

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4896195号
(P4896195)

(45) 発行日 平成24年3月14日(2012.3.14)

(24) 登録日 平成24年1月6日(2012.1.6)

(51) Int. Cl.	F I		
F 2 3 L 7/00 (2006.01)	F 2 3 L	7/00	B
F 2 3 C 9/00 (2006.01)	F 2 3 C	9/00	
F 2 3 C 99/00 (2006.01)	F 2 3 C	99/00	3 0 5
F 2 3 D 1/00 (2006.01)	F 2 3 D	1/00	Z

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2009-225912 (P2009-225912)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成21年9月30日(2009.9.30)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2011-75176 (P2011-75176A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成23年4月14日(2011.4.14)	(74) 代理人	100100310
審査請求日	平成23年6月7日(2011.6.7)		弁理士 井上 学
		(74) 代理人	100098660
			弁理士 戸田 裕二
		(72) 発明者	谷口 正行
			茨城県日立市大みか町七丁目2番1号
			株式会社 日立製作所
			所 エネルギー・環境システム研究所内
		(72) 発明者	柴田 強
			茨城県日立市大みか町七丁目2番1号
			株式会社 日立製作所
			所 エネルギー・環境システム研究所内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 酸素燃焼ボイラプラント及び酸素燃焼ボイラプラントの運転方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

空気から窒素を分離して酸素を製造する酸素製造装置と、前記酸素製造装置から供給される酸素と微粉炭を燃焼させるバーナと、前記バーナに微粉炭を供給する1次系配管とを備えたボイラと、

前記1次系配管に前記ボイラが排出する燃焼排ガスを供給する排ガス再循環手段と、前記ボイラから排出される排ガス中の二酸化炭素を回収する二酸化炭素回収装置とを備えた酸素燃焼ボイラプラントにおいて、

前記酸素製造装置の下流側に配置された酸素バッファタンクと、

前記酸素バッファタンクから前記バーナの1次系配管に酸素を供給する酸素供給配管と

10

前記酸素バッファタンクの下流側であり、かつ、前記1次系配管と前記酸素供給配管との合流地点より上流側の前記酸素供給配管に、前記酸素製造装置から発生する窒素の一部を供給する窒素供給配管、又は外部から空気を供給する空気供給配管を接続することを特徴とする酸素燃焼ボイラプラント。

【請求項2】

請求項1記載の酸素燃焼ボイラプラントであって、

前記窒素供給配管に、窒素の流れを遮断できるストップバルブを備えたことを特徴とする酸素燃焼ボイラプラント。

【請求項3】

20

請求項 1 記載の酸素燃焼ボイラプラントにおいて、
前記酸素供給配管の出口を、前記 1 次系配管のガス流れ方向に分割して設置することを特徴とする酸素燃焼ボイラプラント。

【請求項 4】

空気から窒素を分離して酸素を製造する酸素製造装置と、前記酸素製造装置から供給される酸素と微粉炭を燃焼させるバーナと、前記バーナに微粉炭を供給する 1 次系配管とを備えたボイラと、

前記 1 次系配管に前記ボイラが排出する燃焼排ガスを供給する排ガス再循環手段と、空気燃焼時に外部の空気を前記排ガス再循環手段に供給する空気燃焼用空気配管と、前記ボイラから排出される排ガス中の二酸化炭素を回収する二酸化炭素回収装置と、

前記酸素製造装置の下流側に配置された酸素バッファタンクと、

前記酸素バッファタンクから前記バーナの 1 次系配管に酸素を供給する酸素供給配管と

、
前記酸素バッファタンクの下流側であり、かつ、前記 1 次系配管と前記酸素供給配管との合流地点より上流側の前記酸素供給配管に、前記酸素製造装置から発生する窒素の一部を供給する窒素供給配管、又は外部から空気を供給する空気供給配管が接続された酸素燃焼ボイラプラントの運転方法であって、

前記空気燃焼用空気配管から前記排ガス再循環手段へ空気を供給し、空気燃焼を行う運転状態から、前記空気燃焼用空気配管からの空気供給を停止し、前記ボイラに前記酸素と燃焼排ガスを供給して燃焼させる酸素燃焼の運転状態に移行させる移行時に、

前記酸素供給配管に接続された窒素供給配管又は前記空気供給配管から、窒素又は空気を供給することを特徴とする酸素燃焼ボイラプラントの運転方法。

【請求項 5】

請求項 4 記載の酸素燃焼ボイラプラントの運転方法であって、

前記空気燃焼運転状態から前記酸素燃焼運転状態への移行時に、更に、前記微粉炭の粒子径を増加させることを特徴とする酸素燃焼ボイラプラントの運転方法。

【請求項 6】

請求項 4 記載の酸素燃焼ボイラプラントの運転方法であって、

前記空気燃焼運転状態から前記酸素燃焼運転状態への移行時に、更に、前記酸素供給配管から前記 1 次系配管へ前記酸素の供給を開始するより先に、前記窒素供給配管または前記空気供給配管からの窒素または空気の供給を開始することを特徴とする酸素燃焼ボイラプラントの運転方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、酸素燃焼ボイラ及び酸素燃焼ボイラプラントの運転方法に関する。

【背景技術】

【0002】

微粉炭を燃焼させるボイラは、バーナへ供給する気体によって 2 種類の燃焼方式に分けることができる。空気燃焼は、バーナへ空気を供給することで燃料を燃焼させる方式である。また、酸素燃焼は、空気を用いる代わりに高純度の酸素と燃焼排ガスの混合気体で燃料を燃焼させる方式である。

【0003】

酸素燃焼は、排ガス成分の大部分が二酸化炭素になるため、排ガスから二酸化炭素を回収する際に二酸化炭素を濃縮する必要がない。そのため、酸素燃焼は排ガスをそのまま加圧、冷却して二酸化炭素を液化・分離させることが可能であり、二酸化炭素の排出量削減に有効な方法の一つである。

【0004】

この酸素燃焼方式において、バーナ付近を流れる微粉炭の着火を促進する方法として、微粉炭と燃焼排ガスの混合気流にむけて酸素を噴射する方法が提案されている（特許文献

10

20

30

40

50

1)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平7-318016号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、微粉炭と燃焼排ガスの混合気流にむけて酸素を噴射する際に、酸素濃度の高いガス塊中に微粉炭が進入し、逆火などの異常燃焼が発生する可能性がある。特に、酸素供給を開始した直後や、運転条件を変化させるときに異常燃焼が発生しやすい。

