

明 細 書

発明の名称：

流動媒体再生装置、燃焼システム及び流動層式燃焼炉の燃焼方法

技術分野

[0001] 本発明は、流動層式燃焼炉の流動層を形成する流動媒体を再生する流動層の流動媒体再生装置、燃焼システム及び流動層式燃焼炉の燃焼方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、燃料確保のため、建設廃材系木質材料及び木質系材料以外のバイオマス燃料や、廃タイヤや廃プラスチック等の廃棄物燃料を用いた発電需要が高まっている。このような発電機構としては、例えば、燃焼対象物を燃焼すると共に飽和蒸気を生成する燃焼炉（例えば、流動層式燃焼炉）と、燃焼炉に接続され当該燃焼炉で生じる飽和蒸気を、燃焼炉で生成した燃焼ガスを用いて過熱し発電に利用するための過熱器と、を備える循環流動層ボイラ（以下、「CFBボイラ」と称することがある）等を用いた技術が一例に挙げられる。

[0003] 一方、今後石油資源やバイオマス燃料自体の枯渇により、バイオマス燃料のうち、モミ殻やEFB（Empty Fruit Bunches）などの低品位なバイオマス燃料等を用いる事態が多いに予測される。しかし、低品位なバイオマス燃料や廃棄物燃料には、例えば、Na、K等のアルカリ成分などの不純物が多く含まれている。このような、アルカリ成分等の不純物を含む低品位な燃料を用いると、低融点の化合物（以下、適宜「低融点化合物」と称することがある）を生じることがあり、当該低融点化合物が流動層の流動不良の原因となることがある。このため、バイオマス燃料のCFBボイラへの燃料適応範囲を拡大し、当該ボイラの流動不良を抑制することが急務且つ不可欠である。

[0004] 例えば、アルカリ成分等の不純物を含む低品位な燃料に対する技術としては、例えば、以下の技術が開発されている（例えば、下記特許文献1及び2

参照)。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2005-226930号

特許文献2：特開2011-106701号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献1に記載の技術は、高アルカリ含有バイオマス燃料の燃焼における低融点化合物の発生に対し、流動層内の空気比を特定の範囲に設定すると共に、排ガス再循環を行って総空気流量に対する排ガス再循環流量の比率を特定の範囲に設定し、流動層内の空塔速度と流動化開始速度の比を2～6に確保しながら、流動層温度を600～750℃に制御することで、低融点化合物によって流動媒体（例えば、ボトムアッシュ）が凝集するのを抑制し、流動不良を発生させないようにして、円滑且つ安定した運転を可能とするものである。しかし、流動層の温度を600～750℃に常に制御するのは容易ではない。また、本技術を用いても未だ流動媒体の形状が大きくなる傾向にあるため、砂等の新たな流動媒体の供給が相当量求められる。よって、流動媒体の観点からコストの点でも未だ改善の余地がある。

[0007] 特許文献2の技術は、燃焼炉の流動層より抜き出したボトムアッシュ等の流動媒体を水中に投入して冷却することによって流動媒体から付着物を分離する冷却水槽を備えている。当該技術によっても、効率良く流動媒体から付着物を分離することが可能であるが、未だ、効率的に高アルカリ含有バイオマス燃料の流動不良を抑制するという観点で改善の余地がある。

[0008] 本発明は、上述の課題を解決すべく、効率良く流動媒体からコーティング層を分離することが可能な流動媒体再生装置、燃焼システム及び流動層式燃焼炉の燃焼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] すなわち、本発明は、以下に示す通りである。

[0010] <1> 少なくとも、流動層式燃焼炉の流動層から回収した流動媒体が供給され、前記流動媒体を1気圧下における沸点が -20°C 以下の液体媒体に接触させて冷却し、前記流動媒体からコーティング層を分離する、冷却部を備えた流動層の流動媒体再生装置。

<2> 前記液体媒体が、液体空気、液体窒素及び液体酸素の少なくともいずれかである、前記<1>に記載の流動層の流動媒体再生装置。

<3> 前記冷却部から排出された前記流動媒体と前記コーティング層とを選別する選別手段を備えた、前記<1>又は前記<2>に記載の流動層の流動媒体再生装置。

<4> 前記流動層式燃焼炉の前記流動層から回収した流動媒体の温度が前記コーティング層の融点以下である、前記<1>～前記<3>のいずれかに記載の流動層の流動媒体再生装置。

<5> 前記冷却部は、さらに前記流動媒体を冷却する中間冷却部を備え、前記中間冷却部によって冷却された前記流動媒体を前記液体媒体に接触させる、前記<1>～前記<4>のいずれかに記載の流動層の流動媒体再生装置。

<6> 前記コーティング層を分離した前記流動媒体を回収し、 $50\sim1000\mu\text{m}$ に粒度調整した前記流動媒体を前記流動層に戻す返送部を更に備えた、前記<1>～前記<5>のいずれかに記載の流動層の流動媒体再生装置。

<7> 流動層式燃焼炉と、前記<1>～前記<6>のいずれかに記載の流動層の流動媒体再生装置と、を備えた、燃焼システム。

<8> アルカリ成分含有燃料を用いた流動層式燃焼炉の燃焼方法であって、

前記流動層式燃焼炉の流動層から流動媒体を回収し、前記流動層から回収した前記流動媒体を1気圧下における沸点が -20°C 以下の液体媒体に接触させて冷却し、前記流動媒体からコーティング層を分離する、

