

明 細 書

発明の名称： ボイラ管群付着灰除去システム

技術分野

[0001] 本発明は、ボイラ管群付着灰除去システムに関する。

背景技術

[0002] 石炭炊きボイラを備えた火力発電所、または、発電を行うために廃熱ボイラを備えたごみ焼却炉やガス化溶融炉などのプラントにおいては、石炭やごみの燃焼により発生した排ガスに含まれる焼却灰が管群（ボイラのスクリーン管、過熱管、蒸発管、エコノマイザの水管等で構成される管群）に付着して堆積しやすい。焼却灰が管群に堆積すると、管群が腐食する恐れがあるほか、発電効率の悪化を招くこととなる。このため、一般的に、所定の時間間隔（一定周期）で、蒸気式やショックパルス式のスートブロワを起動し、管群に堆積した灰（以下、「付着灰」という）を除去、すなわち、「付着灰除去」している。

しかし、付着灰の管群への堆積量が少ない場合、スートブロワを起動しても除去される付着灰の量が少ないため、スートブロワで消費または利用する電力、蒸気、またはガスの費用に対する付着灰除去の効果が少ない。一方、付着灰の管群への堆積量が多い場合、上記一定周期ごとのスートブロワの起動では十分に付着灰除去ができず、除去されずに管群に残置された付着灰が、次のスートブロワの起動までに固化してしまい、スートブロワによる付着灰除去が困難となる恐れがある。

そこで、スートブロワを用いて管群の付着灰を適切に除去すべく、種々のボイラ管群付着灰除去システムが開発されてきた。

[0003] 例えば、特許文献1には、管群の汚れの度合い、すなわち管群への付着灰の堆積の度合いに応じて、上記周期を変えるシステムが開示されている。また、特許文献2には、管群の汚れの度合い以外の条件も加味してスートブロワを起動するシステムが開示されている。また、特許文献3には、管群を流

れる排ガスの上流及び下流の圧力をそれぞれ測定し、これらの圧力の差が所定値以上となった場合にスートブロワを起動するシステムが開示されている。

[0004] なお、スートブロワは、蒸気式が主に使用されてきたが、近年、蒸気を使用しないショックパルス式が開発され、市場導入されている。

蒸気式スートブロワは、起動されると所定時間だけ蒸気を噴射し続け、当該所定時間が経過すると蒸気の噴射を停止する。

一方、ショックパルス式スートブロワは、圧力波式または衝撃波式スートブロワや、ショックパルスジェネレータ（SPG：Shock Pulse Generator）とも呼ばれ、起動されると、スートブロワ内部に充填した可燃性ガスが爆発し、ショックパルス（「衝撃波」または「圧力波」ともいう）が発射される。なお、ショックパルス式スートブロワは、一度起動すると、次回の起動のために当該ガスを再度充填する必要がある。当該充填には、一般的に1分から10分間程度の時間を要する。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開昭62-210316号公報

特許文献2：特開昭63-286609号公報

特許文献3：特開2017-181007号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献1乃至3に開示の技術はいずれも、上記周期の到来など、所定条件の成立後に、スートブロワを1回だけ起動している。

しかし、上述したように、付着灰の堆積量によっては、スートブロワを1回起動しただけで十分に付着灰除去ができるとは限らない。このため、スートブロワを起動したにもかかわらず効果的に付着灰が除去されない場合、特許文献1乃至3に開示の技術では、次回の周期の到来など、改めて所定条件

が成立した後のスートブロワの再度の起動を待つ必要がある。従って、これらの技術では、1回のスートブロワの起動で付着灰除去が十分になされない場合、ボイラの熱交換性能を早期に回復することができない。

そこで、スートブロワを起動する際に、1回だけではなく連続的に複数回起動することが考えられる。

しかしながら、1回のスートブロワの起動で付着灰除去が十分になされる場合があるにもかかわらず、上記所定条件が成立した際、毎回、スートブロワを複数回起動することは不経済である。

[0007] そこで、本発明は、経済性を担保しつつ、早期かつ適切に付着灰除去を行うボイラ管群付着灰除去システム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

[0008] 本発明のボイラ管群付着灰除去システムは、炉で発生する排ガスから熱回収するボイラの複数の管群の付着灰を除去するボイラ管群付着灰除去システムであって、前記複数の管群の間に配置されたスートブロワと、前記複数の管群の下流に配置され、前記排ガスを誘引する誘引送風機と、前記スートブロワの起動を制御する制御装置とを有する。

前記制御装置は、前記ボイラの熱貫流率を演算し、演算した前記熱貫流率が所定値以上の場合、所定のインターバルを置いて前記スートブロワを1回だけ起動し、その後再び前記所定のインターバル又はこれと異なるインターバルを置く1回起動を実行し、演算した前記熱貫流率が前記所定値未満の場合、第一判定及び第二判定のいずれか一方を択一的に判定する付着灰判定処理を実行し、前記付着灰判定処理で前記第一判定が得られた場合、前記所定のインターバルを置かずに前記スートブロワを連続的に複数回起動する連続起動を実行し、前記付着灰判定処理で前記第二判定が得られた場合、前記1回起動を実行する。

前記付着灰判定処理は、前記複数の管群の主蒸気量が第一閾値以上であるという第一条件、前記複数の管群の入口と出口における前記排ガスの圧力差が第二閾値以上であるという第二条件、前記誘引送風機の回転数が第三閾値

以上であるという第三条件、及び前記炉に供給される燃焼空気総量が第四閾値以上であるという第四条件のうちの少なくとも1つの条件を含んで実行される。

前記付着灰判定処理が4つの前記条件のうちのいずれか1つの条件のみに基づいて実行される場合、前記1つの条件が成立したときに前記第一判定が得られ、前記1つの条件が不成立のときに前記第二判定が得られ、前記付着灰判定処理が前記4つの条件のうちのいずれか2つ、3つ、または4つの条件を含んで実行される場合、前記2つ、3つ、または4つの条件を含むすべての条件が共に成立したときに前記第一判定が得られ、前記2つ、3つ、または4つの条件を含むいずれかの条件が不成立のときに前記第二判定が得られることを特徴とする。

発明の効果

[0009] 本発明のボイラ管群付着灰除去システムによれば、熱貫流率に基づいて1回起動と連続起動とを使い分ける。さらに、熱貫流率が所定値未満である場合には付着灰判定処理を実行し、スートブロワを連続起動とするか否かを適切に判定できるため、経済性を担保しつつ早期かつ適切に付着灰除去を行うことができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施形態及び第一変形例に係るボイラ管群付着灰除去システムの概略構成図である。

[図2]ボイラ管群付着灰除去システムがスートブロワを起動する制御を説明するフローチャート例である。

[図3]図3(a)～図3(d)は、図2におけるステップS16(付着灰判定処理)の具体的な処理フローの例である。

[図4]図4(a)～図4(c)は第二変形例に係るボイラ管群付着灰除去システムの一部を示す概略構成図である。

[図5]第三変形例に係るボイラ管群付着灰除去システムの概略構成図である。

[図6]第四変形例に係るボイラ管群付着灰除去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

[0011] 以下、図面を参照して、実施形態並びに変形例としてのボイラ管群付着灰除去システムについて説明する。以下に示す構成等はあくまでも例示に過ぎず、明示しない種々の変形や技術の適用を排除する意図はない。以下に示す構成等は、それらの趣旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。また、必要に応じて取捨選択することができ、あるいは適宜組み合わせることができる。

[0012] [1. ボイラ管群付着灰除去システムの概要]

図1は、本実施形態のボイラ管群付着灰除去システム1（以下「除去システム1」という）の概略構成図である。なお、図1は、後述する第一変形例（除去システム1'）を示す図も兼ねる。

図1及び後述する図4～図6では、X軸、Y軸からなる直交座標系を図示して説明する。X軸は水平方向であり、Y軸は鉛直方向である。また、Y軸の矢印方向は、鉛直方向且つ上方に向かう方向である。

[0013] 本実施形態では、一例として、発電を行うためのボイラを備えたごみ焼却炉のプラントに適用された除去システム1を説明する。もちろん、火力発電所、ガス化溶融炉など、他のプラントに、本発明のボイラ管群付着灰除去システムを適用することもできる。

ボイラは、蒸気ドラム及び水ドラムを備えた2ドラム式（two drum type）と、蒸気ドラムを備えた1ドラム式（one drum type）とに大別されるが、除去システム1は、いずれのボイラを用いてもよい。なお、図1では、蒸気ドラムの図示を省略しているが、1ドラム式のボイラを備えたごみ焼却炉のプラントを例示する。

[0014] 除去システム1は、炉で発生する排ガスから熱回収するボイラの複数の管群2の付着灰を除去するシステムであって、複数の管群2の間に配置されたスートブロワ3と、複数の管群2の下流に配置され、排ガスを誘引する誘引送風機13と、スートブロワ3の起動を制御する制御装置4とを有する。

[0015] 後で詳述するが、制御装置4は、ボイラの熱貫流率Kを演算し、この熱貫

流率 K が所定値 $\alpha 1$ 以上の場合、所定のインターバルを置いてスートブロワ 3 を 1 回だけ起動し、再び当該所定のインターバル又はこれと異なるインターバルを置く「1 回起動」を実行する。

また、制御装置 4 は、演算した熱貫流率 K が所定値 $\alpha 1$ 未満の場合、且つ、所定値 $\alpha 2$ 未満の場合、第一判定及び第二判定のいずれか一方を択一的に判定する付着灰判定処理を実行する。付着灰判定処理で第一判定が得られた場合、制御装置 4 は、原則として、所定のインターバルを置かずにスートブロワ 3 を連続的に複数回起動する「連続起動」を実行し、付着灰判定処理で第二判定が得られた場合、「1 回起動」を実行する。