10

【0007】

そこで本発明の目的は、バーナにおいて異常燃焼が発生しにくい酸素燃焼ボイラプラント又は酸素燃焼ボイラプラントの運転方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、酸素製造装置の下流側に配置された酸素バッファタンクと、酸素バッファタンクからバーナの1次系配管に酸素を供給する酸素供給配管と、酸素バッファタンクの下流側であり、かつ、1次系配管と酸素供給配管との合流地点より上流側の前記酸素供給配管に、酸素製造装置から発生する窒素の一部を供給する窒素供給配管、又は外部から空気を供給する空気供給配管を接続することを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、バーナにおいて異常燃焼が発生しにくい酸素燃焼ボイラプラント又は酸素燃焼ボイラプラントの運転方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】ボイラプラントの構成を説明する図である。

【図2】種々の雰囲気条件のもとで、支燃ガス中の酸素濃度と微粉炭の燃焼速度の関係を説明する図である。

30

【図3】プラントを空気燃焼で起動してから酸素燃焼に切り替え、二酸化炭素を回収する定常運転に至るまでの、燃料供給量、空気供給量、酸素供給量、燃焼排ガスの再循環量が変化する様子を説明する図である。

【図4】図3の計画に従い運転したときに、支燃ガス中の酸素濃度が変化する様子を示す比較例である。

【図5】本実施例の手法を用いて、図3の計画に従い運転したときに、支燃ガス中の酸素濃度が変化する様子を示す図である。

【図6】酸素を供給したときに、計画供給量と実際の供給量のずれの一例を表わす図である。

【図7】図6に従い運転したときに、支燃ガス中の局所瞬間酸素濃度の最大値の変化を表わす図である。

40

【図8】酸素と窒素/空気を供給したときに、計画供給量と実際の供給量のずれの一例を表わす図である。

【図9】図8に従い運転したときに、支燃ガス中の局所瞬間酸素濃度の最大値の変化を表わす図である。

【図10】ボイラプラント構成の変形例を説明する図である。

【図11】ガスと微粉炭の混合状態を表わす図である。

【図12】本実施例の技術を用いたときにおける、ガスと微粉炭の混合状態を表わす図である。

【図13】本実施例に係るバーナ付近の構成を説明する図である。

50

【図14】本実施例に係るバーナ付近の構成の変形例を説明する図である。

【図15】本実施例に係るバーナ付近の構成の変形例を説明する図である。

【図16】本実施例に係るバーナ付近の構成の変形例を説明する図である。

【図17】本実施例に係るバーナ付近の構成の変形例を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、最良の実施形態について、図を参照しながら説明する。

【実施例1】

【0012】

図1は、石炭を燃料とする酸素燃焼ボイラプラントを示す。本例はボイラ200を用いて蒸気を発生させる火力発電プラントである。 10

【0013】

ボイラ200は、バーナ210とガスポート225を備える。バーナ210は微粉炭をボイラ内の火炉に供給し、燃焼させる。ガスポート225は、バーナ210の下流側に設けられ、2段燃焼用ガスを火炉に供給する。

【0014】

ボイラ200から排出される燃焼排ガスが流れる系統を説明する。燃焼排ガス380は、ボイラ200から排出された排ガスが流れる系統を示す。排ガス処理装置340は、排ガスを浄化する装置である。ファン381は、排ガスを流すための装置である。冷却除湿装置341は、排ガスを冷却するとともに湿分を除去する。二酸化炭素回収装置350は、冷却除湿後の排ガスを圧縮し、二酸化炭素を排ガスから回収する。未回収ガス351は、二酸化炭素回収装置350で二酸化炭素を回収した後に残ったガスを示す系統である。循環排ガス390は、ボイラから排出された燃焼排ガス380の一部をボイラ200へ再循環させる系統を示す。循環排ガス流量調整弁391は、循環排ガスの流量を調整する機能を有する。ファン382は、循環排ガスをボイラへ再循環させるために加圧する装置である。ガス予熱器330は、燃焼排ガス380と循環排ガス390を熱交換させることにより、循環排ガス390を加熱する。温度の低い循環排ガス393は、ガス予熱器330をバイパスさせる系統を示す。バイパス流量制御弁394は循環排ガス393の流量を調整する機能を有する。流量調整弁213, 214は、循環排ガス390がそれぞれバーナ210, エアポート225に供給される流量を調整する機能を有する。また、空気燃焼用空気配管363bは、空気燃焼時に外部の空気をボイラ200に供給する。空気燃焼用空気配管363bには、ストップバルブ135c, 空気流量調整弁364が設けられている。 20

【0015】

次に、酸素供給系統を説明する。酸素製造装置360は、空気363aから窒素を分離して酸素を製造する装置である。液化酸素131は、酸素製造装置360によって製造される。酸素バッファタンク132は、液化酸素131を貯留するタンクである。気化器133は液化酸素131を気化させ、酸素ガス362を生成する。第1の酸素供給配管219は、酸素ガス362を流す配管である。第1の酸素供給配管219には、一次系配管216に供給する酸素量を調整する流量調整弁218が設けられている。また、流量調整弁211は、循環排ガスに供給する酸素量を調整する弁である。そして、第2の酸素供給配管397は、石炭粉碎装置130の上流側で循環排ガスに酸素を供給する配管である。第2の酸素供給配管397にも流量調整弁396が設けられている。 30

【0016】

次に、窒素供給系統を説明する。窒素ガス361は煙突370へ排出される。窒素供給配管137は、酸素製造装置360によって分離された窒素ガスの一部を第1の酸素供給配管219に供給するための配管である。この窒素供給配管137には、流量調節弁134, ストップバルブ135aが設けられている。 40

【0017】

また、第1の酸素供給配管219には、空気供給配管138が接続されている。空気供 50

給配管 138 には、空気 363 を加圧して供給するガス供給装置 136、ストップバルブ 135b、流量調整弁 134 を備える。

【0018】

そして、石炭粉碎装置 130 は、石炭を粉碎し、微粉炭を生成する。バーナ 210 の一次系配管 216 は、石炭粉碎装置 130 からの微粉炭を循環排ガスとともにバーナ 210 へ供給する。石炭粉碎装置 130 に循環排ガス 390 を供給する系統には流量調整弁 215 を備える。また、循環排ガス 390 がバーナ 210 に直接供給される配管を、二次系配管 217 とする。

【0019】

ボイラから排出される燃焼排ガス 380 の系統には、ガス予熱器 330、排ガスを浄化するための排ガス処理装置 340、ガスを流すためのファン 381、排ガス中の二酸化炭素を冷却・液化して回収する二酸化炭素回収装置 350、二酸化炭素を回収した後に残る窒素と酸素が主体の未回収ガス 351 を放出する煙突 370 がある。

