

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

流動化ガスを供給することで湿潤燃料を流動化させて乾燥する流動層乾燥装置と、
前記流動層乾燥装置から排出された排ガスに対して微粒子を分離するサイクロンと、
前記サイクロン内に冷却水を噴霧することで分離された微粒子を下降させる冷却水噴霧装置と、

前記サイクロンにより微粒子が除去された排ガスを流動化ガスとして前記流動層乾燥装置に供給する流動化ガス供給装置と、

前記流動化ガス供給装置により前記流動層乾燥装置に供給する流動化ガスを加熱する加熱装置と、

を有することを特徴とする湿潤燃料の乾燥システム。

【請求項 2】

前記冷却水噴霧装置により噴霧された冷却水と下降した微粒子を含む混合液を貯留する貯留タンクと、前記貯留タンクの混合液から廃棄物を除去した液体を冷却水として前記冷却水噴霧装置に供給する冷却水循環装置とが設けられることを特徴とする請求項 1 に記載の湿潤燃料の乾燥システム。

【請求項 3】

前記冷却水循環装置は、前記冷却水噴霧装置に供給する冷却水を冷却する冷却装置が設けられることを特徴とする請求項 2 に記載の湿潤燃料の乾燥システム。

【請求項 4】

前記貯留タンクは、混合液に対して浮上した廃棄物を分離させる分離機能を有することを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の湿潤燃料の乾燥システム。

【請求項 5】

前記サイクロンは、微粒子が除去された排ガスを下部から排出する排出管が設けられ、前記排出管の排出口が上部で且つ水平方向の中央側に配置される一方、前記冷却水噴霧装置の噴霧ノズルが上部で且つ水平方向の外周側に配置されることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一つに記載の湿潤燃料の乾燥システム。

【請求項 6】

前記サイクロンに供給された排ガスと前記流動化ガス供給装置により前記流動層乾燥装置に供給する流動化ガスとの間で熱交換を行う熱交換装置が設けられることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一つに記載の湿潤燃料の乾燥システム。

【請求項 7】

流動化ガスとして不活性ガスまたは低温空気が適用されることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一つに記載の湿潤燃料の乾燥システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、流動化ガスにより湿潤燃料を流動層により乾燥させる湿潤燃料の乾燥システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

例えば、石炭ガス化複合発電設備は、石炭をガス化し、コンバインドサイクル発電と組み合わせることにより、従来型の石炭火力に比べてさらなる高効率化・高環境性を目指した発電設備である。この石炭ガス化複合発電設備は、資源量が豊富な石炭を利用可能であることも大きなメリットであり、適用炭種を拡大することにより、さらにメリットが大きくなることが知られている。

【0003】

従来の石炭ガス化複合発電設備は、一般的に、給炭装置、乾燥装置、石炭ガス化炉、ガス精製装置、ガスタービン設備、蒸気タービン設備、排熱回収ボイラ、ガス浄化装置などを有している。従って、石炭が乾燥されてから粉碎され、石炭ガス化炉に対して、微粉炭

10

20

30

40

50

として供給されると共に、空気が取り込まれ、この石炭ガス化炉で石炭が燃焼ガス化されて生成ガス（可燃性ガス）が生成される。そして、この生成ガスがガス精製されてからガスタービン設備に供給されることで燃焼して高温・高圧の燃焼ガスを生成し、タービンを駆動する。タービンを駆動した後の排気ガスは、排熱回収ボイラで熱エネルギーが回収され、蒸気を生成して蒸気タービン設備に供給され、タービンを駆動する。これにより発電が行なわれる。一方、熱エネルギーが回収された排気ガスは、ガス浄化装置で有害物質が除去された後、煙突を介して大気へ放出される。

【0004】

このような石炭ガス化複合発電設備に用いられる石炭の乾燥装置としては、下記特許文献に記載されたものがある。特許文献1に記載された多室型流動層分級装置は、風箱の上側に多孔板型ガス分散板を介して流動層を設け、この室を仕切板で乾燥室と分級室とに仕切り、仕切板の下側に連絡通路を形成し、風箱に乾燥用熱風等としての役割と分級用気体としての役割を有する流動化ガスを供給可能とするものである。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2000-197854号公報

【特許文献2】特開2011-080746号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0006】

ところで、乾燥装置は、流動化ガスにより石炭を乾燥することから、流動化ガスに微粉が混入した排ガスが排出される。そのため、上述した特許文献1に記載された従来の多室型流動層分級装置では、ガス排出口から排出される微粉を含む排ガスをサイクロンやバグフィルタなどの固気分離装置に導入して微粉を捕集、分離するようにしている。そして、微粉を除去した排ガスを再循環させて流動化ガスとして利用するためには、混入している蒸発水分を凝縮させる必要があり、サイクロンなどの装置に加えて凝縮器などの装置を設けなければならない、装置の大型化や高コスト化を招いてしまう。

【0007】

本発明は、上述した課題を解決するものであり、装置から排出される排ガスから微粒子を適正に除去して流動化ガスとして再利用可能とすると共に装置の簡素化を可能とする湿潤燃料の乾燥システムを提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記の目的を達成するための本発明の湿潤燃料の乾燥システムは、流動化ガスを供給することで湿潤燃料を流動化させて乾燥する流動層乾燥装置と、前記流動層乾燥装置から排出された排ガスに対して微粒子を分離するサイクロンと、前記サイクロン内に冷却水を噴霧することで分離された微粒子を下降させる冷却水噴霧装置と、前記サイクロンにより微粒子が除去された排ガスを流動化ガスとして前記流動層乾燥装置に供給する流動化ガス供給装置と、前記流動化ガス供給装置により前記流動層乾燥装置に供給する流動化ガスを加熱する加熱装置と、を有することを特徴とするものである。

40

【0009】

従って、流動層乾燥装置では、供給された流動化ガスにより湿潤燃料が流動化して乾燥し、この流動層乾燥装置から排出された排ガスはサイクロンで微粒子が分離され、冷却水噴霧装置がサイクロン内に冷却水を噴霧することでこの微粒子が下降する一方、サイクロンにより微粒子が除去された排ガスは、加熱装置により加熱された後、流動化ガス供給装置により流動化ガスとして流動層乾燥装置に供給されることとなる。そのため、排ガスから微粒子を適正に除去して流動化ガスとして再利用することができると共に、装置を簡素化することができる。