流動層式燃焼炉の燃焼方法。

< 9 > 前記液体媒体が、液体空気及び液体窒素の少なくともいずれかである前記< 8 >に記載の流動層式燃焼炉の燃焼方法。

< 10 > 前記流動媒体と前記コーティング層とを選別する、前記< 8 >又は前記< 9 >に記載の流動層式燃焼炉の燃焼方法。

< 11 > 前記流動層式燃焼炉の流動層から回収した流動媒体の温度が前記コーティング層の融点以下である、前記< 8 >～前記< 10 >のいずれかに記載の流動層式燃焼炉の燃焼方法。

< 12 > 前記流動媒体を、中間冷却部によって冷却した後に前記液体媒体に接触させる、前記< 8 >～前記< 11 >のいずれかに記載の流動層式燃焼炉の燃焼方法。

< 13 > 前記コーティング層を分離した前記流動媒体を回収し、 $50 \sim 1000 \mu\text{m}$ に粒度調整した流動媒体を前記流動層に戻す、前記< 8 >～前記< 12 >のいずれかに記載の流動層式燃焼炉の燃焼方法。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、効率良く流動媒体からコーティング層を分離することが可能な流動媒体再生装置、燃焼システム及び流動層式燃焼炉の燃焼方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明の第1の実施形態における流動層の流動媒体再生装置を備えた燃焼システムを示す概略図である。

[図2]凝集塊の形成メカニズムを説明するための概略図であり、(a)は凝集塊によるコーティング誘発メカニズムを示す概略図であり、(b)は、凝集塊溶融誘発メカニズムを示す概略図である。

[図3] $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ 状態図である。

[図4]本発明の第2の実施形態における流動層の流動媒体再生装置を備えた燃焼システムを示す概略図である。

[図5]本実施形態における燃焼システム及び流動媒体再生装置に適用可能な燃

焼方法を説明するための流れ図である。

[図6]本発明の他の態様における流動層の流動媒体再生装置を備えた燃焼システムを示す概略図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、図面を参照して、本発明を実施するための形態（以下、単に「本実施形態」という。）について詳細に説明する。ただし、以下の実施形態は、本発明を説明するための例示であり、本発明を以下の内容に限定する趣旨ではない。本発明は、その要旨の範囲内で適宜に変形して実施できる。なお、同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。また、上下左右等の位置関係は、特に断らない限り、図面に示す位置関係に基づくものとする。さらに、図面の寸法比率は、図示の比率に限定されるものではない。

[0014] [第1の実施の形態]

第1の実施の形態における流動媒体再生装置を備えた燃焼システムについて図1を参照して説明する。図1は、本発明の第1の実施形態における流動層の流動媒体再生装置を備えた燃焼システムを示す概略図である。

[0015] 図1に示すように、燃焼システム1は、燃焼対象物が供給され、炉内にて前記燃焼対象物を燃焼する流動層式の燃焼炉2と、流動媒体再生装置3と、を備えている。流動媒体再生装置3は、燃焼炉2の流動層Fから回収した流動媒体F_aが供給され、当該供給された流動媒体F_aを、1気圧下における沸点が-20℃以下の液体媒体LMに接触させて冷却し、流動媒体F_aからコーティング層を分離する、冷却部の役割を果たすスクリュウ搬送機11を備える。第1の実施形態における流動媒体再生装置3は、燃焼炉2の流動層Fより回収した砂などの流動媒体F_aからコーティング層を分離して流動媒体F_aの再生を行うためのものである。

[0016] 燃焼システム1は、燃焼対象物として、モミ殻やEFB (Empty Fruit Bunches) の高アルカリ含有バイオマス燃料等のアルカリ含有燃料を用いることができる。前記高アルカリ含有バイオマス燃料を、以下、単に「バイオマス燃料」と称することがある。燃焼システム1は、バイオマス燃料を燃焼し

、密閉容器内の水を加熱して蒸気を生成する燃焼炉 2 を備えている。燃焼炉 2 は、外部循環型の流動層式燃焼炉であり、いわゆる C F B (Circulating Fluidized Bed) ボイラである。燃焼炉 2 の中間部には燃料を投入する燃料投入口が設けられ、この燃料投入口からバイオマス燃料が投入される。ただし、燃焼システム 1 に用いられる燃焼対象物はバイオマス燃料に限定されるものではなく、アルカリ成分含有燃料であれば特に限定なく用いることが可能である。

