

明 細 書

発明の名称：

排熱回収ボイラ及び排熱回収ボイラの伝熱管の温度の制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、排熱回収ボイラ及び排熱回収ボイラの伝熱管の温度の制御方法に関する。

背景技術

[0002] 排熱回収ボイラには、熱を回収する過熱器、蒸発器、エコノマイザ（節炭器）等の熱交換器が設けられており、伝熱管が収容されている。排熱回収ボイラのダクトの上流側からは高温となった排ガスが供給され、伝熱管と排ガスとが接触することで、熱交換が行われる。排ガスには、燃焼によって生じた硫黄酸化物（ SO_x ）や、水蒸気（ H_2O ）が含まれている。硫黄酸化物の一部は、水蒸気と反応することで、硫酸（ H_2SO_4 ）を生成する。このため、熱交換が行われる伝熱管の表面温度が、硫酸の露点以下となると、伝熱管の表面に硫酸が結露してしまい、伝熱管の表面の腐食速度が著しく増加し、伝熱管を構成する鋼材が著しく腐食してしまう。また、都市ごみ焼却炉から発生する排ガスには、塩化水素（ HCl ）等の塩化物が多く含まれており、塩化水素の露点以下となった時においても、同様に伝熱管が腐食してしまう。さらに、アルカリ金属や重金属を含む塩化物が、伝熱面に付着し、塩化物の潮解、溶融によって伝熱管が腐食する。このため、伝熱管と排ガスとが接触するボイラでは、腐食によるトラブルが懸念されており、腐食を抑制する方法が考えられている。例えば、特許文献1には、腐食速度が制御されるボイラが記載されている。

[0003] 特許文献1に記載のボイラは、露点腐食モニタリング用プローブと、排ガスダクトと、エコノマイザと、を備える。また、このエコノマイザには、排ガスダクト内に配置された伝熱管と、伝熱管への給水を制御して伝熱管の温度を調整するエコノマイザ温度制御装置と、エコノマイザを制御するシステ

ム制御装置と、が設けられている。

露点腐食モニタリング用プローブは、エコノマイザの伝熱管に近接して配置されており、このボイラは、露点腐食モニタリング用プローブを用いて、腐食速度を測定している。そして、システム制御装置は、腐食速度の測定データから、腐食速度が実用上問題ない値となるように、稼動目標温度を決定する。その後、エコノマイザの伝熱管の温度は、稼動目標温度になるように制御される。この制御方法としては、ボイラで発生する熱量を調整する方法と、エコノマイザ温度制御装置によって制御される、エコノマイザの伝熱管を流れる冷却水の量を調整する方法のいずれかが採用される。これにより、このボイラは、腐食から伝熱管を保護している。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2006-258603号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上述したように、特許文献1に記載のボイラは、伝熱管の腐食速度が実用上問題ない値となるように、伝熱管の温度を、ボイラで発生する熱量を調整すること又は伝熱管を流れる冷却水の量を調整すること、によって調整している。

しかし、伝熱管を備える排熱回収ボイラをごみ処理施設に用いる場合には、処理したいごみの量が決定しているため、燃焼させるごみの量を増加させることができない場合がある。また、多種多様なごみを焼却するため、ごみから発生する熱量や排ガスの温度、成分を調整するのは困難である。この場合、ボイラで発生する熱量を増加させることができず、伝熱管の腐食を抑止することができない。

また、伝熱管の内部を流れる水の温度は、伝熱管の表面に接触する排ガスの温度よりも、伝熱管の表面温度に強い影響を与える。このため、伝熱管の

内部を流れる水の量を減少させたとしても、この水の温度が一定のままでは、伝熱管の表面温度を大幅に上昇させることができない。このため、伝熱管に流す水の量を調整することは、一定の効果はあるものの、伝熱管の温度を大幅に上昇させることができない。したがって、伝熱管を流れる冷却水の量を調整する方法を採用した場合では、伝熱管の表面温度を、腐食速度が実用上問題ない値となる温度まで、上昇させることが困難な場合がある。この場合、伝熱管の腐食を抑止することができない。

そこで、本発明の目的は、上述した課題を鑑み、ボイラで発生する熱量の調整や、伝熱管を流れる水の量の調整がされなくても、伝熱管の腐食を抑止することができる、排熱回収ボイラ及び排熱回収ボイラの制御方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0006] (形態1)

形態1に係る排熱回収ボイラは、排ガスが流通する流路を有するダクトと、水入口と水出口とを有し、前記ダクトの内部に配置された伝熱管と、前記伝熱管の前記水入口と接続する水供給配管であって、分流部と、前記分流部よりも下流側に位置する合流部と、前記分流部から前記合流部までの間を形成する第1配管と、前記第1配管と前記分流部で枝分かれをして前記合流部で再び前記第1配管と合流する第2配管と、を有し、前記合流部を通過した水を前記伝熱管の前記水入口へ供給する、水供給配管と、前記伝熱管の前記水出口と流体連通され、前記第2配管の少なくとも一部が内部に配置されているタンクと、前記第1配管を流れる水の流量と前記第2配管を流れる水の流量との比率を調整する水量調整バルブと、前記ダクトの内部の腐食速度、温度及び排ガス成分のうち少なくとも1つを計測する計測装置と、前記計測装置の計測の結果に応じて、前記水量調整バルブを調整する、制御をする制御装置と、を備える。

形態1に係る排熱回収ボイラでは、伝熱管を通過して高温となった水又は水蒸気はタンクへ流れ込む。タンクの内部には、第2配管の少なくとも一部

が配置されているため、第2配管を通過した水は、第1配管を通過した水よりも高温となる。また、制御装置が、水量調整バルブを制御することで、第1配管を流れる水の流量と第2配管を流れる水の流量との比率を調整することができる。すなわち、制御装置は、第1配管を通る低温の水の流量と第2配管を通る高温の水の流量とを制御することで、伝熱管に流れ込む水の温度を制御することができる。ここで、伝熱管の表面温度には、伝熱管の表面に接触する排ガスの温度よりも、伝熱管の内部を流れる水の温度が支配的に作用する。このため、この排熱回収ボイラは、伝熱管の表面温度を大幅に変化させることができる。すなわち、制御装置は、腐食速度、温度及び排ガス成分のうち少なくとも1つの計測の結果に応じて、伝熱管の表面温度を大幅に変更する制御ができ、露点近傍において、伝熱管の表面温度と負の相関関係がある伝熱管の腐食速度を調整できる。したがって、この排熱回収ボイラによれば、伝熱管の腐食を抑止することができる。

[0007] (形態2)

形態2に係る排熱回収ボイラによれば、形態1に記載の排熱回収ボイラにおいて、前記タンクは、水と水蒸気とを分離する汽水胴（汽水分離器）である。

排熱回収ボイラは、水蒸気と水との分離に用いられる汽水胴を備える場合がある。形態2に係る排熱回収ボイラによれば、汽水胴が形態1に記載のタンクとして用いられる。すなわち、この排熱回収ボイラは、別のタンクを新たに備えることなく、形態1に係る排熱回収ボイラの構成を実現できる。

