供給される熱量を測定するリボイラー入熱量測定方法であって、

前記リボイラーに供給される前記加熱媒体の単位重量当たりの第1保有熱量を算出する

10

20

30

40

50

工程と、

前記リボイラーから排出される前記加熱媒体を気液分離器により気液分離する工程と、
前記気液分離器から排出される液相成分の単位重量当たりの第2保有熱量を算出する工程と、

前記気液分離器から排出される気相成分の単位重量当たりの第3保有熱量を算出する工程と、

前記リボイラーに供給される前記加熱媒体の第1質量流量を測定する工程と、

前記液相成分の第2質量流量を測定する工程と、

単位重量当たりの前記第1保有熱量と前記第3保有熱量との差分に前記第1質量流量を乗じた値と、単位重量当たりの前記第3保有熱量と前記第2保有熱量との差分に前記第2質量流量を乗じた値とを加算して、前記加熱媒体から前記吸収液に供給される熱量を求める工程と、

10

を有することを特徴とするリボイラー入熱量測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、二酸化炭素分離回収システム及びリボイラー入熱量測定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、大量の化石燃料を使用する火力発電所等を対象に、燃焼排ガスとアミン系吸収液を接触させ、燃焼排ガス中の二酸化炭素を分離回収する方法、及び回収された二酸化炭素を大気へ放出することなく貯蔵する方法が研究されている。

20

【0003】

具体的には、燃焼排ガスに含まれる二酸化炭素をアミン系吸収液に吸収させる吸収塔と、二酸化炭素を吸収した吸収液（リッチ液）が吸収塔から供給され、リッチ液を加熱し、リッチ液から二酸化炭素ガスを放出させて吸収液を再生する再生塔とを備え、再生した吸収液（リーン液）を吸収塔に供給して再利用する二酸化炭素回収システムが知られている（例えば特許文献1参照）。

【0004】

リッチ液から二酸化炭素を放出させる工程では、再生塔に隣接して設けられたリボイラーが再生塔内の吸収液を循環・加熱している。リボイラーには加熱媒体として、火力発電所や工場等で用いる為に発生させている水蒸気の一部が供給されることが多い。この時、リボイラー加熱媒体から再生塔内吸収液に供給される熱量は、リボイラー入口における水蒸気の熱量と、リボイラー出口における水の熱量との差から求められている。リボイラー入口における水蒸気の熱量は、水蒸気の温度・圧力を測定して求めた単位重量当りの保有熱量（エンタルピー：kJ/kg）と水蒸気の質量流量（kg/sec）との積から算出される。また、リボイラー出口における水の熱量は、水の温度・圧力を測定して求めた単位重量当りの保有熱量（エンタルピー：kJ/kg）と水の質量流量（kg/sec）との積から算出される。

30

【0005】

しかし、リボイラーに供給された水蒸気の一部は凝縮せず（水にはならず）、水蒸気のままである。つまり、リボイラー出口における流体は、水蒸気と水とが混在する気液二相流体である。また水蒸気と水の流量比率は、二酸化炭素回収システムの運転条件によって変化する。この流量比率を正確に測定する方法は確立されていない。

40

【0006】

そのため、上述したような、リボイラー入口における水蒸気の熱量と、リボイラー出口における水の熱量との差を求める従来の方法では、リボイラー加熱媒体から再生塔内吸収液に供給される熱量を正確に測定することが出来なかった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

50

【特許文献1】特開2004-323339号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は、リボイラー加熱媒体から再生塔内吸収液に供給される熱量を正確に測定することができる二酸化炭素分離回収システム及びリボイラー入熱量測定方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一態様による二酸化炭素分離回収システムは、燃焼排ガスに含まれる二酸化炭素を吸収液に吸収させる吸収塔と、前記吸収塔から二酸化炭素を吸収した吸収液が供給され、当該吸収液から蒸気を含む二酸化炭素ガスを放出させるとともに当該吸収液を再生し、放出された二酸化炭素ガス及び蒸気を含む排出ガスを排出する再生塔と、前記吸収塔と前記再生塔との間に設けられ、前記再生塔から前記吸収塔に供給される再生された吸収液を熱源として、前記吸収塔から前記再生塔に供給される二酸化炭素を吸収した吸収液を加熱する再生熱交換器と、前記再生塔に連結され、加熱媒体を用いて前記再生塔内の吸収液を加熱するリボイラーと、前記加熱媒体から前記吸収液に供給される熱量を測定する測定装置と、を備え、前記測定装置は、前記リボイラーから排出される前記加熱媒体を冷却する冷却器を有し、前記リボイラーに供給される前記加熱媒体の保有熱量から、前記冷却器により冷却された前記加熱媒体の保有熱量と前記冷却器における前記加熱媒体からの除熱量とを減じて、前記加熱媒体から前記吸収液に供給される熱量を求めるものである。