[0017] 燃焼炉 2 には、さらに、石英粒子を主成分とする砂などの流動媒体 F a が投入されており、この流動媒体 F a 中に炉の下部（底部）から空気が供給され、流動媒体 F a が流動して流動層 F が形成される。当該流動層 F の形成によってバイオマス燃料の燃焼が促進される。また、バイオマス燃料の燃焼の結果として生じる燃焼ガスは、流動媒体 F a の一部を随伴しながら燃焼炉 2 内を上昇する。ここで、本明細書において「流動媒体」には、バイオマス燃料の燃焼によって生じるボトムアッシュも含まれる。また、「ボトムアッシュ」とは、砂などの流動媒体を主体とし、バイオマス燃料の燃焼によって生じる燃焼灰や、バイオマス燃料中の成分によってコーティングされ凝集化した流動媒体 F a が含まれる。本実施形態における流動媒体再生装置を備えた燃焼システムによれば、バイオマス燃料中の成分によってコーティングされ凝集化した流動媒体 F a （凝集塊）からバイオマス燃料中の成分によって生じた『コーティング層』（付着物を含む）を分離することで、流動媒体 F a を再利用可能なように再生することができる。なお、以下単に「コーティング層」と称した場合、バイオマス燃料中の成分によって生じた単なる付着物をも含む。

[0018] 燃焼炉 2 の上部には、燃焼ガスを排出するガス出口 2 A が設けられている。ガス出口 2 A には、固気分離装置として機能するサイクロン分離機 4 が接続されている。サイクロン分離機 4 には、燃焼炉 2 で発生した燃焼ガスが固体粒子を同伴しながら導入される。サイクロン分離機 4 は、遠心分離作用によって燃焼ガスから捕集固体粒子を分離する。燃焼ガスから分離された捕集

固体粒子は、リターンライン5を通じて燃焼炉2に戻される。前記捕集固体粒子には、ボトムアッシュや砂などの流動媒体が含まれる。一方、捕集固体粒子が除かれた燃焼ガスは、排出口4Aを通じて熱回収装置6へと送り込まれる。

[0019] リターンライン5は、燃焼炉2の下部に接続された管路で構成され、その途中にはループシール5Aが設けられている。ループシール5Aは、燃焼ガスが燃焼炉2に逆流することを防止する設備である。ループシール5A内には、サイクロン分離機4から送り込まれた流動媒体F_aが蓄積される。また、ループシール5A内の流動媒体F_aは、ループシール5Aの出口となるリターンシュート部5Bから燃焼炉2内に投入される。

[0020] 熱回収装置6は、燃焼ガスの流路を形成すると共に、熱媒体としての水を流動させる図示を省略するボイラチューブを有している。ボイラチューブは、熱回収装置6内で燃焼ガスの流路を横切るように設けられ、サイクロン分離機4から送られた燃焼ガスの熱をチューブ内の水との熱交換によって回収する。ボイラチューブ内では、回収した熱によって高温の水蒸気が発生し、当該水蒸気はボイラチューブを通じて図示を省略する発電用のタービンなどに送られる。また、熱回収装置6は、排出口6Aを通じて熱回収後の燃焼ガスをバグフィルタ7に送り込む。

[0021] バグフィルタ7は、燃焼ガスに未だ同伴しているフライアッシュなどの微粒子を除去する濾過設備である。バグフィルタ7により濾過された燃焼ガスは、吸引ポンプ8に吸引されて煙突9から燃焼システム1の外部に排出される。

[0022] 一方、燃焼炉2では、バイオマス燃料の燃焼の過程で、燃焼によって生じた燃焼灰や燃料の一部が周辺の流動媒体F_aと熔融して塊が形成される。この凝集塊は“アグロメ”とも称されることがあり、燃焼炉2の底部に蓄積されると流動層Fの流動不良を引き起こす原因にもなる。このため、凝集塊は、流動媒体F_aと共に定期的に燃焼炉2内から抜き出して除去する必要がある。本実施形態においては、コーティング層（付着物）を除去するため、凝

集化したものを含む流動媒体 F a を燃焼炉 2 の排出口から抜き出し、流動媒体再生装置 3 へと搬送する。

[0023] 図 2 を用いて燃焼炉 2 内における凝集塊の形成メカニズムについて説明する。図 2 は、凝集塊の形成メカニズムを説明するための概略図である。

[0024] まず、流動層 F の流動不良の主たる原因である凝集塊の形成は、そのほとんどが低融点化合物の融体、すなわちバイオマス燃料中のアルカリ成分に起因して形成される物質（例えば、K C l（固体））の融体が流動媒体 F a 表面に付着すること、或いは、バイオマス燃料中の成分が流動媒体 F a の表面で化学反応を起こすことによって流動媒体 F a の表面でアルカリ成分が共晶形成することで引き起こされる。このように、凝集塊の形成には、主として、コーティング誘発と熔融誘発との二つのメカニズムが知られている。

[0025] （コーティング誘発メカニズム）

図 2（a）に、コーティング誘発による凝集塊 X の形成メカニズムを示す。図 2（a）は凝集塊のコーティング誘発メカニズムを示す概略図である。図 2（a）に示されるように、コーティング誘発による凝集塊 X の形成は、バイオマス燃料中のアルカリ成分（カリウムやナトリウムなど）の蒸気（例えば、K C l、K₂S O₄等）（図 2（a）中の“N”）と、流動媒体 F a の主成分である石英粒子（砂）との化学反応によって引き起こされる。特に、K C l は、7 0 0℃以上において蒸気になりやすい傾向にある。当該化学反応によって、流動媒体 F a の表面には粘着性のある共晶コーティング C（例えば、K₂O－S i O₂：アルカリ珪酸塩相）が形成される。その後、共晶コーティング C が形成された流動媒体 F a 同士が、流動層 F 内で接合と離散とを繰り返す。その結果、粒子凝集が開始され、徐々に流動阻害要因となる凝集塊 X が形成される。

