

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7152121号
(P7152121)

(45)発行日 令和4年10月12日(2022.10.12)

(24)登録日 令和4年10月3日(2022.10.3)

(51)国際特許分類	F I			
F 2 3 L 15/00 (2006.01)	F 2 3 L	15/00		B
F 2 3 J 15/00 (2006.01)	F 2 3 J	15/00		F
	F 2 3 J	15/00		B

請求項の数 13 (全42頁)

(21)出願番号	特願2019-500309(P2019-500309)	(73)特許権者	518055143
(86)(22)出願日	平成29年7月10日(2017.7.10)		アルヴォス ユングストローム エルエル
(65)公表番号	特表2019-525114(P2019-525114		シー
	A)		アメリカ合衆国 1 4 8 9 5 ニューヨー
(43)公表日	令和1年9月5日(2019.9.5)		ク州 ウェルズビル トゥルーアックス
(86)国際出願番号	PCT/US2017/041332		ロード 3 0 2 0
(87)国際公開番号	WO2018/009926	(74)代理人	100079049
(87)国際公開日	平成30年1月11日(2018.1.11)		弁理士 中島 淳
審査請求日	令和2年7月10日(2020.7.10)	(74)代理人	100084995
(31)優先権主張番号	PCT/US2017/041078		弁理士 加藤 和詳
(32)優先日	平成29年7月7日(2017.7.7)	(72)発明者	オーボイル、 ケビン
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		アメリカ合衆国 1 4 7 0 8 ニューヨー
(31)優先権主張番号	15/205,243		ク州 アルマ パンプ ステーション ロー
(32)優先日	平成28年7月8日(2016.7.8)	(72)発明者	ド 1 6 3
	最終頁に続く		マティソン、 グレン ディー .
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ボイラの効率を向上させるための方法及びシステム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

蒸気発生器システム(10)を制御するための方法であって、
 蒸気発生容器(11)、空気供給システム(13D)、空気予熱器(13)、及び前記空気予熱器の下流側設備を備えた蒸気発生器システム(10)を提供し、前記空気供給システム(13D)が、前記空気予熱器(13)を通して前記蒸気発生容器(11)と連通しており、前記蒸気発生容器(11)が、前記空気予熱器(13)と連通している、蒸気発生器システム(10)において、
 前記空気予熱器(13)への第1の量の空気(A1)を、前記空気供給システム(13D)が提供することと、
 前記蒸気発生容器(11)から煙道ガス混合物を排出することと、
 前記煙道ガス混合物の少なくとも一部を前記空気予熱器(13)に流すことと、
 前記煙道ガス混合物が前記空気予熱器(13)に入る前に、前記煙道ガス混合物内のSO₃を緩和することと、を含み、
 前記蒸気発生容器(11)、前記空気予熱器(13)、及び前記煙道ガス混合物の少なくとも1つと連通した熱取得手段を提供し、
 前記空気予熱器(13)のコールドエンドの金属温度が、前記空気予熱器(13)内の水の露点温度以上であり、かつ、硫酸の露点温度未満となるように、前記第1の量の空気の質量流量を制御することにより、前記蒸気発生器システム(10)、前記空気予熱器(13)、及び前記煙道ガス混合物の少なくとも1つから、第1の熱量を伝達し、それによ

り前記空気予熱器の下流側設備の低温腐食を抑制する、方法。

【請求項 2】

微粒子除去システム（14）及び煙道ガス脱硫システム（17）を提供することであって、前記微粒子除去システム（14）が、前記空気予熱器（13）の下流に位置し、前記煙道ガス脱硫システム（17）が、前記微粒子除去システム（13）の下流に位置している、微粒子除去システム（14）及び煙道ガス脱硫システム（17）を提供することと、

前記蒸気発生容器（11）を出る前記煙道ガス混合物のすべて又は一部を、前記空気予熱器（13）から前記微粒子除去システム（14）に直接排出し、それにより、前記煙道ガス混合物から微粒子を除去するとともに、第1の処理された煙道ガス混合物を形成することと、

10

前記第1の処理された煙道ガス混合物を、前記微粒子除去システム（14）から、前記煙道ガス脱硫システム（17）内に直接排出し、それにより、第2の処理された煙道ガス混合物を前記煙道ガス脱硫システム（17）内に形成、及び、前記煙道ガス脱硫システムから排出することと、をさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記第1の量の熱が第1の大きさであり、前記第1の大きさが、熱の第2の大きさの約10～25パーセントであり、前記熱の第2の大きさが、燃焼空気を予熱するために使用される、請求項1に記載の方法。

【請求項 4】

前記第1の量の空気（A1）が、燃焼空気として必要とされるのに十分な大きさである、請求項2に記載の方法。

20

【請求項 5】

煙道ガスの排出煙突（19）を提供することであって、前記蒸気発生容器（11）が、前記空気予熱器（13）、微粒子除去システム（14）、及び煙道ガス脱硫システム（17）の少なくとも1つを通して、前記排出煙突（19）と連通している、煙道ガス排出煙突を提供することと、

前記第1の量の熱の少なくとも一部を利用して、前記排出煙突の流出部の上流で、前記煙道ガス混合物の温度を、前記排出煙突（19）を出る視認可能な羽状物質を和らげるか、前記排出煙突（19）の腐食を和らげるのに十分な大きさに増大させることと、をさらに含む、請求項1に記載の方法。

30

【請求項 6】

前記微粒子除去システム（14）、前記煙道ガス脱硫システム（17）、及び中間のダクト装置の少なくとも1つを選択的に予熱するように、ボイラを始動させる間に前記第1の量の熱の少なくとも一部を利用することと、

石炭の乾燥設備のために、ボイラの動作中に前記第1の量の熱の少なくとも一部を利用して、次いで周囲の空気にベントすることと、

前記第1の量の熱の少なくとも一部を周囲の空気に放出することと、

前記蒸気発生器システム（10）の発熱率を向上させるために、前記第1の量の熱の少なくとも一部を利用することと、

前記蒸気発生器システム（10）に供給された供給水又は凝縮物を予熱するために、前記第1の量の熱の少なくとも一部を利用することと、

40

前記微粒子除去システム（14）及び前記蒸気発生容器（11）の少なくとも1つと連通した湿式アッシュ除去システム（29）から排出されるアッシュスラリーからの水を気化させるために、前記第1の量の熱の少なくとも一部を利用することと、

廃水システムからの廃水を低減するために、前記廃水システム内の前記第1の量の熱の少なくとも一部を利用することと、の少なくとも1つをさらに含む、請求項2に記載の方法。

【請求項 7】

（a）廃水システム（77、77'）内の廃水を蒸発させるための、前記廃水システム（77、77'）への前記第1の量の空気（A1）の一部と、

50

(b) 前記廃水システム(77、77')内の前記廃水を蒸発させるための、前記廃水システム(77、77')への前記第1の量の空気(A1)の一部及び前記煙道ガス混合物の一部と、