【0010】

50

本発明の湿潤燃料の乾燥システムでは、前記冷却水噴霧装置により噴霧された冷却水と下降した微粒子を含む混合液を貯留する貯留タンクと、前記貯留タンクの混合液から廃棄物を除去した液体を冷却水として前記冷却水噴霧装置に供給する冷却水循環装置とが設けられることを特徴としている。

【0011】

従って、冷却水と微粒子との混合液が貯留タンクに貯留され、冷却水循環装置によりこの貯留タンクの混合液から廃棄物が除去された液体を冷却水として冷却水噴霧装置に供給することとなり、噴霧した冷却水と流動化ガスから凝縮した水とを有効利用することができる、処理コストを低減することができる。

【0012】

本発明の湿潤燃料の乾燥システムでは、前記冷却水循環装置は、前記冷却水噴霧装置に供給する冷却水を冷却する冷却装置が設けられることを特徴としている。

【0013】

従って、冷却水循環装置により廃棄物が除去された液体が冷却水として冷却水噴霧装置に供給されるとき、冷却装置によりこの液体が冷却されることとなり、低温となった冷却水が冷却水噴霧装置によりサイクロン内に噴霧されることとなり、排ガスを効率良く冷却することで、除塵、冷却、凝縮を効率良く行うことができる。

【0014】

本発明の湿潤燃料の乾燥システムでは、前記貯留タンクは、混合液に対して浮上した廃棄物を分離させる分離機能を有することを特徴としている。

【0015】

従って、混合液に対して廃棄物を浮上して分離することで、廃棄物の分離を容易に行うことが可能となり、装置の簡素化及び低コスト化を可能とすることができる。

【0016】

本発明の湿潤燃料の乾燥システムでは、前記サイクロンは、微粒子が除去された排ガスを下部から排出する排出管が設けられ、前記排出管の排出口が上部で且つ水平方向の中央側に配置される一方、前記冷却水噴霧装置の噴霧ノズルが上部で且つ水平方向の外周側に配置されることを特徴としている。

【0017】

従って、排出管により微粒子が除去された排ガスを下部から排出することとなり、サイクロンの全高を低くすることができ、コンパクト化を可能とすることができ、また、排出管の排出口と噴霧ノズルが水平方向にずれて配置されることとなり、排出管内への冷却水の混入を防止することができる。

【0018】

本発明の湿潤燃料の乾燥システムでは、前記サイクロンに供給された排ガスと前記流動化ガス供給装置により前記流動層乾燥装置に供給する流動化ガスとの間で熱交換を行う熱交換装置が設けられることを特徴としている。

【0019】

従って、排ガスの熱により流動化ガスを加熱することができ、排熱効率を向上することができる。

【0020】

本発明の湿潤燃料の乾燥システムでは、流動化ガスとして不活性ガスまたは低温空気が適用されることを特徴としている。

【0021】

従って、流動化ガスを不活性ガスまたは低温空気とすることで、排ガスから微粒子を適正に除去して流動化ガスとして再利用することができる。

【発明の効果】

【0022】

本発明の湿潤燃料の乾燥システムによれば、流動層乾燥装置から排出された排ガスに対して微粒子を分離するサイクロンと、サイクロン内に冷却水を噴霧する冷却水噴霧装置と

10

20

30

40

50

、微粒子が除去された排ガスを流動化ガスとして流動層乾燥装置に供給する流動化ガス供給装置と、流動化ガスを加熱する加熱装置とを設けるので、排ガスから微粒子を適正に除去して流動化ガスとして再利用することができると共に、装置を簡素化することができる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】図1は、本発明の一実施例に係る湿潤燃料の乾燥システムを表す概略構成図である。

【図2】図2は、本実施例の流動層乾燥装置が適用された石炭ガス化複合発電設備の概略構成図である。

【図3】図3は、本実施例の流動層乾燥装置を表す概略側面図である。

【図4】図4は、本実施例の流動層乾燥装置を表す概略背面図である。

【図5】図5は、流動層乾燥装置の変形例を表す概略側面図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下に添付図面を参照して、本発明に係る湿潤燃料の乾燥システムの好適な実施例を詳細に説明する。なお、この実施例により本発明が限定されるものではなく、また、実施例が複数ある場合には、各実施例を組み合わせるものも含むものである。

【実施例】

【0025】

図1は、本発明の一実施例に係る湿潤燃料の乾燥システムを表す概略構成図、図2は、本実施例の流動層乾燥装置が適用された石炭ガス化複合発電設備の概略構成図、図3は、本実施例の流動層乾燥装置を表す概略側面図、図4は、本実施例の流動層乾燥装置を表す概略背面図である。

【0026】

本実施例の石炭ガス化複合発電設備（IGCC：Integrated Coal Gasification Combined Cycle）は、空気を酸化剤としてガス化炉で石炭ガスを生成する空気燃焼方式を採用し、ガス精製装置で精製した後の石炭ガスを燃料ガスとしてガスタービン設備に供給して発電を行うものである。即ち、本実施例の石炭ガス化複合発電設備は、空気燃焼方式（空気吹き）の発電設備である。

【0027】

本実施例において、図2に示すように、石炭ガス化複合発電設備10は、給炭装置11、流動層乾燥装置12、微粉炭機（ミル）13、石炭ガス化炉14、チャー回収装置15、ガス精製装置16、ガスタービン設備17、蒸気タービン設備18、発電機19、排熱回収ボイラ（HRSG：Heat Recovery Steam Generator）20を有している。

【0028】

給炭装置11は、原炭バンカ21と、石炭供給機22と、クラッシャ23とを有している。原炭バンカ21は、石炭を貯留可能であって、所定量の石炭を石炭供給機22に投下することができる。石炭供給機22は、原炭バンカ21から投下された石炭をコンベアなどにより搬送し、クラッシャ23に投下することができる。このクラッシャ23は、投下された石炭を所定の大きさに破碎することができる。