[0026] コーティング誘発による凝集塊 X の形成メカニズムの主要な制御因子は、共晶コーティング厚さ（接合離間のし易さ）、共晶コーティング組成（接合強度）及び局所温度である。また、バイオマス燃料中に含まれる成分としては、アルカリ成分の他にリンも凝集塊 X の形成における重要因子であること

が確認されている。

[0027] なお、共晶コーティングCは、図3における K_2O-SiO_2 状態図に示されるように約700℃で溶融し始める。このため、燃焼炉2内において高温となる領域（高温で燃焼する領域）（約700℃～900℃）では、共晶コーティングCは溶融状態となり、流動媒体Fa同士が容易に凝集する。

[0028] （溶融誘発メカニズム）

つぎに、溶融誘発による凝集塊Xの形成メカニズムについて説明する。図2（b）は、溶融誘発メカニズムを示す概略図である。溶融誘発による凝集塊Xは、バイオマス燃料中のアルカリ成分によって形成された低融点化合物（アルカリ珪酸塩）の融体Mが、流動媒体Faの表面に付着することによって引き起こされる。融体Mが付着した流動媒体Fa同士は、流動層F内で次第に凝集し、凝集塊Xが形成される。溶融誘発による凝集塊Xの形成メカニズムの制御因子は、局所温度、及び、燃料灰組成であり、高濃度のアルカリ成分と塩素とが含まれた燃焼灰では、溶融誘発メカニズムを通して凝集塊Xが形成される傾向にある。

[0029] （流動媒体再生装置3）

流動媒体Faからアルカリ珪酸塩相などのコーティング層を分離し、これを再生（再利用）する流動媒体再生装置3について説明する。図1に示すように、流動媒体再生装置3は、燃焼炉2の流動層Fから回収した流動媒体Faが供給される供給部10と、供給部10から供給された流動媒体Faを搬送しつつ、供給管11Aから供給される液体媒体LMに接触させて、流動媒体Faを冷却するスクリー搬送機11と、を備える。上述のようにスクリー搬送機11は流動媒体Faの冷却部の役割を担っている。さらに、流動媒体再生装置3は、スクリー搬送機11から排出された流動媒体Faとコーティング層とを選別する選別装置12と、コーティング層を分離した流動媒体を回収して燃焼炉2の流動層Fに戻す返送機構13と、を備えている。

[0030] 供給部10は、燃焼炉2の底部に設けられた排出口に接続されており、燃焼炉2の流動層Fから回収した流動媒体Faが供給される。燃焼炉2から回

収された流動媒体は高温（例えば、 700°C ）であり、供給部10を介してスクリーン搬送機11内に供給される。

- [0031] 供給部10に供給される燃焼炉2の流動層Fから回収した流動媒体F aの温度は、特に限定はないが、例えば、常温（例えば、 25°C ）以上の流動媒体F aのコーティング層（付着物）の融点以下（例えば、流動媒体F aに $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ のコーティング層が形成されている場合などには、 700°C 以下）であることが好ましい。
- [0032] 燃焼炉2から流動媒体F aを回収する位置は特に限定はないが、高温の流動媒体F aを効率よく回収する観点から、燃焼炉2の底部から堆積した流動層Fの流動媒体F aを回収することが好ましい。
- [0033] スクリュー搬送機11は、燃焼炉2の排出口に接続された供給部10に接続されており、燃焼炉2の底部から抜き出された高温の流動媒体F aが供給される。スクリーン搬送機11は図中“M”で示されるモータの駆動によりスクリーンが回転し、装置内の流体を搬送可能なように構成されている。また、スクリーン搬送機11は予め冷却されており、当該スクリーン搬送機11を予め冷却するためには水などの液体媒体L以外の冷却手段を用いることができる。スクリーン搬送機11には供給管11Aが連結されており、図示を省略するポンプ等によって、液体媒体LMがスクリーン搬送機11の搬送路内に供給されるように構成されている。スクリーン搬送機11の液体媒体LMが供給される位置は特に限定されるものではなく、スクリーン搬送機11内の最適な箇所において液体媒体LMが流動媒体F aと接触するように液体媒体LMの供給位置を設定することができる。例えば、図1に示すように液体媒体LMはスクリーン搬送機11の下流側から供給されてもよいし、スクリーン搬送機11の上流側から、又は、スクリーン搬送機11の全体に渡って供給されるように構成されていてもよい。
- [0034] 本実施形態において液体媒体LMは、1気圧下における沸点が -20°C 以下の液体であり、 0°C を下回る低温を維持可能な液体媒体である。また、本明細書を通じて「液体媒体」には、液体媒体が蒸発した気体媒体も含まれる

。液体媒体LMとしては、例えば、液体空気（1気圧下における沸点：約 -190°C ）、液体窒素（1気圧下における沸点：約 -196°C ）、液体酸素（1気圧下における沸点：約 -183°C ）、液体水素（1気圧下における沸点：約 -252.6°C ）、等が挙げられる。液体媒体LMは、例えば、燃焼炉2における燃料条件（炉内に持ち込まれるアルカリ成分（例えば、カリウム）の量）に応じて適宜選定することができるが、取り扱い容易性や入手容易性及び安全性等の観点から、液体空気、液体窒素及び液体酸素の少なくともいずれかであることが好ましい。