の少なくとも1つを供給することと、

前記廃水システム内の微粒子の廃棄物を形成することと、

前記微粒子の廃棄物を前記微粒子除去システム(14)に移送することと、をさらに含んでいる、請求項2又は請求項6に記載の方法。

【請求項8】

前記煙道ガス混合物内の前記SO₃を前記緩和することには、

化学的に精製することと、

前記蒸気発生器システム(10)に低硫黄燃料を供給することと、の少なくとも1つが含まれる、請求項1から請求項7のいずれか一項に記載の方法。

【請求項9】

前記化学的に精製することには、

(a) 前記煙道ガス混合物(FG)を前記空気予熱器(13)に通す前に、不活性の塩へ、前記煙道ガス混合物内の前記SO₃を化学的に精製することと、

(b) ソジウム、マグネシウム、カリウム、アンモニウム、及び/又はチオ硫酸カルシウムを含むとともに、

(i) 少なくとも1つの可溶性塩の化合物を含むか、

(ii) 炭酸ナトリウム、重炭酸ナトリウム、水酸化ナトリウム、水酸化アンモニウム、水酸化カリウム、炭酸カリウム、及び重炭酸カリウムの少なくとも1つを含む、

試薬の水性懸濁液を噴霧することと、

(c) 前記少なくとも1つの可溶性塩の化合物の乾燥粒子を含む微粒子のミストを形成することと、

(d) 前記微粒子のミストを前記煙道ガス混合物内の前記SO₃と反応させることと、が含まれている、請求項8に記載の方法。

【請求項10】

請求項1から請求項9のいずれか一項に従って作動するように構成されるように、蒸気発生器システム(10)の装置を改良するための方法。

【請求項11】

微粒子除去システム(14)から煙道ガス脱硫システム(17)内に第1の処理された煙道ガス混合物を直接排出することが、前記装置の改良の前に、前記蒸気発生器システム(10)内の、前記微粒子除去システム(14)と前記煙道ガス脱硫システム(17)との間に存在する少なくとも1つの熱交換器を使用することを含んでいる、請求項10に記載の、蒸気発生器の装置を改良するための方法。

【請求項12】

請求項1から請求項11のいずれか一項に従って作動するように構成された蒸気発生器システム(10)。

【請求項13】

蒸気発生器システム(10)を制御するための方法であって、

蒸気発生容器(11)、空気供給システム(13D)、空気予熱器(13)、微粒子除去システム(14)、及び廃水システムを備えた蒸気発生器システム(10)を提供し、前記空気供給システム(13D)が、前記空気予熱器(13)を通して前記蒸気発生容器(11)と連通しており、前記蒸気発生容器(11)が前記空気予熱器(13)と連通しており、前記廃水システムが前記蒸気発生器システム(10)と連通しており、前記微粒子除去システム(14)が前記空気予熱器(13)の下流に位置している、蒸気発生器システム(10)において、

前記空気供給システム(13D)が、前記空気予熱器(13)に第1の量の空気(A1)を提供することと、

前記第1の量の空気(A1)の少なくとも一部を前記蒸気発生容器(11)に、燃焼空

10

20

30

40

50

気として提供することと、

前記蒸気発生容器（１１）から煙道ガス混合物を排出することと、

前記煙道ガス混合物の少なくとも一部を前記空気予熱器（１３）に流すことと、

前記煙道ガス混合物が前記空気予熱器（１３）に入る前に、前記煙道ガス混合物内の SO_3 を緩和することと、

（a）前記廃水システム内の廃水を蒸発させるための、前記廃水システムへの前記第１の量の空気（A１）の一部と、

（b）前記廃水システム内の廃水を蒸発させるための、前記廃水システムへの、前記第１の量の空気（A１）の一部及び前記煙道ガス混合物の一部と、

の少なくとも１つを供給することと、

前記廃水システム内の微粒子の廃棄物を形成することと、

前記微粒子の廃棄物を前記微粒子除去システム（１４）に移送することと、を含み、

前記蒸気発生容器（１１）、前記空気予熱器（１３）、及び前記煙道ガス混合物の少なくとも１つと連通した熱取得手段を提供し、

前記空気予熱器（１３）が、前記空気予熱器（１３）内の水の露点温度以上であり、かつ、硫酸の露点温度未満であるコールドエンドの金属温度を有するように、前記蒸気発生器システム（１０）、前記空気予熱器（１３）、及び前記煙道ガス混合物の少なくとも１つから、第１の熱量を伝達する、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、概して、化石燃料を燃やす蒸気発生器の効率、及び、粒子の除去の効率を向上させるための方法及びシステムに関し、より詳細には、付着物を低減することにより空気予熱器の効率を向上させ、また、空気予熱器の上流の SO_3 の緩和を使用することにより、化石燃料を燃やす蒸気発生器の熱効率及び静電集塵器の効率を向上させるため、並びに、スタックガスの再加熱の促進及び／又は別の方法により、蒸気発生器を備えた火力発電所の発熱率をさらに向上させるための、方法及びシステムを対象としている。

【背景技術】

【０００２】

火力発電所は、通常、化石燃料を燃やす蒸気発生器システムを含んでいる。このシステム内では、燃料（たとえば、石炭、天然ガス、及び／又は石油）が燃やされて、電気グリッドに電気を供給するタービン発電機を駆動させるための蒸気を発生させる。火力発電所の全体の効率は、グリッドに供給された使用可能な電力の、そのような出力を形成するためのエネルギーの入力と比較した割合である。エネルギーの入力には、蒸気発生容器内での、最初の燃料の燃焼によって放出される入力のみならず、ファン、ポンプ、及びモータを含む補助設備、汚染管理設備を作動させるのに必要なエネルギー源、固有の熱伝導損失、及び、しばしば、周囲への煙道ガスの適切な分散を確実にする、スタックの再加熱を達成するのに必要なエネルギー源などの第２のエネルギー源も含まれている。

【０００３】

電流の発生、及び、化学処理プラントにおける使用のための蒸気を発生させるために採用される、多くのタイプの蒸気発生器システムが存在する。いくつかの蒸気発生器システムは、石炭、天然ガス、及び石油などの化石燃料を蒸気発生容器内で燃焼させる。蒸気発生容器への空気の供給が、燃料の燃焼のための酸素を提供するために必要である。燃料の燃焼により、高温の燃焼副産物が、蒸気発生容器から排出される煙道ガス流内に発生することになる。蒸気発生器システムの熱効率を向上させるために、蒸気発生容器へ供給される空気は、回転空気予熱器（APH）などのAPH内で煙道ガス流から熱を回収することによって加熱される。

【０００４】

APHの効率は、より高い効率の伝熱要素、及び、より大である伝熱面積を有する伝熱要素を使用することにより、増大させることができる。しかし、当業者は、本明細書に記

10

20

30

40

50

載のように、汚染物質の制御に関する動作の制限のために、より高い効率の伝熱要素及びより大である伝熱面積の伝熱要素を使用することで利用可能な、増大したAPH効率の完全な潜在能力を実現できていない。

【0005】

煙道ガス流内の副産物には、粒子状の物質及び汚染物質が含まれる場合がある。たとえば、石炭の燃焼により、フライアッシュの形態の粒子状の物質などの燃焼副産物、並びに、窒素酸化物(NO_x)、二酸化硫黄 SO_2 、及び三酸化硫黄 SO_3 (しばしば、まとめて SO_x と呼ばれる)などの汚染物質を生じることになる。 SO_2 は、高硫黄石炭などの、硫黄を含む燃料の燃焼の結果として形成される。 SO_3 は、たとえば、煙道ガス内の酸素の含有量が非常に多い場合か、煙道ガスの温度が非常に高い(たとえば、セ氏800度より大)である場合に、 SO_2 の酸化によって形成される。 SO_3 は、除去することが非常に困難である、硫酸(H_2SO_4)のミストとして知られている液体エアゾールを形成する場合がある。