【0029】

流動層乾燥装置12は、給炭装置11により投入された石炭に流動化ガスを供給することで、この石炭を流動させながら加熱乾燥するものであり、石炭に含有される水分を除去することができる。そして、この流動層乾燥装置12は、取り出された乾燥炭を冷却する冷却器31が設けられ、乾燥炭が乾燥炭バンカ32に貯留される。また、流動層乾燥装置12は、取り出された排ガスから乾燥炭の粒子を分離するサイクロン33が設けられ、排ガスから分離された乾燥炭の粒子が乾燥炭バンカ32に貯留され、乾燥炭が分離された排ガスは、流動層乾燥装置12に流動化ガスとして戻される。

【0030】

微粉炭機13は、石炭粉碎機であって、流動層乾燥装置12により乾燥された石炭（乾燥炭）を細かい粒子状に粉碎して微粉炭を製造するものである。即ち、微粉炭機13は、乾燥炭パンカ32に貯留された乾燥炭が石炭供給機36により投下され、この乾燥炭を所定粒径以下の微粉炭とするものである。そして、微粉炭機13で粉碎後の微粉炭は、バグフィルタ37a, 37bにより搬送用ガスから分離され、供給ホッパ38a, 38bに貯留される。

【0031】

石炭ガス化炉14は、微粉炭機13で処理された微粉炭が供給可能であると共に、チャー回収装置15で回収されたチャー（石炭の未燃分）が戻されてリサイクル可能となっている。

10

【0032】

即ち、石炭ガス化炉14は、ガスタービン設備17（圧縮機61）から圧縮空気供給ライン41が接続されており、このガスタービン設備17で圧縮された圧縮空気が供給可能となっている。空気分離装置42は、大気中の空気から窒素と酸素を分離生成するものであり、第1窒素供給ライン43が石炭ガス化炉14に接続され、この第1窒素供給ライン43に供給ホッパ38a, 38bからの給炭ライン44a, 44bが接続されている。また、第2窒素供給ライン45も石炭ガス化炉14に接続され、この第2窒素供給ライン45にチャー回収装置15からのチャー戻しライン46が接続されている。更に、酸素供給ライン47は、圧縮空気供給ライン41に接続されている。この場合、窒素は、石炭やチャーの搬送用ガスとして利用され、酸素は、酸化剤として利用される。

20

【0033】

石炭ガス化炉14は、例えば、噴流床形式のガス化炉であって、内部に供給された石炭、チャー、空気（酸素）、またはガス化剤としての水蒸気を燃焼・ガス化すると共に、二酸化炭素を主成分とする可燃性ガス（生成ガス、石炭ガス）が発生し、この可燃性ガスをガス化剤としてガス化反応が起こる。なお、石炭ガス化炉14は、微粉炭の混入した異物を除去する異物除去装置48が設けられている。この場合、石炭ガス化炉14は噴流床ガス化炉に限らず、流動床ガス化炉や固定床ガス化炉としてもよい。そして、この石炭ガス化炉14は、チャー回収装置15に向けて可燃性ガスのガス生成ライン49が設けられており、チャーを含む可燃性ガスが排出可能となっている。この場合、ガス生成ライン49にガス冷却器を設けることで、可燃性ガスを所定温度まで冷却してからチャー回収装置15に供給するとよい。

30

【0034】

チャー回収装置15は、集塵装置51と供給ホッパ52とを有している。この場合、集塵装置51は、1つまたは複数のバグフィルタやサイクロンにより構成され、石炭ガス化炉14で生成された可燃性ガスに含有するチャーを分離することができる。そして、チャーが分離された可燃性ガスは、ガス排出ライン53を通してガス精製装置16に送られる。供給ホッパ52は、集塵装置51で可燃性ガスから分離されたチャーを貯留するものである。そして、供給ホッパ52からのチャー戻しライン46が第2窒素供給ライン45に接続されている。

40

【0035】

ガス精製装置16は、チャー回収装置15によりチャーが分離された可燃性ガスに対して、硫黄化合物や窒素化合物などの不純物を取り除くことで、ガス精製を行うものである。そして、ガス精製装置16は、可燃性ガスを精製して燃料ガスを製造し、これをガスタービン設備17に供給する。なお、このガス精製装置16では、チャーが分離された可燃性ガス中にはまだ硫黄分（ H_2S ）が含まれているため、アミン吸収液によって除去することで、硫黄分を最終的には石膏として回収し、有効利用する。

【0036】

ガスタービン設備17は、圧縮機61、燃焼器62、タービン63を有しており、圧縮機61とタービン63は、回転軸64により連結されている。燃焼器62は、圧縮機61

50

から圧縮空気供給ライン 65 が接続されると共に、ガス精製装置 16 から燃料ガス供給ライン 66 が接続され、タービン 63 に燃焼ガス供給ライン 67 が接続されている。また、ガスタービン設備 17 は、圧縮機 61 から石炭ガス化炉 14 に延びる圧縮空気供給ライン 41 が設けられており、中途部に昇圧機 68 が設けられている。従って、燃焼器 62 では、圧縮機 61 から供給された圧縮空気とガス精製装置 16 から供給された燃料ガスを混合して燃焼し、タービン 63 にて、発生した燃焼ガスにより回転軸 64 を回転することで発電機 19 を駆動することができる。

【0037】

蒸気タービン設備 18 は、ガスタービン設備 17 における回転軸 64 に連結されるタービン 69 を有しており、発電機 19 は、この回転軸 64 の基端部に連結されている。排熱回収ボイラ 20 は、ガスタービン設備 17 (タービン 63) からの排ガスライン 70 に設けられており、空気と高温の排ガスとの間で熱交換を行うことで、蒸気を生成するものである。そのため、排熱回収ボイラ 20 は、蒸気タービン設備 18 のタービン 69 との間に蒸気供給ライン 71 が設けられると共に、蒸気回収ライン 72 が設けられ、蒸気回収ライン 72 に復水器 73 が設けられている。そして、排熱回収ボイラ 20 にガス浄化装置 74 及び煙突 75 が連結されている。