[0035] スクリュー搬送機11内を搬送された高温の冷却収縮差は液体媒体LMと接触し急冷される。上述のコーティング誘発メカニズムによって形成されたアルカリ珪酸塩相等の共晶コーティングCや、熔融誘発メカニズムによって表面に低融点化合物（アルカリ珪酸塩）の融体Mなどのコーティング層を伴う流動媒体Fa（凝集塊）が液体媒体LMと接触すると、流動媒体Fa及びコーティング層は、高温の状態から急速に冷却され、流動媒体Faとコーティング層との熱膨脹差（冷却収縮差）によって、流動媒体Faからコーティング層が分離される。当該分離は、コーティング層（例えば、アルカリ珪酸塩等）と誘導媒体（砂等）との材質の違い（すなわち、物理的性状の違い）による冷却収縮差を利用するものである。

[0036] また、特に限定されるものではないが、スクリュー搬送機11内において、流動媒体Faとコーティング層との冷却収縮差による分離を効果的に生じさせる観点から、流動媒体Faの温度と液体媒体LMの温度との差は $120\sim 410^{\circ}\text{C}$ であることが好ましい。

[0037] スクリュー搬送機11内にて冷却及び分離された流動媒体Faとコーティング層とは当該搬送機の排出口から排出され後段に位置する選別装置12に供給される。この際、液体媒体LMは流動媒体Faに接触した後即座に揮発するため、分離した流動媒体Faとコーティング層とは乾燥した状態で選別装置12に供給される。

[0038] 選別装置12には、選別装置12内に選別手段として篩が設置されており

、さらに、排出管 1 2 A と供給管 1 2 B とが接続されている。供給管 1 2 B を介してスクリー搬送機 1 1 から選別装置 1 2 に供給された流動媒体 F a とコーティング層との混合物は、選別装置 1 2 内で流動媒体 F a とコーティング層などの燃焼不適物とに選別される。選別装置 1 2 は、流動媒体 F a とコーティング層とは粒径差を利用して篩によって流動媒体 F a と流動媒体 F a 以外（即ちコーティング層等の燃焼不適物）とを選別する。選別装置 1 2 にて選別された流動媒体 F a は返送機構 1 3 に搬送される。また、選別装置 1 2 にて選別されたコーティング層などの燃焼不適物は排出管 1 2 A からシステム外に排出される。

[0039] 選別装置 1 2 内に備えられる篩の目開きは特に限定はないが、除去対象であるコーティング層の粒径が数 μm 以下であるため、例えば篩の目開きを 50 μm 以下とすることで、流動媒体 F a とコーティング層とを選別することができる。選別装置 1 2 内に備えられる篩としては、流動媒体 F a の粒径の観点から、例えば、ASTM 規格 (American Society for Testing and Materials) に基づくメッシュサイズを基準とすると、例えば、270～325 メッシュ（目開き 45～53 μm ）のものを利用することができる。また、選別装置 1 2 内の篩は単段又は多段のいずれで構成されていてもよい。

[0040] 返送機構 1 3 は、コーティング層を分離した流動媒体 F a を回収して流動層に戻す機構である。また、返送機構 1 3 には、流動媒体 F a の流動調整を行う粒度調整装置 1 3 A と返送ライン 1 3 B とが備えられている。

[0041] 選別装置 1 2 から返送機構 1 3 に搬送された選別後の流動媒体 F a は、まず、粒度調整装置 1 3 A に供給される。粒度調整装置 1 3 A には、粒度調整手段として篩が設置されており、流動媒体 F a の粒度調整を行う。粒度調整装置 1 3 A は、流動媒体 F a から更に異物を排除し燃焼炉 2 内に戻される流動媒体 F a の純度（品質）を高める観点から、流動媒体 F a の粒度を、例えば、50～1000 μm に調整することができる。

[0042] 粒度調整装置 1 3 A 内に備えられる篩の目開きは特に限定はないが、1000 μm 以上の異物を除去するため、例えば、篩の目開きを 1000 μm 以

上とすることができる。粒度調整装置 13 A 内に備えられる篩としては、流動媒体 F a の粒径の観点から、例えば、ASTM 規格 (American Society for Testing and Materials) に基づくメッシュサイズを基準とすると、例えば、16～18 メッシュ (目開き 1000～1180 μm) のものを利用することができる。また、粒度調整装置 13 A 内の篩は単段又は多段のいずれで構成されていてもよい。

[0043] 粒度調整装置 13 A には燃焼炉 2 の流動層 F に戻す返送ライン 13 B が接続されている。粒度調整装置 13 A 内で粒度調整された流動媒体 F a は、返送ライン 13 B にて排出される。図 1 中、返送ライン 13 B の矢印にて示す“a”印は、燃焼炉 2 の側方の“a”印の箇所と連通されており、返送機構 13 で回収された流動媒体 F a が燃焼炉 2 の燃料投入口から流動層 F に戻されることを意味している。