10

【0006】

環境に関する法律及び規定により、環境内への粒子状の物質及び汚染物質の排出量が制限されている。このため、様々な処理システムが、粒子状の物質及び汚染物質の排出を制御するために採用されている。たとえば、選択接触還元(SCR)が、 NO_x とも呼ばれる窒素酸化物を、触媒の助けで、二原子の窒素(N_2)及び水(H_2O)に変換するための処理手段である。バグハウス、湿式静電集塵機(ESP)、及び乾式ESPなどの粒子制御システムを、煙道ガス流から粒子状の物質を除去するために採用することができる。乾式ESPは、湿式ESPよりも高効率かつ、維持が容易であるが、乾式ESPは、湿式ESPよりも乾燥した煙道ガス流を必要とする。乾燥した煙道ガス流を形成することは、APHのコールドエンドにおいて、煙道ガスの温度が SO_3 の露点未満に低下する際に、凝縮が生じ得、それにより、 SO_3 に H_2SO_4 を形成させることになり、比較的湿度の高い煙道ガスを生じることになることから、困難である場合がある。さらに、煙道ガスが H_2SO_4 のミストを含む場合、効率のより低い湿式ESPが、 H_2SO_4 を除去するために、通常は採用される。さらに、ESPは、煙道ガスの温度が高い(たとえば、130以上)場合、塵の付着(たとえば、ESP収集プレート及び除去用溝でのフライアッシュの望ましくない蓄積)が生じる傾向にある。

20

【0007】

粒子状の物質及び汚染物質の制御のために採用される別のシステムは、煙道ガス脱硫(FGD)システムである。FGDシステムは基本的に、たとえば SO_2 吸収器を使用することにより、あらゆる SO_2 を除去することを対象としている。湿式 SO_2 吸収器は通常、吸収剤を混合した水を、 SO_2 吸収器を通る煙道ガス流に噴霧して、煙道ガスから SO_2 を吸収する。 SO_2 吸収器を出る煙道ガスは、いくらかの SO_2 を包含する水で飽和する。FGDシステムの作動上の制限の1つが、 SO_2 吸収器を出る煙道ガスが、ファン、ダクト、及びスタックなどの、下流の設備に対して高度に腐食性である場合があることである。FGDシステムの別の作動上の制限は、 SO_2 吸収器が、十分な水の供給と、吸収剤の再生設備とを必要とすることである。

30

【0008】

APHに関する作動上の制限の1つは、伝熱効率及び伝熱面積が増大した伝熱要素を採用することにより、煙道ガスの温度を SO_3 の露点未満に低下させ得ることである。この SO_3 の露点未満の温度では、APHのコールドエンドにおいて凝縮が生じ得る。 SO_3 は、水と反応して、APH伝熱要素で濃縮される硫酸 H_2SO_4 を形成する。粒子状の物質は、濃縮された H_2SO_4 に付着する場合があり、APHに付着物を生じる。この作動上の制限に基づき、当業者は、構成要素の温度、及び/又は、APHを出る煙道ガスの温度を、 SO_3 の露点未満に低減させること、並びに、伝熱要素及び伝熱面積の効率が向上したAPHをさらに採用することを思いとどまってきた。したがって、この、APHの効率を向上させることの完全な潜在能力を完全に実現することができないことにより、蒸気発生器システムの熱効率を、その完全な潜在能力まで増大されるように、増大させる能力

40

50

が制限される。

【 0 0 0 9 】

従来技術の蒸気発生器システムの詳細な議論は、協同所有の P C T 特許出願第 P C T / U S 2 0 1 7 / 1 3 4 5 9 号に提供されている。この文献の主題は、その全体が、本明細書に組み込まれる。

【 0 0 1 0 】

上述の事項に基づき、熱効率が向上した蒸気発生器システム、並びに、粒子状の物質及び汚染物質の処理システムに関する要請が存在する。

【 発明の概要 】

【 0 0 1 1 】

蒸気発生器システムの効率を向上させるための方法が本明細書に開示されている。本方法は、蒸気発生容器、空気供給システム、及び空気予熱器を有する蒸気発生器システムを提供することを含んでいる。空気供給システムは、空気予熱器を通して蒸気発生容器と連通しており、蒸気発生容器は、空気予熱器と連通している。空気供給システムは、第 1 の量の空気を空気予熱器に提供し、第 1 の量の空気のいくらか又はすべては、蒸気発生容器に、燃焼空気として提供される。本方法は、蒸気発生容器から、煙道ガス混合物を排出することと、煙道ガス混合物の少なくとも一部を空気予熱器に流すことと、を含んでいる。本方法は、煙道ガス混合物が空気予熱器に入る前に、煙道ガス混合物内の $S O_3$ を緩和することを含んでいる。

10

【 0 0 1 2 】

一実施形態では、熱取得手段（たとえば、熱交換器、燃焼空気の予熱に必要な量、及び/又は、水（ H_2O ）の露点が露天付近における温度までの煙道ガスの冷却に必要な量以上の熱伝達能力を有する、空気予熱器内の伝熱要素、ダクト構成、混合器、チューブ、タンクなど）は、蒸気発生器、空気予熱器、第 1 の量の空気、及び/又は煙道ガス混合物と連通している。一実施形態では、本方法は、蒸気発生器、空気予熱器、第 1 の量の空気、及び/又は煙道ガス混合物から第 1 の量の熱を伝達することを含んでいる。

20

【 0 0 1 3 】

一実施形態では、本方法は、微粒子除去システム及び煙道ガス脱硫システムを提供することを含んでいる。微粒子除去システムは、空気予熱器の下流に位置し、煙道ガス脱硫システムは、微粒子除去システムの下流に位置している。一実施形態では、本方法は、蒸気発生容器を出る煙道ガス混合物のすべて又は一部を、空気予熱器から微粒子除去システムに直接排出し、それにより、煙道ガス混合物から微粒子を除去するとともに、第 1 の処理された煙道ガス混合物を形成することを含んでいる。一実施形態では、本方法は、第 1 の処理された煙道ガス混合物を、微粒子除去システムから、煙道ガス脱硫システム内に排出し、それにより、第 2 の処理された煙道ガス混合物を、煙道ガス脱硫システム内で形成、及び、煙道ガス脱硫システムから排出することを含んでいる。

30

【 0 0 1 4 】

一実施形態では、第 1 の量の熱は、燃焼空気を予熱するために使用される量の約 1 0 ~ 約 2 5 パーセントの大きさである。一実施形態では、第 1 の量の空気は、燃焼空気として必要とされるのに十分な大きさである。

40

【 0 0 1 5 】

一実施形態では、煙道ガス排出煙突が、蒸気発生器システムに設けられている。蒸気発生容器は、空気予熱器、微粒子除去システム及び/又は、煙道ガス脱硫システムを通して排出煙突と連通している。一実施形態では、本方法は、第 1 の量の熱の少なくとも一部を利用して、スタックの流出部の上流で、煙道ガス混合物の温度を、視認可能な羽状物質が排出煙突を出ることを和らげるか、排出煙突の腐食を和らげるのに十分な大きさに増大させること含んでいる。

【 0 0 1 6 】

一実施形態では、本方法は、(1) 微粒子除去システム、煙道ガス脱硫システム、及び中間のダクト装置の少なくとも 1 つを選択的に予熱するように、ボイラを始動させる間に

50

第1の量の熱の少なくとも一部を利用することと、(2)石炭の乾燥設備のために、ボイラの動作中に第1の量の熱の少なくとも一部を利用し、次いで周囲の空気にベントすることと、(3)第1の量の熱の少なくとも一部を周囲の空気に放出することと、(4)蒸気発生器システムの発熱率を向上させるために、第1の量の熱の少なくとも一部を利用することと、(5)微粒子除去システム及び蒸気発生容器の少なくとも1つと連通した湿式アッシュ除去システムから排出されるアッシュスラリーから水を気化させるために、第1の量の熱の少なくとも一部を利用することと、(6)廃水システムからの排水を低減するために、廃水システム内の第1の量の熱の少なくとも一部を利用することと、の1又は複数を含んでいる。