[0008] (形態3)

形態3に係る排熱回収ボイラによれば、形態1又は形態2に記載の排熱回収ボイラにおいて、前記第2配管の少なくとも一部が前記タンクの水が溜まる部分に配置されている。

形態3に係る排熱回収ボイラによれば、第2配管の少なくとも一部が、伝熱管を通過して高温となった水と直接接触している。このため、タンクの水は、直接、第2配管を加熱できる。すなわち、この排熱回収ボイラは、第2

配管がタンクの内部の水蒸気のみと接触する場合と比較して、第2配管を流れる水の温度を高温に上昇させることができる。そして、この排熱回収ボイラは、より高温となった水を伝熱管へと供給することができる。

[0009] (形態4)

形態4に係る排熱回収ボイラは、形態1から3のいずれか1つに記載の排熱回収ボイラにおいて、前記水供給配管の前記合流部と前記伝熱管の前記水入口との間の水温を計測する水温計を、さらに備え、前記制御装置は、前記水温計の計測の結果に応じて、前記水量調整バルブを調整、制御する。

形態4に係る排熱回収ボイラによれば、伝熱管に供給される水の水温が、水温計により計測されている。このため、制御装置は、水温計の計測の結果に応じて、水量調整バルブを調整することにより、伝熱管に供給される水の温度を特定の温度へと調整することができる。すなわち、この排熱回収ボイラでは、特定の温度となった水を伝熱管へと供給することができる。

[0010] (形態5)

形態5に係る排熱回収ボイラによれば、形態1から4のいずれか1つに記載の排熱回収ボイラにおいて、前記計測装置は、電極面を前記ダクトの内部に露出する電極部材を備えた第1腐食センサと、前記電極部材の温度を調整するプローブ温度調整機構と、を有する腐食モニタリング用プローブを備え、前記制御装置は、前記腐食モニタリング用プローブの前記プローブ温度調整機構を制御することで、前記腐食モニタリング用プローブに複数の異なる温度における腐食速度を計測させ、前記複数の異なる温度における腐食速度の計測の結果から、腐食速度が許容値よりも低くなるような前記伝熱管に供給する水の温度を決定し、前記伝熱管に供給する水の温度を決定した温度に調整、制御する。

形態5に係る排熱回収ボイラでは、腐食モニタリング用プローブがプローブ温度調整機構を有しているため、腐食モニタリング用プローブは、異なる温度における腐食速度を計測することができる。これにより、制御装置は、ダクト内の、腐食速度と温度との関係を取得することができ、腐食速度が許

容値よりも低くなる温度を決定できる。そして、制御装置は、この決定した温度に応じて、伝熱管に供給する水の温度を制御できる。すなわち、この排熱回収ボイラは、腐食速度が許容値よりも低くなるように制御することができる。

[0011] (形態6)

形態6に係る排熱回収ボイラによれば、形態1から5のいずれか1つに記載の排熱回収ボイラにおいて、前記計測装置は、前記ダクトの内部に露出する電極部材を備え、腐食速度を計測できる、第2腐食センサを有し、前記制御装置は、前記第2腐食センサが計測した腐食速度が許容値を超えた時に、前記第1配管を流れる水の流量に対する前記第2配管を流れる水の流量の比率を増加させる制御をする。

形態6に係る排熱回収ボイラによれば、腐食速度が許容値を超えた時に、流量の比率を制御することで、伝熱管に供給される水の温度を上昇させる。このため、この排熱回収ボイラは、腐食速度が許容値を超えることを防止できる。

[0012] (形態7)

形態7に係る排熱回収ボイラによれば、形態1から6のいずれか1つに記載の排熱回収ボイラにおいて、前記計測装置は、伝熱管近傍の温度を計測する温度計を有し、前記制御装置は、前記温度計が計測した前記伝熱管近傍の温度が所定の基準温度を下回った時に、前記第1配管を流れる水の流量に対する前記第2配管を流れる水の流量の比率を増加させる制御をする。

露点近傍において、温度と腐食速度には、負の相関関係があることが知られている。このため、温度がわかれば、腐食速度が推定される。すなわち、伝熱管の表面温度が一定の温度以上に保たれていれば、腐食速度を一定値以下に保つことができる。形態7に係る排熱回収ボイラは、温度計が計測した温度に応じて、伝熱管に供給される水の温度を上昇させる。このため、この排熱回収ボイラは、腐食速度を一定値以下に保つことができる。

[0013] (形態8)

形態 8 に係る排熱回収ボイラによれば、形態 1 から 7 に記載の排熱回収ボイラにおいて、前記計測装置は、前記ダクトの内部の、排ガス成分である硫黄酸化物濃度を計測する SO_x 分析計、塩化水素濃度を計測する HCl 分析計及び水分濃度を計測する水分計、のうち少なくとも 1 つを備え、前記制御装置は、前記硫黄酸化物濃度、前記塩化水素濃度及び前記水分濃度のうち少なくとも 1 つの計測の結果に応じて、露点温度を予測し、基準温度を決定する。

腐食速度は、温度の他にも、硫黄酸化物濃度、塩化水素濃度及び水分濃度によって、変化することが知られている。このため、排熱回収ボイラは、腐食速度を推定する際に、計測された、硫黄酸化物濃度、塩化水素濃度及び水分濃度のうち少なくとも 1 つを考慮することで、より正確な腐食速度を推定できる。

[0014] (形態 9)

形態 9 に係る排熱回収ボイラによれば、形態 1 から 8 のいずれか 1 つに記載の排熱回収ボイラにおいて、前記水量調整バルブは、前記第 1 配管に取付けられ前記第 1 配管を流れる水の流量を調整する第 1 バルブと、前記第 2 配管に取付けられ前記第 2 配管を流れる水の流量を調整する第 2 バルブと、を有する。

形態 9 に係る排熱回収ボイラは、第 1 配管を流れる水の流量と、第 2 配管を流れる水の流量とを異なるバルブにより別個に調整できる。このため、この排熱回収ボイラは、第 1 配管を流れる水の流量と、第 2 配管を流れる水の流量との制御が容易にできる。

[0015] (形態 10)

形態 10 に係る排熱回収ボイラの伝熱管の温度の制御方法は、排ガスが流通する流路を有するダクトと、水入口と水出口とを有し、前記ダクトの内部に配置された伝熱管と、前記伝熱管の前記水入口と接続する水供給配管であって、分流部と、前記分流部よりも下流側に位置する合流部と、前記分流部から前記合流部までの間を形成する第 1 配管と、前記第 1 配管と前記分流部で枝分かれをして前記合流部で再び前記第 1 配管と合流する第 2 配管と、を