[0044] 以上説明した第 1 の実施形態の流動媒体再生装置 3 及びこれを組み込んだ燃焼システム 1 によれば、燃焼炉 2 の流動層 F の底部より抜き出した高温の流動媒体 F a を 1 気圧下における沸点が -20°C 以下の液体媒体に接触させて急速に冷却させることにより、流動媒体 F a とコーティング層との収縮差によるコーティング層の剥離を生じさせる。これは、 $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ などのアルカリ珪酸塩相と砂などの流動媒体 F a との物理的性状が異なるため急速な冷却によって収縮差が生じることの結果として流動媒体 F a とコーティング層との分離が実現される。

[0045] このように、流動媒体再生装置 3 及びこれを組み込んだ燃焼システム 1 によれば、流動媒体 F a とコーティング層との物理的性状の差異に基づき収縮差を利用することで、物理的衝突を利用する従来装置と比べて、非常に効率良く流動媒体 F a からコーティング層を分離して流動媒体 F a を再生することで、循環材である流動媒体 F a の品質確保及び有効活用を達成することができる。

[0046] また、流動媒体再生装置 3 によれば、返送ライン 13 B によってコーティング層と分離した流動媒体 F a を回収して流動層 F に戻すことができる。こ

のため、流動層Fから抜き出した分の流動媒体F aを流動層Fに戻して自動的に補充することが可能となり、流動媒体F aの補充に係る労力の低減を図ることができる。

[0047] さらに、本実施形態における流動媒体再生装置3及び燃焼システム1によれば、本実施形態における乾燥した状態で流動媒体F aの粒子を取り扱うことができる。このため、選別装置12や返送機構13における搬送がスムーズであり、流動媒体F aのリサイクルが容易になると共に、流動媒体F aが燃焼炉2内の流動層Fに戻された際の水分持ち込み量を低減させることができる。また、本実施形態における流動媒体再生装置3及び燃焼システム1によれば、乾燥工程などを経ることなく、流動媒体F aをボイラに返送できる。このため、本実施形態における流動媒体再生装置3及び燃焼システム1は、効率面及びコスト面からも有利に流動媒体を再利用できると共に、大量に流動媒体F a（砂等）を用いるような大型の燃焼炉2に対しても好適に対応することができる。

[0048] [第2の実施形態]

第1の実施形態においては、燃焼炉2から回収した高温の流動媒体をそのまま液体媒体LMに接触させる態様について説明したが、本発明の態様はかかる態様に限定されるものではない。例えば、第1の実施形態において冷却部（例えば、スクリーン搬送機11）の搬送経路をある程度確保し、液体媒体に接触する前に流動媒体の温度がある程度低下するように構成してもよいし、冷却部に、さらに流動媒体を冷却する中間冷却部を設け、当該中間冷却部によって冷却された流動媒体を液体媒体に接触させるように構成することもできる。

[0049] 以下、図4を用いて、スクリーン搬送機11が冷却媒体流動路（中間冷却部）を有する態様について説明する。図4は、本発明の第2の実施形態における流動層の流動媒体再生装置を備えた燃焼システムを示す概略図である。

[0050] 図4に示すように、第2の実施形態における燃焼システム21の流動媒体再生装置22は、スクリーン搬送機11による流動媒体F aの搬送時に流動

媒体 F a を冷却する点のみが第 1 の実施形態と異なる。以下、第 1 の実施形態と同じ構成の部材には同じ符号を付し、その説明を省略する。

[0051] 第 2 の実施形態の燃焼システム 2 1 において、流動媒体再生装置 2 2 は、スクリー搬送機 1 1 の上流部周囲に水などの冷却媒体を流動させる冷却媒体流動路 2 3 が形成されている。冷却媒体流動路 2 3 の両端は、冷却媒体を循環させるための循環用管路と接続されており、この管路の途中には冷却媒体を貯留する冷却媒体タンク 2 4 と冷却媒体を円滑に流動させるためのポンプ 2 6 とが設けられている。また、冷却媒体タンク 2 4 の下方には、冷却媒体タンク 2 4 内の冷却媒体を冷却する冷却機 2 5 が設けられている。

[0052] 流動媒体再生装置 2 2 において、燃焼炉 2 の排出口から排出された高温の流動媒体 F a は、スクリー搬送機 1 1 の上流部にて搬送される際、冷却媒体流動路 2 3 中の冷却媒体に熱を移動させることで冷却される。流動媒体 F a は、スクリー搬送機 1 1 に投入される直前の温度が所定の適正温度となるまで冷却される。また、本実施形態において液体媒体 L M はスクリー搬送機 1 1 の下流部周辺に位置するようにその供給量が制御されている。このように液体媒体 L M と接触させて冷却する際に、流動媒体 F a の温度をスクリー搬送機 1 1 の上流部にて適正温度とすることで、スクリー搬送機 1 1 の下流部における流動媒体 F a とコーティング層との収縮差に起因するコーティング層の剥離を適切に発生させることができると共に、急速すぎる冷却により流動媒体 F a 自体にクラックが生じるのを予防することができる。適正温度は、液体媒体の温度や供給量、及び、流動媒体 F a の投入量などに応じて、常温（例えば 25℃）以上流動媒体のコーティング層の融点以下（コーティング層が $\text{SiO}_2\text{--K}_2\text{O}$ のコーティング層であれば、700℃以下）、の中から適切に選択される。