10

20

【0010】

本発明の一態様による二酸化炭素分離回収システムは、燃焼排ガスに含まれる二酸化炭素を吸収液に吸収させる吸収塔と、前記吸収塔から二酸化炭素を吸収した吸収液が供給され、当該吸収液から蒸気を含む二酸化炭素ガスを放出させるとともに当該吸収液を再生し、放出された二酸化炭素ガス及び蒸気を含む排出ガスを排出する再生塔と、前記吸収塔と前記再生塔との間に設けられ、前記再生塔から前記吸収塔に供給される再生された吸収液を熱源として、前記吸収塔から前記再生塔に供給される二酸化炭素を吸収した吸収液を加熱する再生熱交換器と、前記再生塔に連結され、加熱媒体を用いて前記再生塔内の吸収液を加熱するリボイラーと、前記加熱媒体から前記吸収液に供給される熱量を測定する測定装置と、を備え、前記測定装置は、前記リボイラーに供給される前記加熱媒体の流量を測定する第1流量センサと、前記リボイラーから排出される前記加熱媒体を気液分離する気液分離器と、前記気液分離器から排出される液相成分の流量を測定する第2流量センサと、を有し、前記リボイラーに供給される前記加熱媒体の単位重量当たりの保有熱量から、前記気液分離器から排出される液相成分の単位重量当たりの保有熱量を減じた値に、前記リボイラーに供給される前記加熱媒体の流量を乗じた値と、前記液相成分の単位重量当たりの保有熱量から前記液相成分の単位重量当たりの保有熱量を減じた値に、前記液相成分の流量を乗じた値とを加算して、前記加熱媒体から前記吸収液に供給される熱量を求めるものである。

30

【0011】

本発明の一態様によるリボイラー入熱量測定方法は、燃焼排ガスに含まれる二酸化炭素を吸収液に吸収させる吸収塔と、前記吸収塔から二酸化炭素を吸収した吸収液が供給され、当該吸収液から蒸気を含む二酸化炭素ガスを放出させるとともに当該吸収液を再生し、放出された二酸化炭素ガス及び蒸気を含む排出ガスを排出する再生塔と、前記吸収塔と前記再生塔との間に設けられ、前記再生塔から前記吸収塔に供給される再生された吸収液を熱源として、前記吸収塔から前記再生塔に供給される二酸化炭素を吸収した吸収液を加熱する再生熱交換器と、前記再生塔に連結され、加熱媒体を用いて前記再生塔内の吸収液を加熱するリボイラーと、を備える二酸化炭素分離回収システムの前記リボイラーにおいて、前記加熱媒体から前記吸収液に供給される熱量を測定するリボイラー入熱量測定方法であって、前記リボイラーに供給される前記加熱媒体の第1保有熱量を算出する工程と、前

40

50

記リボイラーから排出される前記加熱媒体を冷却器により冷却する工程と、前記冷却器により冷却された前記加熱媒体の第2保有熱量を算出する工程と、前記冷却器における前記加熱媒体からの除熱量を算出する工程と、前記第1保有熱量から、前記第2保有熱量及び前記除熱量を減じて、前記加熱媒体から前記吸収液に供給される熱量を求める工程と、を有するものである。