10

【0020】

図 1 に示すように、本実施例のボイラプラントは、空気を窒素主体のガスと、酸素主体のガスに分離して高純度の酸素を製造する酸素製造装置 360 を備えている。酸素製造装置は、酸素と窒素の沸点の違いを利用して両者を分離する方式であり、空気を冷却して酸素を製造する。本実施例は酸素製造方法に依存するものではなく、窒素分子と酸素分子の大きさの違いを利用して分離する膜分離方式など、他の方法でもよい。

【0021】

20

酸素製造装置は空気 363a を高純度の液化酸素 131 と窒素主体の窒素ガス 361 に分離する。分離した窒素ガス 361 は煙突 370 から大気に放出される。

【0022】

空気の代わりに高純度の酸素を用いて燃焼させると、火炎の温度が高温になり過ぎるため燃料を燃焼させるバーナやボイラ壁面が損傷する可能性がある。そのため、酸素製造装置 360 で製造した高純度の酸素を、ボイラから排出される排ガスの一部である循環排ガス 390 と混合して、バーナ 210 と二段燃焼用のガスポート 225 へ供給する。循環排ガス 390 はガス予熱器 330 により昇温する。循環排ガス 390 の一部はガス予熱器 330 を通さずにバイパスさせ、温度の低い循環排ガス 393 を循環排ガスに混合させることで温度を調整する。温度の低い循環排ガスの流量は、バイパス流量制御弁 394 で調整

30

【0023】

循環排ガス 390 は排ガス処理装置 340 で浄化された後のガスの一部であり、ガス予熱器 330 で昇温させる。循環排ガスの流量は、循環排ガス流量調整弁 391 の開度で調節できる。

【0024】

バーナ 210 及びガスポート 225 へ供給される酸素ガス 362 は、流量調整弁 211、213 及び 214 の開度を調整することで流量を調節できる。また、循環排ガス 390 も同様に、流量調整弁 213 及び 214 の開度を制御することで流量を調節できる。

【0025】

40

燃料である石炭は、石炭粉碎装置 130 で微粉炭となり、流量調整弁 215 を通過した循環排ガス 390 の一部と共に一次系配管 216 を通してバーナ 210 へ搬送される。バーナ 210 は、二次系配管 217 を流れる酸素濃度の高い二次系ガスと一次系配管 216 を流れる微粉炭及び循環排ガスからなる一次系ガスを混合して燃焼させることで、ボイラ 200 の火炉内に高温の燃焼ガスを発生させる。

【0026】

ここで、一次系ガス中の酸素濃度は数%のため、バーナ近傍で微粉炭が着火しにくいという課題がある。そこで、酸素ガス 362 を一次系配管 216 に供給すると、一次系ガスの酸素濃度が高くなり、微粉炭の着火性が改善する。しかし、酸素を一次系配管 216 に供給した直後には、純酸素に近い酸素濃度の高いガス塊が一次系配管 216 の内部に形成

50

されている。このガス塊中に微粉炭粒子が進入すると、酸素濃度が極めて高い条件下で微粉炭が酸化され、逆火などの異常燃焼が発生する可能性がある。異常燃焼が発生すると、極めて温度の高い火炎が形成され、バーナやバーナに接続される配管が溶損することがある。したがって、この酸素燃焼プラントの信頼性を向上させるためには、異常燃焼の発生を防止する対策が必要である。

【0027】

更に、第2の酸素供給配管397は、石炭粉碎装置130に循環排ガスを供給する上流側配管に酸素ガス362を供給する。石炭粉碎装置130に流入する循環排ガスの酸素濃度を事前に少し高めることにより、バーナ近傍での微粉炭着火性能をさらに高めることができる。

10

【0028】

酸素製造装置360付近の構成を、さらに詳しく説明する。

酸素製造装置360は、空気363aを高純度の酸素と窒素主体の成分に分離し、分離した窒素主体の成分は窒素ガス361として煙突370から大気に放出される。高純度酸素の酸素濃度は、体積濃度で約97%である。残りの3%ガス成分の大部分は窒素である。窒素濃度が高すぎると、燃焼後の二酸化炭素の回収効率が低下する。酸素の純度を高くしすぎると、プラントのコストが増加する。通常、高純度の酸素は液化酸素131の形態で生成する。液化酸素131は一旦、酸素バッファタンク132に貯蔵する。これにより、プラントの起動や、空気燃焼から酸素燃焼への切り替えが容易になる。酸素バッファタンク132は一旦貯蔵した酸素を気化器133へ供給し、気化器133は液化酸素131を酸素ガス362に気化させたのち、ボイラ200へ供給する。窒素ガス361の一部は、窒素供給配管137を流れる。流量調節弁134が窒素ガス361の流量を制御したのち、窒素ガス361は酸素ガス362に合流する。これにより、酸素ガス362中の酸素純度を低下させる(酸素濃度を下げる)。この操作を実施すると、ボイラ内のバーナで逆火などの異常燃焼が発生しにくくなる。

20

【0029】

なお、窒素ガス361を第1の酸素供給配管219へ供給する操作は、空気燃焼から酸素燃焼への切り替えなど、プラントの運転状態を変化させるときのみ実施する。それ以外の場合、窒素ガス361は第1の酸素供給配管219へ供給しない。常に窒素が供給されると、酸素ガス362中の窒素濃度が高くなりすぎ、燃焼後の二酸化炭素の回収効率が低下する。また、窒素の供給を停止させるために、窒素供給配管137にストップバルブ135aを設ける。流量を制御する機器では、ガスの供給を完全に停止できない。そのため、流路の開閉のみを担当するストップバルブ135が必要である。

30

【0030】

図1では、気化した窒素を気化した酸素に合流させたが、液化窒素を液化酸素に合流させてもよい。この場合、液化窒素は、酸素バッファタンク132の下流で液化酸素に合流させる。液化窒素を酸素バッファタンク132の中、あるいはそれより上流で液化酸素に合流させると、酸素の純度が常に低下するため、燃焼後の二酸化炭素の回収効率が低下する。

【0031】

上述に示した、窒素ガス361を第1の酸素供給配管219に供給する操作は、プラントの運転状態を変化させる際に、酸素ガス362中の酸素濃度を低下させるために実施する。なお、酸素ガス362の酸素濃度を低下させるために、他の方法を用いても良い。図1には、空気を第1の酸素供給配管219に供給する方法も示した。ガス供給装置136が空気を空気供給配管138へ導き、流量調節器弁134が空気流量を制御し、空気を第1の酸素供給配管219に供給する。完全に酸素燃焼へ移行した後、空気供給配管138からの空気供給を停止させる必要がある。そのため、空気配管138にストップバルブ135を設ける。