有し、前記合流部を通過した水を前記伝熱管の前記水入口へ供給する、水供給配管と、前記水出口と接続され、前記第2配管の少なくとも一部が内部に配置されているタンクと、を備える排熱回収ボイラを用いて、前記ダクトの内部の腐食速度、温度及び排ガス成分のうち少なくとも1つを計測する計測工程と、前記計測工程の計測の結果に応じて、前記伝熱管に供給する水の温度を決定する温度決定工程と、前記第1配管を流れる水の流量と前記第2配管を流れる水の流量との比率を調整し、前記伝熱管の表面温度を、前記温度決定工程で決定した温度に調整する温度調整工程と、を有する。

形態10に係る排熱回収ボイラの伝熱管の温度の制御方法は、第1配管を通る低温の水の流量と第2配管を通る高温の水の流量とを調整することで、伝熱管に流れ込む水の温度を調整し、前記伝熱管の表面温度を調整する。このため、この排熱回収ボイラの伝熱管の温度の制御方法は、形態1と同様に、伝熱管の表面温度を大幅に変化させることができる。したがって、この排熱回収ボイラの伝熱管の温度の制御方法は、伝熱管の腐食を抑止することができる。

[0016] (形態11)

形態11に係る排熱回収ボイラの伝熱管の温度の制御方法によれば、形態10に記載の排熱回収ボイラの伝熱管の温度の制御方法において、前記計測工程は、前記ダクトの内部における複数の異なる温度における腐食速度を計測する工程を有し、前記温度決定工程は、前記複数の異なる温度における腐食速度の計測の結果から、腐食速度が許容値よりも低い値となるような、前記伝熱管に供給する水の温度を決定する工程を有する。

形態11に係る排熱回収ボイラの伝熱管の温度の制御方法は、形態5と同様に、腐食速度を許容値よりも低くすることができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明の第1実施形態に係る排熱回収ボイラの構成を示す構造図である。

[図2]図1で示した排熱回収ボイラのエコノマイザの部分の詳細を示す詳細図

である。

[図3]図2で示した排熱回収ボイラの腐食モニタリング用プローブの構成を示す断面図である。

[図4]図3で示した腐食モニタリング用プローブの要部を示す平面図である。

[図5]図1で示した排熱回収ボイラの制御プロセスの一手順を示す流れ図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。以下で説明する図面において、同一又は相当する構成要素には、同一の符号を付して重複した説明を省略する。

[0019] [第1実施形態]

<構成>

図1は、本発明の第1実施形態に係る排熱回収ボイラの構成を示す構造図である。図1を参照すると、排熱回収ボイラ100は、ダクト120、過熱器140、エコノマイザ300、汽水胴160、高圧蒸気溜め180及び蒸発器（図示省略）を備える。排熱回収ボイラ100は、排ガスの熱を利用し水蒸気を発生させる装置である。排熱回収ボイラ100は、一例として、排ガスが縦方向に流れる縦型であるが、排ガスが横方向に流れるガス横流れ式であってもよい。排熱回収ボイラ100で発生した水蒸気は、一例として、蒸気タービン（図示省略）へと供給され、発電機を駆動させるために用いられる。

[0020] 以下、排熱回収ボイラ100の各構成要素について分説する。

ダクト120の上流側は、一例として、ゴミ焼却炉等の燃焼設備の排ガスダクト（図示省略）と流体連通している。燃焼設備は、排ガスダクトに向かって高温の排ガスを供給する。このため、ダクト120には、排ガスが流通する流路が形成される。排ガスには、燃焼設備の燃焼によって生じた硫黄酸化物、塩化水素、水蒸気等が含まれる。

エコノマイザ300は、後述する過熱器140よりもダクト120に形成

される流路の下流側に位置する。エコノマイザ３００には、給水部９００から水が供給される。そして、エコノマイザ３００は、排ガスを利用して、供給された水を予熱し、予熱された水を汽水胴１６０へ供給する。

汽水胴１６０は、水及び水蒸気を収容する容器であり、水及び水蒸気を分離する機能を有する。汽水胴１６０で分離された水蒸気は後述の過熱器１４０に供給される。一方、汽水胴１６０で分離された水は蒸発器（図示省略）に供給される。

蒸発器は、汽水胴１６０から供給された水をさらに加熱する熱交換器である。蒸発器は、供給された水を加熱することで、当該水の少なくとも一部を水蒸気とする。

過熱器１４０は、供給された水蒸気をさらに過熱する熱交換器である。過熱器１４０は、供給された水蒸気を過熱蒸気として、高圧蒸気溜め１８０に供給する。

高圧蒸気溜め１８０は、過熱蒸気を収容する。また、高圧蒸気溜め１８０は、一例として、蒸気タービンと接続されており、収容した過熱蒸気を蒸気タービンへ供給する。

このように、排熱回収ボイラ１００の各構成要素は、上述の構成を有するため、エコノマイザ３００に供給された水を、過熱蒸気へと変換して、蒸気タービンへと供給することができる。

[0021] 次に、図２を参照して、排熱回収ボイラ１００のエコノマイザ３００の部分の構成についてより詳細に説明する。図２は、排熱回収ボイラ１００のエコノマイザ３００の部分の詳細を示す詳細図である。図２を参照すると、排熱回収ボイラ１００は、水供給配管４００、水量調整バルブ５００、計測装置６００、水温計７００及び制御装置８００を、さらに備える。

エコノマイザ３００は、伝熱管３２０を備える。伝熱管３２０は、水入口３２２と水出口３２４とを有し、水入口３２２から水出口３２４に向かって水が流れる。また、伝熱管３２０は、ダクト１２０の内部に配置される。別言すれば、伝熱管３２０は、伝熱管３２０の表面がダクト１２０の内部を流

れる排ガスと接触できる位置に配置されている。これにより、伝熱管３２０は、伝熱管３２０の内部を流れる水と、伝熱管３２０の表面に接触する排ガスを熱交換させる機能を有する。

[0022] 水供給配管４００は、給水部９００と、伝熱管３２０の水入口３２２とに接続されている。水供給配管４００は、分流部４６２と、分流部４６２よりも下流側に位置する合流部４６４と、第１配管４２０と、第２配管４４０と、を有する。第１配管４２０は、分流部４６２から合流部４６４までの間を形成する。第２配管４４０は、第１配管４２０と分流部４６２で枝分かれをして合流部４６４で再び第１配管４２０と合流する。また、水供給配管４００は、合流部４６４を通過した水を伝熱管３２０の水入口３２２へ供給する。このため、水供給配管４００は、給水部９００から供給された水を、分流部４６２で第１配管４２０を流れる水と第２配管４４０を流れる水とに分流し、合流部４６４で第１配管４２０を流れる水と第２配管４４０を流れる水とを合流させることができる。別言すると、水供給配管４００は、第１配管４２０又は第２配管４４０を通過した水を、水入口３２２へ供給できる。