[0016] 付着灰判定処理は、下記の第一条件乃至第四条件のうちの少なくとも 1 つの条件を含んで実行される。

第一条件：管群 2 の主蒸気量 Q_s が第一閾値以上である

第二条件：管群 2 の入口と出口における排ガスの圧力差 ΔP_g が第二閾値以上である

第三条件：誘引送風機 13 の回転数 Q_r が第三閾値以上である

第四条件：炉に供給される燃焼空気総量 Q_c が第四閾値以上である

これら 4 つの条件の各々は、発明者の経験から、各条件が成立した場合、管群 2 に付着灰が多量に堆積している可能性が高いため、スートブロワ 3 の「連続起動」をするのが望ましいと考えられる条件である。

[0017] 後で詳述する図 3 では、一例として、上記の 4 つの条件（第一条件、第二条件、第三条件、第四条件）のみを用いて説明するが、設計に応じて、これら 4 つの条件に他の条件（例えば、第五条件、第六条件、第七条件、第八条件、…など）が追加されてもよい。

当該他の条件、例えば第五条件としては、後述の出口蒸気温度測定装置 24 b で測定される「管群 2 の主蒸気の温度が第五閾値未満である」、例えば第六条件としては、「過熱低減器 17（後述）の噴霧する水量が第六閾値未満である」、例えば第七条件としては、後述のガス温度測定装置 15 b（出口ガス温度測定装置）で測定される「管群 2 の出口における排ガスのガス温

度が第七閾値以上である」がありうる。

また、図示はしないが、ごみ焼却炉のプラントでは、除塵装置 11 の下流の排ガスの一部をストーカ 7 近傍へ循環させる排ガス再循環技術 (Exhaust Gas Recirculation (EGR)) が採用される場合がありうる。この場合、当該他の条件として、例えば第八条件として、後述のガス流量測定装置 16a、16b とは別個に、当該循環される排ガス (循環排ガス) のガス流量を測定するガス流量測定装置を設置し、当該ガス流量測定装置で測定される「循環排ガスのガス流量が第八閾値以上である」が追加されてもよい。

なお、これら他の条件も、第一条件乃至第四条件と同様、評価式に基づき、二分岐する。具体的には、これら他の条件は、評価式の条件が成立した場合、管群 2 に付着灰が多量に堆積している可能性が高いため、スートブロワ 3 の「連続起動」をするのが望ましく、評価式の条件が不成立の場合、スートブロワ 3 の「連続起動」は不用である (よって、「1 回起動」でよい) といえる条件が選定される。

付着灰判定処理は、上記の第一条件乃至第四条件の 4 つの条件のうちのいずれか 1 つの条件のみに基づいて実行される場合、当該 1 つの条件が成立したときに第一判定が得られる。そして、当該 1 つの条件が不成立のときに第二判定が得られる。

また、付着灰判定処理は、上記 4 つの条件のうちのいずれか 2 つ、3 つ、または 4 つの条件を含んで実行される場合 (上記第五条件等が追加される場合がある)、当該 2 つ、3 つ、または 4 つの条件を含むすべての条件が共に成立したときに第一判定が得られる。そして、当該 2 つ、3 つ、または 4 つの条件を含むすべての条件のいずれかが不成立のときに第二判定が得られる。

[0018] 以下、除去システム 1 が少なくとも有する上記構成に加え、他の構成について説明する。そして、構成の説明後に、スートブロワ 3 の起動に関する制御 (付着灰判定処理を含む) について詳述する。

[0019] [2. システム構成]

図 1 に示すように、除去システム 1 は、ごみ等の被焼却物を貯留するホッパ 5 と、ホッパ 5 の下方（Y 軸方向且つ下方）からホッパ 5 が貯留した被焼却物を押し出すフィーダ 6 と、フィーダ 6 に押し出された被焼却物を搬送しながら焼却するストーカ 7 と、ストーカ 7 で焼却された残渣が排出される灰シュート 8 とを備える。

[0020] また、除去システム 1 は、ストーカ 7 で被焼却物を焼却することで発生する飛灰を含んだ排ガスの熱を、各管群 2 及びその下流に配置されたエコノマイザ 9（管群の一種であり、「節炭器」ともいわれる）で熱交換する。そして、除去システム 1 は、当該熱交換された排ガスを冷却する減温塔 10、さらに、当該冷却された排ガスの煤塵を除塵する除塵装置 11（例えば、バグフィルタ）を経由して、当該除塵された排ガスを煙突 12 から大気へ排出する。

[0021] ストーカ 7 から煙突 12 の開口までの排ガスの経路は、水冷壁やダクトなどで形成されて、実質的に密閉される。当該経路のうち、ストーカ 7 の直上から Y 軸方向且つ上方に延びる経路は「1 パス」（「パス」は英語で「pass」を意味する）、1 パスの上方の端部で折れ曲がり、1 パスに隣接して Y 軸方向且つ下方に延びる経路は「2 パス」、2 パスの下方の端部で折れ曲がり、2 パスに隣接して Y 軸方向且つ上方に延びる経路は「3 パス」と呼ばれる。ストーカ 7 で発生した排ガスは、図 1 に矢印で流れを示す通り、1 パスを上昇し、2 パスを下降し、3 パスを上昇するように流れる。なお、排ガスの流れを 1 パスから煙突 12 に向けて誘引するため、除塵装置 11 と煙突 12 の間の当該経路には、誘引送風機 13 が配置される。

[0022] 除去システム 1 は、1 パスに配置されて排ガスの圧力を測定する圧力測定装置 14 a（入口圧力測定装置）と、エコノマイザ 9 と減温塔 10 の間の排ガスの経路に配置されて排ガスの圧力を測定する圧力測定装置 14 b（出口圧力測定装置）とを備える。

[0023] なお、各圧力測定装置 14 a、14 b の配置はこれらに限定されない。プラントの設計に応じて、入口圧力測定装置 14 a は、排ガスの経路中、付着

灰除去の対象となる複数の管群2のうち最上流に配置された管群2の上流の任意の場所、すなわち「複数の管群2の入口」に配置されればよく、出口圧力測定装置14bは、排ガスの経路中、付着灰除去の対象となる複数の管群2のうち最下流に配置された管群2の下流の任意の場所、すなわち「複数の管群2の出口」に配置されればよい。ただし、これら任意の場所は、付着灰除去の対象となる複数の管群2にできるだけ近い場所が望ましい。

[0024] 除去システム1は、3パスに配置されている付着灰除去の対象となる複数の管群2のうち最上流（下方）に位置する管群21の下方に配置されて排ガスの温度を測定するガス温度測定装置15a（入口ガス温度測定装置）と、3パスに配置されている当該複数の管群2のうち最下流（上方）に位置する管群22cとエコノマイザ9との間の排ガスの経路に配置されて排ガスの温度を測定するガス温度測定装置15b（出口ガス温度測定装置）とを備える。

[0025] なお、各ガス温度測定装置15a、15bの配置はこれらに限定されない。プラントの設計に応じて、入口ガス温度測定装置15aは、排ガスの経路中、付着灰除去の対象となる複数の管群2のうち最上流に配置された管群2の上流の任意の場所、すなわち「複数の管群2の入口」に配置されればよく、出口ガス温度測定装置15bは、排ガスの経路中、付着灰除去の対象となる複数の管群2のうち最下流に配置された管群2の下流の任意の場所、すなわち「複数の管群2の出口」に配置されればよい。ただし、これら任意の場所は、付着灰除去の対象となる複数の管群2にできるだけ近い場所が望ましい。

[0026] 言い換えると、本実施形態及び後述の変形例で、付着灰除去の対象となる「複数の管群2」とは、2つの圧力測定装置14a、14bの間、かつ、2つのガス温度測定装置15a、15bの間に配置されている管群を意味する。

図1では、一例として、複数の管群2が3パスに配置された構成を示す。なお、エコノマイザ9も管群（図6参照）を備えているが、図1の構成では

複数の管群2の出口よりも下流、すなわち出口ガス温度測定装置15bよりも下流にエコノマイザ9が配置されているので、本実施形態ではエコノマイザ9が備える管群を付着灰除去の対象となる管群として考慮しない。なお、後述するが、エコノマイザ9が備える管群も「複数の管群2」として考慮する例は、本実施形態の第四変形例である。

[0027] 3パスには、排ガスの流れの最上流（Y軸方向で最下方）に吊下管（スクリーン管）21で構成された管群2が配置され、当該管群21から下流（Y軸方向で上方）に向かって、順次、過熱管（スーパーヒータ）22a、22b、22cのそれぞれで構成された管群2が配置される。

[0028] 図1では、一例として、スートブロワ3（3a）が同一種類の複数の管群2の間に配置された構成を示す。すなわち、過熱管で構成された管群のうち、最上流に位置する過熱管22aで構成された管群2と、当該管群2の下流に当該管群2と隣り合って配置された管群2（過熱管22bで構成された管群2）の間にスートブロワ3aが配置される。なお、スートブロワ3（3a）の配置はこれに限られず、異なる種類の管群2、例えば、ボイラのスクリーン管、過熱管、蒸発管、エコノマイザの水管等で構成される管群のうち、隣り合って配置された異なる種類の管群の間にスートブロワ3が配置されてもよい。スートブロワ3は、蒸気式でもショックパルス式でもよいが、ここでは、ショックパルス式スートブロワであるとして説明を進める。

[0029] 除去システム1は、2パスに配置されて排ガスの流量を測定するガス流量測定装置16aと、除塵装置11と誘引送風機13の間の排ガスの経路に配置されて排ガスの流量を測定するガス流量測定装置16bのいずれか一方を少なくとも備える。上述したように、ストーカ7から煙突12の開口までの排ガスの経路は、実質的に密閉されているので、ガス流量測定装置が1つ設置されることで、後述の熱貫流率Kの演算に必要な排ガスのガス流量の情報を得ることができる。

[0030] なお、各ガス流量測定装置16a、16bの配置はこれらに限定されない。排ガスの経路において少なくとも1つ設置されればよい。ガス流量測定装

置の清掃頻度を低減する観点からは、除塵装置 1 1 より下流にガス流量測定装置を配置するのが望ましい。すなわち、ガス流量測定装置 1 6 a、1 6 b のいずれか一方を選択する場合、ガス流量測定装置 1 6 b を設置するのが望ましい。