【0012】

本発明の一態様によるリボイラー入熱量測定方法は、燃烧排ガスに含まれる二酸化炭素を吸収液に吸収させる吸収塔と、前記吸収塔から二酸化炭素を吸収した吸収液が供給され、当該吸収液から蒸気を含む二酸化炭素ガスを放出させるとともに当該吸収液を再生し、放出された二酸化炭素ガス及び蒸気を含む排出ガスを排出する再生塔と、前記吸収塔と前記再生塔との間に設けられ、前記再生塔から前記吸収塔に供給される再生された吸収液を熱源として、前記吸収塔から前記再生塔に供給される二酸化炭素を吸収した吸収液を加熱する再生熱交換器と、前記再生塔に連結され、加熱媒体を用いて前記再生塔内の吸収液を加熱するリボイラーと、を備える二酸化炭素分離回収システムの前記リボイラーにおいて、前記加熱媒体から前記吸収液に供給される熱量を測定するリボイラー入熱量測定方法であって、前記リボイラーに供給される前記加熱媒体の単位重量当たりの第1保有熱量を算出する工程と、前記リボイラーから排出される前記加熱媒体を気液分離器により気液分離する工程と、前記気液分離器から排出される液相成分の単位重量当たりの第2保有熱量を算出する工程と、前記気液分離器から排出される気相成分の単位重量当たりの第3保有熱量を算出する工程と、前記リボイラーに供給される前記加熱媒体の第1流量を測定する工程と、前記液相成分の第2流量を測定する工程と、単位重量当たりの前記第1保有熱量と前記第3保有熱量との差分に前記第1流量を乗じた値と、単位重量当たりの前記第3保有熱量と前記第2保有熱量との差分に前記第2流量を乗じた値とを加算して、前記加熱媒体から前記吸収液に供給される熱量を求める工程と、を有するものである。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、リボイラー加熱媒体から再生塔内吸収液に供給される熱量を正確に測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る二酸化炭素分離回収システムの概略構成図である。

【図2】本発明の第2の実施形態に係る二酸化炭素分離回収システムの概略構成図である。

【図3】本発明の第3の実施形態に係る二酸化炭素分離回収システムの概略構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

【0016】

(第1の実施形態) 図1に本発明の第1の実施形態に係る二酸化炭素分離回収システムの概略構成を示す。ここで二酸化炭素分離回収システムは、二酸化炭素を吸収可能な吸収液を用いて、化石燃料の燃烧により生成された燃烧排ガスに含まれる二酸化炭素を回収するものである。

【0017】

図1に示すように二酸化炭素分離回収システム1は、燃烧排ガス2aに含まれる二酸化炭素を吸収液に吸収させる吸収塔3と、吸収塔3から二酸化炭素を吸収した吸収液(以下、リッチ液4aと記す)が供給され、このリッチ液4aを加熱し、吸収液から水蒸気を含む二酸化炭素ガスを放出させて、二酸化炭素ガスと水蒸気とを含む排出ガス2dを排出し、吸収液を再生する再生塔5とを備える。

【 0 0 1 8 】

例えば、火力発電所などの発電設備において生成された燃焼排ガス 2 a が、排ガス導入ライン 8 を介して吸収塔 3 の下部に供給され、吸収塔 3 の頂部から二酸化炭素が取り除かれた燃焼排ガス 2 b が排出されるようになっている。

【 0 0 1 9 】

吸収塔 3 は、吸収液が二酸化炭素を吸収することにより生成されたリッチ液 4 a を貯留する吸収塔スチル(タンク) 3 a を有する。同様に、再生塔 5 は、リッチ液 4 a が二酸化炭素ガスを放出することにより再生された吸収液(以下、リーン液 4 b と記す)を貯留する再生塔スチル(タンク) 5 a を有する。

【 0 0 2 0 】

ここで、二酸化炭素を吸収可能な吸収液には、例えばアミン化合物を水に溶かしたアミン化合物水溶液が使用される。

【 0 0 2 1 】

図 1 に示すように、再生塔 5 にはリボイラー 6 が設けられている。リボイラー 6 は、発電設備から供給されるプラント蒸気(水蒸気)等の加熱媒体 1 0 1 を熱源として、再生塔スチル 5 a に貯留されていたリーン液 4 b の一部を加熱してその温度を上昇させて蒸気を生成し、再生塔 5 に供給する。リボイラー 6 には、加熱媒体 1 0 1 から再生塔 5 内の吸収液(リーン液 4 b)に供給される熱量を測定するリボイラー入熱量測定装置 1 0 0 が設けられている。リボイラー入熱量測定装置 1 0 0 の詳細は後述する。

【 0 0 2 2 】

リボイラー 6 においてリーン液 4 b を加熱する際、リーン液 4 b から二酸化炭素ガスが放出され、吸収液蒸気とともに再生塔 5 に供給される。この吸収液蒸気は、充填層 5 b を介して再生塔 5 内を上昇し、リッチ液 4 a を加熱する。これによりリッチ液 4 a から二酸化炭素ガスが放出される。充填層 5 b は、例えば、多孔構造、八ニカム構造等を有するもので構成され、充填層 5 b を通過する吸収液を攪乱する作用を有するものであればよい。