[0023] 水量調整バルブ５００は、一例として、第１バルブ５２０及び第２バルブ５４０を有する。第１バルブ５２０は、第１配管４２０に取付けられている。これにより、第１バルブ５２０は、第１配管４２０を流れる水の流量を調整できる。他方、第２バルブ５４０は、第２配管４４０に取付けられている。これにより、第２バルブ５４０は、第２配管４４０を流れる水の流量を調整できる。すなわち、水量調整バルブ５００は、第１配管４２０を流れる水の流量と第２配管４４０を流れる水の流量との比率を調整できる。

[0024] 汽水胴１６０は、伝熱管３２０の水出口３２４と流体連通されている。これにより、汽水胴１６０には、伝熱管３２０を通して加熱された水が流れ込む。別言すれば、汽水胴１６０に収容されている水は、給水部９００が供給する水よりも高温である。また、汽水胴１６０には、第２配管４４０の少なくとも一部が内部に配置されている。このため、第２配管４４０を通る水は、汽水胴１６０の内部の水又は水蒸気によって加熱される。そして、第２配

管４４０を通過した水は、第１配管４２０を通過した水よりも高温となる。したがって、第１配管４２０を流れる水の流量と、第２配管４４０を流れる水の流量との比率が調整されると、伝熱管３２０に供給される水の温度が変化する。また、本実施形態では、第２配管４４０の少なくとも一部が汽水胴１６０の水が溜まる部分に配置されている。すなわち、第２配管４４０は、汽水胴１６０に溜まる水と接触する。

[0025] 計測装置６００は、ダクト１２０の内部の、腐食速度、温度及び排ガス成分のうち少なくとも１つを計測する。より詳細には、計測装置６００は、一例として、腐食モニタリングプローブ６２０（以下、プローブ６２０と呼ぶ。）を備える。プローブ６２０は、後述するプローブ温度調整機構６２４を有するため、設定した温度において、ダクト１２０の内部における、腐食速度を計測することができる。

[0026] ここで、プローブ６２０の一例について、より詳細に説明する。図３は排熱回収ボイラ１００のプローブ６２０の構成を示す断面図である。また、図４は、プローブ６２０の要部を示す平面図である。図３及び図４を参照すると、プローブ６２０は、腐食速度測定用の一対の電極部材６２２ａ、６２２ｂを備えた第１腐食センサ、プローブ温度調整機構６２４、熱電対等の温度測定用の電極６２６、ホルダ６２８、カバー６３０、導線６３６、導線６３７、連絡管６３８、インピーダンス測定装置６４０及び温度計測器６５０を備える。また、プローブ温度調整機構６２４は、温度調整ガス源６４８、温度調整バルブ６４２、ガス供給管６４４、流量計６４５及びプローブ電極温度制御装置６４６を備える。

[0027] 本実施形態では、電極部材６２２ａ、６２２ｂは、同一材質の２枚の導体から構成されている。より具体的には、電極部材６２２ａ、６２２ｂは、一例として、伝熱管３２０の腐食速度を検知する観点から、伝熱管３２０と同一の材料から構成されている。また、電極部材６２２ａ、６２２ｂは、ほぼ正方形の平面形状を有する直方体であり、互いに間を空けて隣接している（図４参照）。これにより、電極部材６２２ａ、６２２ｂの間の部分には、結

露水の液絡を形成するための液絡形成部634が形成されている。また、電極部材622a, 622bは、ホルダ628に埋没されている。電極部材622a, 622bの一方の面（以下、表側面と呼ぶ。）は、ダクト120の内部にそれぞれ露出し、他方の面（以下、裏側面と呼ぶ。）は、それぞれ導線636に接続されている。そして、導線636は、連絡管638の内部を通り、インピーダンス測定装置640に接続されている。これにより、インピーダンス測定装置640が電極部材622a, 622bに交流電圧を印加することで、電極部材622a, 622b間のインピーダンスを測定することができる。また、インピーダンス測定装置640は、制御装置800に接続されている。これにより、制御装置800は、測定したインピーダンスを取得できる。そして、制御装置800は、測定されたインピーダンスを周波数解析することで、反応抵抗と溶液抵抗とを区別して求めることができる。さらに、制御装置800は、既知の方法を用いることで、反応抵抗と溶液抵抗から腐食速度を算出できる。すなわち、制御装置800は、腐食速度のデータを取得できる。

[0028] 温度測定用の電極626は、電極部材622a, 622bと同様に、ホルダ628に埋没されている。電極626の一方の面は、ダクト120の内部に露出し、他方の面は、導線637に接続されている。導線637は、連絡管638の内部を通り、温度計測器650と接続されている。これにより、温度計測器650は、電極626の部分の温度、すなわち、腐食速度の測定用の電極部材622a, 622bの近傍の温度を測定することができる。また、温度計測器650は、制御装置800に接続されている。これにより、制御装置800は、電極部材622a, 622bの近傍の温度のデータを取得できる。

[0029] カバー630は、ホルダ628と密着することで、熱媒体空間632を形成する。これにより、電極部材622a, 622bの導線636と接続された側の面及び電極626の導線637と接続された側の面は、それぞれ熱媒体空間632に露出する。また、カバー630には、空気や水等の熱媒体を

熱媒体空間 6 3 2 に流通させるための連絡管 6 3 8 が取り付けられている。そして、連絡管 6 3 8 には、ガス供給管 6 4 4 が挿通されている。ガス供給管 6 4 4 は、コンプレッサやガスポンペ等の温度調整ガス源 6 4 8 と、熱媒体空間 6 3 2 とを接続している。また、温度調整ガス源 6 4 8 と、熱媒体空間 6 3 2 との間には、温度調整バルブ 6 4 2 及び流量計 6 4 5 が備え付けられている。このため、温度調整バルブ 6 4 2 を調整することで、温度調整ガス源 6 4 8 から供給される温度調整ガスが熱媒体空間 6 3 2 へと供給される。すなわち、熱媒体空間 6 3 2 の温度は、供給される温度調整ガスの温度へと近づく。これにより、プローブ電極温度制御装置 6 4 6 は、腐食速度測定用の電極部材 6 2 2 a, 6 2 2 b 及び温度測定用の電極 6 2 6 を設定した温度に調整することができる。すなわち、プローブ 6 2 0 は、プローブ温度調整機構 6 2 4 を用いて、腐食速度測定用の電極部材 6 2 2 a, 6 2 2 b の温度を調整することで、設定した温度における腐食速度を測定することができる。

以上が、計測装置 6 0 0 が備えるプローブ 6 2 0 の説明である。なお、プローブ 6 2 0 は、設定した温度において、ダクト 1 2 0 の内部における、腐食速度を計測することができる機能を有していれば、上述の構成を備えなくてもよい。