また、ガス流量測定装置 1 6 a を設置する代わりに、2 パスにおける排ガスのガス流量を演算で算出し、後述の熱貫流率 K の演算に使用してもよい。

[0031] 除去システム 1 は、過熱管で構成される管群 2 の内部を通過する蒸気を適宜冷却するために、当該過熱管の内部に水を噴霧する過熱低減器（デスパーヒータ）1 7 を備える。図 1 では、3 パスに配置された四つの管群 2 のうち、最下流に配置される過熱管 2 2 c で構成された管群 2 に過熱低減器 1 7 が配置される。過熱低減器 1 7 が噴霧する水の量は、噴霧水量測定装置 1 8 で測定される。

[0032] 除去システム 1 は、付着灰除去の対象となる複数の管群 2 に含まれる過熱管のうち、最上流に位置する過熱管 2 2 a の内部に配置されて蒸気の温度を測定する蒸気温度測定装置 2 4 a（入口蒸気温度測定装置）と、最下流に位置する過熱管 2 2 c の内部に配置されて蒸気の温度を測定する蒸気温度測定装置 2 4 b（出口蒸気温度測定装置）とを備える。蒸気温度測定装置 2 4 a、2 4 b は、複数の管群 2 のうち、過熱管に設置される。

[0033] 除去システム 1 は、過熱管の内部を流れる主蒸気量を測定する主蒸気量測定装置 2 5 を備える。ここでは、主蒸気量測定装置 2 5 は、複数の管群 2 に含まれる過熱管のうち、最上流に位置する過熱管 2 2 a の内部に配置される。

除去システム 1 は、ストーカ 7 の下方に位置する一次空気供給装置 2 6 と、ストーカ 7 の上方の 1 パスに位置する二次空気供給装置 2 7 と、これらの空気供給装置 2 6、2 7 から排ガスの経路に供給される一次空気及び二次空気の総量（燃焼空気総量）を測定する燃焼空気量測定装置 2 8 とを備える。

[0034] 各圧力測定装置 1 4 a、1 4 b、各ガス温度測定装置 1 5 a、1 5 b、ガス流量測定装置 1 6 a、1 6 b、噴霧水量測定装置 1 8、各蒸気温度測定装

置 2 4 a、2 4 b、主蒸気量測定装置 2 5、燃焼空気量測定装置 2 8 で測定された各種情報は、制御装置 4 に入力される。制御装置 4 は、除去システム 1 が有する電子制御装置（コンピューター）であり、クロックで動作するプロセッサやタイマー、並びに記憶装置（いずれも図示略）を搭載している。

[0035] [3. 制御構成（フローチャート）]

上述したように、制御装置 4 は、ボイラの熱貫流率 K を演算し、この熱貫流率 K に応じて、適宜に付着灰判定処理を実行しつつ、スートブロワ 3 を「1 回起動」または「連続起動」させる。

以下、図 2 及び図 3（a）～（d）に示すフローチャートを用いて、スートブロワ 3 の起動に関する制御（付着灰判定処理を含む）について詳述する。なお、ここでは除塵装置 1 1 はバグフィルタであるとして説明を進める。

[0036] まず、オペレータが、起動スイッチや制御盤など（図示せず）を操作することにより、焼却炉などのプラントの運転が開始されると共に、除去システム 1 も起動し、図 2 に示すフローチャートの「開始」以降の各処理が、制御装置 4 によって実行される。

なお、本フローチャートに登場する時間 t_1 、 T_{min} 、 T_{max} 、並びに Δt の初期値、ダーティ熱貫流率 K_d の初期値、フラグ F の初期値、各所定値 α_1 、 α_2 、及び回復閾値 R は次のよう設定され、本フローチャートの「開始」以前に、記憶装置に予め記憶される。

クリーン熱貫流率 K_c は、除去システム 1 が起動して最初に演算される熱貫流率の値が初期値となるので、本フローチャートの「開始」以前に予め設定する必要はない。

[0037] 時間 t_1 は、タイマーをカウントダウンさせるときの最初の時間（タイマーの残り時間）であり、スートブロワ 3 を「1 回起動」させるときのインターバルに相当する。時間 t_1 の初期値は、「 $0 < T_{min} < t_1 \leq T_{max}$ 」の関係を満たす所定値である。 T_{min} はスートブロワ 3 の起動させるインターバルの最小値（最短インターバル）であり、例えば 1 時間に設定される。また、 T_{max} はスートブロワ 3 を起動させるインターバルの最大値（最長インターバ

ル)であり、例えば3時間に設定される。

時間 t_1 の初期値は、例えば「 $2/3 \times T_{\max} - \Delta t$ (例えば、 Δt は0.5時間)」で求められる時間に設定される。なお、説明の簡便のため、ここでは、 $T_{\min}$ 、 $T_{\max}$ の値は、それぞれ Δt の整数倍に設定される。また、時間 t_1 は、その後、後述のステップS7、S19により、初期値から変更される。

[0038] ダーティ熱貫流率 K_d は、付着灰除去の対象となる管群2に付着灰が堆積等して汚れた状態であると考えられる場合の熱貫流率である。

ダーティ熱貫流率 K_d の初期値は、「 $0 < K_d < \alpha_2$ 」の関係を満たす所定の値(例えば、 $K_d = 0.5$)に設定される。なお、ダーティ熱貫流率 K_d は、その後、後述のステップS3により、初期値から変更される。

フラグ F の初期値は $F = 0$ (第一の値)に設定される。なお、フラグ F は、その後、後述のステップS9、S20、S14により、 $F = 0$ (第一の値)、 $F = 1$ (第二の値)、 $F = 2$ (第三の値)のいずれかに変更される。

[0039] 第一所定値 α_1 及び第二所定値 α_2 は、それぞれ後述のステップS5、ステップS15の各々において、熱貫流率 K (クリーン熱貫流率 K_c)と比較して、スートブロウ3を「1回起動」とするか否かの判定閾値である。また、第二所定値 α_2 は、後述のステップS15において、熱貫流率 K (クリーン熱貫流率 K_c)と比較して、付着灰判定処理を実行するか否かの判定閾値でもある。「 $0 < \alpha_2 < \alpha_1$ 」の関係を満たす。ここでは、説明の簡便のため、「 $0 < \alpha_2 < 1 < \alpha_1$ 」の関係を満たすとして説明を続ける。

なお、クリーン熱貫流率 K_c は、スートブロウ3の起動直後に演算された熱貫流率である。言い換えれば、クリーン熱貫流率 K_c は、スートブロウ3が起動された直後であるので管群2の付着灰は幾分除去され、熱交換率が改善した状態であると考えられる場合の熱貫流率である。

第一所定値 α_1 は、 α_1 以上のクリーン熱貫流率 K_c であれば管群2の熱交換が明らかに良好で、付着灰の堆積はない又は付着灰の堆積が極めて少ないといえる値に設定される。ここでは、説明の簡便のため、第一所定値 α_1

は、後述のステップS20でフラグFが $F=2$ に変更された直後においては、スートブロワの「1回起動」のみ、すなわちスートブロワの単発の起動だけでは、クリーン熱貫流率 K_c が α_1 以上となることはなく、「連続起動」として少なくとも2回以上連続のスートブロワ3の起動をすることで初めて達成されうる値に設定される。例えば、第一所定値 α_1 は、 $\alpha_1=1.2$ (W/m^2K) に設定される。

また、第二所定値 α_2 は、 α_2 以上 α_1 未満のクリーン熱貫流率 K_c であれば、管群2の熱交換が明らかに良好とはいえないまでも、付着灰の堆積はプラントの運転にまだ大きな影響を及ぼすものではないので、スートブロワの「1回起動」が実行されれば十分であるといえる値に設定される。言い換えれば、 α_2 未満のクリーン熱貫流率 K_c であれば後述の付着灰判定処理が必要となる値に設定される。第二所定値 α_2 も、ここでは説明の簡便のため、後述のステップS20でフラグFが $F=2$ に変更された直後、スートブロワ3の「1回起動」のみ、すなわちスートブロワの単発の起動だけでは、クリーン熱貫流率 K_c が α_2 以上となることはなく、「連続起動」として少なくとも2回以上連続のスートブロワ3の起動をすることで初めて達成される値に設定される。例えば、第二所定値 α_2 は、 $\alpha_2=0.8$ (W/m^2K) に設定される。

このため、後述する図2のフローチャートでは、フラグFが、一旦、後述のステップS20で $F=2$ に変更された場合、後述の付着灰判定処理で第二判定とならない限り、原則として、制御装置4により、スートブロワ3は少なくとも2回連続の「連続起動」がなされる。

ここでは説明の簡便のため、「 $0 < \alpha_2 < 1 < \alpha_1$ 」の関係を満たすとして α_1 、 α_2 の値を上述のように設定するが、「 $0 < \alpha_2 < \alpha_1$ 」の関係を満たす限り、設計に応じて、 α_1 、 α_2 の値を適宜設定してよい。この場合には、後述のステップS20でフラグFが $F=2$ に変更された直後、スートブロワ3は原則的に「連続起動」されるが、必ず「連続起動」されるとは限らず、「1回起動」される場合もありうる。

回復閾値 R は、回復率 (K_c/K_d) と比較して、付着灰除去の効果（熱貫流率 K の改善の度合い）を判定する閾値であり、その初期値は「 $1 \leq R$ 」の関係を満たす所定の値（例えば、 $R = 1$ ）に設定される。ここで、回復率は、スートブロワ 3 の起動前後で熱貫流率 K がどの程度回復（改善）したのかを示す変数であり、クリーン熱貫流率 K_c をダーティ熱貫流率 K_d で除した値である。

なお、第一所定値 α_1 、第二所定値 α_2 、及び、回復閾値 R の各々は、設計に応じて適宜設定されたそれぞれの初期値から変更されることのない定数である。また、先述の T_{min} 、 T_{max} 、並びに Δt の各々も、設計に応じて適宜設定されたそれぞれの初期値から変更されることのない定数である。