【 0 0 2 3 】

再生塔 5 から排出された二酸化炭素ガスと吸収液蒸気とを含む排出ガス 2 d は、ガスライン 3 5 を通り、ガス冷却器 3 1 によって水分凝縮した後、気液分離器 3 2 によって二酸化炭素ガスと吸収液成分を含む還流水とに気液分離される。気液分離器 3 2 からの二酸化炭素ガス 2 e は回収二酸化炭素導出ライン 3 3 を介して排出され、貯蔵設備(図示せず)で貯蔵される。また、気液分離器 3 2 からの還流水は還流ライン 3 4 を介して再生塔 5 に戻される。

【 0 0 2 4 】

吸収塔 3 と再生塔 5 との間に、再生塔 5 から吸収塔 3 に供給されるリーン液 4 b を熱源として、吸収塔 3 から再生塔 5 に供給されるリッチ液 4 a を加熱する再生熱交換器 7 が設けられ、リーン液 4 b の熱を回収するように構成されている。ここで、上述したように、再生塔 5 においてリッチ液 4 a から二酸化炭素ガスを放出させる際、リッチ液 4 a はリボイラー 6 からの高温の蒸気を熱源として加熱される。従って、再生熱交換器 7 に供給されるリーン液 4 b の温度は比較的高く、このリーン液 4 b が熱源として用いられている。

【 0 0 2 5 】

吸収塔 3 と再生熱交換器 7 との間に、吸収塔タンク 3 a の底部から再生熱交換器 7 にリッチ液 4 a を供給するリッチ液ライン 1 1 が連結されている。このリッチ液ライン 1 1 に、吸収塔 3 からのリッチ液 4 a を再生熱交換器 7 に送り込むリッチ液ポンプ 1 2 が設けられている。

【 0 0 2 6 】

再生熱交換器 7 と再生塔 5 との間に、再生熱交換器 7 から再生塔 5 の上部にリッチ液 4 a を供給するリッチ液ライン 1 3 が連結されている。

【 0 0 2 7 】

再生塔 5 と再生熱交換器 7 との間に、再生塔タンク 5 a の底部から再生熱交換器 7 にリーン液 4 b を供給するリーン液ライン 1 4 が連結されている。このリーン液ライン 1 4 に

10

20

30

40

50

、再生塔 5 からのリーン液 4 b を再生熱交換器 7 に送り込むリーン液ポンプ 1 5 が設けられている。

【 0 0 2 8 】

再生熱交換器 7 からのリーン液 4 b は、緩衝タンク 1 0 に貯留される。緩衝タンク 1 0 に貯留されているリーン液 4 b は、ポンプ 1 6 により吸収塔 3 の上部へ送り込まれる。ポンプ 1 6 と吸収塔 3 との間には吸収液冷却器 1 7 が設けられている。吸収液冷却器 1 7 は、冷却水（冷却媒体）を冷却源として、吸収塔 3 に供給される吸収液を冷却する。

【 0 0 2 9 】

吸収塔 3 の上部に供給された吸収液は、吸収塔 3 内において上部から吸収塔タンク 3 a に向けて下降する。一方、吸収塔 3 に供給された燃焼排ガス 2 a は、吸収塔 3 内において下部から頂部に向けて上昇する。そのため、二酸化炭素を含む燃焼排ガス 2 a と吸収液とが充填層 3 b において向流接触（直接接触）し、吸収液が燃焼排ガス 2 a 中の二酸化炭素を吸収し、リッチ液 4 a が生成される。二酸化炭素が取り除かれた燃焼排ガス 2 b は、吸収塔 3 の頂部から排出され、リッチ液 4 a は吸収塔 3 の吸収塔タンク 3 a に貯留される。充填層 3 b は、例えば、多孔構造、ハニカム構造等を有するもので構成され、充填層 3 b を通過する吸収液を攪乱する作用を有するものであればよい。

【 0 0 3 0 】

吸収塔 3 の頂部から排出された燃焼排ガス 2 b は、ガス冷却器 2 1 によって冷却されて水分凝縮した後、気液分離器 2 2 によって排ガスと吸収液成分を含む還流水とに気液分離される。気液分離器 2 2 からの排ガス 2 c は排ガス導出ライン 2 3 を介して系外に排出され、還流水は還流ライン 2 4 を介して吸収塔 3 に戻される。