【0038】

このように構成された本実施例の石炭ガス化複合発電設備 10 では、給炭装置 11 にて、原炭が石炭供給機 22 によりクラッシャ 23 に投下されて破碎され、流動層乾燥装置 12 により加熱乾燥された後、冷却器 31 により冷却され、乾燥炭バンカ 32 に貯留される。乾燥炭バンカ 32 の乾燥炭は、微粉炭機 13 で粉碎されて微粉炭が製造され、微粉炭供給ホッパ 38a, 38b に貯留される。この微粉炭供給ホッパ 38a, 38b に貯留される微粉炭は、石炭ガス化炉 14 に供給され、圧縮空気により燃焼してガス化することで、二酸化炭素を主成分とする可燃性ガス (石炭ガス) が生成される。そして、この可燃性ガスは、チャー回収装置 15 によりチャーが分離されてガス精製装置 16 に送られる。

【0039】

ガス精製装置 16 にて、可燃性ガスは、硫黄化合物や窒素化合物などの不純物が取り除かれてガス精製され、燃料ガスが製造される。ガスタービン設備 17 では、圧縮機 61 が圧縮空気を生成して燃焼器 62 に供給すると、この燃焼器 62 は、この圧縮空気と燃料ガスを混合して燃焼することで燃焼ガスを生成し、タービン 63 を駆動して発電機 19 による発電を行う。そして、ガスタービン設備 17 から排出された排気ガスは、排熱回収ボイラ 20 で蒸気を生成し、蒸気タービン設備 18 に供給する。蒸気タービン設備 18 では、この蒸気によりタービン 69 を駆動して発電機 19 による発電を行う。その後、ガス浄化装置 74 では、排熱回収ボイラ 20 から排出された排気ガスの有害物質が除去され、浄化された排ガスが煙突 75 から大気へ放出される。

【0040】

ここで、本実施例の湿潤燃料の乾燥システムについて詳細に説明する。

【0041】

本実施例の湿潤燃料の乾燥システムは、図 1 に示すように、流動層乾燥装置 12 と、サイクロン 33 と、冷却水噴霧装置 201 と、流動化ガス供給装置 202 と、加熱装置 203 とを有している。流動層乾燥装置 12 は、流動化ガスを供給することで石炭 (湿潤燃料) を流動化させて乾燥するものである。本実施例では、流動化ガスとして不活性ガス (例えば、窒素ガスなど)、または、低温空気が適用される。

【0042】

流動層乾燥装置 12 は、プラグフロー式の乾燥装置であって、図 3 及び図 4 に示すように、乾燥容器 101 と、石炭投入口 102 と、乾燥炭排出口 103 と、流動化ガス供給部 104 (104a, 104b, 104c) と、ガス排出口 105 と、伝熱管 106, 107, 108 とを有している。

【0043】

乾燥容器 101 は、中空箱型形状をなしており、一端側に石炭を投入する石炭投入口 1

10

20

30

40

50

02が形成される一方、他端側の下部に石炭を加熱乾燥した乾燥炭を排出する乾燥炭排出口103が形成されている。この場合、石炭投入口102や乾燥炭排出口103を乾燥容器101の端部に1つずつ設けたが、複数であってもよい。また、乾燥容器101は、石炭供給機22（図2参照）により石炭投入口102から内部への石炭供給量を調整することができる。更に、乾燥容器101は、乾燥炭排出口103に設けられた図示しないロータリバルブの回転数を調整することで、石炭排出量を調整することができる。

【0044】

また、乾燥容器101は、下部に底板101aから所定距離をあけて複数の貫通孔を有する分散板109が設けられることで、上部の乾燥室（111，112，113）と下部の風箱110とに区画されている。そして、乾燥容器101は、この底板101aに風箱110を介して分散板109の上方に流動化ガスを供給する流動化ガス供給部104（104a，104b，104c）が設けられている。更に、乾燥容器101は、乾燥炭排出口103側の天井板101bに流動化ガス及び発生蒸気を排出するガス排出口105が形成されている。

【0045】

この乾燥容器101は、石炭投入口102から石炭が供給されると共に、流動化ガス供給部104から風箱110及び分散板109を通して流動化ガスが供給されることで、この分散板109の上方に所定厚さの流動層Sが形成されると共に、この流動層Sの上方にフリーボード部Fが形成される。

【0046】

そして、乾燥容器101は、内部が石炭の流動方向の上流側に設けられた第1乾燥室111と、この第1乾燥室111より下流側に設けられた第2乾燥室112と、石炭の流動方向の最も下流側に設けられた第3乾燥室113とが設けられている。

【0047】

詳細に説明すると、乾燥容器101は、複数（本実施例では、2個）の仕切板（仕切部材）114，115により流動層Sが石炭の流動方向に複数（本実施例では、3個）に分割され、各仕切板114，115により石炭の通過開口部116，117が形成されている。この各仕切板114，115は、石炭の流動方向に直交する鉛直方向に沿って配置されると共に、石炭の流動方向に所定間隔で配置されており、左右の端部が乾燥容器101の内壁面に取り付けられている。そして、各仕切板114，115は、下端部が分散板109と所定隙間をもって位置し、上端部が流動層Sより上方に延出するように位置している。即ち、各仕切板114，115と分散板109との間に、所定の高さ（開口面積）を有する通過開口部116，117が確保されており、この通過開口部116，117は、ほぼ同じ開口面積に設定されている。

【0048】

このように乾燥容器101は、各仕切板114，115が設けられることで、第1乾燥室111と第2乾燥室112と第3乾燥室113に区画され、各乾燥室111，112，113は、この仕切板114，115の上方で連通されている。この場合、第1乾燥室111は、フリーボード部F1と流動層S1が形成され、石炭の初期乾燥を行う領域（予熱乾燥領域）となっている。第2乾燥室112は、フリーボード部F2と流動層S2が形成され、石炭の中期乾燥を行う領域（定率乾燥領域）となっている。第3乾燥室113は、フリーボード部F3と流動層S3が形成され、石炭の後期乾燥を行う領域（減率乾燥領域）となっている。

【0049】

この場合、各乾燥室111，112，113は、床面積がほぼ同様となるように設定されているが、石炭の含水量などに応じて最適な比率に設定してもよく、例えば、第2乾燥室112の床面積を最大に設定することが望ましい。即ち、第1乾燥室111は、投入される石炭の含水率が高いことから、所定の含水率まで石炭の乾燥速度が上昇する予熱乾燥領域である。石炭の乾燥速度は、所定の乾燥速度まで上昇して一定となることから、第2乾燥室112は、石炭の乾燥速度が一定となる定率乾燥領域である。石炭の乾燥速度は、