[0040] 制御装置 4 は、ステップ S 1 において、プラント（例えば焼却炉）の運転開始後に所定時間が経過したか否かを判定する。これは、プラントの運転が開始されてから所定時間が経過しなければ、プラント内の環境に関する条件（例えば、温度、圧力など）が安定しないからである。制御装置 4 は、プラントの運転が開始されてから当該所定時間が経過するまではステップ S 1 の処理を繰り返し実行し、当該所定時間が経過したときにステップ S 2 の処理を実行する。

[0041] 制御装置 4 は、ステップ S 2 において、温度情報及び流量情報に基づき、熱貫流率 K を演算する。そして、熱貫流率 K を演算した後、制御装置 4 は、ステップ S 3 の処理を実行する。

熱貫流率 K は、以下の（式 1）で表される。

[数1]

$$K = \frac{Q}{(A \times LMTD)} \text{ [W/m}^2\text{K]} \quad \dots (式1)$$

ただし、各変数は以下のとおりである。

Q : 交換熱量[W] $\{=(Tg_{out} - Tg_{in}) \times Cp_g \times W_g\}$

A : 伝熱面積[m²]

$LMTD$: 対数平均温度差[K] $[(dT_1 - dT_2) / \{\ln(dT_1 / dT_2)\}]$

Tg_{in} : 過熱器入口ガス温度[K]

Tg_{out} : 過熱器出口ガス温度[K]

Ts_{in} : 過熱器入口蒸気温度[K]

Ts_{out} : 過熱器出口蒸気温度[K]

dT_1 : $Tg_{in} - Ts_{out}$

dT_2 : $Tg_{out} - Ts_{in}$

Cp_g : ガス比熱[J/kgK]

W_g : ガス流量[kg/s]

[0042] 温度情報及び流量情報は次のように測定されて制御装置4に送信される。

すなわち、過熱器入口ガス温度 Tg_{in} は入口ガス温度測定装置 15 a で測定され、過熱器出口ガス温度 Tg_{out} は出口ガス温度測定装置 15 b で測定される。過熱器入口蒸気温度 Ts_{in} は入口蒸気温度測定装置 24 a で測定され、過熱器出口蒸気温度 Ts_{out} は出口蒸気温度測定装置 24 b で測定される。また、ガス流量 W_g はガス流量測定装置 16 a、16 b のいずれか一方で測定され、または演算により取得される。なお、ガス比熱 Cp_g は、排ガスの比熱であって、排ガスの成分に対応した定数である。また、伝熱面積 A は、複数の管群 2 のうち、過熱器の伝熱面積の総和である。

[0043] 制御装置4は、ステップS3において、ステップS2で演算した熱貫流率 K を、ステップS3の処理の時点でのフラグ F の値に応じて、クリーン熱貫流率 K_c またはダーティ熱貫流率 K_d のいずれか一方として記憶装置（図示略）に記憶する。

具体的には、制御装置4は、フラグ F が第一の値、ここでは $F = 0$ の場合は $K_c = K$ とし、フラグ F が第二の値、ここでは $F = 1$ の場合は $K_d = K$ とし、フラグ F が第三の値、ここでは $F = 2$ の場合は $K_d = K$ として、記憶装置に記憶する。

本フローチャートを開始した直後は、フラグ F は初期値、すなわち $F = 0$

であるため、制御装置4は、直前に演算した熱貫流率 K をクリーン熱貫流率 K_c として記憶装置に記憶する（すなわち、 $K_c = K$ ）。

そして、制御装置4は、ステップS4の処理を実行する。

[0044] 制御装置4は、ステップS4において、フラグ F が $F = 0$ であるか否かを判定する。フラグ F が $F = 0$ の場合、すなわち、本フローチャートの「開始」直後である場合、または、後述のステップS13のストブロワ3の起動直後である場合、制御装置4はステップS5の処理を実行する。

フラグ F が $F = 0$ でない場合（ $F = 1$ 、 $F = 2$ の場合）、後述のステップS13のストブロワ3の起動に向けて処理フローを進めるため、制御装置4はステップS10の処理を実行する。

[0045] 制御装置4は、ステップS5において、上記記憶装置に記憶されたクリーン熱貫流率 K_c の値が第一所定値 α_1 以上であるか否かを判定する。

クリーン熱貫流率 K_c の値が第一所定値 α_1 以上の場合、管群2の熱交換が明らかに良好で、付着灰の堆積はない又は極めて少ないと考えられる。従って、制御装置4は、ストブロワ3の起動のインターバルを長く変更する処理に向けて処理フローを進めるため、ステップS6の処理を実行する。

クリーン熱貫流率 K_c の値が α_1 未満の場合、管群2の熱交換が必ずしも良好とはいえないため、制御装置4は、ステップS15の処理を実行する。

[0046] 制御装置4は、ステップS6において、時間 t_1 が最長インターバルである T_{max} 未満であるか否かを判定する。

時間 t_1 の値が T_{max} （ここでは、3時間）未満の場合、制御装置4は、時間 t_1 の値を大きく（時間 t_1 を長く）変更するため、ステップS7の処理を実行する。

時間 t_1 の値が T_{max} である場合、時間 t_1 をこれ以上大きく変更できないため、制御装置4は、時間 t_1 の値を変更せずに（ステップS7をスキップして）、ステップS8の処理を実行する。

[0047] 制御装置4は、ステップS7において、時間 t_1 の値を「 $t_1 + \Delta t$ 」の値に変更する。言い換えれば、制御装置4は、 $t_1 = t_1 + \Delta t$ として、上

記の記憶装置の t_1 の値を変更し、当該記憶装置に再記憶する。すなわち、制御装置 4 は、インターバルを直前に設定されていた値よりも長く再設定する。

クリーン熱貫流率 K_c が第一所定値 α_1 以上の場合、現時点のインターバルでは過度にスートブロワ 3 を起動することになり、費用対効果の観点から望ましくないことから、従前よりも長いインターバルでスートブロワ 3 の「1 回起動」を行うためである。

そして、制御装置 4 は、ステップ S 8 の処理を実行する。

[0048] 制御装置 4 は、ステップ S 8 において、タイマー（カウンター）をスタートする。スタートされたタイマーは、カウント値が時間 t_1 から 0 に向かって、制御装置 4 が備えるクロックに応じてカウントダウンする。例えば、スタートした時点の時間 t_1 が 2 時間であった場合、2 時間（7200 秒）をカウントし、カウント値が 0 になったところで、タイマーが停止する。タイマーが停止した後、制御装置 4 は、ステップ S 9 の処理を実行する。

[0049] 制御装置 4 は、ステップ S 9 において、上記の記憶装置に記憶されたフラグ F の値を、 $F = 1$ に変更し、当該記憶装置に再記憶する。そして、制御装置 4 は、ステップ S 2 に処理フローを戻し、ステップ S 2 の処理を再び実行する。

ステップ S 2、ステップ S 3、ステップ S 4 の処理は既に説明したので、ステップ S 4 から次のステップとしてステップ S 10 の処理に至るまで、簡略化して以下に説明する。

つまり、制御装置 4 は、タイマーによりインターバルを置いたのちの熱貫流率 K を演算し（ステップ S 2）、次のステップ S 3 では、フラグ F が $F = 1$ のため、直前に演算した熱貫流率 K をダーティ熱貫流率 K_d として上記記憶装置に記憶する（すなわち、 $K_d = K$ ）。そして、制御装置 4 は、現時点でフラグ F が $F = 1$ のため、ステップ S 4 でフラグ F が $F = 0$ でないと判定し、次の処理としてステップ S 10 の処理を実行する。

[0050] 制御装置 4 は、ステップ S 10 において、除塵装置 11 であるバグフィル

タが逆洗中か否かを判定する。制御装置4は、バグフィルタの「逆洗」の実行を制御するため、バグフィルタが逆洗中であるか否かを判定することができる。

制御装置4は、バグフィルタの逆洗中であると判定した場合にはステップS10の処理を繰り返し実行し、バグフィルタが逆洗中でないと判定した場合にステップS11の処理を実行する。これにより、制御装置4は、バグフィルタの逆洗が実行されている間はスートブロウ3を起動せず、逆洗の終了を待ってスートブロウ3を起動することができる。

[0051] なお、バグフィルタが逆洗中であると判定した場合に、制御装置4がステップS10の処理を繰り返す理由は次の通りである。

バグフィルタの逆洗は、通常、排ガスの流れを止めて行われる。従って、バグフィルタの逆洗中にショックパルス式のスートブロウ3を起動すると、排ガスが流れる煙道となるダクトの内部の圧力が著しく上昇し、プラントに故障が発生するおそれがある。しかしながら、除去システム1においては、制御装置4が、バグフィルタの逆洗中にスートブロウ3を起動せず、逆洗の終了を待ってスートブロウ3を起動するため、上記故障の発生を防止できる。

ここでは、スートブロウ3がショックパルス式であるとして説明をしているため、ステップS10を設けているが、スートブロウ3が蒸気式の場合は、ステップS10を省略することができる。従って、この場合、ステップS4の次のステップはステップS11となる。

[0052] 制御装置4は、ステップS11において、上記の記憶装置に記憶されたフラグFの値が、 $F = 1$ であるか否かを判定する。フラグFが $F = 1$ の場合、制御装置4は、ステップS12の処理を実行する。また、フラグFが $F = 1$ でない場合、すなわち、 $F = 2$ の場合、制御装置4は、ステップS13の処理を実行する。

ここでは、現時点でフラグFが $F = 1$ であることから、制御装置4はステップS12の処理を実行する。制御装置4は、ステップS12において、タ

イマーのカウント値を時間 t_1 に復帰、すなわちリセットする。次いで、制御装置 4 は、ステップ S 1 3 の処理を実行する。

制御装置 4 は、ステップ 1 3 において、スートブロワ 3 を 1 回だけ起動する。

そして、制御装置 4 は、ステップ S 1 4 の処理を実行する。

なお、ステップ S 1 1 において、フラグ F が $F = 1$ でない場合、すなわち、 $F = 2$ の場合、制御装置 4 は、ステップ S 1 2 をスキップしてステップ S 1 3 の処理を実行するので、タイマーのカウント値はリセットされない。 $F = 2$ の場合は、制御装置 4 は、クリーン熱貫流率 K_c が第二所定値 α_2 以上になるまで、原則としてスートブロワ 3 の「連続起動」を実行するが、このとき、処理を 1 つでも省いて、スートブロワ 3 をより高速に連続的に起動するためである。