【0017】

一実施形態では、発熱率を向上させることには、(1)蒸気サイクル効率を向上させるために、第1の量の熱の少なくとも一部を利用することと、(2)蒸気発生器システムに供給された供給水又は凝縮物を予熱するために、第1の量の熱の少なくとも一部を利用することと、(3)蒸気発生器システム内の所内動力(たとえば、空間及び飲料水の加熱、並びに、電動モータの代わりにファンなどの回転設備を駆動させるためのタービンのための蒸気、並びに、発電のために使用される蒸気のためのもの以外の、他の蒸気又は加熱負荷)を低減するために、第1の量の熱の少なくとも一部を利用することと、の1又は複数が含まれる。

【0018】

一実施形態では、本方法は、煙道ガス混合物の一部と、第1の量の空気の一部との少なくとも一方を、廃水システムに供給して、廃水システム内の廃水を蒸発させることと、廃水システム内の微粒子の廃棄物を形成することと、微粒子の廃棄物を微粒子除去システムに移送することと、を含んでいる。

【0019】

一実施形態では、煙道ガス混合物内のSO₃を緩和することには、化学的に精製すること、及び/又は蒸気発生器システムに低硫黄燃料を供給することが含まれる。

【0020】

一実施形態では、空気予熱器は、約セ氏288度～セ氏399度(華氏550度～華氏750度)に第1の量の空気を加熱するように構成されている。

【0021】

一実施形態では、空気供給システムは、第1の量の空気を、空気予熱器に、空気予熱器を出る煙道ガス混合物の第1の温度を達成するのに十分な質量流量で提供し、第1の温度は、空気予熱器が、以下の方程式に従って計算された、少なくとも1%の向上された熱回収量(HR)で作動する、向上された空気予熱器によって規定されるコールドエンドの流出温度を有するような温度である。

【0022】

$$HR = 100\% \times ((T_{gi} - T_{goAdvX}) / (T_{gi} - T_{goSTD}) - 1)$$

【0023】

一実施形態では、空気予熱器は、空気予熱器内の水の露点温度以上(たとえば、露点温度よりかなり低くはない、ほぼ等しい、又は、露点温度よりかなり高くはない)のコールドエンドの金属温度であり、コールドエンドの金属温度は硫酸の露点温度未満であるようになっており、第1の温度は、約セ氏105度(華氏220度)～約セ氏125度(華氏257度)である。本明細書で使用される場合、「水の露点温度以上(nolessthan a water dew point temperature)」との用語は、水の露点温度にほぼ等しい温度を暗示し、それにより、付着物の腐食を生じる空気予熱器内の伝熱要素が恒久的に湿潤しないようになっている。

【0024】

一実施形態では、空気予熱器は、空気予熱器内の水の露点温度のセ氏0.5度内であるコールドエンドの金属温度である。一実施形態では、空気予熱器は、空気予熱器内の水の露点温度のセ氏1度内であるコールドエンドの金属温度である。一実施形態では、空気予

10

20

30

40

50

熱器は、空気予熱器内の水の露点温度のセ氏2度内であるコールドエンドの金属温度である。一実施形態では、空気予熱器は、空気予熱器内の水の露点温度のセ氏3度内であるコールドエンドの金属温度である。一実施形態では、空気予熱器は、空気予熱器内の水の露点温度のセ氏4度内であるコールドエンドの金属温度である。一実施形態では、空気予熱器は、空気予熱器内の水の露点温度のセ氏5度内であるコールドエンドの金属温度である。

【0025】

各方法に従って作動するように構成されるように、蒸気発生器システムの装置を改良するための方法が本明細書にさらに開示されている。装置を改良する実施形態では、微粒子除去システムから煙道ガス脱硫システム内に第1の処理された煙道ガス混合物を直接排出することが、装置の改良の前に、蒸気発生器システム内の、微粒子除去システムと煙道ガス脱硫システムとの間に存在する1又は複数の熱交換器を使用することを含んでいる。

10

【0026】

前述の方法に従って作動するように構成された蒸気発生器システムが、本明細書にさらに開示されている。

【0027】

蒸気発生器システムの効率を向上させるための方法が本明細書に開示されている。本方法は、蒸気発生容器と、空気供給システムと、向上した空気予熱器（たとえば、前に製造名AXRM（商標）で与えられた、AdvX（商標）の空気予熱器）と、微粒子除去システム（たとえば、乾式静電沈殿器、及び/又は、織物フィルタ）と、煙道ガス脱硫システムと、煙道ガス排出煙突と、を有する蒸気発生器システムを提供することを含んでいる。空気供給システムは、空気予熱器を通して蒸気発生容器と連通している。蒸気発生容器は、空気予熱器、微粒子除去システム、及び煙道ガス脱硫システムを通して排出煙突と連通している。微粒子除去システムは、空気予熱器の下流に位置している。煙道ガス脱硫システムは、微粒子除去システムの下流に位置しており、排出煙突は、煙道ガス脱硫システムの下流に位置している。本方法は、空気供給システムに、第1の量の空気を、空気予熱器に、空気予熱器を出る煙道ガス混合物の第1の温度を達成するのに十分な質量流量で提供させることを含んでいる。第1の温度は、空気予熱器が、以下の方程式に従って計算された、少なくとも1%の向上された熱回収量（HR）で作動する、向上された空気予熱器によって規定されるコールドエンドの流出温度を有するような大きさである。

20

【0028】

$$HR = 100\% \times ((T_{gi} - T_{goAdvX}) / (T_{gi} - T_{goSTD}) - 1)$$
ここで、

30

【0029】

T_{gi} = 煙道ガス流入温度、すなわち、空気予熱器に入る煙道ガス混合物の流入温度であり、

【0030】

T_{goAdvX} = 煙道ガス流出温度、すなわち、向上された空気予熱器を出る煙道ガス混合物の流出温度であり、

【0031】

T_{goSTD} = 煙道ガス流出温度、すなわち、標準的な空気予熱器を出る煙道ガス混合物の流出温度である。

40

【0032】

本方法は、蒸気発生容器内で発生した煙道ガス混合物内の SO_3 を緩和することを含んでいる。 SO_3 の緩和は、煙道ガス混合物が空気予熱器に入る前に生じる。本方法は、セ氏約288度～セ氏399度（華氏550度～華氏750度）の第2の温度に第1の量の空気を加熱するように空気予熱器を構成することを含んでいる。本方法は、燃料の燃焼のために、第1の量の空気の第1の部分又はすべてを、燃焼空気として蒸気発生容器に供給することを含んでいる。煙道ガス混合物は、第1の温度で、空気予熱器から微粒子除去システムに直接排出し、それにより、煙道ガス混合物から微粒子を除去するとともに、第1の処理された煙道ガス混合物を形成する。本方法は、さらに、微粒子除去システムから蒸