【 0 0 3 1 】

次に、リボイラー入熱量測定装置 1 0 0 について説明する。リボイラー入熱量測定装置 1 0 0 は、供給ライン 1 0 5 を介して、リボイラー 6 に水蒸気等の加熱媒体 1 0 1 を供給する。供給ライン 1 0 5 には、加熱媒体 1 0 1 の温度を測定する温度センサ 1 0 2、圧力を測定する圧力センサ 1 0 3、及び流量を測定する流量センサ 1 0 4 が設けられている。すなわち、温度センサ 1 0 2、圧力センサ 1 0 3、及び流量センサ 1 0 4 は、リボイラー 6 の入口における加熱媒体 1 0 1 の温度、圧力、及び流量を測定している。

【 0 0 3 2 】

リボイラー 6 において吸収液に熱を供給した加熱媒体 1 0 1 は、排出ライン 1 1 0 を介して排出される。排出ライン 1 1 0 には、リボイラー 6 から排出された加熱媒体 1 0 1 を冷却する冷却器 1 2 0 が設けられている。リボイラー 6 に供給される加熱媒体 1 0 1 が水蒸気であった場合、リボイラー 6 から排出される加熱媒体 1 0 1 は水（液体）及び水蒸気（気体）を含む気液二相流体である。リボイラー 6 から排出された加熱媒体 1 0 1 中の水蒸気は、冷却器 1 2 0 により全て凝縮される。従って、冷却器 1 2 0 より下流側の排出ライン 1 1 0 を流れる加熱媒体 1 0 1 は水（液体）となる。

【 0 0 3 3 】

冷却器 1 2 0 より下流側の排出ライン 1 1 0 には、加熱媒体 1 0 1 の温度を測定する温度センサ 1 1 1 が設けられている。

【 0 0 3 4 】

冷却器 1 2 0 には、供給ライン 1 2 5 を介して、リボイラー 6 から排出された加熱媒体 1 0 1 を冷却するための冷却媒体 1 2 1 が供給される。冷却媒体 1 2 1 は例えば水である。供給ライン 1 2 5 には、冷却媒体 1 2 1 の温度を測定する温度センサ 1 2 2 及び流量を測定する流量センサ 1 2 3 が設けられている。すなわち、温度センサ 1 2 2 及び流量センサ 1 2 3 は、冷却器 1 2 0 の入口における冷却媒体 1 2 1 の温度及び流量を測定している。

【 0 0 3 5 】

冷却器 1 2 0 において加熱媒体 1 0 1 を冷却した冷却媒体 1 2 1 は、排出ライン 1 2 6 を介して冷却器 1 2 0 から排出される。排出ライン 1 2 6 には、冷却器 1 2 1 から排出された冷却媒体 1 2 1 の温度を測定する温度センサ 1 2 7 が設けられている。すなわち、温

10

20

30

40

50

度センサ 127 は、冷却器 120 の出口における冷却媒体 121 の温度を測定している。

【0036】

リボイラー 6 において加熱媒体 101 から吸収液に供給される熱量 Q は、リボイラー 6 入口における加熱媒体 101 の単位重量当たりの保有熱量（エンタルピー H_i ）と、冷却器 120 より下流側における加熱媒体 101 の単位重量当たりの保有熱量（エンタルピー H_{lo} ）との差に加熱媒体流量（ G_i ）を乗じた値から、冷却器 120 における加熱媒体 101 からの除熱量 Q_r を減じたものに相当し、以下の数式 1 で表すことができる。

$$\text{数式 1 : } Q = G_i \times (H_i - H_{lo}) - Q_r$$

【0037】

リボイラー 6 入口の加熱媒体 101 の単位重量当たりの保有熱量（エンタルピー H_i ）は、温度センサ 102 及び圧力センサ 103 の測定値を用いて、日本機械学会等で作成している蒸気表から求めることができる。加熱媒体流量（ G_i ）は、流量センサ 104 の測定値である。

10

【0038】

また、冷却器 120 より下流側における加熱媒体 101 の単位重量当たりの保有熱量（エンタルピー H_{lo} ）は、温度センサ 111 及び圧力センサ 103 の測定値から求めることができる。

【0039】

また、冷却器 120 における除熱量 Q_r は、温度センサ 122 の測定値 T_i 、温度センサ 127 の測定値 T_o 、流量センサ 123 の測定値 G_r 、冷却媒体 121 の比熱 C_{pr} を用いて、以下の数式 2 で求めることができる。