[0053] 制御装置 4 は、ステップ S 1 4 において、上記の記憶装置に記憶されたフラグ F の値を、 $F = 0$ に変更し、当該記憶装置に再記憶する。これは、次のステップ S 2 の処理で演算する熱貫流率 K が、スートブロワ 3 の起動直後の値であるため、この値を、さらに次のステップ S 3 の処理において、クリーン熱貫流率 K_c として上記の記憶装置に記憶するためである。

そして、制御装置 4 は、ステップ S 2 に処理フローを戻し、ステップ S 2 の処理を実行する。ステップ S 2、ステップ S 3、ステップ S 4、ステップ S 5 の処理は既に説明したので、再度の説明は省略する。

[0054] これより、ステップ S 5 の次のステップとしてステップ S 1 5 の処理が制御装置 4 に実行される場合（ステップ S 5 においてクリーン熱貫流率 K_c の値が α_1 未満の場合）の説明を行う。

制御装置 4 は、ステップ S 1 5 において、上記の記憶装置に記憶されたクリーン熱貫流率 K_c の値が、第二所定値 α_2 未満であるか否かを判定する。

クリーン熱貫流率 K_c の値が第二所定値 α_2 未満でない、すなわち、 $\alpha_2 \leq K_c < \alpha_1$ の場合、管群 2 の熱伝導が明らかに良好とはいえないまでも、付着灰の堆積はプラントの運転にまだ大きな影響を及ぼすものではないと考

えられるため、インターバルを置いてスートブロワ3を起動する処理フローに進めるべく、制御装置4は、先述のステップS8の処理を実行する。

クリーン熱貫流率 K_c の値が第二所定値 $\alpha 2$ 未満の場合、付着灰が原因でクリーン熱貫流率 K_c の値が低くなったか否かを判定すべく、制御装置4は、ステップS16の処理、すなわち付着灰判定処理を実行する。

[0055] 制御装置4は、ステップS16において、付着灰判定処理を実行する。付着灰判定処理における具体的な処理の例については、図3を用いて後述する。

付着灰判定処理は、「複数の管群2に堆積した付着灰の量が多く、排ガスとボイラとの熱交換が十分に行われていない状況である」（第一判定）、または「付着灰の量は少なく、熱交換に悪影響を及ぼすものではないにもかかわらず、プラントの運転環境または運転の諸条件によってクリーン熱貫流率 K_c が第二所定値 $\alpha 2$ 未満に算出されている状況である」（第二判定）のいずれか一方を択一的に選択し判定する処理である。

付着灰判定処理で第一判定が得られた場合は、回復率（ K_c/K_d ）に応じてスートブロワ3を連続起動すべく、制御装置4は、ステップS17の処理を実行する。

付着灰判定処理で第二判定が得られた場合は、プラントの状態確認またはプラント停止要否の判断を行うべく、制御装置4は、ステップS21の処理を実行する。

[0056] 制御装置4は、ステップS17において、上記の記憶装置に記憶されたクリーン熱貫流率 K_c とダーティ熱貫流率 K_d とから回復率（ K_c/K_d ）を演算し、この回復率が、上記の記憶装置に記憶された回復閾値 R 以上であるか否かを判定する。

回復率が回復閾値 R 未満の場合は、スートブロワ3をこれ以上起動しても熱貫流率 K が改善する可能性が低いいため、制御装置4は、ステップS21の処理を実行する。

回復率が回復閾値 R 以上の場合は、スートブロワ3の起動により付着灰除

去の効果が期待できることから、早期に付着灰を除去すべく、スートブロワ 3 の「連続起動」を行う処理に向けて処理フローを進めるために、制御装置 4 は、ステップ S 1 8 の処理を実行する。

[0057] 制御装置 4 は、ステップ S 1 8 において、時間 t_1 が最短インターバルである T_{min} よりも大きいかなかを判定する。

時間 t_1 が T_{min} よりも大きい場合、スートブロワ 3 を「1 回起動」する際のインターバルを短縮すべく、制御装置 4 は、ステップ S 1 9 の処理を実行する。灰の性状により当初の「1 回起動」のインターバルでは付着灰を効果的に除去できなかったため、付着灰判定処理で第一判定が得られたことを鑑み、「連続起動」が終了した後に、制御装置 4 がスートブロワ 3 を「1 回起動」する際、従前よりも短いインターバルで（言い換えれば、従前よりも早いタイミングで）、スートブロワ 3 の「1 回起動」を行うためである。

制御装置 4 は、ステップ S 1 9 において、時間 t_1 の値を「 $t_1 - \Delta t$ 」の値に変更する。言い換えれば、制御装置 4 は、 $t_1 = t_1 - \Delta t$ として、上記の記憶装置の t_1 の値を変更し、当該記憶装置に再記憶する。そして、制御装置 4 は、ステップ S 2 0 の処理を実行する。

時間 t_1 が T_{min} の場合、時間 t_1 をこれ以上小さく変更できないため、制御装置 4 は、時間 t_1 の値を変更せずに（ステップ S 1 9 をスキップして）、ステップ S 2 0 の処理を実行する。

[0058] 制御装置 4 は、ステップ S 2 0 において、上記の記憶装置に記憶されたフラグ F の値を、 $F = 2$ に変更し、当該記憶装置に再記憶する。そして、制御装置 4 は、ステップ S 2 に処理フローを戻して、ステップ S 2 の処理を実行する。

ステップ S 2、ステップ S 3、ステップ S 4 の処理は既に説明したので、ステップ S 4 から次のステップとしてステップ S 1 0 の処理に至るまで、簡略化して以下に説明する。

つまり、制御装置 4 は、回復率が回復閾値 R 以上のときの熱貫流率 K を演算し（ステップ S 2）、次のステップ S 3 では、フラグ F が $F = 2$ のため、

直前に演算した熱貫流率 K をダーティ熱貫流率 K_d として上記の記憶装置に記憶する（すなわち、 $K_d = K$ ）。そして、次のステップ S_4 では、現時点においてフラグ F が $F = 2$ であることから、制御装置4は、フラグ F が $F = 0$ でないと判定し、次のステップ S_{10} を実行する。そして、ステップ S_{10} において、制御装置4は、バグフィルタが逆洗中でないと判定した場合にステップ S_{11} の処理を実行する。ステップ S_{11} において、現時点でフラグ F が $F = 2$ のため、制御装置4は、ステップ S_{12} をスキップしてステップ S_{13} の処理を実行する。

すなわち、フラグ F が $F = 2$ の場合、タイマーをリセットすることなく、直ちにスートブロワ3を起動すべく、制御装置4は、ステップ S_{13} の処理を実行する。

[0059] ステップ S_{13} でスートブロワ3を起動したのち、先述のとおり、制御装置4は、ステップ S_{14} においてフラグ F を $F = 0$ に変更し、再びステップ S_2 に処理フローを戻す。

ここで、次の処理フローにおいて、再び、ステップ S_2 、ステップ S_3 、ステップ S_4 、ステップ S_5 、ステップ S_{15} 、ステップ S_{16} 、ステップ S_{17} 、ステップ S_{18} 、ステップ S_{19} （場合によってはスキップされる）、ステップ S_{20} と、順次、制御装置4が処理を進めた場合は、その後、制御装置4は、ステップ S_2 、ステップ S_3 、ステップ S_4 、ステップ S_{10} 、ステップ S_{11} 、ステップ S_{13} と処理を進める。

従って、この場合は、ステップ S_8 のタイマースタートを経由せずにステップ S_{13} を実行する処理フローとなるため、スートブロワ3の「連続起動」となる。

[0060] では、図2のフローチャートの説明として、最後に、ステップ S_{16} の付着灰判定処理で第二判定が得られた場合、または、ステップ S_{17} で回復率が回復閾値 R 未満の場合に、制御装置4が実行するステップ S_{21} について説明する。

制御装置4は、ステップ S_{21} において、オペレータまたは作業員によっ

て、プラントの状態確認またはプラントの運転を停止するための作業（例えば、制御盤の操作）が開始されたか否かを判定する。制御装置4は、プラントに配置された種々の装置の動作を制御するので、当該作業が開始されたか否かを判定することができる。

制御装置4は、当該作業は開始されていないと判定した場合、ステップS8の処理を実行する。すなわち、この場合は、ステップS17においてスートブロワ3を起動しても効果的な付着灰除去はできないことが判明しているため、費用対効果の観点からスートブロワ3の「連続起動」は行わないが、管群2へのこれ以上の灰の堆積を低減すべくスートブロワ3の「1回起動」を実行する処理フローを進める。

一方、制御装置4は、当該作業が開始されたと判定した場合、その後、ステップS1～S20のいずれの処理も実行せず、別途の当該作業に必要な処理を実行する。その後、制御装置4を含む除去システム1全体の動作が終了、すなわちプラントの運転が休止する。

[0061] 本フローチャートによれば、タイマーによるインターバルを置くスートブロワ3の「1回起動」の際は、クリーン熱貫流率 K_c が第一所定値 α_1 以上の場合、従前のインターバルよりもインターバルを長くし、クリーン熱貫流率 K_c が第一所定値 α_1 未満の場合は、インターバルを従前のインターバルから変更しないか、または、従前のインターバルからインターバルを短く変更する。

さらに、本フローチャートによれば、タイマーによるインターバルを置かないスートブロワ3の「連続起動」の場合であっても、スートブロワ3を起動する度に、熱貫流率 K の演算を行う。そして、制御装置4は、演算された熱貫流率 K （クリーン熱貫流率 K_c 、ダーティ熱貫流率 K_d ）に基づく回復率 R の値が上昇する限り、クリーン熱貫流率 K_c が第二所定値 α_2 以上となるまで、スートブロワ3の「連続起動」を実行する。