40

【0032】

以上のように、酸素バッファタンクの下流側であり、かつ、1次系配管と酸素供給配管

50

との合流地点より上流側の酸素供給配管に、酸素製造装置から発生する窒素の一部を供給する窒素供給配管、又は外部から空気を供給する空気供給配管を接続することで、酸素供給配管を流れる酸素ガスの酸素濃度を低下させる運用が可能となる。そのため、バーナにおいて異常燃焼が発生しにくい酸素燃焼ボイラプラントを提供することができる。

【0033】

次に、酸素燃焼ボイラプラントの運転方法について説明する。

逆火などの異常燃焼が発生する可能性は、燃焼速度と強い相関がある。図2は、種々の燃焼条件のもとで、支燃ガス中の酸素濃度と微粉炭の燃焼速度との関係を示した実験データである。支燃ガスは、バーナの1次系配管、2次系配管に供給する気体である。燃焼速度は、支燃ガス中の酸素濃度に強く依存する。また、燃焼速度は、酸素濃度の他にさまざまな条件で変化する。例えば、雰囲気温度、支燃ガスの比熱、石炭の性状、微粉炭の粒径、微粉炭の濃度などの要因で変化する。

10

【0034】

そして、燃焼速度が速すぎると、逆火などの異常燃焼が発生しやすくなる。最大の燃焼速度は、プラントの設計条件により定まる。そのため、燃焼速度がその設計条件以下になるように、燃焼条件を調整する必要がある。ただし、燃焼速度が小さすぎると火炎が失火する。従って、燃焼速度には最適な値がある。

【0035】

酸素燃焼時のバーナは酸素濃度を変更できる。そのため、最適な燃焼速度に調整する方法は、酸素濃度を調整すればよい。酸素燃焼の定常運転時において、雰囲気温度、支燃ガスの比熱、石炭の性状、微粉炭の粒径、微粉炭の濃度などはある程度確定するため、最適な酸素濃度も確定しやすい。酸素供給量の制御により、燃焼状態を制御しやすい。

20

【0036】

しかし、空気燃焼から酸素燃焼への切り替え時など運転状態が変化する際には、雰囲気温度、支燃ガスの比熱、石炭の性状、微粉炭の粒径、微粉炭の濃度などがさまざまに変化する。この場合には、最適な酸素濃度条件を決定するのが難しい。そして、逆火などの異常燃焼現象は、燃焼速度が一瞬でもその上限を上回る時間帯があると発生し、燃焼装置の焼損などの原因になる。そのため、燃焼速度が上限値以上になる可能性を排除する対策が必要である。

【0037】

その対策とは、どのような雰囲気条件でも酸素濃度を下げることである。この対策は、燃焼速度の低下に効果的である。例えば、空気燃焼から酸素燃焼へ運転状態を切り替える当初から、第1の酸素供給配管219を流れる酸素ガスの酸素濃度を低下させる。酸素分離装置が酸素純度97%の酸素ガスを供給すると、微粉炭は酸素97%の雰囲気条件で燃焼する場合があります。このときの燃焼速度は極めて大きい。これに対して、第1の酸素供給配管219を流れる酸素ガスの酸素純度を例えば70-80%に低下させた場合、微粉炭が燃焼する可能性は無くなる。図2の結果をみると、支燃ガスの酸素濃度を酸素97%から酸素70-80%程度に減少させると、燃焼速度は1/2近くに低下する。そのため、酸素濃度の僅かな減少でも、異常燃焼の抑制効果は大きい。

30

【0038】

次に、図3は、空気燃焼でプラントを起動してから酸素燃焼に切り替え、酸素燃焼の定常運転状態に達するまでの、燃料量、空気供給量、酸素供給量、排ガス循環量が変化する様子を示す。

40

【0039】

起動時、空気燃焼用空気配管363bから空気が供給される。空気流量が所定の値に達した時点で燃料を供給し、点火する。その後次第に、空気供給量と燃料供給量を増加させ、負荷を高くする。空気燃焼から酸素燃焼に切り替える負荷に達した時点で、空気燃焼用空気配管363bからの空気供給量を次第に減少させる。同時に、排ガスの再循環を開始し、再循環させる排ガス量をしだいに増加させる。排ガス再循環の開始に対応して、酸素供給を開始する。排ガス循環量の増加、空気供給量の減少に対応して、酸素供給量を増加

50

させる。空気供給を停止した時点で、酸素燃焼に切り替わる。この時点で、二酸化炭素の回収運転を開始する。その後、排ガス循環量、酸素供給量、燃料供給量を増加させ、必要な条件に到達させる。

【0040】

運転時の空気供給量、燃料供給量、排ガス循環量、酸素供給量は、事前に運転計画として定められているが、実際の供給量は計画から多少ずれる。そのズレは、ガスや燃料の供給量を測定する計測器や、制御装置に誤差があるためである。実際の供給量と計画値との間のずれが大きいときに、異常燃焼が生じやすい。そして、このずれが生じやすいのは、空気燃焼から酸素燃焼に切り替える際など、運転状態を変化させるときである。たとえば、空気燃焼から酸素燃焼に切り替える際に、酸素供給を開始する。酸素を計画通り、かつ、正確に供給するためには、流量制御装置が正確に作動しなければならないが、装置には必ず誤差がある。装置の性質上、装置は流量が少ないときに誤差が生じやすい。そのため、酸素供給を開始した直後の、酸素供給量が少ないときに誤差が生じやすい。また、酸素はできるだけ徐々に供給することが望ましいが、供給開始直後はある一定量が瞬時に供給されやすい。また、流量制御装置には必ず応答遅れもある。そのため、酸素供給量を変化させる際に、供給量を常に正確に調整するのは難しい。したがって、運転状態を変化させて酸素供給量が計画からある程度ずれた場合でも、異常燃焼が発生しにくくする装置上の工夫が必要である。

10

【0041】

図4は、図3の計画に従って運転したときに、支燃ガス中の酸素濃度が変化する様子を示す一例である(比較例)。この比較例は、1次系配管216に接続された窒素供給配管137又は空気供給配管138から窒素又は空気を供給しない場合を示す。ここで、支燃ガス中の酸素濃度は、平均的な濃度と、局所的かつ瞬間的な濃度を考慮しなければならない。平均的な酸素濃度が低すぎると、失火の原因になる。図4の曲線603は平均酸素濃度を示す。支燃ガスの主成分が窒素から二酸化炭素に変化すると、同一酸素濃度では燃焼速度が低下する。そのため、酸素燃焼に切り替えた際は、平均酸素濃度をある程度増加させるのがよい。