50

気発生容器を出る第1の処理された煙道ガス混合物のすべて又は一部を、煙道ガス脱硫システム内に直接排出し、それにより、第2の処理された煙道ガス混合物を、たとえば、限定ではないが、セ氏52度～約セ氏60度（華氏125度～華氏140度）の第3の温度で、煙道ガス脱硫システム内で形成、及び、煙道ガス脱硫システムから排出することを含んでいる。第3の温度は、第2の処理された煙道ガス混合物を第3の温度で直接的に（たとえば、混合を介して）又は間接的に（たとえば、熱交換器を使用して）加熱する煙道ガス再加熱空気として、空気の第2の部分の注入を促進し、それにより、排出煙突に入る前に、第4の温度（たとえば、少なくとも約セ氏68度（華氏155度））で、第3の処理された煙道ガス混合物を形成するのに十分な大きさである。第3の温度は、煙道ガス再加熱空気が、第4の温度を、排出煙突を出る、視認可能な羽状物質を和らげ、かつ、排出煙突内の腐食を和らげるのに十分な大きさに上昇させるのに十分な大きさである。最後に、本方法は、第3の処理された煙道ガス混合物を、第4の温度で排出煙突に入れることを含んでいる。

10

【0033】

一実施形態では、第1の量の空気は、蒸気発生容器内の燃料の燃焼に必要とされる以上の大きさであり、空気の第2の部分は、空気予熱器から第2の温度で供給された第1の量の空気の第2の部分である。一方、別の実施形態では、煙道ガス混合物は、空気予熱器の上流で2つの流れに分けられ、この中で、第1の流れは、空気予熱器に供給され、次いで、空気予熱器から排出される煙道ガス混合物の前述の部分であり、第2の流れは、空気予熱器の上流のダクト装置を介して排出される。その別の実施形態では、第2の流れは、次いで、熱交換器を通して供給されるとともに注入されて、空気予熱器の下流で、第1の流れと再び合わせられる。通常、第2の流れは次いで、熱交換器を通して供給され、空気の第2の部分は、煙道ガス再加熱空気として注入する前に、熱交換器内の煙道ガスの第2の流れによって加熱される。

20

【0034】

一実施形態では、空気予熱器は、空気予熱器内の水の露点の温度以上であるコールドエンドの金属温度であり、それにより、コールドエンドの金属温度が、硫酸の露点未満であり、第1の温度が、約セ氏105度（華氏220度）～約セ氏125度（華氏257度）であるようになっている。

【0035】

一実施形態では、第1の量の空気の第3の部分は、ボイラを始動させる間、微粒子除去システム、煙道ガス脱硫システム、及び中間のダクト装置の1又は複数を選択的に予熱するように、予熱空気として提供されるか、石炭の乾燥設備のために、ボイラの動作中に提供され、次いで周囲の空気にベントされる。別の実施形態では、煙道ガス混合物の第2の流れは、次いで、煙道ガス再加熱空気としての注入のために、空気の第2の部分を提供する空気流を加熱するように、熱交換器を通して供給される。さらに、その別の実施形態では、空気流は、空気の第3の部分を、ボイラを始動させる間、微粒子除去システム、煙道ガス脱硫システム、及び中間のダクト装置の少なくとも1つを選択的に予熱するように、予熱空気として提供するか、石炭の乾燥設備のために、ボイラの動作中に提供され、次いで周囲の空気にベントされる。

30

40

【0036】

一実施形態では、蒸気発生器システムは、選択接触還元システムをさらに含み、蒸気発生容器は、選択接触還元システムを通して空気予熱器と連通している。

【0037】

一実施形態では、蒸気発生器システムは、煙道ガス再加熱空気及び/又は予熱空気微粒子除去システムの1又は複数を含み、空気予熱器は、煙道ガス再加熱空気及び/又は予熱空気微粒子除去システムを通して排出煙突と連通している。煙道ガス再加熱空気及び/又は予熱空気微粒子除去システムは、微粒子汚染物質を、煙道ガス混合物からの空気予熱器内の漏洩（たとえば、たとえば非効率であるか損傷したセクタールを使用することによる）からの空気の第2の部分に導入される、空気の第2の部分から除去する。

50

【 0 0 3 8 】

一実施形態では、蒸気発生器システムはさらに、蒸気発生容器と空気予熱器との間に配置された湿度センサを含んでおり、本方法は、第1の温度の大きさを判定するために、湿度センサにより、煙道ガス混合物の湿度を測定することを含んでいる。

【 0 0 3 9 】

一実施形態では、蒸気発生器システムはさらに、赤外線センサを含んでおり、本方法には、空気予熱器内のコールドエンドの金属温度を赤外線センサで判定することと、コールドエンドの金属温度を水の露点の温度と比較することと、コールドエンドの金属温度を水の露点の温度以上に制御することと、が含まれている。一実施形態では、煙道ガス混合物内の SO_3 を緩和することには、低硫黄燃料を蒸気発生容器に供給することが含まれており、低硫黄燃料は、5百万分率未満の SO_3 を生成する。

10

【 0 0 4 0 】

一実施形態では、煙道ガス混合物内の SO_3 を緩和することは、煙道ガス混合物を空気予熱器に通す前に、煙道ガス混合物内の SO_3 を除去することを含んでいる。

【 0 0 4 1 】

一実施形態では、煙道ガス混合物内の SO_3 を緩和することは、煙道ガス混合物を空気予熱器に通す前に、不活性の塩へ煙道ガス混合物の SO_3 を化学的に精製することを含んでいる。たとえば、化学的に精製することには、ソジウム、マグネシウム、カリウム、アンモニウム、及び/又はチオ硫酸カルシウムを含み、また、チオ硫酸塩及び塩化物の化学種などの1又は複数の可溶性塩の複合物を含むか、炭酸ナトリウム、重炭酸ナトリウム、水酸化ナトリウム、水酸化アンモニウム、水酸化カリウム、炭酸カリウム、及び重炭酸カリウムの少なくとも1つを含む、試薬の水性懸濁液を噴霧して、煙道ガス内の SO_3 と反応することができる少なくとも1つの可溶性塩の複合物の乾燥粒子を含む粒子ミストを形成することが含まれている場合がある。

20

【 0 0 4 2 】

一実施形態では、本方法は、煙道ガス脱硫システムと排出煙突との間に注入デバイス（たとえば、ダクトマニホールド）をさらに設けることを含み、空気の第2の部分の、第2の温度での、第3の温度での第2の煙道の処理された煙道ガス混合物を伴う注入が、注入デバイスに生じる。

【 0 0 4 3 】

一実施形態では、注入デバイスは、煙道ガス脱硫システムと排出煙突との間に配置されたダクトマニホールドを含んでいる。ダクトマニホールドは、第2の処理された煙道ガス混合物を受領するための流入部、空気の第2の部分を受領するための枝接続、及び、排出煙突と連通している流出部を有している。一実施形態では、注入デバイスは、混合器、回転ベーン、及び/又はタブレットデバイスを含んでいる。

30

【 0 0 4 4 】

一実施形態では、煙道ガス混合物を第1の温度で、空気予熱器から微粒子除去システムに直接排出することは、空気予熱器と微粒子除去システムとの間に配置された熱交換器を伴わずに達成される。

【 0 0 4 5 】

一実施形態では、第1の処理された煙道ガス混合物を微粒子除去システムから煙道ガス脱硫システム内に直接排出することは、微粒子除去システムと煙道ガス脱硫システムとの間に配置された熱交換器を伴わずに達成される。

40

【 0 0 4 6 】

一実施形態では、空気予熱器と煙道ガス脱硫システムとの間に熱交換器が配置されていない。

【 0 0 4 7 】

一実施形態では、煙道ガス脱硫システムと排出煙突との間にファンが配置されていない。

【 0 0 4 8 】

一実施形態では、第1の量の空気の第2の部分の注入は、1パーセント～16パーセン

50

トの、第2の処理された煙道ガス混合物に対する第2の部分の質量比で行われる。一実施形態では、第1の量の空気の第2の部分の注入は、9パーセント～16パーセントの、第2の処理された煙道ガス混合物に対する第2の部分の質量比で行われる。