すなわち、「連続起動」におけるスートブロワ3の起動の回数は可変であり、回復率 R の値の上昇速度の値が大きければ（上昇速度が速ければ）、自

動的に当該回数が少なくなり、当該上昇速度の値が小さければ（上昇速度が遅ければ）、自動的に当該回数が多くなる。

当該上昇速度は、制御装置4が、ステップS17を実行する度に演算する回復率の値と演算した時点の時間情報を、上記の記憶装置に順次記憶し、現時点で演算した回復率の値と直近の回復率の値と、両者の2つの時間情報の差（時間的間隔または時間差）の値を用いて、演算して得ることができる。具体的には、制御装置4は、式 $\left[\left\{ \left(\text{現時点で演算した回復率} \right) - \left(\text{直近の回復率} \right) \right\} / \left(\text{当該時間差} \right) \right]$ により、当該上昇速度を演算する。ショックパルス式スートブロワのガスの再充填時間が例えば3分間（3 min）未満とすると、当該上昇速度が速い場合とは、例えば、「連続起動」の回数が2回（6 min未満）または3回（9 min未満）で終了する上昇速度が0.04 (/min) 以上の場合であり、当該上昇速度が遅い場合とは、例えば、当該回数が、4回以上（12 min 以上）を要する上昇速度が0.04 (/min) 未満の場合である。

[0062] 次に、付着灰判定処理、すなわちステップS16の詳細について、図3（a）～図3（d）を用いて処理流れを説明する。

ここでは、発明者の経験に基づいて、上述した4つの条件のみを対象とし、これらのうちいくつかの条件を使用するかで以下の4つのパターンに分けて説明する。しかし、先述のとおり、上述した4つの条件に加え、設計に応じて、他の条件を追加してもよい。

なお、以下の説明では、図2のステップS15の次の処理として、制御装置4は、ステップS161の処理を実行するとして、説明を行う。

では、図3（a）から、順次、説明を行う。

図3（a）は、付着灰判定処理が上述した4つの条件すべてに基づいて実行される処理フロー（パターン1）である。制御装置4は、ステップS161において、主蒸気量測定装置25により測定された主蒸気量 Q_s が、プラントの運転で許容される下限の主蒸気量 q_{smin} （第一閾値）以上であるかを判定する。主蒸気量 Q_s が q_{smin} 未満の場合、制御装置4は、「第二判

定」が得られたとして、次に図2のステップS21の処理を実行する。主蒸気量 Q_s が q_{smin} 以上の場合、制御装置4は、次のステップ、ここではステップS162の処理を実行する。

[0063] 制御装置4は、ステップS162において、圧力測定装置14a、14bにより測定された圧力の情報を用いて、複数の管群2の入口と出口における排ガスの圧力差、すなわち炉内ガス差圧 ΔP_g を算出し、炉内ガス差圧 ΔP_g が、プラントの運転で許容される下限の炉内ガス差圧 p_{gmin} （第二閾値）以上であるか否かを判定する。炉内ガス差圧 ΔP_g が p_{gmin} 未満の場合、制御装置4は、「第二判定」が得られたとして、次に図2のステップS21の処理を実行する。炉内ガス差圧 ΔP_g が p_{gmin} 以上の場合、制御装置4は、次のステップ、ここではステップS163の処理を実行する。

[0064] 制御装置4は、ステップS163において、誘引送風機13の回転数 Q_r が、プラントの運転で許容される下限の回転数 q_{rmin} （第三閾値）以上であるか否かを判定する。回転数 Q_r が q_{rmin} 未満の場合、制御装置4は、「第二判定」が得られたとして、次に図2のステップS21の処理を実行する。回転数 Q_r が q_{rmin} 以上の場合、制御装置4は、次のステップ、ここではステップS164の処理を実行する。なお、制御装置4は、誘引送風機13の回転数 Q_r を制御しているので、回転数 Q_r を把握している。

[0065] 制御装置4は、ステップS164において、燃焼空気量測定装置28により測定された燃焼空気総量 Q_c が、プラントの運転で許容される下限の燃焼空気総量 q_{cmin} （第四閾値）以上であるか否かを判定する。燃焼空気総量 Q_c が q_{cmin} 未満の場合、制御装置4は、「第二判定」が得られたとして、次に図2のステップS21の処理を実行する。燃焼空気総量 Q_c が q_{cmin} 以上の場合、制御装置4は、次のステップの処理を実行する。ここでは、「第一判定」が得られたとして、次の図2のステップS17の処理を実行する。

なお、ステップS161～S164の四つの処理の処理フローの順番はこれに限らず、適宜、入れ替えてもよい。

[0066] 図3（b）の処理フロー（パターン2）は、図3（a）の処理フローに含

まれる四つの判定要素のうち、ステップS 1 6 1～S 1 6 3の3つの判定要素を実行するものである。図3（b）は、付着灰判定処理が上述した4つの条件のうちのいずれか3つに基づいて実行されるフローチャートの一例であり、ステップS 1 6 1～S 1 6 4の4つの判定要素のいずれの3つを使用してもよいし、処理の順番はいずれが先であってもよい。

[0067] 図3（c）の処理フロー（パターン3）は、図3（a）の処理フローに含まれる四つの判定要素のうち、ステップS 1 6 1及びS 1 6 2の2つの判定要素を実行するものである。図3（c）は、付着灰判定処理が上述した4つの条件のうちのいずれか2つに基づいて実行される処理フローの一例であり、ステップS 1 6 1～S 1 6 4の4つの判定要素のいずれの2つを使用してもよいし、判定の順番はいずれが先であってもよい。

[0068] 図3（d）の処理フロー（パターン4）は、図3（a）の処理フローに含まれる四つの判定要素のうち、ステップS 1 6 1の判定要素のみを実行するものである。図3（d）は、付着灰判定処理が上述した4つの条件のうちのいずれか1つに基づいて実行されるフローチャートの一例であり、ステップS 1 6 1～S 1 6 4の四つの判定要素のいずれの1つを使用してもよい。

なお、上記のパターン1～パターン4のいずれの場合でも、熱貫流率Kの演算に使用しない主蒸気量 Q_s の情報をを用いるステップS 1 6 1を含めることが好ましい。

[0069] [4. 効果]

以上のとおり、除去システム1においては、制御装置4が、演算した熱貫流率Kに基づいてスートブロワ3の「1回起動」と「連続起動」とを使い分けるため、経済性を担保しつつ早期かつ適切に付着灰除去を行うことができる。

[0070] 付着灰判定処理は、発明者の経験に基づく条件、すなわち主蒸気量 Q_c 、炉内ガス差圧 ΔP_g 、誘引送風機13の回転数 Q_r 、及び燃烧空気総量 Q_c の少なくとも1つに基づく条件を含んで実行されるので、管群2に対する付着灰の堆積の状態を適切に判定することができる。

[0071] 除去システム 1 では、付着灰判定処理で第一判定が得られた場合、ダーティ熱貫流率 K_d とクリーン熱貫流率 K_c とから回復率を演算し、回復率が回復閾値 R 以上である場合はスートブロワ 3 を「連続起動」することで、早期に付着灰を除去することができる。

また、除去システム 1 では、制御装置 4 は、回復率の上昇速度が大きい場合、「連続起動」におけるスートブロワ 3 の起動の回数を自動的に減少し、回復率の上昇速度が小さい場合、当該回数を自動的に増加する。従って、付着灰の状況に応じて、制御装置 4 は「連続起動」におけるスートブロワ 3 の起動の回数を適切に増減して制御するので、当該回数が固定値の場合に比べ、付着灰を効果的に除去できるとともに、経済性も担保できる。

[0072] 除去システム 1 によれば、クリーン熱貫流率 K_c が第一所定値 α 以上の場合、管群 2 の熱伝導が極めて良好（付着灰の堆積はない又は極めて少ない）と制御装置 4 が判断し、「1 回起動」のインターバルを長く再設定するため、スートブロワ 3 の過度な起動を回避することができ、結果として経済性をより担保できる。一方、回復率が回復閾値 R 以上の場合には、「連続起動」が終了した後に続く「1 回起動」のインターバルを短く再設定するため、「連続起動」が必要となるほど付着性の強い灰の性状であっても、短いインターバルでスートブロワ 3 を「1 回起動」するので、管群 2 に灰が分厚く堆積する前に付着灰を除去できる。従って、「連続起動」を頻繁に行う必要がなくなるので、結果として経済性をより担保できる。

[0073] 除去システム 1 によれば、制御装置 4 は、除塵装置 11 としてのバグフィルタの逆洗が実行されている間はスートブロワ 3 を起動せず、逆洗の終了を待ってスートブロワ 3 を起動することから、プラントに故障が発生することを回避できる。

[0074] スートブロワ 3 は、蒸気式、ショックパルス式のいずれであってもよい。ただし、蒸気式スートブロワは、排ガスとボイラとが熱交換して生成した蒸気を使用するため、ボイラが発電のためにタービンへ供給する蒸気の量が減少し、結果として、プラントにおける発電量が減少しうる。このため、プラ

ントの発電量を重視する場合には、蒸気を使用しないショックパルス式スー
トブロワを配置するのが望ましい。

[0075] スートブロワ3は、通常、排ガスの経路を形成するダクトなどの壁面に設
置される。従って、図1のスートブロワ3が蒸気式である場合、スートブロ
ワ3の噴射ノズルが伸縮する方向は、X軸を含み、Y軸に直交する平面上の
方向であり、当該噴射ノズルからY軸方向へ蒸気を噴射する。

一方、スートブロワ3がショックパルス式である場合、ショックパルスの
射出方向は、X軸を含み、Y軸に直交する平面上の方向である。

従って、ショックパルス式スートブロワ3を備えた除去システム1の場合
、図1において、3パスと2パスの間の壁面に向けてショックパルスを射出
すれば、当該壁面を振動させて、管群2の付着灰だけでなく、当該壁面に付
着した灰も除去することができる。

[0076] [5. 変形例]