[0030] 再び図 2 を参照する。排熱回収ボイラ 1 0 0 では、プローブ 6 2 0 は、一例として、伝熱管 3 2 0 の近傍に配置されている。これにより、プローブ 6 2 0 は、伝熱管 3 2 0 の腐食速度に近似した腐食速度を計測することができる。ここで、伝熱管 3 2 0 の近傍とは、伝熱管 3 2 0 と同一材料を当該近傍の位置に配置したときに、伝熱管 3 2 0 と当該近傍の位置に配置した材料とが同一の腐食速度となる位置のことをよぶ。

[0031] 水温計 7 0 0 は、一例として、水供給配管 4 0 0 の合流部 4 6 4 と伝熱管 3 2 0 の水入口 3 2 2 との間に配置されている。これにより、水温計 7 0 0 は、水供給配管 4 0 0 の合流部 4 6 4 と伝熱管 3 2 0 の水入口 3 2 2 との間

に供給される水温を計測できる。

制御装置 800 は、プローブ 620 のプローブ温度調整機構 624 を制御することで、プローブ 620 に複数の異なる温度における腐食速度を計測させることができる。また、制御装置 800 は、プローブ 620 の複数の異なる温度における腐食速度の計測の結果から、腐食速度が許容値よりも低くなるような伝熱管 320 に供給する水の温度を決定することができる。なお、許容値は、任意に決定することができる値である。より具体的には、許容値は、設備寿命や、運転状況等に応じて、決定することができる。また、制御装置 800 は、水温計 700 の計測の結果に応じて、水量調整バルブ 500 を調整することで、伝熱管 320 に供給する水の温度を決定した温度に調整、制御する。

[0032] <排熱回収ボイラの伝熱管の温度の制御方法>

次に、本実施形態の排熱回収ボイラ 100 の伝熱管 320 の温度の制御方法について説明する。排熱回収ボイラ 100 の伝熱管 320 の温度の制御方法を説明するにあたり、排熱回収ボイラ 100 を構成する各構成要素の初期状態を説明する。

初期状態では、ダクト 120 の内部には排ガスが含まれている。また、給水部 900 は、水供給配管 400 に水を供給している。このため、この供給された水は、水供給配管 400 を介して、伝熱管 320 へ供給されている。そして、伝熱管 320 へ供給された水は、伝熱管 320 で加熱され、汽水胴 160 へ供給されている。

[0033] 以上を前提として、図面を参照しつつ、排熱回収ボイラ 100 の伝熱管 320 の温度の制御方法を説明する。図 5 は、排熱回収ボイラ 100 の伝熱管 320 の温度の制御方法の一手順を示す流れ図である。

[0034] 図 5 を参照すると、ステップ S100 において、制御装置 800 は、水温計 700 を用いて、伝熱管 320 への給水温度の確認をする。そして、制御装置 800 は、給水温度の情報を取得する。ステップ S200 において、プローブ温度調整機構 624 を制御することで、プローブ 620 の温度を、所

定の温度に変更し、一定時間保持するよう制御する。

次に、ステップS300で、制御装置800は、プローブ620の出力から、プローブ620の温度を取得する。そして、制御装置800は、プローブ620が所定の温度になっていることを確認する。

次に、ステップS400で、制御装置800は、プローブ620の出力から、この温度に対応する腐食速度を一定の時間測定し、腐食速度の情報を取得する。

次に、ステップS500で、制御装置800は、プローブ620の出力から取得した所定の温度における腐食速度が許容値以上であるかを判断する。所定の温度における腐食速度が許容値以上でない場合、制御装置800は、ステップS200へ処理を戻す。そして、再度のステップS200で、制御装置800は、腐食速度を計測していない温度であって、前回のステップS200で設定したプローブ620の温度よりも低い温度を、新しい所定の温度に、設定する。その後、制御装置800は、プローブ温度調整機構624を制御することで、プローブ620の温度を、新しく設定された所定の温度へ低下させる。これにより、次の繰り返しにおいて、制御装置800は、計測していない温度における、腐食速度の情報を取得できる。

一方、ステップS500で、腐食速度が許容値以上の場合、制御装置800は、ステップS600へ処理を進める。このように、制御装置800がステップS200からステップS400の処理を腐食速度が許容値以上になるまで繰り返すことで、制御装置800は、複数の異なる温度における腐食速度の情報を取得できる。

[0035] 次に、ステップS600で、制御装置800は、プローブ620の出力から得られた温度及び腐食速度の情報から、温度と腐食速度の関係を把握する。なお、硫酸露点近傍における温度と腐食速度には、負の相関関係があることが知られている。

次に、ステップS700で、制御装置800は、腐食速度が許容値以下になりえる許容温度を決定する。より具体的には、まず、制御装置800は、

計測した複数の温度の中で1番目に高い温度に対応する腐食速度と、許容値とを比較する。次に、制御装置800は、計測した複数の温度の中で2番目に高い温度に対応する腐食速度と、許容値とを比較する。そして、次に、制御装置800は、計測した複数の温度の中で3番目に高い温度に対応する腐食速度と、許容値とを比較する。このように、制御装置800は、計測した複数の温度の中で高い温度に対応する腐食速度から順に、許容値と比較する。そして、制御装置800は、計測した温度の中で、腐食速度が最初に許容値を上回るときの温度を見付けだし、この見付けだした温度の次に高い温度を許容温度とする。その後、制御装置800は、この許容温度を給水温度として決定する。なお、腐食速度をより減少させるために、制御装置800は、許容温度よりも一定の温度だけ高い温度を給水温度として決定してもよい。

[0036] 次に、ステップS800で、制御装置800は、現在給水されている給水温度、すなわち、ステップS100で確認した給水温度が許容温度を超えているか判断する。より具体的には、制御装置800は、ステップS100で確認した給水温度と、ステップS700で決定した給水温度とを比較する。

ステップS100で確認した給水温度が、ステップS700で決定した温度よりも低い場合、制御装置800は、ステップS700で、制御装置800は、現在給水されている給水温度を、ステップS700で決定した給水温度となるように、給水温度を上昇させる。なお、制御装置800は、水量調整バルブ500を制御することで、給水温度を上昇させている。これにより、排熱回収ボイラ100は、腐食速度を許容値以下に保つ制御をしている。

他方、ステップS100で確認した給水温度が、ステップS700で決定した給水温度よりも高い場合、制御装置800は、ステップS800で、制御装置800は、現在給水されている給水温度を、ステップS500で決定した給水温度となるように、低下させる。なお、制御装置800は、水量調整バルブ500を制御することで、給水温度を低下させている。

次に、S900で、水温計700を用いて、伝熱管320への給水温度の

確認をする。そして、制御装置 800 は、給水温度の情報を取得し、給水温度がステップ S700 で決定した給水温度になっているかを確認する。

制御装置 800 は、ステップ S900 の処理を終了すると、S1000 で一定時間経過後再び、ステップ S100 からの処理を繰り返す。これにより、排熱回収ボイラ 100 は、伝熱管 320 の表面が高温となりすぎ熱回収量が減少すること、伝熱管 320 の表面が低温となりすぎ腐食することを防止し熱エネルギーを効率的に回収することが可能な、制御をしている。