20

$$\text{数式 2 : } Q_r = G_r \times C_{pr} \times (T_o - T_i)$$

【0040】

従って、各センサの測定値を数式 1 及び数式 2 に代入することで、リボイラー 6 において加熱媒体 101 から吸収液に供給される熱量 Q を求めることができる。

【0041】

例えば、演算部 150 が、温度センサ 102、圧力センサ 103、流量センサ 104、温度センサ 111、温度センサ 122、流量センサ 123、温度センサ 127 の測定値を取得し、記憶部 151 に記憶されている蒸気表を参照してエンタルピー H_i 及びエンタルピー H_{lo} を求め、数式 2 及び数式 1 の計算を行うことで、熱量 Q を算出する。

30

【0042】

このように本実施形態では、リボイラー 6 から排出された加熱媒体 101 を冷却器 120 で凝縮し、加熱媒体 101 を全て液体にしてから単位重量当たりの保有熱量（エンタルピー： H_{lo} ）を求めている。そして、リボイラー 6 入口における加熱媒体 101 の保有熱量から、冷却器 120 より下流側の加熱媒体 101 の保有熱量と、冷却器 120 における除熱量 Q_r とを減じることで、リボイラー 6 において加熱媒体 101 から吸収液に供給される熱量 Q を求めている。

【0043】

そのため、二酸化炭素分離回収システム 1 の運転条件の変更に伴いリボイラー 6 から排出される加熱媒体 101 の蒸気成分と液成分との流量比率が変わっても、リボイラー 6 において加熱媒体 101 から吸収液に供給される熱量 Q を、簡単かつ正確に算出することができる。

40

【0044】

なお、上記実施形態では、加熱媒体 101 の流量を測定する流量センサ 104 を供給ライン 105 に設けていたが、冷却器 120 より下流側の排出ライン 110 に設けてもよい。蒸気（気体）よりも液体の流量を測定する方が容易なためである。

【0045】

また、上記実施形態において、冷却器 120 より下流側の排出ライン 110 に圧力センサを設け、この圧力センサと温度センサ 111 の測定値に基づいて、冷却器 120 より下流側の加熱媒体 101 の単位重量当たりの保有熱量（エンタルピー： H_i ）を測定する。

50

o) を求めるようにしてもよい。

【0046】

また、上記実施形態において、流量計123は供給ライン125でなく、排出ライン126に設けてもよい。

【0047】

(第2の実施形態) 図2に本発明の第2の実施形態に係る二酸化炭素分離回収システムの概略構成を示す。本実施形態は、図1に示す第1の実施形態と比較して、リボイラー入熱量測定装置100の構成が異なる。図2において、図1に示す第1の実施形態と同一部分には同一符号を付して説明を省略する。

【0048】

図2に示すように、リボイラー6から排出された加熱媒体101は、排出ライン110を介して気液分離器130に供給される。気液分離器130は、加熱媒体101中の液相成分140と気相成分141を分離する。気相成分141は、気液分離器130の上部から排出される。液相成分140は、重力によって気液分離器130の下部に溜まり、排出ライン131を介して排出される。

【0049】

排出ライン131には、液相成分140の温度を測定する温度センサ132、圧力を測定する圧力センサ133、及び流量を測定する流量センサ134が設けられている。

【0050】

液相成分140が保有する熱量 Q_{l0} は以下の数式3から算出できる。

$$\text{数式3: } Q_{l0} = G_o \times H_{l0}$$

【0051】

ここで、液相成分140の単位重量当たりの保有熱量(エンタルピー H_{l0})は、温度センサ132及び圧力センサ133の測定値から求めることができる。また、液相成分140の流量 G_o は、流量センサ134の測定値である。

【0052】

気液分離器130から排出される気相成分141の流量 G_{v0} は、リボイラー6入口の加熱媒体101の流量 G_i (流量センサ104の測定値)を用いて、以下の数式4で表される。

$$\text{数式4: } G_{v0} = G_i - G_o$$

【0053】

気液分離器130から気相成分141は、温度センサ135により温度が測定され、圧力センサ136により圧力が測定される。温度センサ135及び圧力センサ136の測定値から、気相成分141の単位重量当たりの保有熱量(エンタルピー $H_{i'}$)を求めることができる。気液分離器130から気相成分141として排出される熱量 Q_{v0} は、以下の数式5で表される。

$$\text{数式5: } Q_{v0} = G_{v0} \times H_{i'}$$

【0054】

従って、リボイラー6において加熱媒体101から吸収液に供給される熱量 Q は、以下の数式6から求めることができる。

$$\begin{aligned} \text{数式6: } Q &= G_i \times H_i - G_{v0} \times H_{i'} - Q_{l0} \\ &= G_i \times H_i - (G_i - G_o) \times H_{i'} - G_o \times H_{l0} \\ &= G_i \times (H_i - H_{i'}) + G_o \times (H_{i'} - H_{l0}) \end{aligned}$$