以下、複数のスートブロワ3を有する除去システム1の変形例について説
明する。第一変形例は、図1において、点線で示す符号3'、符号3''で示
すスートブロワを使用した例である。第二変形例は、図4(a)～図4(c)
)で示すように、図1の3パスに配置する管群2の数が図1より多い場合の
例である。第三変形例は、図5で示すように、プラントのボイラ構造がテ
ールエンド型の例である。第四変形例は、図6で示すように、プラントのボ
イラ構造が、2ドラム式のボイラの例である。

以下の説明では、上述した図1の除去システム1と同一の要素には同一の
符号を付し、重複する説明は省略する。なお、図5及び図6では、図1に示
した制御装置4と、制御装置4に入力され又は制御装置4から出力される信
号線(細い実線)の図示を省略している。

[0077] [5-1. 第一変形例]

図1では、実施形態としてスートブロワ3が1つだけ配置された除去シス
テム1を説明したが、管群2の数またはプラントの設計に応じて、複数のス
ートブロワ3が配置された除去システム1'とすることも可能である。

スートブロワ 3 は、一般的に、それに近接して配置された管群 2 の付着灰を効果的に除去する。このため、除去システム 1 の構成では、スートブロワ 3 a に近接して 2 つの管群 2（過熱管 2 2 a、2 2 b のそれぞれで構成された管群 2）の付着灰が効果的に除去されることになる。しかし、最下流に位置する過熱管 2 2 c で構成された管群 2 がスートブロワ 3 a から離れた位置に配置されるため、この管群 2（2 2 c）の付着灰の除去が不十分となる可能性がある。

[0078] そこで、図 1 中に点線で示すように、除去システム 1' では、スートブロワ 3 a に加え、管群 2（2 2 c）の後流の位置〔この管群 2（2 2 c）の隣、且つ、Y 軸方向直上〕に、スートブロワ 3' を別個に配置することで、管群 2（2 2 c）の付着灰を効果的に除去することができる。

なお、このとき、スートブロワ 3 a と別個に配置するスートブロワがショックパルス式スートブロワである場合は、符号 3' で示すスートブロワに代わり、または符号 3' で示すスートブロワと共に、符号 3'' で示す位置にスートブロワを配置してもよい。図 1 中に破線で示すスートブロワ 3'' は、3 パスの天井の壁面近傍に設置されるスートブロワを示しており、Y 軸方向かつ下方へショックパルスを射出するように配置すれば、管群 2（2 2 c）のみならず、その上流に配置された管群 2（2 2 b）の付着灰もより効果的に除去することが可能となる。

[0079] 除去システム 1' に、複数のスートブロワ 3、3'、3'' を配置した場合であっても、1 つのスートブロワ 3 のみを配置した上述した構成と同様に、制御装置 4 は、各スートブロワに対して、図 2 の処理を実行する。

ただし、ステップ S 1 3 の処理において、制御装置 4 は、各スートブロワ 3、3'、3'' の配置に応じて、それぞれの起動のタイミングをずらし、1 つずつ順番に起動する。すなわち、制御装置 4 は、当該複数のスートブロワ 3、3'、3'' を同時に起動しない。

蒸気式スートブロワが複数配置され、これらが同時に起動された場合、ボイラからタービンに供給される蒸気が大幅に減少するので、発電量が大幅に

減少し、安定的な送電が困難となる。また、ショックパルス式スートブロワが複数配置され、これらが同時に起動された場合、炉内の圧力やダクト内部の圧力が著しく上昇し、プラントに故障が発生するおそれがある。

そこで、除去システム 1' では、これらのスートブロワ 3 の起動を時間的にずらして順次起動する。

制御装置 4 が、複数のスートブロワ 3 を順次起動する順番は、後述の図 4 で示す第二変形例と同様であるので、説明を省略する。

[0080] [5-2. 第二変形例]

図 4 (a) ~ 図 4 (c) に示す第二変形例の除去システム 1 A ~ 1 C は、除去システム 1 に対し、管群 2 の数とスートブロワ 3 の数と出口蒸気温度測定装置 2 4 b の配置とが異なる。第二変形例では、Y 軸方向、すなわち鉛直方向に複数の管群 2 が配置され、且つ、複数のスートブロワ 3 が配置される。図 4 (a) は、図 1 の 3 パスに、過熱管 2 2 で構成された管群 2 が 4 つ配置された除去システム 1 A である。図 4 (b) は、図 1 の 3 パスに、過熱管 2 2 で構成された管群 2 が 5 つ配置された除去システム 1 B である。図 4 (c) は、図 1 の 3 パスに、過熱管 2 2 で構成された管群 2 が 6 つ配置された除去システム 1 C である。

第二変形例においても、第一変形例と同様に、制御装置 4 は、複数の各スートブロワに対して、図 2 の処理を実行する。

[0081] 図 4 (a) に示す除去システム 1 A においては、図 1 の構成に加え、過熱管 2 2 c で構成された管群 2 の下流 (Y 軸方向かつ上方) にこれに隣り合って配置され、過熱管 2 2 d で構成された管群 2 が配置される。また、過熱管 2 2 c で構成された管群 2 と過熱管 2 2 d で構成された管群 2 との間に、スートブロワ 3 b が配置される。

図 4 (c) に示す除去システム 1 C においては、図 4 (a) の構成に加え、過熱管 2 2 d で構成された管群 2 の下流にこれに隣り合って配置され、過熱管 2 2 e で構成された管群 2 と、この下流 (Y 軸方向かつ上方) にこれに隣り合って配置され、過熱管 2 2 f で構成された管群 2 とがさらに配置され

る。また、過熱管 2 2 e で構成された管群 2 と過熱管 2 2 f で構成された管群 2 との間にスートブロワ 3 d が配置される。

図 4 (a) 及び図 4 (c) に示すように、スートブロワ 3 で付着灰除去する管群 2 (ここでは、過熱管 2 2 で構成された管群 2) の数が、複数かつ偶数の場合、当該対象の管群 2 の間の全てにスートブロワ 3 を配置することはしない。付着灰除去の費用対効果を鑑みて、当該対象の管群 2 のうち、上流の管群 2 から順に 2 つの管群 2 で一組のユニットを構成し、1 つのユニットに 1 つのスートブロワ 3 を配置する。従って、配置される複数のスートブロワ 3 の数は、当該対象の管群 2 の数の半数となる。

[0082] 一方、図 4 (b) に示す除去システム 1 B においては、図 4 (c) と異なり、過熱管 2 2 d で構成された管群 2 の下流 (Y 軸方向かつ上方) にこれに隣り合って配置され、過熱管 2 2 e で構成された管群 2 だけが、図 4 (a) の構成に追加される。従って、図 4 (b) においては、スートブロワ 3 で付着灰除去する管群 2 (過熱管 2 2 で構成された管群 2) の数が、複数かつ奇数となる。この場合、上述の「ユニット」を作ることができない管群 2 が生じる。図 4 (b) では、過熱管 2 2 e で構成された管群 2 については、上述の「ユニット」を作ることができない。

しかしながら、過熱管 2 2 e で構成された管群 2 の付着灰も看過できない場合、当該管群 2 の下流にスートブロワ 3 c を配置する。

[0083] 以上の第二変形例においては、鉛直方向 (Y 軸方向) に付着灰除去の対象となる管群 2 が整列して配置されている。そして、最下流に位置する管群 2 を構成する過熱管 2 2 の内部に、出口蒸気温度測定装置 2 4 b が配置される。

あるスートブロワ 3 を起動して付着灰が除去された場合、除去された付着灰の移動については、[1] 重力で鉛直方向かつ下方に落下する場合と、[2] 排ガスの流れが強く、排ガスの流れに乗って後流に移動する場合の 2 つの状況が考えられる。

そこで、[1] の場合、制御装置 4 は、スートブロワ 3 を「1 回起動」ま

たは「連続起動」する際、最下流に配置されたスートブロワ3から上流に配置されたスートブロワ3に向かって、タイミングをずらして順番に起動する。すなわち、図4（a）の場合には、スートブロワ3bを起動した後、スートブロワ3aを起動する。また、図4（b）の場合には、スートブロワ3cを起動した後、スートブロワ3bを起動し、スートブロワ3bを起動した後、スートブロワ3aを起動する。同様に、図4（c）の場合には、スートブロワ3dを起動した後、スートブロワ3bを起動し、スートブロワ3bを起動した後、スートブロワ3aを起動する。

この順序で各スートブロワ3を起動することにより、ある管群2においてスートブロワ3で除去された付着灰が重力で下方に落下しつつ、上流に配置された別の管群に再付着した場合においても、再付着した付着灰を含め、確実に除去することができる。

一方、[2]の場合、制御装置4は、スートブロワ3を「1回起動」または「連続起動」する際、最上流に配置されたスートブロワ3から下流に配置されたスートブロワ3に向かって、タイミングをずらして順番に起動する。すなわち、図4（a）の場合には、スートブロワ3aを起動した後、スートブロワ3bを起動する。また、図4（b）の場合には、スートブロワ3aを起動した後、スートブロワ3bを起動し、スートブロワ3bを起動した後、スートブロワ3cを起動する。同様に、図4（c）の場合には、スートブロワ3aを起動した後、スートブロワ3bを起動し、スートブロワ3bを起動した後、スートブロワ3dを起動する。

この順序で各スートブロワ3を起動することにより、ある管群2においてスートブロワ3で除去された付着灰が排ガスの流れに乗って下流に移動しつつ、下流に配置された別の管群に再付着した場合においても、再付着した付着灰も含め、確実に除去することができる。

[0084] なお、第二変形例において、本願の請求項6における第一管群、第二管群、第三管群、第四管群、第一スートブロワ、第二スートブロワに相当する構成は、次のとおりである。