[0037] <作用・効果>

次に、本実施形態の排熱回収ボイラ 100 の作用・効果について、以下に説明する。

(第 1 の効果)

本実施形態に係る排熱回収ボイラ 100 は、プローブ 620 が計測した腐食速度に応じて、伝熱管 320 に供給する水の温度を制御する制御装置 800 を備えている。このため、排熱回収ボイラ 100 は、伝熱管 320 に供給する水の温度を調整することで、伝熱管 320 の表面温度を大幅に変化させることができる。また、伝熱管 320 の表面温度を変化させるにあたり、排熱回収ボイラ 100 は、伝熱管 320 と接触する排ガスの温度を上昇させる必要や、ダクト 120 を流れる排ガスの流量を増加させる必要がない。したがって、排熱回収ボイラ 100 は、伝熱管 320 の腐食速度を許容値以下に保つことができ、伝熱管 320 の腐食を抑止することができる。

[0038] (第 2 の効果)

また、熱回収に用いられた排ガスは、伝熱管 320 で熱回収を行われた後に、ダクト 120 から排出される。伝熱管 320 の表面が高温となりすぎると、排ガスの温度と伝熱管 320 の表面の温度とが近くなるために、伝熱管 320 の位置における排ガスからの熱回収量が減少する。このため、排熱回収ボイラ 100 は、高温の排ガスを破棄することになる。高温の排ガスを破棄することは、排熱回収ボイラ 100 で回収できる熱エネルギーを回収しないことと等しい。しかし、排熱回収ボイラ 100 は、腐食速度に応じて、伝

熱管 320 に供給する水の温度を制御しているため、ダクト 120 から排出されるガスの温度が高温になりすぎない。すなわち、排熱回収ボイラ 100 は、限られた伝熱面積において、排ガスの熱エネルギーを必要以上に破棄することなく、効果的に回収することができる。

[0039] (第3の効果)

また、水供給配管 400 の第2配管 440 の一部は、汽水胴 160 の内部に配置されている。これにより、第2配管 440 を通る水は、汽水胴 160 の内部の高温の水や水蒸気によって加熱される。すなわち、排熱回収ボイラ 100 は、伝熱管 320 に供給される水を加熱する別の加熱手段を備えなくても、伝熱管 320 に供給される水の温度を上昇させることができる。

[0040] (第4の効果)

また、第2配管 440 の一部は、汽水胴 160 内部の高温となった水と接触している。このため、第2配管 440 を通る水は、汽水胴 160 に溜まる水と第2配管 440 が接触しないとき（第2配管 440 が汽水胴 160 内部の水蒸気によって加熱されるとき）よりも速く加熱される。すなわち、第2配管 440 を通る水の流量が同じならば、第2配管 440 が汽水胴 160 に溜まる水と接触する構成の方が、第2配管 440 が汽水胴 160 に溜まる水と接触しない構成よりも、第2配管 440 を通過した水の温度は高温となる。したがって、排熱回収ボイラ 100 は、第2配管 440 を通過した水をより高温にできる。

[0041] (第5の効果)

また、排熱回収ボイラ 100 は、伝熱管 320 に供給される水温を計測できる水温計 700 を備える。そして、制御装置 800 は、水温計 700 の計測の結果に応じて、伝熱管 320 に供給する水の温度を制御する。これにより、排熱回収ボイラ 100 は、特定の温度の水を伝熱管 320 に供給でき、伝熱管 320 の温度調整を容易に行うことができる。

[0042] <変形例>

次に、本実施形態の排熱回収ボイラ 100 の変形例について、以下に説明

する。

（第１の変形例）

排熱回収ボイラ１００は、汽水胴１６０に加えて、伝熱管３２０の水出口３２４と流体連通されているタンクを備えてもよい。この場合、第２配管４４０の少なくとも一部は、このタンクの内部に配置される。このような場合でも、タンクの内部の水又は水蒸気は、第２配管４４０を流れる水を加熱することができるからである。また、水出口３２４と流体連通されているタンクを用いることで、排熱回収ボイラ１００は、伝熱管３２０によって加熱された水や、この水がさらに加熱された水蒸気を、第２配管４４０の加熱用の熱源とすることができる。すなわち、排熱回収ボイラ１００は、ヒータ等の別の加熱手段を備えることなく、伝熱管３２０に供給される水を加熱することができる。なお、ここでタンクとは、水及び水蒸気のうち少なくとも一方を収容する設備のことを呼び、汽水胴１６０はタンクの一例である。また、高圧蒸気溜め１８０もタンクの一例である。

[0043] （第２の変形例）

また、本実施形態では、プローブ６２０は、伝熱管３２０の近傍に配置されている。しかし、プローブ６２０は、伝熱管３２０の腐食速度の推定に必要なデータを計測できるのならば、ダクト１２０の内部のいずれの場所に配置されてもよい。例えば、排ガス流れが偏り、ダクト内部の温度分布が均一でないと考えられる場合は、ダクト内部の温度分布を予め把握したうえで、伝熱管３２０の腐食速度の推定に最も適すると考えられる場所にプローブを配置すればよい。プローブ６２０が計測したデータを用いて、伝熱管３２０の腐食速度を推定できれば、それに応じて、伝熱管３２０に供給する水の温度を決定することが可能だからである。

[0044] （第３の変形例）

また、計測装置６００は、伝熱管３２０の近傍の腐食速度を計測する第２腐食センサを有してもよい。この場合、制御装置８００は、第２腐食センサが計測した腐食速度が許容値を超えた時に、第１配管４２０を流れる水の流

量に対する第2配管440を流れる水の流量の比率を増加させる制御をする。これにより、排熱回収ボイラ100は、プローブ620を備えていなくても、ダクト120の内部の限られた空間に第2腐食センサを設置し、伝熱管320の腐食速度が許容値を超えることを防止することができ、伝熱管320の過度な腐食を抑止することができるからである。

[0045] (第4の変形例)

本実施形態では第1腐食センサは一对の電極部材622a, 622bを備え、電極部材622a, 622b間のインピーダンスを測定し、解析することで腐食速度のデータを取得したが、測定手法及びセンサの構造はこの限りではない。異種電極が凝縮相によって短絡したときの短絡電流を測定してもよいし、電極表面における水晶振動子の共振周波数を計測してもよい。いずれのセンサの出力を解析することで、腐食速度のデータが取得できる。また、第1腐食センサは伝熱管320と同一の材料の電極部材を用いることで、第1腐食センサの出力から伝熱管320の腐食速度を推定することが可能である。なお、電極材料を伝熱管320の材料よりも腐食性の高い材料に変更することで、伝熱管320の腐食傾向を事前に把握することが可能になる。