【0049】

蒸気発生器システムの効率を向上させるための方法が本明細書に開示されている。本方法は、蒸気発生容器、空気供給システム、向上した空気予熱器、微粒子除去システム、及び煙道ガス排出煙突を含む蒸気発生器システムを提供することを含んでいる。空気供給システムは、空気予熱器を通して蒸気発生容器と連通しており、蒸気発生容器は、空気予熱器及び微粒子除去システムを通して排出煙突と連通している。微粒子除去システムは、空気予熱器の下流に位置し、排出煙突は、微粒子除去システムの下流に位置している。空気供給システムは、第1の量の空気を、空気予熱器に、空気予熱器を出る煙道ガス混合物の第1の温度を達成するのに十分な質量流量で提供する。第1の温度は、空気予熱器が、以下の方程式に従って計算された、少なくとも1%の向上された熱回収量(HR)で作動する、向上された空気予熱器によって規定されるコールドエンドの流出温度を有するような温度である。

10

【0050】

$HR = 100\% \times ((T_{gi} - T_{goAdvX}) / (T_{gi} - T_{goSTD}) - 1)$ ここで、

【0051】

T_{gi} = 煙道ガス流入温度、すなわち、空気予熱器に入る煙道ガス混合物の流入温度であり、

20

【0052】

T_{goAdvX} = 煙道ガス流出温度、すなわち、向上された空気予熱器を出る煙道ガス混合物の流出温度であり、

【0053】

T_{goSTD} = 煙道ガス流出温度、すなわち、標準的な空気予熱器を出る煙道ガス混合物の流出温度である。

【0054】

本方法は、蒸気発生容器内で発生した煙道ガス混合物内の SO_3 を緩和することを含み、この SO_3 の緩和が、煙道ガス混合物が空気予熱器に入る前に生じる。空気予熱器は、約288度～セ氏399度(華氏550度～華氏750度)の第2の温度に第1の量の空気を加熱するように構成されている。第1の量の空気の第1の部分又はすべては、燃料の燃焼のために、燃焼空気として蒸気発生容器に供給される。煙道ガス混合物、又はその少なくとも一部は、第1の温度で、空気予熱器から微粒子除去システムに直接排出し、それにより、煙道ガス混合物から微粒子を除去するとともに、第1の処理された煙道ガス混合物を形成する。第1の処理された煙道ガス混合物は、微粒子除去システムから、煙道ガス脱硫システム内に直接排出され、それにより、第2の処理された煙道ガス混合物を第3の温度で、煙道ガス脱硫システム内で形成、及び、煙道ガス脱硫システムから排出することを含んでいる。第3の温度は、石炭の乾燥設備に熱を提供する、予熱空気としての空気の第2の部分の注入を促進し、及び/又は、蒸気発生容器を予熱するのに十分な大きさである。

30

40

【0055】

一実施形態では、空気予熱器は、空気予熱器内の水の露点の温度以上であるコールドエンドの金属温度であり、それにより、コールドエンドの金属温度が、硫酸の露点未満であり、第1の温度が、約セ氏105度(華氏220度)～約セ氏125度(華氏257度)であるようになっている。

【0056】

蒸気発生器システムの効率を向上させるためのシステムが本明細書に開示されている。本システムは、蒸気発生容器と、蒸気発生容器と連通している空気予熱器と、蒸気発生容器に、空気予熱器を通して空気を提供するように構成された空気供給システムと、微粒子

50

除去システム（たとえば、乾式静電沈殿器及び／又は織物フィルタ）と、煙道ガス脱硫システムと、排出煙突とを含んでいる。蒸気発生容器は、空気予熱器、微粒子除去システム、及び煙道ガス脱硫システムを通して排出煙突と連通している。微粒子除去システムは、空気予熱器の直接下流に位置している。煙道ガス脱硫システムは、微粒子除去システムの直接下流に位置している。排出煙突は、煙道ガス脱硫システムの直接下流に位置している。空気供給システムは、第1の量の空気を、空気予熱器に、空気予熱器を出る煙道ガス混合物の第1の温度を達成するのに十分な質量流量で提供するように構成されている。第1の温度は、空気予熱器が、空気予熱器内の水の露点以上のコールドエンドの金属温度であり、かつ、コールドエンドの金属温度が硫酸の露点温度未満であるような大きさである。第1の温度は、約セ氏105度（華氏220度）～約セ氏125度（華氏257度）である。本システムは、空気予熱器の上流のSO₃の緩和を含んでおり、SO₃緩和は、蒸気発生容器内で発生した煙道ガス混合物内のSO₃を緩和するように構成されている。空気予熱器は、約288度～セ氏399度（華氏550度～華氏750度）の第2の温度に第1の量の空気を加熱するように構成されている。微粒子除去システムは、煙道ガス混合物を、第3の温度、たとえば、限定ではないが、セ氏52度～約セ氏60度（華氏125度～華氏140度）で、煙道ガス脱硫システムに直接搬送するように構成されている。過度な空気のダクトは、空気予熱器と連通している。第2のダクトは、煙道ガス脱硫システムと排出煙突との間に位置している。過度な空気のダクトは、第1の量の空気の第2の部分を、空気予熱器からの第2の温度で、空気予熱器から供給される煙道ガスの再加熱空気として、第2のダクトに送るように構成されている。本システムは、煙道ガス脱硫システムと排出煙突との間に位置する注入デバイス（たとえば、ダクトマニホールド）を含んでいる。注入デバイスは、煙道ガスを排出煙突内に、第4の温度（たとえば、少なくとも約セ氏68度（華氏155度））で排出するように構成されている。第3の温度は、煙道ガス再加熱空気が、第4の温度を、排出煙突を出る、視認可能な羽状物質を和らげ、かつ、排出煙突内の腐食を和らげるのに十分な大きさに上昇させるのに十分な大きさである。

10

20

【0057】

一実施形態では、蒸気発生器システムは、選択接触還元システムをさらに含み、蒸気発生容器は、選択接触還元システムを通して空気予熱器と連通している。

【0058】

一実施形態では、蒸気発生器システムは、煙道ガスの再加熱空気の微粒子除去システムをさらに含んでおり、空気予熱器は、煙道ガスの再加熱空気の微粒子除去システムを通して、排出煙突と連通して、空気の第2の部分から、煙道ガス混合物からの、空気予熱器内の漏洩から導入される粒子状の汚染物質を作動的に除去する。

30

【0059】

一実施形態では、蒸気発生器システムはさらに、煙道ガス混合物の湿度を測定するために、蒸気発生容器と空気予熱器との間に連通して配置された湿度センサを備えており、湿度センサは、第1の温度の大きさを判定するために使用される。

【0060】

一実施形態では、蒸気発生器システムは、空気予熱器の温度を判定するための赤外線センサと、コールドエンドの金属温度を空気予熱器内の水の露点より上に制御するように構成された制御ユニットとをさらに備えている。

40

【0061】

一実施形態では、SO₃の緩和には、低硫黄燃料を蒸気発生容器に供給することが含まれている。低硫黄燃料は、5百万分率未満のSO₃を生成する。

【0062】

一実施形態では、SO₃の緩和は、煙道ガス混合物を空気予熱器に通す前に、煙道ガス混合物内のSO₃を除去することを含んでいる。

【0063】

一実施形態では、SO₃の緩和は、煙道ガス混合物を空気予熱器に通す前に、不活性の塩へ煙道ガス混合物のSO₃を化学的に精製することを含んでいる。たとえば、化学的に

50

精製することには、ソジウム、マグネシウム、カリウム、アンモニウム、及び/又はチオ硫酸カルシウムを含み、また、チオ硫酸塩及び塩化物の化学種などの1又は複数の可溶性塩の複合物を含むか、炭酸ナトリウム、重炭酸ナトリウム、水酸化ナトリウム、水酸化アンモニウム、水酸化カリウム、炭酸カリウム、及び重炭酸カリウムの少なくとも1つを含む、試薬の水性懸濁液を噴霧して、煙道ガス内の SO_3 と反応することができる少なくとも1つの可溶性塩の複合物の乾燥粒子を含む粒子ミストを形成することが含まれている場合がある。