20

【0042】

局所的かつ瞬間的な酸素濃度が高すぎると、逆火などの異常燃焼の原因になる。燃焼排ガスと微粉炭の混合物が流れる1次系配管216に酸素を供給した場合、1次系配管216の内部空間に濃度むらが生じ、局所的に酸素濃度の高い領域と低い領域が形成される。曲線604は、この濃度むらを考慮して、局所的に最も酸素濃度が高い領域において酸素濃度が変化する様子を示す。1次系配管216の内部において、酸素ガスと燃焼排ガスの混合性能はガス流量などの条件で変化する。そのため、ガス流量を変化させる際に常に良好な混合性能を保つことは難しく、流量を変化させる際に、局所的な酸素濃度が一時的に高くなる場合がある。

30

【0043】

曲線606は、異常燃焼を防ぐために許容できる酸素濃度の上限値である。支燃ガスの酸素濃度は、この酸素濃度の上限値を常に下回る必要がある。曲線604の酸素濃度は上限より低い。但し、空気燃焼から酸素燃焼への切り替え時には、上限値までの余裕度が少なくなる。そして、ガス流量に時間変動がある場合には、瞬間的にはさらに酸素濃度が高くなる可能性がある。曲線605は、ガス流量の変動を考慮したときの瞬間的な最大酸素濃度である。図4に示すように、瞬間的な最大酸素濃度605が許容値606を超えた場合、異常燃焼が発生しやすくなる。比較例を用いた場合、この瞬間的な最大酸素濃度は約97%に達する可能性がある。異常燃焼が発生する条件は、酸素濃度が高いことに加えて、この酸素濃度が高い領域に多量の微粉炭が侵入するという条件が揃ったときである。本実施例では、酸素濃度が許容値を超えないようにする工夫を行ったものである。

40

【0044】

図5は、図3の計画に従い本実施例を適用して運転した場合において、酸素濃度が変化する様子を表す図である。事前に、酸素ガス362に窒素ガスあるいは空気を混入させ、

50

酸素ガス362中の酸素濃度を低下させると、瞬間的な最大酸素濃度を低くできる。例えば、酸素ガス362中の酸素濃度を20%減少させると、瞬間的な最大酸素濃度も20%低減できることが期待できる。ガス流量の制御が最も難しい条件では、酸素ガス362中の酸素濃度を許容値以下にするとよい。この操作をすると、瞬間的な最大酸素濃度が許容値を超える可能性がなくなる。

【0045】

図6は、酸素供給量の時間変化を示す。計画値と実際の供給量とのずれを表わす一例である。酸素供給を開始した直後は、計画値と実際の流量にずれが生じやすい。図6とは逆に、計画値よりも実際の供給量が少なくなることもある。但し、計画値よりも供給量を多くできるか少なくできるかを、人為的に制御するのは難しい。図6のように、実際の供給量が計画よりも多い場合には、異常燃焼が発生しやすい。逆の場合には、失火が生じやすい。なお、支燃ガスの酸素濃度を測定し、その測定結果に基づき酸素供給量を修正すると、酸素供給量の誤差を小さくできる。ただし、測定器にも応答遅れがある。そのため、酸素供給を開始してからある一定の時間が経過するまでは、この測定器を用いた制御方法は使用できない。ある程度時間が経過して酸素供給量が増えれば、酸素供給量の誤差も少なくなっており、測定器を用いた制御方法を使用可能となる。

10

【0046】

図7は、図6のように運転した場合に、酸素濃度の瞬間最大値が変化する様子を示す。酸素供給を開始してから一定時間が経過するまでの初期段階は、酸素濃度が高くなりやすい。また、この初期段階は、測定による濃度の把握もしにくい。

20

【0047】

図8は、本実施例を適用したときの、酸素ガス362と窒素ガス(または空気)の供給量が変化する様子を示す。窒素ガスまたは空気は、酸素の供給より僅かに早く供給開始する。これにより、酸素の供給を開始した時点で、純度の高い酸素が1次系配管216を流れる微粉炭と燃焼排ガスの混合物と接触する可能性がなくなる。酸素の供給を開始した直後は、酸素の供給量に誤差が生じやすいので、窒素または空気の供給量を多くする。これにより、酸素ガス362の酸素濃度が下がるため、大きな供給量変動や大きな濃度むらが生じて、酸素濃度の瞬間最大値が高くなりやすい。酸素の供給量増加に応じて、窒素または空気の供給量を減少させる。窒素または空気の供給量を少なくすると、窒素・酸素供給量の誤差は大きくなる。しかし、この時点では酸素供給量の誤差が小さくなるので、酸素濃度の瞬間最大値が高くなりやすい。また、酸素濃度の測定値に基づき、供給量を修正することも可能である。酸素燃焼に完全に切り替わる時点で、窒素または空気の供給を停止する。これにより、酸素燃焼時には純度の高い酸素が供給されるので、燃焼ガス中の二酸化炭素の回収効率は低下しない。

30

【0048】

図8に示す運転状態において、酸素濃度の瞬間最大値が変化する様子を図9に示す。酸素供給を開始する初期段階は、酸素濃度を低下させる。初期段階は、酸素濃度の瞬間最大値に原理的な最大濃度が存在する。このため、供給量の調整が難しい初期段階において、酸素濃度の上昇を抑制することができる。

【0049】

ここで、「酸素濃度の原理的な最大値」について説明する。例えば、酸素濃度10%の循環排ガスに酸素濃度70%の酸素ガスを混合させる場合、混合ガスの酸素濃度は70%未満となる。このとき、「酸素濃度70%」が原理的な最大値となる。このように本実施例では、酸素濃度に原理的な最大値を設けることで、運転条件を変更しても異常燃焼を防ぐことが可能となる。

40

【0050】

以上のように、空気燃焼用空気配管から排ガス再循環手段へ空気を供給し、空気燃焼を行う運転状態から、空気燃焼用空気配管からの空気供給を停止し、ボイラに酸素と燃焼排ガスを供給して燃焼させる酸素燃焼の運転状態に移行させる移行時に、酸素供給配管に接続された窒素供給配管又は空気供給配管から、窒素又は空気を供給することにより、パー