[0046] (第5の変形例)

また、計測装置600は、伝熱管320の近傍の温度を計測する温度計を有してもよい。この場合、制御装置800は、温度計が計測した温度が所定の基準温度を下回った時に、第1配管420を流れる水の流量に対する前記第2配管440を流れる水の流量の比率を増加させる制御をする。上述したように、硫酸露点近傍における温度と腐食速度には、負の相関関係があることが知られている。このため、伝熱管320の部分の温度を計測することで、腐食速度を推定できる。したがって、排熱回収ボイラ100は、プローブ620を備えていなくても、温度計が計測した温度に応じて伝熱管320に供給される水の温度を制御することで伝熱管320の腐食を抑止することができる。なお、基準温度は、温度と腐食速度との関係に鑑みて、任意に決定してよい。

[0047] (第6の変形例)

計測装置600は、変形例4の温度計に加えて、伝熱管320の近傍の、硫黄酸化物濃度を計測するSO_x分析計、塩化水素濃度を計測するHCl分析計及び水分濃度を計測する水分計のうち少なくとも1つを備えてもよい。この場合、制御装置800は、計測された、硫黄酸化物濃度、塩化水素濃度及び水分濃度のうち少なくとも1つの計測の結果に応じて、温度計が計測した温度と比較を行う基準温度を決定する。そして、制御装置800は、温度計が計測した温度がこの基準温度を下回った時に、第1配管420を流れる水の流量に対する前記第2配管440を流れる水の流量の比率を増加させる制御をする。

上述したように、腐食速度は、温度の他にも、硫黄酸化物濃度、塩化水素濃度及び水分濃度によって、変化することが知られている。このように、計測された、硫黄酸化物濃度、塩化水素濃度及び水分濃度のうち少なくとも1つを考慮することで、より正確な腐食速度を推定できる。そして、排熱回収ボイラ100は、より正確な腐食速度を考慮に入れて、伝熱管320の腐食を抑止することができる。

[0048] (第7の変形例)

また、変形例6において、制御装置800は、大塚の式を用いることで、硫黄酸化物濃度及び水分濃度から硫酸露点を予測し、硫酸露点を基準温度としてもよい。なお、大塚の式は、式(1)で示される。

[数1]

$$T_{DP} = 20 \log V + A \quad \dots (1)$$

ここで、

[数2]

T_{DP} : 硫酸露点 (°C)
 V : 排ガス中の三硫化硫黄濃度 (vol%)
 A : 排ガス中の水分により定数 (水分濃度 5% = 184, 10% = 194, 15% = 201)

である。

大塚の式を用いることで、硫黄酸化物濃度及び水分濃度から硫酸露点が計算できることが知られている。これにより、排熱回収ボイラ100は、伝熱管320の近傍の温度が硫酸露点を下回ることを防止することができ、伝熱管320の腐食を抑止することができる。なお、伝熱管320の腐食をさらに抑止するために、制御装置800は、硫酸露点の温度よりも高い温度を基準温度としてもよい。また、大塚の式は、一例であり、制御装置800は、他の式を用いて、排ガス成分から、露点温度を予測してもよい。なお、排ガス成分には、硫黄酸化物、塩化水素、水分等が含まれる。

[0049] (第8の変形例)

計測装置600は、伝熱管320の近傍の、硫黄酸化物濃度を計測するSO_x分析計、塩化水素濃度を計測するHCl分析計及び水分濃度を計測する水分計のうち少なくとも1つを備える場合に、変形例4の温度計を備えなくてもよい。この場合、制御装置800は、硫黄酸化物濃度、塩化水素濃度及び水分濃度のうち少なくとも1つの計測の結果が、所定の値を上回った時又は下回った時に、第1配管420を流れる水の流量に対する前記第2配管440を流れる水の流量の比率を増加させる制御をする。

上述したように、排ガス成分から露点温度が予測できることが知られている。このため、ダクト120の内部の温度が、略一定である等の予測可能な場合には、排ガス成分から予測された露点温度と、ダクト120の内部の予測温度とを比較することができる。これにより、排熱回収ボイラ100は、ダクト120の内部の予測温度が予測された露点温度を下回ることを防止することができ、伝熱管320の腐食を抑止することができる。つまり、計測装置600が排ガス成分を計測することができれば、排熱回収ボイラ100は、伝熱管320の腐食を抑止することができる。なお、計測装置600の計測の結果と比較をする所定の値は任意に決定してよい。

[0050] (第9の変形例)

また、変形例8の場合において、制御装置800は、排ガス成分から予測

された露点温度よりも伝熱管 320 に供給される水の温度が高くなるように、第 1 配管 420 を流れる水の流量に対する前記第 2 配管 440 を流れる水の流量の比率を増加させる制御をしてもよい。

これにより、排熱回収ボイラ 100 は、伝熱管 320 の内部を流れる水の温度を露点温度よりも高い温度とすることができる。また、伝熱管 320 と接触する排ガスの温度は、排ガスから伝熱管 320 の内部を流れる水によって熱回収がされるため、伝熱管 320 の内部を流れる水の温度よりも高い。つまり、伝熱管 320 の内部を流れる水の温度及び伝熱管 320 と接触する排ガスの温度は、共に露点温度よりも高くなり、伝熱管 320 の表面の温度は、当然に露点温度よりも高い温度となる。このため、排熱回収ボイラ 100 は、伝熱管 320 の腐食を抑止することができる。

[0051] (第 10 の変形例)

本実施形態では、水量調整バルブ 500 は第 1 バルブ 520 と第 2 バルブ 540 とを有していた。しかし、水量調整バルブ 500 は、第 1 バルブ 520 又は第 2 バルブ 540 の一方を有していなくてもよい。水量調整バルブ 500 が、第 1 バルブ 520 又は第 2 バルブ 540 の一方しか備えていなくても、第 1 配管 420 と第 2 配管 440 を流れる水の流量の比率を調整することが可能だからである。そして、排熱回収ボイラ 100 は、この流量の比率を調整することができれば、伝熱管 320 に供給する水の温度を調整することができるからである。また、水量調整バルブ 500 は、第 1 配管 420 又は第 2 配管 440 のいずれかに水を流す三方弁を備えていてもよい。同様に、三方弁は、第 1 配管 420 と第 2 配管 440 を流れる水の流量の比率を調整することが可能だからである。水量調整バルブ 500 が第 1 配管 420 を流れる水の流量と第 2 配管 440 を流れる水の流量との比率を調整することができれば、水量調整バルブ 500 はいかなる構成であってもよい。

[0052] 以上、いくつかの本発明の実施形態について説明してきたが、上記した発明の実施形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定するものではない。本発明は、その趣旨を逸脱することなく、変更、改良