【0055】

このように、本実施形態によれば、リボイラー6入口における加熱媒体101の温度、圧力を温度センサ102、圧力センサ103で測定し、気液分離器130により気液分離された加熱媒体101の液相成分140の温度、圧力、流量を温度センサ132、圧力センサ133、流量センサ134で測定し、気相成分141の温度、圧力を温度センサ135、圧力センサ136で測定し、上述の数式6に測定値を代入することで、熱量 Q を求めている。すなわち、リボイラー6入口における加熱媒体101の単位重量当たりの保有熱

10

20

30

40

50

量と気相成分 141 の単位重量当たりの保有熱量との差分にリボイラー 6 入口における加熱媒体 101 の流量を乗じた値と、気相成分 141 の単位重量当たりの保有熱量と液相成分 140 の単位重量当たりの保有熱量との差分に、液相成分 140 の流量 (= リボイラー 6 で凝縮した加熱媒体 101 の流量) を乗じた値とを加算することで、熱量 Q を求めている。

【0056】

そのため、二酸化炭素分離回収システム 1 の運転条件の変更に伴いリボイラー 6 から排出される加熱媒体 101 の蒸気成分と液成分との流量比率が変わっても、リボイラー 6 において加熱媒体 101 から吸収液に供給される熱量 Q を、簡単かつ正確に算出することができる。

10

【0057】

なお、数式 6 から分かるように、本実施形態では熱量 Q を算出するにあたり流量センサ 104 の測定値は用いないため、流量センサ 104 を省略した構成としてもよい。

【0058】

(第 3 の実施形態) 図 3 に本発明の第 3 の実施形態に係る二酸化炭素分離回収システムの概略構成を示す。本実施形態は、図 2 に示す第 2 の実施形態と比較して、リッチ液ライン 13 に加熱装置 40 を設けた点が異なる。図 3 において、図 2 に示す第 2 の実施形態と同一部分には同一符号を付して説明を省略する。

【0059】

加熱装置 40 は、気液分離器 130 から排出された加熱媒体 101 の気相成分 141 を熱源として、リッチ液 4a を加熱する。加熱装置 40 により加熱されたリッチ液 4a は再生塔 5 に供給される。

20

【0060】

このように本実施形態は、加熱媒体 101 (水蒸気) が凝縮する時の膨大な潜熱を利用してリッチ液 4a を加熱する。そのため、加熱媒体 101 の流量がリッチ液 4a の流量と比較して少ない場合であっても、リッチ液 4a を更に昇温することができ、吸収液の再生のために外部から再生塔 5 に供給される熱量を削減することができる。