【0064】

一実施形態では、本システムは、煙道ガス脱硫システムと排出煙突との間にファンが配置されずに構成されている。

10

【0065】

一実施形態では、本システムは、空気予熱器と煙道ガス脱硫システムとの間に熱交換器が配置されずに構成されている。

【0066】

一実施形態では、本システムは、煙道ガスの再加熱空気の微粒子除去システムと排出煙突との間にファンが配置されずに構成されている。

【0067】

効率を向上させるために、蒸気発生器システムの装置を改良するための方法が本明細書にさらに開示されている。本方法には、空気予熱器の下流に位置する1又は複数の熱交換器を除去することと、空気予熱器を出る煙道ガス混合物の第1の温度を確立するのに十分な質量流量の空気の第1の量を供給するように、空気供給源を空気予熱器に再構成することと、を含んでいる。第1の温度は、空気予熱器が、空気予熱器内の水の露点以上のコールドエンドの金属温度であり、かつ、コールドエンドの金属温度が硫酸の露点温度未満であるような大きさである。第1の温度は、約セ氏105度(華氏220度)~約セ氏125度(華氏257度)である。本方法は、蒸気発生容器と連通している SO_3 の緩和を提供することを含んでいる。 SO_3 緩和は、蒸気発生容器内で発生した煙道ガス混合物内の SO_3 を緩和するように構成されている。 SO_3 の緩和は、煙道ガス混合物が空気予熱器に入る前に生じる。本方法は、空気予熱器を、実質的に、オリジナルのシステムの燃焼空気の温度以上であり、約セ氏288度~約セ氏399度(華氏550度~華氏750度)である第2の温度に、第1の量の空気を加熱して、ボイラの効率を維持又は向上させるように構成することを含んでいる。本方法は、燃料の燃焼のために、第1の量の空気の第1の部分又はすべてを、蒸気発生容器に供給することを含んでいる。本方法は、さらに、蒸気発生容器を第1の温度で出る煙道ガス混合物のすべて又は一部を、空気予熱器から粒子の収集システムに直接排出し、それにより、煙道ガス混合物から微粒子を除去するとともに、第1の処理された煙道ガス混合物を形成することを含んでいる。本方法は、微粒子除去システムから第1の処理された煙道ガス混合物を、煙道ガス脱硫システム内に直接排出し、それにより、たとえば、限定ではないが、約セ氏52度~約セ氏60度(華氏125度~華氏140度)の第3の温度で、第2の処理された煙道ガス混合物を、煙道ガス脱硫システム内で形成、及び、煙道ガス脱硫システムから排出することをも含んでいる。本方法は、空気の第2の部分、第3の温度で第2の煙道の処理された煙道ガス混合物とともに、煙道ガス再加熱空気として注入し、それにより、排出煙突に入る前に、第4の温度(たとえば、少なくとも約セ氏68度(華氏155度))で第3の処理された煙道ガス混合物を形成することを含んでいる。本方法は、第3の処理された煙道ガス混合物を、第4の温度で排出煙突に入れることをも含んでいる。第3の温度は、煙道ガス再加熱空気が、第4の温度を、排出煙突を出る、視認可能な羽状物質を和らげ、かつ、排出煙突内の腐食を和らげるのに十分な大きさに上昇させるのに十分な大きさである。

20

30

40

【0068】

一実施形態では、装置を改良するための方法は、煙道ガス脱硫システムと排出煙突とを接続する流出ダクトの少なくとも一部を、煙道ガス脱硫システム、過度な空気のダクト、及び排出煙突を接続するマニホールドで、置き換えることを含んでいる。

50

【 0 0 6 9 】

一実施形態では、蒸気発生器システムは、煙道ガス再加熱空気の微粒子除去システムをさらに含み、空気予熱器は、煙道ガス再加熱空気の微粒子除去システムを通して排出煙突と連通している。装置を改良する方法は、微粒子汚染物質を空気の第2の部分から除去することを含んでおり、微粒子汚染物質は、煙道ガス混合物からの空気予熱器内の漏洩からの空気の第2の部分に導入される。

【 0 0 7 0 】

一実施形態では、蒸気発生器システムはさらに、蒸気発生容器と空気予熱器との間に連通して配置された湿度センサを含んでおり、装置を改良する方法は、第1の温度の大きさを判定するために、湿度センサにより、煙道ガス混合物の湿度を測定することを含んでいる。

10

【 0 0 7 1 】

一実施形態では、蒸気発生器システムはさらに、赤外線センサを含んでおり、装置を改良する方法には、空気予熱器内のコールドエンドの金属温度を赤外線センサで判定することと、コールドエンドの金属温度を水の露点の温度と比較することと、コールドエンドの金属温度を水の露点の温度以上に制御することと、が含まれている。

【 0 0 7 2 】

一実施形態では、装置を改良する方法において、蒸気発生器システムの第2の熱効率は、装置を改良する方法を実施した後は、装置を改良する方法を実施する前の蒸気発生器システムの第1の熱効率と少なくとも同じ大きさである。

20

【 0 0 7 3 】

効率の向上のために、55～60フィート毎秒の大きさで、煙道ガスの流出速度が可能である、湿式スタック蒸気発生器システムの装置を改良するための方法が本明細書にさらに開示されている。本方法は、湿式スタックを除去することを含んでおり、それにより、空気予熱器を出る煙道ガス混合物の第1の温度を確立するのに十分な質量流量で第1の量の空気を供給するように、空気供給源を空気予熱器に再構成することにより、煙道ガス流出速度を増大させることを可能にする。第1の温度は、空気予熱器が、以下の方程式に従って計算された、少なくとも1%の向上された熱回収量HRで作動する、向上された空気予熱器によって規定されるコールドエンドの流出温度を有するような温度である。

【 0 0 7 4 】

$$HR = 100\% \times ((T_{gi} - T_{goAdvX}) / (T_{gi} - T_{goSTD}) - 1)$$
ここで、

30

【 0 0 7 5 】

T_{gi} = 煙道ガス流入温度、すなわち、空気予熱器に入る煙道ガス混合物の流入温度であり、

【 0 0 7 6 】

T_{goAdvX} = 煙道ガス流出温度、すなわち、向上された空気予熱器を出る煙道ガス混合物の流出温度であり、

【 0 0 7 7 】

T_{goSTD} = 煙道ガス流出温度、すなわち、標準的な空気予熱器を出る煙道ガス混合物の流出温度である。

40

【 0 0 7 8 】

本方法は、蒸気発生容器と連通しているSO₃の緩和を提供することを含んでいる。SO₃緩和は、蒸気発生容器内で発生した煙道ガス混合物内のSO₃を緩和するように構成されている。SO₃の緩和は、煙道ガス混合物が空気予熱器に入る前に生じる。本方法は、空気予熱器を、実質的に、オリジナルのシステムの燃焼空気の温度以上であり、約セ氏288度～セ氏399度(華氏550度～華氏750度)である第2の温度に、第1の量の空気を加熱して、オリジナルのシステムに比べ、ボイラの効率を維持又は向上させるように構成することを含んでいる。本方法は、燃料の燃焼のために、第1の量の空気の第1の部分又はすべてを、蒸気発生容器に供給することを含んでいる。本方法は、さらに、蒸