され得るとともに、本発明にはその等価物が含まれることは勿論である。また、上述した課題の少なくとも一部を解決できる範囲、または、効果の少なくとも一部を奏する範囲において、特許請求の範囲および明細書に記載された各構成要素の任意の組み合わせ、または、省略が可能である。

符号の説明

- [0053] 100 : 排熱回収ボイラ
120 : ダクト
140 : 過熱器
160 : 汽水胴
300 : エコノマイザ
320 : 伝熱管
322 : 水入口
324 : 水出口
400 : 水供給配管
420 : 第1配管
440 : 第2配管
462 : 分流部
464 : 合流部
500 : 水量調整バルブ
520 : 第1バルブ
540 : 第2バルブ
600 : 計測装置
620 : プローブ
624 : プローブ温度調整機構
700 : 水温計
800 : 制御装置
900 : 給水部

請求の範囲

- [請求項1] 排ガスが流通する流路を有するダクトと、
水入口と水出口とを有し、前記ダクトの内部に配置された伝熱管と、
、
前記伝熱管の前記水入口と接続する水供給配管であって、分流部と、前記分流部よりも下流側に位置する合流部と、前記分流部から前記合流部までの間を形成する第1配管と、前記第1配管と前記分流部で枝分かれをして前記合流部で再び前記第1配管と合流する第2配管と、を有し、前記合流部を通過した水を前記伝熱管の前記水入口へ供給する、水供給配管と、
前記伝熱管の前記水出口と流体連通され、前記第2配管の少なくとも一部が内部に配置されているタンクと、
前記第1配管を流れる水の流量と前記第2配管を流れる水の流量との比率を調整する水量調整バルブと、
前記ダクトの内部の腐食速度、温度及び排ガス成分のうち少なくとも1つを計測する計測装置と、
前記計測装置の計測の結果に応じて、前記水量調整バルブを調整する、制御をする制御装置と、
を備える、
排熱回収ボイラ。
- [請求項2] 請求項1に記載の排熱回収ボイラにおいて、
前記タンクは、水と水蒸気とを分離する汽水胴である、
排熱回収ボイラ。
- [請求項3] 請求項1又は請求項2に記載の排熱回収ボイラにおいて、
前記第2配管の少なくとも一部が前記タンクの水が溜まる部分に配置されている、
排熱回収ボイラ。
- [請求項4] 請求項1から3のいずれか1項に記載の排熱回収ボイラにおいて、

前記水供給配管の前記合流部と前記伝熱管の前記水入口との間の水温を計測する水温計を、さらに備え、

前記制御装置は、前記水温計の計測の結果に応じて、前記水量調整バルブを調整、制御する、

排熱回収ボイラ。

[請求項5]

請求項1から4のいずれか1項に記載の排熱回収ボイラにおいて、

前記計測装置は、電極面を前記ダクトの内部に露出する電極部材を備えた第1腐食センサと、前記電極部材の温度を調整するプローブ温度調整機構と、を有する腐食モニタリング用プローブを備え、

前記制御装置は、前記腐食モニタリング用プローブの前記プローブ温度調整機構を制御することで、前記腐食モニタリング用プローブに複数の異なる温度における腐食速度を計測させ、前記複数の異なる温度における腐食速度の計測の結果から、腐食速度が許容値よりも低くなるような前記伝熱管に供給する水の温度を決定し、前記伝熱管に供給する水の温度を決定した温度に調整、制御する、

排熱回収ボイラ。

[請求項6]

請求項1から5のいずれか1項に記載の排熱回収ボイラにおいて、

前記計測装置は、前記ダクトの内部に露出する電極部材を備え、腐食速度を計測できる、第2腐食センサを有し、

前記制御装置は、前記第2腐食センサが計測した腐食速度が許容値を超えた時に、前記第1配管を流れる水の流量に対する前記第2配管を流れる水の流量の比率を増加させる制御をする、

排熱回収ボイラ。

[請求項7]

請求項1から6のいずれか1項に記載の排熱回収ボイラにおいて、

前記計測装置は、伝熱管近傍の温度を計測する温度計を有し、

前記制御装置は、前記温度計が計測した前記伝熱管近傍の温度が所定の基準温度を下回った時に、前記第1配管を流れる水の流量に対する前記第2配管を流れる水の流量の比率を増加させる制御をする、

排熱回収ボイラ。

[請求項8]

請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の排熱回収ボイラにおいて、
前記計測装置は、前記ダクトの内部の、排ガス成分である硫黄酸化物濃度を計測する SO_x 分析計、塩化水素濃度を計測する HCl 分析計及び水分濃度を計測する水分計、のうち少なくとも 1 つを備え、

前記制御装置は、前記硫黄酸化物濃度、前記塩化水素濃度及び前記水分濃度のうち少なくとも 1 つの計測の結果に応じて、露点温度を予測し、基準温度を決定する、

排熱回収ボイラ。

[請求項9]

請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の排熱回収ボイラにおいて、
前記水量調整バルブは、前記第 1 配管に取付けられ前記第 1 配管を流れる水の流量を調整する第 1 バルブと、前記第 2 配管に取付けられ前記第 2 配管を流れる水の流量を調整する第 2 バルブと、を有する、
排熱回収ボイラ。

[請求項10]

排ガスが流通する流路を有するダクトと、
水入口と水出口とを有し、前記ダクトの内部に配置された伝熱管と、

前記伝熱管の前記水入口と接続する水供給配管であって、分流部と、前記分流部よりも下流側に位置する合流部と、前記分流部から前記合流部までの間を形成する第 1 配管と、前記第 1 配管と前記分流部で枝分かれをして前記合流部で再び前記第 1 配管と合流する第 2 配管と、を有し、前記合流部を通過した水を前記伝熱管の前記水入口へ供給する、水供給配管と、

前記水出口と接続され、前記第 2 配管の少なくとも一部が内部に配置されているタンクと、

を備える排熱回収ボイラを用いて、

前記ダクトの内部の腐食速度、温度及び排ガス成分のうち少なくとも 1 つを計測する計測工程と、

前記計測工程の計測の結果に応じて、前記伝熱管に供給する水の温度を決定する温度決定工程と、

前記第 1 配管を流れる水の流量と前記第 2 配管を流れる水の流量との比率を調整し、前記伝熱管の表面温度を、前記温度決定工程で決定した温度に調整する温度調整工程と、

を有する、

排熱回収ボイラの伝熱管の温度の制御方法。

[請求項11]

請求項 10 に記載の排熱回収ボイラの伝熱管の温度の制御方法において、

前記計測工程は、前記ダクトの内部における複数の異なる温度における腐食速度を計測する工程を有し、

前記温度決定工程は、前記複数の異なる温度における腐食速度の計測の結果から、腐食速度が許容値よりも低い値となるような、前記伝熱管に供給する水の温度を決定する工程を有する、

排熱回収ボイラの伝熱管の温度の制御方法。