【0061】

なお、本発明は上記実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

30

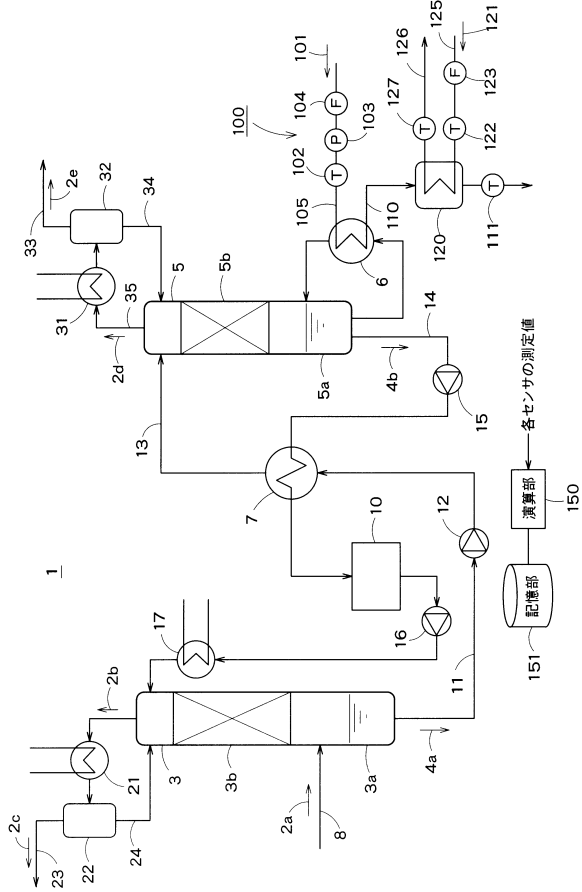
【符号の説明】

【0062】

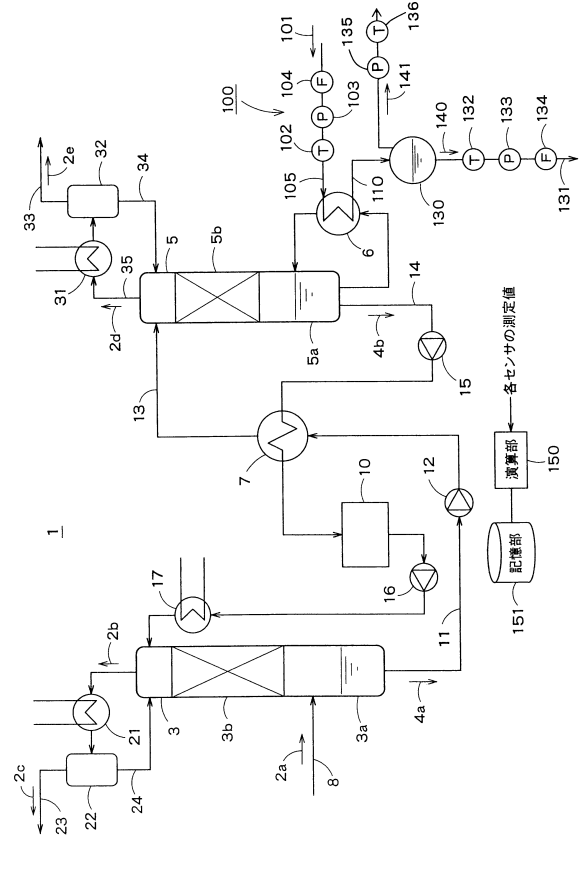
- 1 二酸化炭素分離回収システム
- 3 吸収塔
- 5 再生塔
- 6 リボイラー
- 7 再生熱交換器
- 100 リボイラー入熱量測定装置
- 120 冷却器
- 130 気液分離器

40

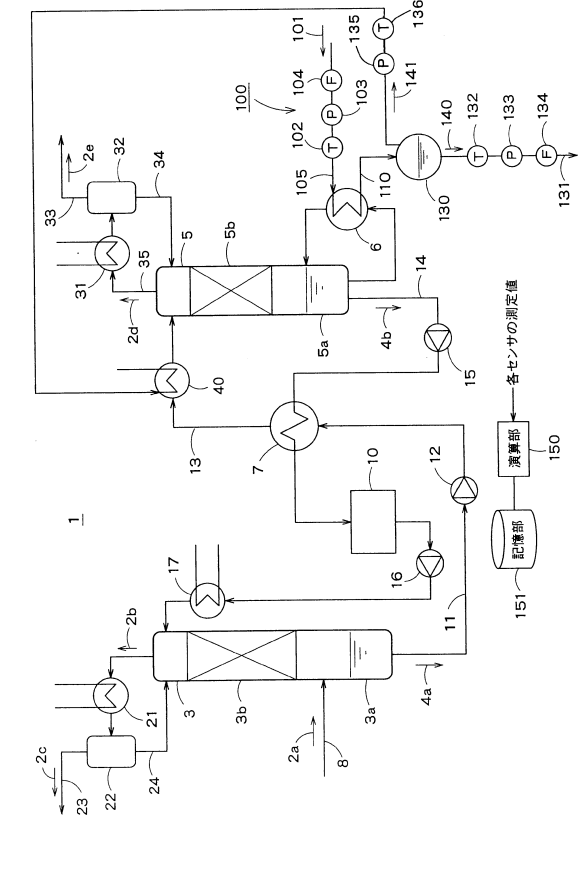
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

- (72)発明者 大 橋 幸 夫
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 小 川 斗
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 北 村 英 夫
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 平 田 東 彦
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 浅野 裕之

- (56)参考文献 特開昭59-026926(JP,A)
特開平10-165761(JP,A)
特開平06-073387(JP,A)
特開2011-042554(JP,A)
特開2012-035214(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C01B 31/20