すなわち、図4（a）及び図4（b）では、過熱管22aで構成された管群2が第一管群、過熱管22bで構成された管群2が第二管群、過熱管22cで構成された管群2が第三管群、過熱管22dで構成された管群2が第四管群に相当する。また、スートブロワ3aが第一スートブロワ、スートブロワ3bが第二スートブロワに相当する。図4（c）では、図4（a）及び図4（b）と同じ場合のほか、過熱管22cで構成された管群2が第一管群、過熱管22dで構成された管群2が第二管群、過熱管22eで構成された管群2が第三管群、過熱管22fで構成された管群2が第四管群、スートブロワ3bが第一スートブロワ、スートブロワ3dが第二スートブロワに相当する場合もある。

[0085] [5-3. 第三変形例]

次に、第三変形例につき、図5を用いて説明する。

第三変形例の除去システム1Dでは、図1の3パスとエコノマイザ9との間に、水平方向（X軸方向）に延びる排ガスの流路が追加され、当該水平方向の流路にも、複数の管群2が配置され、且つ、複数のスートブロワ3が配置される。第三変形例のプラントのボイラ構造は、テールエンド型といわれる。そして、最下流に位置する管群2を構成する過熱管22fの内部に、出口蒸気温度測定装置24bが配置される。

第三変形例は、第二変形例の一つである図4（c）の構成において、過熱管22cで構成された管群2から過熱管22fで構成された管群2までを、スートブロワ3b、3dを含んで、これらの上流から下流までの順序を変更することなく、水平方向に配置した構成である。なお、ここでは、過熱管22bで構成された管群2と過熱管22cで構成された管群2とが、第二変形例と同様に、互いに隣り合って配置されていると考える。

従って、第三変形例には、鉛直方向で上流（Y軸方向且つ下方）から下流（Y軸方向且つ上方）に向かって順次配置された複数の管群2と、水平方向で一方向（X軸方向）に向かって順次配置された複数の管群2とが存在する。

なお、第三変形例においても、第一変形例及び第二変形例と同様に、制御装置4は、複数の各スートブロワに対して、図2の処理を実行する。

[0086] ここで、水平方向で一方向（X軸方向）に向かって順次配置された複数の管群2、すなわち、図5における過熱管22cで構成された管群2、過熱管22dで構成された管群2、過熱管22eで構成された管群2、過熱管22fで構成された管群2に着目した場合、スートブロワ3b又は3dを起動して付着灰が除去されると、除去された付着灰は、排ガスの流れに乗って後流に移動する可能性が高い。

そこで、制御装置4は、スートブロワ3を「1回起動」または「連続起動」する際、最上流に配置されたスートブロワ3から下流に配置されたスートブロワ3に向かって、タイミングをずらして順番に起動する。すなわち、制御装置4は、スートブロワ3bを起動した後、スートブロワ3dを起動する。

この順序で各スートブロワ3を起動することにより、ある管群2においてスートブロワ3で除去された付着灰が排ガスの流れに乗って下流に移動しつつ、下流に配置された別の管群に再付着した場合においても、再付着した付着灰も含め、確実に除去することができる。

[0087] また、図5において、水平方向に配置された複数の管群2と鉛直方向に配置された複数の管群2とを総合的に鑑みた場合、第二変形例で説明した〔2〕の場合がありうることから、制御装置4は、スートブロワ3を「1回起動」または「連続起動」する際、最上流に配置されたスートブロワ3から下流に配置されたスートブロワ3に向かって、タイミングをずらして順番に起動する。すなわち、制御装置4は、スートブロワ3aを起動した後、スートブロワ3bを起動し、スートブロワ3bを起動した後、スートブロワ3dを起動する。

この順序で各スートブロワ3を起動することにより、ある管群2においてスートブロワ3で除去された付着灰が排ガスの流れに乗って下流に移動しつつ、下流に配置された別の管群に再付着した場合においても、再付着した付

着灰も含め、確実に除去することができる。

[0088] なお、第三変形例において、本願の請求項6における第一管群、第二管群、第三管群、第四管群、第一スートブロワ、第二スートブロワに相当する構成は、次のとおりである。

すなわち、水平方向に配置された複数の管群2に着目した場合は、過熱管22cで構成された管群2が第一管群、過熱管22dで構成された管群2が第二管群、過熱管22eで構成された管群2が第三管群、過熱管22fで構成された管群2が第四管群、スートブロワ3bが第一スートブロワ、スートブロワ3dが第二スートブロワに相当する。

また、水平方向に配置された複数の管群2と鉛直方向に配置された複数の管群2とを総合的に鑑みた場合は、図5では、過熱管22aで構成された管群2が第一管群、過熱管22bで構成された管群2が第二管群、過熱管22cで構成された管群2が第三管群、過熱管22dで構成された管群2が第四管群、スートブロワ3aが第一スートブロワ、スートブロワ3bが第二スートブロワに相当する。

第三変形例の除去システム1Dによれば、上記実施形態で得られる効果に加え、再付着した付着灰を含め、確実に付着灰を除去することができる。

[0089] [5-4. 第四変形例]

次に、第四変形例につき、図6を用いて説明する。

第四変形例の除去システム1Eは、第三変形例において、3パスとエコノマイザ9との間の水平方向に延びる排ガスの流路を取り除いた代わりに、3パスとエコノマイザ9との間に蒸気ドラム19及び水ドラム20を備えた2ドラム式のボイラを設置した構成である。当該流路を取り除くので、第三変形例で当該流路内に配置された管群2(22c~22f)及びスートブロワ3(3b、3d)も取り除かれる。

また、第四変形例では、第三変形例の吊下管21及びスートブロワ3aを取り除き、過熱管22a、22bを3パスの天井に吊り下げて配置した上、過熱管22aの上流に過熱管22aと隣り合ってスートブロワ3(3e)を

配置する。

さらに、図1では、エコノマイザ9の管群2を付着灰除去の対象となる管群として考慮していなかったが、第四変形例では、エコノマイザ9の複数の管群2も付着灰除去の対象とする。従って、エコノマイザ9の内部で鉛直方向（Y軸方向）に配置された複数の管群2、すなわち、水管23aで構成された管群2と、当該管群2に隣り合ってその下流に配置され且つ水管23bで構成された管群2との間にスートブロワ3fを設置している。

なお、この場合においても、上述したとおり、付着灰除去の対象となる「複数の管群2」は、2つの圧力測定装置14a、14bの間、かつ、2つのガス温度測定装置15a、15bの間に配置されている。

図6では、付着灰除去の対象となる管群2は、異なる種類の管群2、すなわち、過熱管22で構成された管群2と、水管23で構成された管群2とを含む。なお、過熱管22（22b）で構成された管群2と水管23（23a）で構成された管群2との間には、排ガスの流れの抵抗となる別の管群2は配置されていない。

そして、図1と異なり、複数の管群2の「出口」の排ガスの温度を測定する温度測定装置15bは、付着灰除去の対象である複数の管群2の中で最も下流に配置された水管23bで構成された管群2の下流に配置される。図6では、温度測定装置15bは、図1の圧力測定装置14bと実質的に同一の位置に配置される。そして、過熱管22のうち、最下流に位置する過熱管22bの内部に、出口蒸気温度測定装置24bが配置される。

なお、第四変形例においても、第一変形例乃至第三変形例と同様に、制御装置4は、複数の各スートブロワに対して、図2の処理を実行する。

[0090] 第四変形例では、制御装置4は、スートブロワ3を「1回起動」または「連続起動」する際、最上流に配置されたスートブロワ3から下流に配置されたスートブロワ3に向かって、時間的にタイミングをずらして順番に起動する。すなわち、制御装置4は、スートブロワ3eを起動した後、スートブロワ3fを起動する。

この順序で各スートブロワ3を起動することにより、上流に配置された管群2においてスートブロワ3で除去された付着灰が排ガスの流れに乗って下流に移動しつつ、下流に配置された別の管群に再付着した場合においても、再付着した付着灰も含め、確実に除去することができる。

[0091] なお、第四変形例において、本願の請求項7における第一管群、第二管群、第三管群、第四管群、第一スートブロワ、第二スートブロワに相当する構成は、次のとおりである。

すなわち、過熱管22aで構成された管群2が第一管群、過熱管22bで構成された管群2が第二管群、水管23aで構成された管群2が第三管群、水管23bで構成された管群2が第四管群、スートブロワ3eが第一スートブロワ、スートブロワ3fが第二スートブロワに相当する。

第四変形例の除去システム1Eによれば、上記実施形態で得られる効果に加え、再付着した付着灰を含め、確実に付着灰を除去することができる。

[0092] 以上、本発明の実施形態及び変形例を説明したが、本発明の技術範囲は実施形態または変形例に限られるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

符号の説明

- [0093] 1、1'、1A～1E ボイラ管群付着灰除去システム（除去システム）
2 管群
3、3'、3''、3a～3f スートブロワ
4 制御装置
5 ホッパ
6 フィーダ
7 ストーカ
8 灰シュート
9 エコノマイザ（管群の一種）
10 減温塔
11 除塵装置（バグフィルタ）

- 1 2 煙突
- 1 3 誘引送風機
- 1 4 a、1 4 b 圧力測定装置
- 1 5 a、1 5 b ガス温度測定装置
- 1 6 a、1 6 b ガス流量測定装置
- 1 7 過熱低減器
- 1 8 噴霧水量測定装置
- 1 9 蒸気ドラム
- 2 0 水ドラム
- 2 1 吊下管（スクリーン管）
- 2 2 a～2 2 f 過熱管（スーパーヒータ）
- 2 3 a、2 3 b 水管
- 2 4 a、2 4 b 蒸気温度測定装置
- 2 5 主蒸気量測定装置
- 2 6 一次空気供給装置
- 2 7 二次空気供給装置
- 2 8 燃焼空気量測定装置
- K 熱貫流率
- K c クリーン熱貫流率
- K d ダーティ熱貫流率
- K c /K d 回復率
- ΔP_g 差圧
- p_{gmin} 第二閾値
- Q c 燃焼空気総量
- q_{cmin} 第四閾値
- Q r 誘引送風機の回転数
- q_{rmin} 第三閾値
- Q s 主蒸気量

q_{smin} 第一閾値

R 回復閾値

$\alpha 1$ 第一所定値

$\alpha 2$ 第二所定値