[0053] 以上説明した第 2 の実施形態における流動媒体再生装置 2 2 によれば、冷却媒体流動路 2 3 によって高温の流動媒体 F a を適正温度まで冷却してから液体媒体 L M と接触させることで、流動媒体 F a の投入による液体媒体 L M の過剰な蒸発や温度の大幅な変化を抑えることが可能になる。その結果、液

体媒体 L M の温度変化を抑えるために大量の液体媒体 L M を供給したり、頻繁にスクリー搬送機 11 内の温度調節を行ったりする事態を避けることが可能となり、これによってスクリー搬送機 11 の小型化や運用コストの低下を図ることができる。

[0054] 第 2 の実施形態の燃焼システム 21 において、流動媒体再生装置 22 は、スクリー搬送機 11 の上流部周囲に冷却媒体流動路 23 が設置されているが、本発明は当該構成に限定されるものではない。たとえば、流動媒体再生装置 22 は、冷却媒体流動路 23 をスクリー搬送機 11 の下流部周囲に設置し、スクリー搬送機 11 の上流部周囲から液体媒体 L M が供給されるように構成されていてもよい。

[0055] (流動層式燃焼炉の燃焼方法)

さらに、上述の燃焼システム及び流動媒体再生装置に適用可能な流動層式燃焼炉の燃焼方法の流れについて図を用いて説明する。図 5 は、本実施形態における燃焼システム及び流動媒体再生装置に適用可能な燃焼方法を説明するための流れ図である。

[0056] 本実施形態における流動層式燃焼炉の燃焼方法は、上述のようにバイオマス燃料等のアルカリ成分含有燃料を用いた流動層式燃焼炉の燃焼方法である。本実施形態における燃焼方法においては、まず、バイオマス燃料等のアルカリ成分含有燃料を流動層式燃焼炉に燃焼し（ステップ S1 における燃焼工程）、流動層式燃焼炉の流動層から流動媒体を回収し（ステップ S2 における回収工程）、流動層から回収した前記流動媒体を 1 気圧下における沸点が -20°C 以下の液体媒体に接触させて冷却し、前記流動媒体からコーティング層を分離する工程を有する（ステップ S3 における冷却分離工程）。具体的には、図 1 における燃焼炉 2 から回収した流動媒体 F a をスクリー搬送機 11 内において液体媒体 L M と接触させる工程である。この際、液体媒体としては、特に限定はないが、上述のように、液体空気及び液体窒素の少なくともいずれかとすることができる。

[0057] また、冷却分離工程においては、上述のように、流動層式燃焼炉の流動層か

ら回収した流動媒体の温度は、流動媒体のコーティング層の融点以下であることが好ましい。このため、第2の実施形態にて説明されるように、冷却分離工程においては、流動媒体を、中間冷却部（例えば図4における冷却媒体流動路23）によって冷却した後に液体媒体に接触させてもよい。

[0058] ついで、前記冷却分離工程において分離された流動媒体及びコーティング層は選別工程において選別することができる（ステップS4における選別工程）。具体的には、図1における選別装置12に供給された流動媒体F_aとコーティング層とは、当該装置内にて篩によって選別され、コーティング層等の燃焼不適物はシステム外に排出される。

[0059] また、本実施形態においては、コーティング層を分離した前記流動媒体を回収して50～1000 μ mに粒度調整した流動媒体を流動層に戻す返送工程を含めることが出来る（図5におけるステップS6）。また、本実施形態においては、図5に示すように、回収した流動媒体を50～1000 μ mに粒度調整した後に、当該流動媒体を流動層に戻すように、返送工程に先んじて粒度調整工程を含めることが出来る（図5におけるステップS5）。

[0060] 以上説明した本実施形態における燃焼方法によれば、上述の燃焼システム及び流動媒体再生装置と同様に、燃焼炉2の流動層Fの底部より抜き出した高温の流動媒体F_aを1気圧下における沸点が-20℃以下の液体媒体に接触させて急速に冷却させることによって、効率的な流動媒体とコーティング層との分離が実現される。このため、循環材である流動媒体の品質確保、及び、有効活用を達成することができる。

[0061] さらに、本実施形態における燃焼方法によれば、返送工程によってコーティング層と分離した流動媒体を回収して流動層に戻すことができるので、流動層から抜き出した分の流動媒体を流動層に戻して自動的に補充することが可能となり、流動媒体の補充に係る労力の低減を図ることができる。

[0062] また、本実施形態における燃焼方法によれば、乾燥した状態で流動媒体の粒子を取り扱うことができるため、選別工程や返送工程における流動媒体の搬送がスムーズであり且つ流動媒体のリサイクルが容易になると共に、流動

媒体が流動層式燃焼炉内の流動層に戻された際の水分持ち込み量を低減させることができる。さらに、本実施形態における燃焼方法によれば、乾燥工程などを経ることなく、流動媒体を流動層式燃焼炉に返送できるため、大量に流動媒体（砂等）を用いるような大型の燃焼炉に対しても好適に対応することができる。