50

ナにおいて異常燃焼が発生しにくい酸素燃焼ボイラプラントの運転方法を提供することができる。

【0051】

なお、異常燃焼を防止する方法として、酸素供給を開始するときに、微粉炭の粒子径を大きくする方法も考えられる。図2に示すように、粒子径を大きくすると燃焼速度が小さくなる。また、粒子径を大きくすると、図5に示す最大酸素濃度許容値606が大きくなるため、許容値までの余裕度が大きくなり、異常燃焼を防止できる。粒子径を大きくするには、図1に示す石炭粉砕器130の運転状態を変えればよい。通常、石炭粉砕器130は、その出口付近に分級器を設けられている。分級器は、ある一定径より大きな粒子を回収し、石炭粉砕器に戻して再粉砕させる。そのため、粒子径を大きくするには分級器の分離粒子径を大きくする方法が考えられる。

10

【実施例2】

【0052】

図10は、酸素ガス362の供給方法の変形例を示す。図1との違いは、酸素ガス362を一度ではなく、2度に分けて段階的に1次系配管216へ供給することである。これにより、異常燃焼の発生をさらに抑制できる。

【0053】

1次系ガスの流れ31に酸素ガス362を供給したときの、ガスと微粉炭の混合状態の一例を図11に示す。図11は、酸素ガス362を一度に供給したときの混合状態である。

20

【0054】

酸素ガス362は、酸素供給ノズル52から1次系ガスの流れ31に向かって噴射される。酸素ガス362と1次系ガスの流れ31の境界には混合領域32が形成される。ただし、噴射された酸素ガスの全てが瞬時に混合することはない。そのため、混合領域32の内部には、高酸素濃度のガス塊33が一時的に形成される。1次系ガスの流れ31には、微粉炭粒子34が同伴されている。この微粉炭粒子34は、1次系ガスの流れ31に完全に同伴されて動くわけではない。一部の微粉炭粒子34は、1次系ガスの流れ31からずれて独自の運動をする。この結果、例えば、図11に示したような微粉炭粒子の軌跡36を経て、微粉炭粒子34が高酸素濃度のガス塊33に進入することがある。高酸素濃度のガス塊に進入した微粉炭粒子35は、燃焼しやすくなる。高酸素濃度のガス塊に進入した微粉炭粒子35が燃焼して温度が高くなると、周囲のガスや微粉炭を加熱する。そして、混合領域32や1次系ガスの流れ31に存在する微粉炭へ延焼しやすくなる。

30

【0055】

この延焼を防ぐためには、二つの対策が有効である。第一に、高酸素濃度のガス塊33中の酸素濃度を低くして、高酸素濃度のガス塊に進入した微粉炭粒子35を燃焼しにくくさせることである。これは、実施例1で示した対策である。第二は、高酸素濃度のガス塊に進入した微粉炭粒子35が燃焼しても、燃焼温度を速やかに下げること、周囲のガスや微粉炭を加熱しにくくすることである。周囲のガスや微粉炭を加熱しにくくするためには、高酸素濃度のガス塊33の体積をできるだけ小さくして、かつ、ガス塊33へ進入する微粉炭粒子の量を少なくすることである。たとえば、純酸素のガス塊へ微粉炭が進入して燃焼しても、進入する粒子が1個であれば、周囲へ延焼する可能性はほとんどない。このように、高酸素濃度のガス塊33の体積が小さければ、ガス塊33へ進入する微粉炭の数も少なくなり、微粉炭が燃焼しても、その燃焼による発熱量を小さくできる。

40

【0056】

ガス塊33の体積が小さい場合、発生した燃焼熱はすぐに矢印91の方向で周囲に奪われるので、温度はあまり高くない。この場合には、いったん微粉炭が燃焼しても、周囲には延焼しにくい。一方、ガス塊33の体積が大きいときは逆になる。ガス塊33へ進入した微粉炭の燃焼熱が大きいので、周囲へ熱が奪われにくくなり、温度が上がりやすくなる。この結果、周囲のガスや微粉炭が過熱されやすくなり、延焼しやすくなる。

【0057】

50

高酸素濃度のガス塊 3 3 の体積を小さくする方法は、第 1 の酸素供給配管 2 1 9 の出口を、1 次系配管 2 1 6 のガス流れ方向に分割して設置することで、1 次系ガスの流れ方向に分割して酸素を段階的に供給する方法がよい。図 1 2 は、酸素ガス 3 6 2 を段階的に供給する構成の一例である。ひとつの酸素供給ノズル 5 2 から供給する酸素ガス 3 6 2 の量を少なくすることで、高酸素濃度のガス塊 3 3 の体積は小さくなる。ガス塊の体積が小さくなった結果、ガス塊中の微粉炭が燃焼しても、周囲には延焼しにくくなる。なお、図 1 2 では二つの高酸素濃度のガス塊 3 3 が形成される。また、酸素供給ノズル 5 2 を流れ方向にある程度離して設置することで、ガス塊同士の相互作用を防ぐ必要がある。そのため、上流側で供給した酸素ガス 3 6 2 が 1 次系ガス 1 0 と混合して高酸素濃度のガス塊 3 3 が消失した後に、新たに下流側で酸素ガス 3 6 2 を供給するように、酸素供給配管の出口をお互い離すことが望ましい。

10

【実施例 3】

【0058】

図 1 3 は、バーナ構造と、酸素 3 6 2 の供給方法の一例を示す。1 次系ガス 1 0 はバーナの中心部からボイラ火炉内に噴出する。保炎器 8 9 は、微粉炭の着火を促進する。1 次系ガス 1 0 の周囲から 2 次系ガス 2 1 7 を供給する。このバーナでは、2 次系ガスを二つの流路に分割する。

【0059】

酸素供給ノズル 5 2 は、バーナ上流側の 1 次系配管 2 1 6 の内部に設置する。酸素供給ノズル 5 2 は、1 次系ガス 1 0 の流れ方向で二つに分けて設置する。この方法は、ボイラ火炉内の 1 次系ガスや、酸素ガスを噴出した直後の 1 次系ガスに、酸素濃度のむらができにくい利点がある。酸素濃度のむらが小さいと、NO_x 排出特性や最低負荷性能などの燃焼性能を予測しやすい利点がある。

20

【実施例 4】

【0060】

図 1 4 は、バーナ構造と酸素ガス 3 6 2 の供給方法の変形例を示す。この構成では、下流側の酸素供給ノズルをバーナ近傍に設置する。

【0061】

図 1 5 は、バーナ構造と酸素ガス 3 6 2 の供給方法の別の変形例である。この構成では、下流側の酸素供給ノズル 5 2 をバーナ出口に設置した。バーナの中心部に、起動用の油バーナ 2 2 が設置され、油バーナ 2 2 の周囲に酸素供給ノズル 5 2 が設置される。酸素供給ノズル 5 2 の周囲には、1 次ノズル 2 5 が設置され、微粉炭と燃焼排ガスの混合物である 1 次系ガス 1 0 がボイラ火炉 1 内に噴出される。酸素ガス 2 4 は、環状に噴出する 1 次系ガス 1 0 の内側から供給される。1 次ノズル 2 5 の周囲から 2 次系ガス 2 1 7 がボイラ火炉 1 内に供給される。2 次系ガスはウインドボックス 2 を経て二つの流路に分流されたのち、旋回羽根 1 7 で流れの旋回成分を付与したのち、ボイラ火炉 1 内に供給される。酸素供給ノズル 5 2 は、酸素ガス 3 6 2 を供給する。