石炭の含水率が所定の含水率（限界含水率）になると、加工することから、第3乾燥室113は、石炭の乾燥速度が減少する減率乾燥領域である。従って、定率乾燥領域である第2乾燥室112の容積を最大にすることで、乾燥効率が向上する。

【0050】

また、乾燥容器101は、3つの乾燥室111、112、113に対応するように、複数（本実施例では、2個）の区画板（区画部材）118、119により風箱110が石炭の流動方向に複数（本実施例では、3個）に区画されている。即ち、風箱110は、2個の区画板118、119により3個の風箱110a、110b、110cに区画され、この3個の風箱110a、110b、110cに対応するように3個の流動化ガス供給部104a、104b、104cが設けられている。流動層乾燥装置12は、各乾燥室111、112、113に対して流動化ガスを供給するガス供給ライン121が設けられており、このガス供給ライン121から分岐した3個の分岐ライン121a、121b、121cがそれぞれ風箱110a、110b、110c（流動化ガス供給部104a、104b、104c）に連結されている。

10

【0051】

この乾燥容器101は、その室内において、供給された石炭が押し出し流れとなるようにプラグフロー方式として構成されている。この押し出し流れとは、流動層Sにおいて、石炭が流動方向に拡散しないように、この石炭を流動方向に押し出す流れである。

【0052】

また、乾燥容器101は、各乾燥室111、112、113にて、外部から乾燥容器101を貫通して各流動層S1、S2、S3内を循環する複数の伝熱管106、107、108が配置されている。この伝熱管106、107、108は、各流動層S1、S2、S3内に埋設されるように位置し、内部を流れる流動化ガスにより各流動層S1、S2、S3の石炭を加熱して乾燥することができる。この場合、伝熱管106、107、108は、供給される過熱蒸気の圧力を変更することで、その温度を調整することができる。

20

【0053】

従って、第1乾燥室111に供給された石炭は、ここで流動化ガスにより流動されると共に、伝熱管106により加熱されることで乾燥される。そして、第1乾燥室111で初期乾燥された石炭は、仕切板114の下部の通過開口部116を通過して第2乾燥室112に移動され、ここで、伝熱管107により加熱されることで中期乾燥される。そして、第2乾燥室112で中期乾燥された石炭は、仕切板115の下部の通過開口部117を通過して第3乾燥室113に移動され、ここで、伝熱管108により加熱されることで後期乾燥される。

30

【0054】

これにより、各乾燥室111、112、113の流動層S1、S2、S3を形成する石炭は、この流動層S1、S2、S3間を上流側から通過開口部116、117を通過して順に移動することで、押し出し流れとすることができ、流動方向に拡散させることなく乾燥される。

【0055】

次に、サイクロン33は、流動層乾燥装置12のガス排出口105から排出された排ガス（流動化ガス及び発生蒸気）から乾燥炭の微粒子を分離するものである。そのため、流動層乾燥装置12のガス排出口105からこのサイクロン33の上部に向けて排ガス供給ライン211が設けられている。そして、サイクロン33は、微粒子が除去された排ガスを下部から排出する排出管212が設けられている。この排出管212は、サイクロン33内の中央部に鉛直方向に沿って配置され、上端部の排出口212aがサイクロン33の上部で、且つ、水平方向の中央側に配置され、下端部が水平方向に屈曲してサイクロン33の下部から外方に突出している。そして、排出管212は、下端部が配管213を介して煙突214に連結されている。

40

【0056】

また、サイクロン33は、上部に冷却水噴霧装置201が設けられている。この冷却水

50

噴霧装置 201 は、サイクロン 33 内に冷却水を噴霧することで、排ガスから分離された微粒子を下降させるものである。冷却水噴霧装置 201 は、サイクロン 33 の上部に配置され、複数の噴霧ノズル 215 が水平方向の外周側に周方向に所定間隔（均等間隔）で設けられており、各噴霧ノズル 215 から下方に向けて冷却水を噴霧することができる。この場合、噴霧ノズル 215 と排出管 212 の排出口 212a は、上下にずれているものの、左右（サイクロン 33 の径方向）にもずれていることから、噴霧ノズル 215 から噴霧された冷却水が排出口 212a に入り込むことはない。

【0057】

流動化ガス供給装置 202 は、サイクロン 33 により微粒子が除去された排ガスを流動化ガスとして流動層乾燥装置 12 に供給するものである。この流動化ガス供給装置 202 は、配管 213 とガス供給ライン 121 を連結する流動化ガス戻しライン 216 と、この流動化ガス戻しライン 216 に設けられた循環ブロワ 217 とを有している。また、流動化ガス供給装置 202 は、流動層乾燥装置 12 に供給する流動化ガスを加熱する加熱装置 203 が設けられている。この加熱装置 203 は、流動化ガス戻しライン 216 における循環ブロワ 217 より流動化ガスの流れ方向の下流側に設けられている。加熱装置 203 は、例えば、燃焼バーナ、熱交換器などである。

【0058】

また、サイクロン 33 にて、下部に冷却水噴霧装置 201 により噴霧された冷却水と下降した微粒子を含む混合液を貯留する貯留タンク 221 が設けられている。この貯留タンク 221 は、サイクロン 33 の下部が縮径する旋回止め室に連通するように設けられており、石炭の微粒子を含む混合液を貯留することができる。そして、貯留タンク 221 は、混合液に対して浮上した廃棄物（微粒子）を分離させる分離機能を有しており、貯留水の基準面を超えた液を廃液（微粒子）して回収することができる。即ち、貯留タンク 221 は、中間室 222 を介して廃液タンク 223 が連結されており、廃液タンク 223 に溜まった微粒子を廃棄物として処理する。なお、この微粒子を廃棄物として処理せず、リサイクルして再使用するようにしてもよい。

【0059】

貯留タンク 221 は、貯留された混合液から廃棄物を除去した液体を冷却水として冷却水噴霧装置 201 に供給する冷却水循環装置 231 が設けられている。この冷却水循環装置 231 は、貯留タンク 221 の下部と冷却水噴霧装置 201 とを連結する冷却水循環ライン 232 と、この冷却水循環ライン 232 に設けられたストレーナ 233 及び循環ポンプ 234 とを有している。また、冷却水循環装置 231 は、冷却水噴霧装置 201 に供給する冷却水を冷却する冷却装置 235 が設けられている。この冷却装置 235 は、冷却塔、または、熱交換器などである。