[0063] なお、本発明の流動媒体再生装置、燃焼システム及び燃焼方法は、上述した実施形態に限定されるものではない。

[0064] 例えば、本発明は、C F Bボイラ以外の流動層式燃焼炉に対しても適用可能である。また、燃焼炉で使用される燃料は、バイオマス燃料に限られない。コーティング層と流動媒体F aとの間で十分な収縮差が生じる燃料であれば良い。特に高アルカリ成分を含む燃料を使用する場合に、本発明を好適に適用することができる。

[0065] また、上述の中間冷却手段は、第2の実施形態に記載の冷却媒体流動路23に限られず、例えば空冷によって流動媒体F aを冷却する態様であってもよい。なお、冷却媒体流動路23で回収された熱を他の設備で利用する構成とすることもできる。また、返送ライン13Bを必ずしも備える必要はない。

[0066] さらに、第1及び第2の実施形態の燃焼システムにおいては、供給管11Aからスクリー搬送機11に液体媒体L Mが供給され、スクリー搬送機11内において流動媒体F aと接触する構成について説明したが本発明は当該態様に限定されるものではない。例えば、図6に示す燃焼システム30の流動媒体再生装置31のように、スクリー搬送機32の下流側に別途液体媒体L Mが供給される冷却部33が設けられていてもよい。流動媒体再生装置31は、スクリー搬送機32から搬送されてきた流動媒体F aが冷却部33内にて液体媒体L Mと接触し冷却され、当該冷却にてコーティング層が分離されるように、構成することができる。なお、流動媒体再生装置31においては、スクリー搬送機32に中間冷却部の役割を担わせることができる。

[0067] 2021年3月29日に出願された日本国特許出願2021-055332号の開示は、その全体が参照により本明細書に取り込まれる。

また、明細書に記載された全ての文献、特許出願、及び技術規格は、個々の文献、特許出願、及び技術規格が参照により取り込まれることが具体的かつ個々に記された場合と同程度に、本明細書中に参照により取り込まれる。

符号の説明

[0068] 1, 21, 30…燃焼システム、2…燃焼炉（流動層式燃焼炉）、3, 22, 31…流動媒体再生装置、11…スクリュウ搬送機（冷却部）、33…冷却部、12…選別装置（選別部）、13…返送機構（返送部）、23…冷却媒体流動路（中間冷却手部）、F…流動層

請求の範囲

- [請求項1] 少なくとも、流動層式燃焼炉の流動層から回収した流動媒体が供給され、前記流動媒体を1気圧下における沸点が -20°C 以下の液体媒体に接触させて冷却し、前記流動媒体からコーティング層を分離する、冷却部を備えた流動層の流動媒体再生装置。
- [請求項2] 前記液体媒体が、液体空気、液体窒素及び液体酸素の少なくともいずれかである、請求項1に記載の流動層の流動媒体再生装置。
- [請求項3] 前記冷却部から排出された前記流動媒体と前記コーティング層とを選別する選別手段を備えた、請求項1又は請求項2に記載の流動層の流動媒体再生装置。
- [請求項4] 前記流動層式燃焼炉の前記流動層から回収した流動媒体の温度が前記コーティング層の融点以下である、請求項1～請求項3のいずれか一項に記載の流動層の流動媒体再生装置。
- [請求項5] 前記冷却部は、さらに前記流動媒体を冷却する中間冷却部を備え、前記中間冷却部によって冷却された前記流動媒体を前記液体媒体に接触させる、請求項1～請求項4のいずれか一項に記載の流動層の流動媒体再生装置。
- [請求項6] 前記コーティング層を分離した前記流動媒体を回収し、 $50\sim 1000\mu\text{m}$ に粒度調整した前記流動媒体を前記流動層に戻す返送部を更に備えた、請求項1～請求項5のいずれか一項に記載の流動層の流動媒体再生装置。
- [請求項7] 流動層式燃焼炉と、請求項1～請求項6のいずれか一項に記載の流動層の流動媒体再生装置と、を備えた、燃焼システム。
- [請求項8] アルカリ成分含有燃料を用いた流動層式燃焼炉の燃焼方法であって、
前記流動層式燃焼炉の流動層から流動媒体を回収し、前記流動層から回収した前記流動媒体を1気圧下における沸点が -20°C 以下の液体媒体に接触させて冷却し、前記流動媒体からコーティング層を分離

する、

流動層式燃焼炉の燃焼方法。

- [請求項9] 前記液体媒体が、液体空気及び液体窒素の少なくともいずれかである請求項8に記載の流動層式燃焼炉の燃焼方法。
- [請求項10] 前記流動媒体と前記コーティング層とを選別する、請求項8又は請求項9に記載の流動層式燃焼炉の燃焼方法。
- [請求項11] 前記流動層式燃焼炉の流動層から回収した流動媒体の温度が前記コーティング層の融点以下である、請求項8～請求項10のいずれか一項に記載の流動層式燃焼炉の燃焼方法。
- [請求項12] 前記流動媒体を、中間冷却部によって冷却した後に前記液体媒体に接触させる、請求項8～請求項11のいずれか一項に記載の流動層式燃焼炉の燃焼方法。
- [請求項13] 前記コーティング層を分離した前記流動媒体を回収し、50～1000 μ mに粒度調整した流動媒体を前記流動層に戻す、請求項8～請求項12のいずれか一項に記載の流動層式燃焼炉の燃焼方法。