30

【0062】

図 1 5 の構成では、酸素供給ノズルがバーナ下流側に設置されるため、バーナ部で 1 次系ガス 1 0 中に酸素濃度のむらが生じやすい欠点がある。その一方、逆火などの異常燃焼が発生した際、その影響が 1 次ノズル 2 5 中の上流側へ及びにくい利点がある。

40

【0063】

図 1 6 は、図 1 4 の一変形例を示す。2 次ガス導入管 5 1 がバーナ噴出部の近くに設置される。図 1 7 は、バーナを A 方向から見た図である。1 次ノズル 4 0 1 の外周部に、保炎器 4 0 0 が櫛歯状に設置される。1 次ノズルの周囲には、2 次ノズル 4 0 2 と 3 次ノズル 4 0 3 が同心円状に配置される。酸素供給ノズル 5 2 は保炎器 4 0 0 の間に配置する。

【符号の説明】

【0064】

1 3 2 酸素バッファタンク

1 3 7 窒素供給配管

50

- 1 3 8 空気供給配管
- 2 0 0 ボイラ
- 2 1 0 バーナ
- 2 1 6 1次系配管
- 2 1 9 第1の酸素供給配管
- 2 2 5 エアポート
- 3 6 0 酸素製造装置
- 3 9 7 第2の酸素供給配管

【 図 1 】

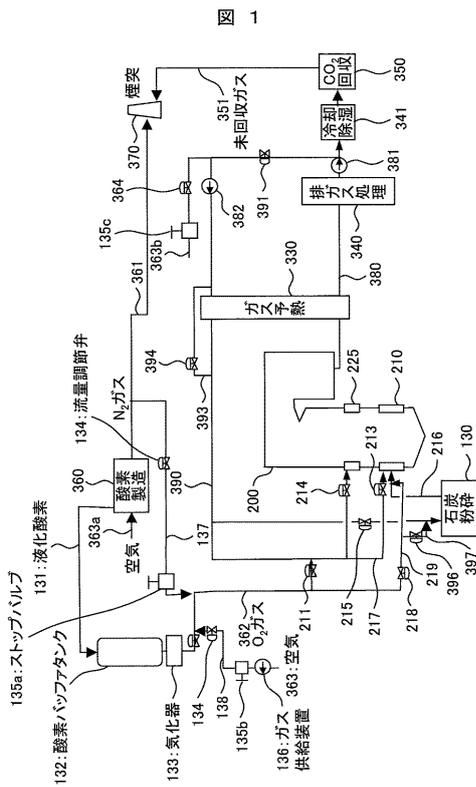


図 1

【 図 2 】

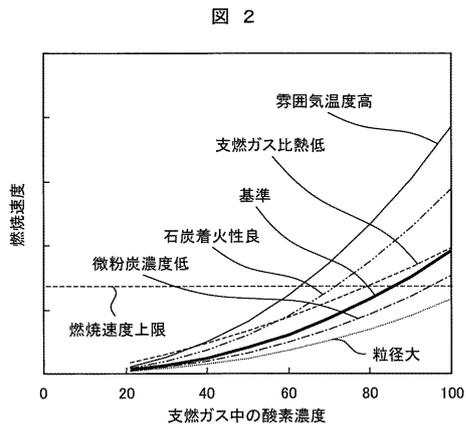


図 2

【 図 3 】

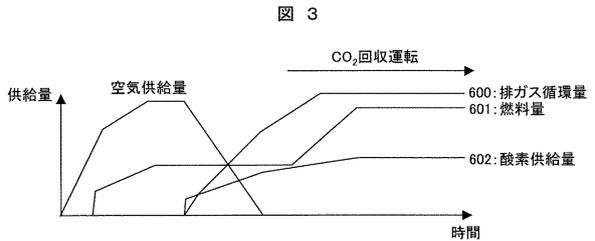
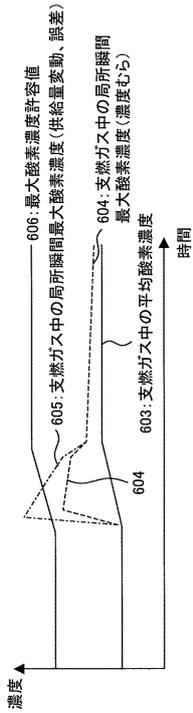