【0060】

流動層乾燥装置 12 からサイクロン 33 に供給された排ガスと流動化ガス供給装置 202 により流動層乾燥装置 12 に供給する流動化ガスとの間で熱交換を行う熱交換装置 241 が設けられている。この熱交換装置 241 は、サイクロン 33 の上部に設けられた第 1 熱交換器 242 と、流動化ガス戻しライン 216 に設けられた第 2 熱交換器 243 と、第 1 熱交換器 242 と第 2 熱交換器 243 との間で熱交換媒体が循環する循環ライン 244 と、この循環ライン 244 に設けられた循環ブロワ 245 とを有している。従って、流動層乾燥装置 12 からサイクロン 33 に供給された排ガスの熱により流動化ガス供給装置 202 により流動層乾燥装置 12 に供給する流動化ガスを加熱することができる。

【0061】

ここで、本実施例の湿潤燃料の乾燥システムの作動について説明する。

【0062】

湿潤燃料の乾燥システムにおいて、流動層乾燥装置 12 では、図 3 に示すように、石炭投入口 102 から乾燥容器 101 に石炭が供給されると共に、流動化ガス供給部 104 から分散板 109 を通して流動化ガスが供給されることで、この分散板 109 の上方に所定厚さの流動層 S1, S2, S3 が形成される。石炭は、流動化ガスにより流動層 S1, S

2, S3を乾燥炭排出口103側に移動し、このとき、伝熱管106, 107, 108から熱を受けることで加熱されて乾燥される。

【0063】

即ち、石炭投入口102から石炭が供給されると、まず、第1乾燥室111では、流動化ガス供給部104aから分散板109を通して流動化ガスが供給されると共に、伝熱管106から熱を受けることで、流動層S1で流動しながら乾燥される。次に、第1乾燥室111で初期乾燥が終了した石炭は、仕切板114の通過開口部116を通過して第2乾燥室112に流動する。この第2乾燥室112では、流動化ガス供給部104bから分散板109を通して流動化ガスが供給されると共に、伝熱管107から熱を受けることで、流動層S2で流動しながら乾燥される。そして、第2乾燥室112で中期乾燥が終了した石炭は、仕切板115の通過開口部117を通過して第3乾燥室113に流動する。この第3乾燥室113では、流動化ガス供給部104cから分散板109を通して流動化ガスが供給されると共に、伝熱管108から熱を受けることで、流動層S3で流動しながら乾燥される。このように石炭は、流動層S1, S2, S3にて、伝熱管106, 107, 108により加熱されながら、供給される流動化ガスにより流動し、押し出し流れとなって流動方向に拡散することなく乾燥される。

10

【0064】

その後、石炭が乾燥された乾燥炭は、乾燥炭排出口103から外部に排出され、流動層Sで石炭が加熱乾燥されることで発生した蒸気は、流動化ガスと共に上昇し、乾燥炭排出口103側に流れ、ガス排出口105から外部に排出される。

20

【0065】

流動層乾燥装置12のガス排出口105から排出された排ガス（流動化ガス及び発生蒸気）は、排ガス供給ライン211を通してサイクロン33に供給される。このサイクロン33に供給された排ガスは、内部を旋回することで、石炭の微粒子が外周部側に分離され、冷却水噴霧装置201の各噴霧ノズル215から噴霧された冷却水により下降する。一方、微粒子が除去された排ガスは、冷却水により冷却されると共に蒸気が凝縮され、不活性ガスが排出口212aから排出管212に吸い込まれ、この排出管212から配管213を介して煙突214で処理される。

【0066】

ここで、サイクロン33から排出管212を通して配管213に排出された排ガスは、一部が流動化ガス供給装置202により流動化ガスとして流動層乾燥装置12に供給される。即ち、循環ブロウ217が作動することで、配管213に排出された排ガスの一部は、流動化ガス戻しライン216に吸引され、加熱装置203及び熱交換装置241により所定温度まで加熱された後にガス供給ライン121に送られ、流動化ガスとして流動層乾燥装置12に供給される。

30

【0067】

一方、サイクロン33内を下降した微粒子を含む冷却水と蒸気が凝縮した水は、貯留タンク221に貯留される。この貯留タンク221では、貯留された混合液に対して廃棄物（微粒子）が浮上することで分離され、分離された廃棄物は、中間室222を介して廃液タンク223に回収される。

40

【0068】

また、貯留タンク221にて、混合液から廃棄物が除去された液体は、冷却水循環装置231により冷却水として冷却水噴霧装置201に供給される。このとき、液体は、循環ポンプ234により冷却水循環ライン232を流れ、ストレーナ233により異物が除去されると共に、冷却装置235により所定温度まで冷却されてから冷却水噴霧装置201に供給される。

【0069】

このように実施例1の湿潤燃料の乾燥システムにあっては、流動化ガスを供給することで石炭を流動化させて乾燥する流動層乾燥装置12と、流動層乾燥装置12から排出された排ガスに対して石炭の微粒子（微粉）を分離するサイクロン33と、サイクロン33内

50

に冷却水を噴霧することで分離された微粒子を下降させる冷却水噴霧装置 201 と、サイクロン 33 により微粒子が除去された排ガスを流動化ガスとして流動層乾燥装置 12 に供給する流動化ガス供給装置 202 と、流動化ガス供給装置 202 により流動層乾燥装置 12 に供給する流動化ガスを加熱する加熱装置 203 とを設けている。

【0070】

従って、流動層乾燥装置 12 では、供給された流動化ガスにより石炭が流動化して乾燥し、この流動層乾燥装置 12 から排出された排ガスはサイクロン 33 で微粒子が分離され、冷却水噴霧装置 201 がサイクロン 33 内に冷却水を噴霧することでこの微粒子が下降する一方、サイクロン 33 により微粒子が除去された排ガスは、加熱装置 203 により加熱された後、流動化ガス供給装置 202 により流動化ガスとして流動層乾燥装置 12 に供給されることとなる。そのため、排ガスから微粒子を適正に除去して流動化ガスとして再利用することができると共に、装置を簡素化することができる。