図 3

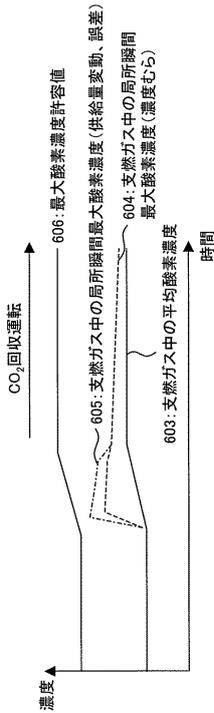
【 図 4 】

図 4



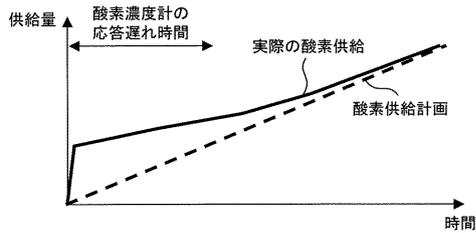
【 図 5 】

図 5



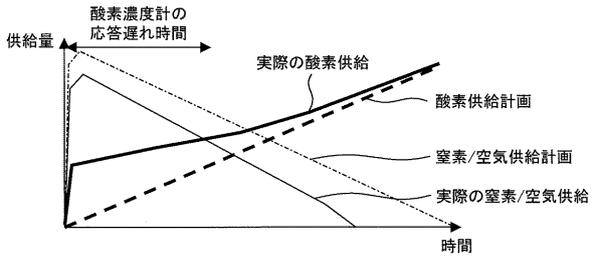
【 図 6 】

図 6



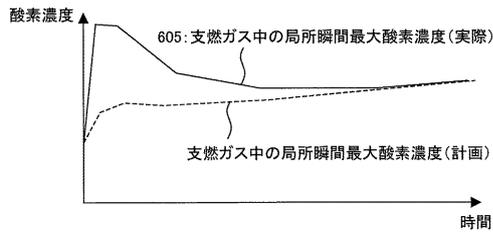
【 図 8 】

図 8



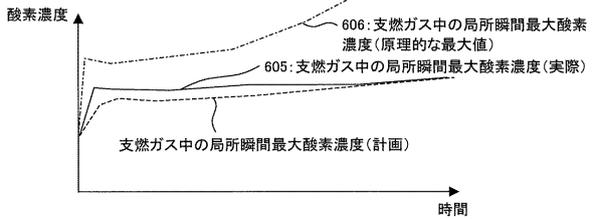
【 図 7 】

図 7



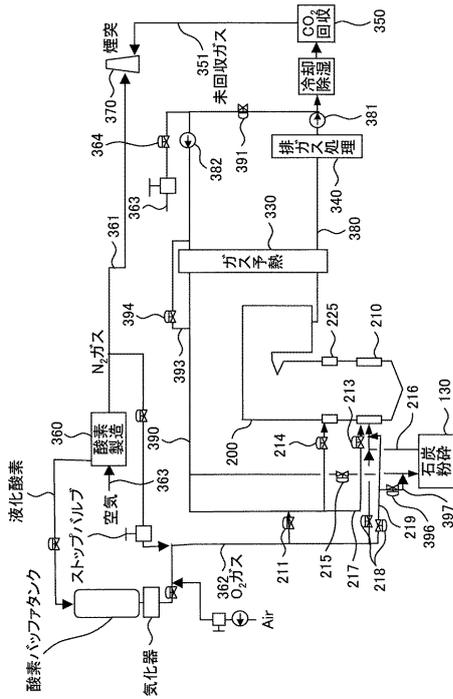
【 図 9 】

図 9



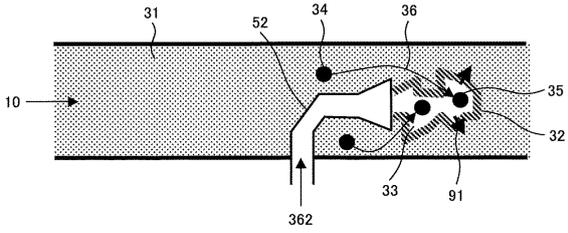
【図10】

図10



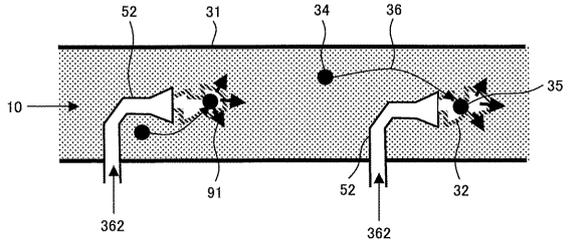
【図11】

図11



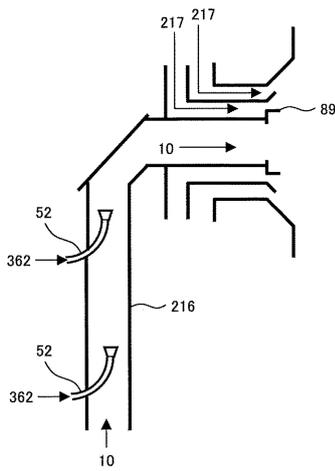
【図12】

図12



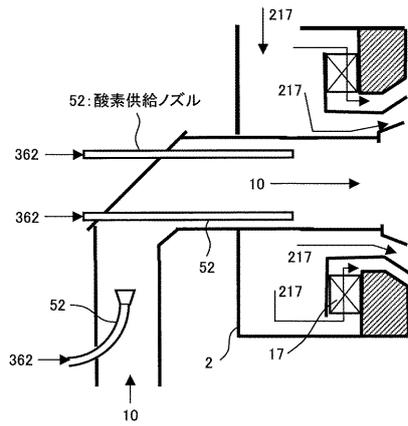
【図13】

図13



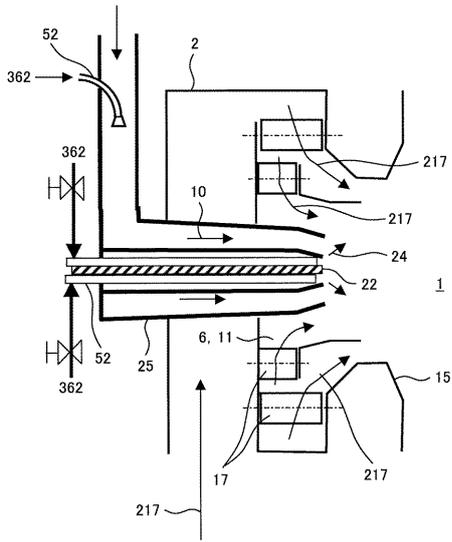
【図14】

図14



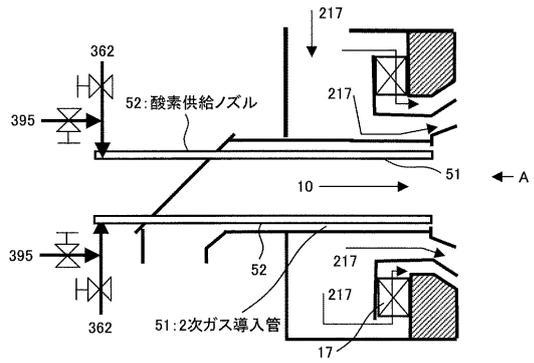
【図15】

図 15



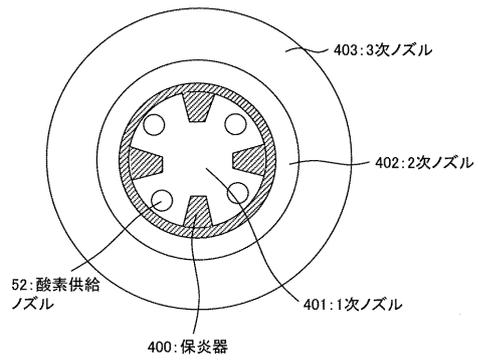
【図16】

図 16



【図17】

図 17



フロントページの続き

(72)発明者 林 喜治

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号
一・環境システム研究所内

株式会社 日立製作所 エネルギー

審査官 佐藤 正浩

(56)参考文献 特開平05-231609(JP,A)

特開2006-046826(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F23K 3/02

F23C 99/00

F23L 7/00

F23C 9/08

F23D 1/00