10

【0071】

この場合、サイクロン 33 は、冷却水噴霧装置 201 を有することで、1つの機器に脱塵機能と冷却機能と凝縮機能を兼ね備えることとなり、別途、除塵装置などの機器を不要とし、装置の小型化、低コスト化を可能とすることができる。

【0072】

実施例 1 の湿潤燃料の乾燥システムでは、冷却水噴霧装置 231 により噴霧された冷却水と下降した微粒子を含む混合液を貯留する貯留タンク 221 と、貯留タンク 221 の混合液から廃棄物を除去した液体を冷却水として冷却水噴霧装置 201 に供給する冷却水循環装置 231 とを設けている。従って、冷却水と微粒子と凝縮水の混合液が貯留タンク 221 に貯留され、冷却水循環装置 231 によりこの貯留タンク 221 の混合液から廃棄物が除去された液体を冷却水として冷却水噴霧装置 201 に供給することとなり、噴霧した冷却水と流動化ガスから凝縮した水とを有効利用することができ、処理コストを低減することができる。

20

【0073】

実施例 1 の湿潤燃料の乾燥システムでは、冷却水循環装置 201 は、この冷却水噴霧装置に供給する冷却水を冷却する冷却装置 235 を設けている。従って、冷却水循環装置 231 により廃棄物が除去された液体が冷却水として冷却水噴霧装置 201 に供給されるとき、冷却装置 235 によりこの液体を冷却するため、低温となった冷却水が冷却水噴霧装置 201 によりサイクロン 33 内に噴霧されることとなり、排ガスを効率良く冷却することで、除塵、冷却、凝縮を効率良く行うことができる。

30

【0074】

実施例 1 の湿潤燃料の乾燥システムでは、貯留タンク 221 に混合液に対して浮上した廃棄物を分離させる分離機能を設けている。従って、石炭の微粒子は、ポーラス形状をなすと共に比重が低くて水に浮上しやすい性質を有することから、混合液に対して廃棄物を浮上して分離することで、廃棄物の分離を容易に行うことが可能となり、装置の簡素化及び低コスト化を可能とすることができる。

【0075】

実施例 1 の湿潤燃料の乾燥システムでは、サイクロン 33 に微粒子が除去された排ガスを下部から排出する排出管 212 を設け、排出管 212 の排出口 212a を上部で且つ水平方向の中央側に配置する一方、冷却水噴霧装置 201 の噴霧ノズル 215 を上部で且つ水平方向の外周側に配置している。従って、排出管 212 により微粒子が除去された排ガスをサイクロン 33 の下部から排出することとなり、サイクロン 33 の全高を低くすることができ、装置のコンパクト化を可能とすることができる。また、排出管 212 の排出口 212a と噴霧ノズル 215 が水平方向にずれて配置されることとなり、排出管 212 内への冷却水の混入を防止することができる。

40

【0076】

実施例 1 の湿潤燃料の乾燥システムでは、サイクロン 33 に供給された排ガスと流動化ガス供給装置 202 により流動層乾燥装置 12 に供給する流動化ガスとの間で熱交換を行

50

う熱交換装置 241 を設けている。従って、排ガスの熱により流動化ガスを加熱することができ、捨てる熱を効率的に使用することで、排熱効率を向上することができる。

【0077】

実施例 1 の湿潤燃料の乾燥システムでは、流動化ガスとして不活性ガス（窒素ガス）を適用している。従って、流動化ガスを不活性ガスとすることで、排ガスから微粒子を適正に除去して流動化ガスとして再利用することができる。

【0078】

なお、上述した実施例では、流動層乾燥装置 12 にて、乾燥容器 101 内を 3 つの乾燥室 111, 112, 113 に区画したが、2 つの乾燥室または 4 つ以上の乾燥室としてもよい。また、乾燥容器 101 の形状、石炭投入口 102、乾燥炭排出口 103、流動化ガス供給部 104、ガス排出口 105、伝熱管 106, 107, 108 の各構成や配置は、各実施例に限定されるものではなく、流動層乾燥装置 12 の設置場所や用途などに応じて適宜変更が可能である。即ち、本発明の湿潤燃料の乾燥システムは、流動層乾燥装置の形態に依存するものではない。

【0079】

図 5 は、流動層乾燥装置の変形例を表す概略側面図である。図 5 に示すように、流動層乾燥装置 301 は、乾燥容器 301 と、石炭投入口 302 と、乾燥炭排出口 303 と、流動化ガス供給部 304 と、ガス排出口 305 と、伝熱管 306 とを有している。

【0080】

乾燥容器 301 は、下部に複数の貫通孔を有する分散板 309 が設けられることで、上部の乾燥室 311 と下部の風箱 310 とに区画されている。そして、乾燥容器 301 は、この風箱 310 から分散板 309 を通して乾燥室 311 に流動化ガスを供給する流動化ガス供給部 304 が設けられている。

【0081】

この乾燥容器 301 は、石炭投入口 302 から石炭が供給されると共に、流動化ガス供給部 304 から風箱 310 及び分散板 309 を通して流動化ガスが供給されることで、この分散板 309 の上方に所定厚さの流動層 S が形成されると共に、この流動層 S の上方にフリーボード部 F が形成される。ここでは、乾燥容器 301 は、一つの乾燥室 311 により構成される。

【0082】

なお、この流動層乾燥装置における作用は、前述したものと同様となっており、説明は省略する。

【0083】

また、上述した実施例では、湿潤燃料として低品位炭を使用したが高品位炭であっても適用可能であり、また、石炭に限らず、再生可能な生物由来の有機性資源として使用されるバイオマスであってもよく、例えば、間伐材、廃材木、流木、草類、廃棄物、汚泥、タイヤ及びこれらを原料としたリサイクル燃料（ペレットやチップ）などを使用することも可能である。

【0084】

また、上述した実施例では、乾燥容器 101 内に流動化ガスを供給するものとして説明したが、流動化ガスとして不活性ガス以外に空気などを適用してもよい。

【符号の説明】

【0085】

- 11 給炭装置
- 12 流動層乾燥装置
- 13 微粉炭機
- 14 石炭ガス化炉
- 15 チャー回収装置
- 16 ガス精製装置
- 17 ガスタービン設備

10

20

30

40

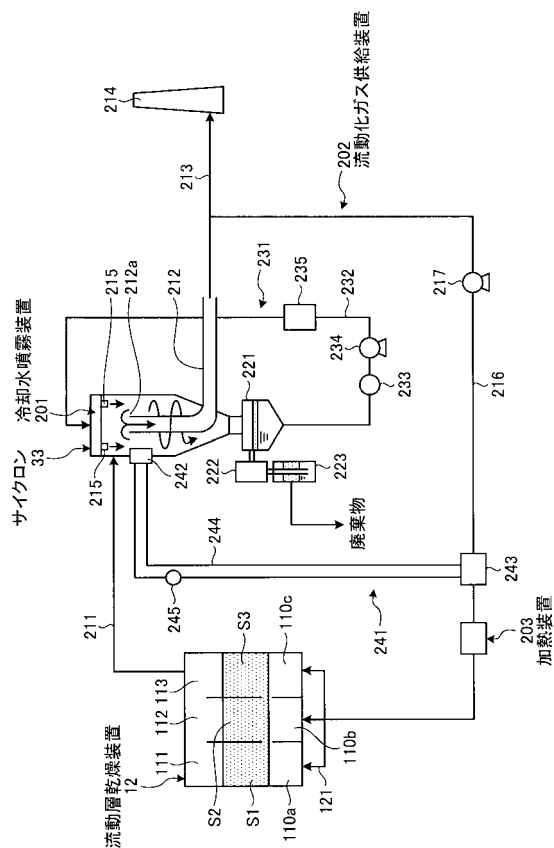
50

- 18 蒸気タービン設備
 19 発電機
 20 排熱回収ボイラ
 33 サイクロン
 101 乾燥容器
 104 流動化ガス供給部
 105 ガス排出口
 106, 107, 108 伝熱管
 201 冷却水噴霧装置
 202 流動化ガス供給装置
 203 加熱装置
 211 排ガス供給ライン
 212 排出管
 215 噴霧ノズル
 216 流動化ガス戻しライン
 221 貯留タンク
 231 冷却水循環装置
 232 冷却水循環ライン
 235 冷却装置
 241 熱交換装置
 S, S1, S2, S3 流動層

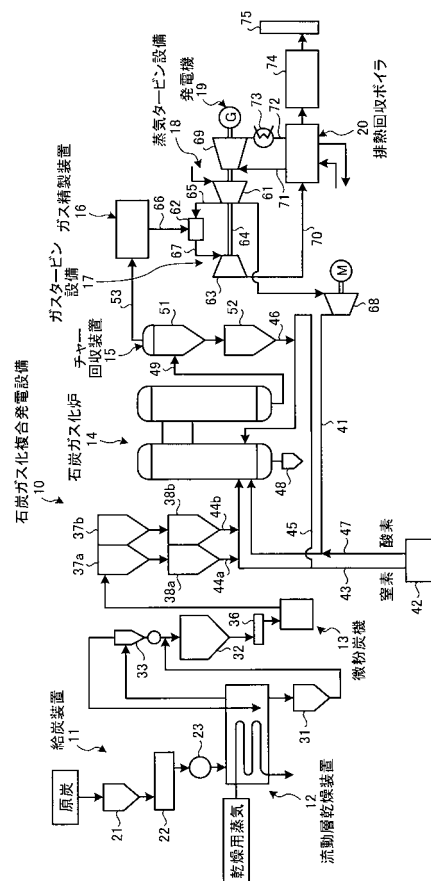
10

20

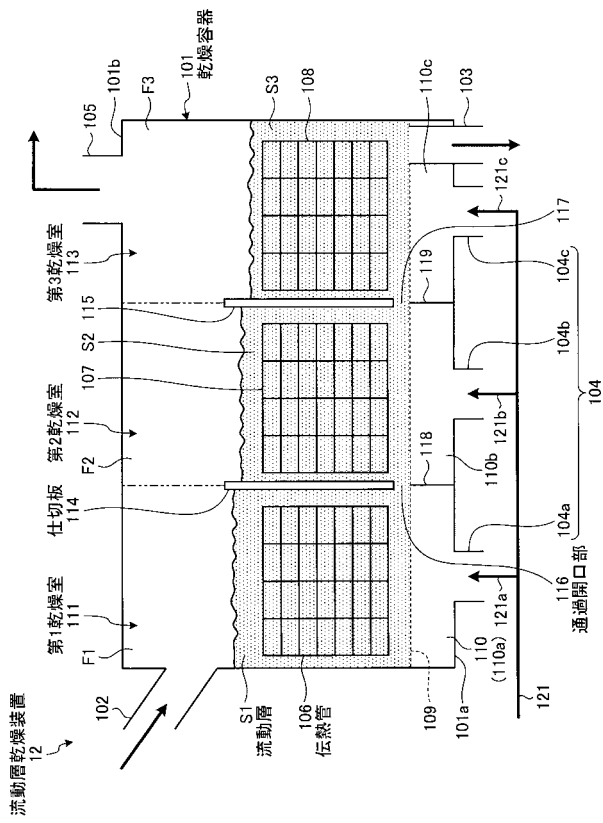
【図 1】



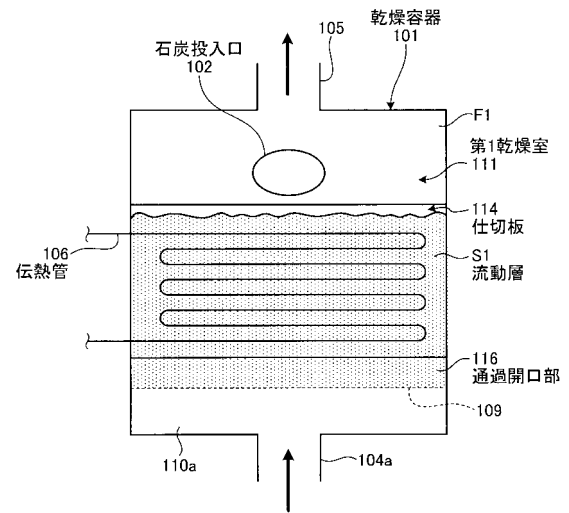
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