50

気発生容器を第1の温度で出る煙道ガス混合物のすべて又は一部を、空気予熱器から粒子の収集システムに直接排出し、それにより、煙道ガス混合物から微粒子を除去するとともに、第1の処理された煙道ガス混合物を形成することを含んでいる。第1の処理された煙道ガス混合物は、微粒子除去システムから、煙道ガス脱硫システム内に直接排出され、それにより、第2の処理された煙道ガス混合物を第3の温度で、煙道ガス脱硫システム内に形成、及び、煙道ガス脱硫システムから排出することを含んでいる。本方法は、第1の量の空気の第2の部分、第3の温度での第2の煙道の処理された煙道ガス混合物を伴う、煙道ガス再加熱空気として、注入し、それにより、排出煙突に入る前に、第4の温度で第3の処理された煙道ガス混合物を形成することを含んでいる。本方法は、第3の処理された煙道ガス混合物を、第4の温度で排出煙突に入れることを含んでいる。第3の温度は、煙道ガス再加熱空気が、第4の温度を、排出煙突を出る、視認可能な羽状物質を和らげ、かつ、排出煙突内の腐食を和らげるように、乾式スタックを促進するのに十分な大きさに上昇させるのに十分な大きさである。装置が改良された蒸気発生器システムは、オリジナルの蒸気発生器システム（すなわち、装置の改良を実施する前）に比べ、煙道ガスの流出速度が、湿式スタックで以前に許容されていた速度を超える、増大した負荷で作動することが可能である。

10

【0079】

一実施形態では、空気予熱器は、空気予熱器内の水の露点の温度以上であるコールドエンドの金属温度であり、それにより、コールドエンドの金属温度が、硫酸の露点未満であり、第1の温度が、約セ氏105度（華氏220度）～約セ氏125度（華氏257度）

20

【0080】

蒸気発生器システムの効率を向上させるための方法が本明細書にさらに開示されている。本方法は、蒸気発生容器、空気供給システム、空気予熱器、第1の微粒子除去システム、第2の微粒子除去システム、煙道ガス脱硫システム、及び煙道ガス排出煙突を含む蒸気発生器システムを提供することを含んでいる。空気供給システムは、空気予熱器を通して蒸気発生容器と連通しており、蒸気発生容器は、空気予熱器、第1の微粒子除去システム、及び煙道ガス脱硫システムを通して排出煙突と連通している。第1の微粒子除去システムは、空気予熱器の下流に位置し、煙道ガス脱硫システムは、第1の微粒子除去システムの下流に位置している。排出煙突は、煙道ガス脱硫システムの下流に位置しており、空気予熱器は、第2の微粒子除去システムを通して、排出煙突と連通している。本方法は、蒸気発生容器と空気予熱器との間に配置された湿度センサを設けることと、空気予熱器内に赤外線センサを提供することとをも含んでいる。本方法は、第1の温度の大きさを判定するために、湿度センサにより、煙道ガス混合物の湿度を測定することを含んでいる。空気供給システムは、空気予熱器に第1の量の空気を提供する。第1の量の空気は、空気予熱器を出る煙道ガス混合物の第1の温度を確立するのに十分な質量流量である。第1の温度は、空気予熱器が、空気予熱器内の水の露点以上のコールドエンドの金属温度であり、かつ、コールドエンドの金属温度が硫酸の露点温度未満であるような大きさである。第1の温度は、約セ氏105度（華氏220度）～約セ氏125度（華氏257度）である。本方法には、空気予熱器内のコールドエンドの金属温度を赤外線センサで判定することと、コールドエンドの金属温度を水の露点の温度と比較することと、コールドエンドの金属温度を水の露点の温度以上に制御することと、が含まれている。本方法は、蒸気発生容器内で発生した煙道ガス混合物内の SO_3 を緩和することを含んでいる。 SO_3 の緩和は、煙道ガス混合物が空気予熱器に入る前に生じる。本方法は、空気予熱器を、約288度～セ氏399度（華氏550度～華氏750度）の第2の温度に第1の量の空気を加熱するように構成することと、第1の量の空気の第1の部分又はすべてを、燃焼空気として、燃料の燃焼のために蒸気発生容器に供給することと、を含んでいる。本方法は、蒸気発生容器を第1の温度で出る煙道ガス混合物のすべて又は一部を、空気予熱器から微粒子除去システムに直接排出し、それにより、煙道ガス混合物から微粒子を除去するとともに、第1の処理された煙道ガス混合物を形成することを含んでいる。本方法は、微粒子除去システム

30

40

50

から第1の処理された煙道ガス混合物を、煙道ガス脱硫システム内に直接排出し、それにより、第2の処理された煙道ガス混合物を、約セ氏52度～約セ氏60度（華氏125度～華氏140度）の第3の温度で、煙道ガス脱硫システム内で形成、及び、煙道ガス脱硫システムから排出することを含んでいる。本方法は、微粒子汚染物質を空気の第2の部分から除去することを含んでいる。微粒子汚染物質は、煙道ガス混合物からの空気予熱器内の漏洩からの空気の第2の部分に導入される。本方法は、第1の量の空気の第2の部分、第3の温度での第2の煙道の処理された煙道ガス混合物を伴って、空気予熱器から第2の温度で供給される煙道ガス再加熱空気として、注入し、それにより、排出煙突に入る前に、少なくともセ氏68度（華氏155度）の第4の温度で第3の処理された煙道ガス混合物を形成することをさらに含んでいる。本方法は、第3の処理された煙道ガス混合物を、第4の温度で排出煙突に入れることをも含んでいる。

10

【0081】

前述の実施形態のいずれかを組み合わせることができることが考えられる。

【図面の簡単な説明】

【0082】

【図1】本発明を示す蒸気発生器システムの一部の概略フロー図である。

【図2】本発明の蒸気発生器システムの概略フロー図である。

【図3】本発明の蒸気発生器システムの概略フロー図である。

【図4】本発明の蒸気発生器システムの別の実施形態の概略フロー図である。

【図5】様々な煙道ガスの温度の増大に関する、洗浄されたガスに対する再加熱空気の割合のグラフである。

20

【図6】空気予熱効率の向上のグラフである。

【図7】本発明の蒸気発生器システムのさらなる実施形態の概略フロー図である。

【図8】本発明の蒸気発生器のさらなる追加の実施形態の概略フロー図である。

【図9】図3及び図8に示す実施形態の再加熱の特徴を組み合わせた蒸気発生器のハイブリッドの実施形態の概略フロー図である。

【図10】廃水乾燥ループを含む、本発明の蒸気発生器のさらなる追加の実施形態の概略フロー図である。

【図11】別の廃水乾燥ループを含む、本発明の蒸気発生器のさらなる追加の実施形態の概略フロー図である。

30

【図12】供給水加熱ループを含む、本発明の蒸気発生器のさらなる追加の実施形態の概略フロー図である。

【図13】別の供給水加熱ループを含む、本発明の蒸気発生器のさらなる追加の実施形態の概略フロー図である。

【図14】湿式アッシュシステムの乾燥ループを含む、本発明の蒸気発生器のさらなる追加の実施形態の概略フロー図である。

【図15】別の湿式アッシュシステムの乾燥ループを含む、本発明の蒸気発生器のさらなる追加の実施形態の概略フロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0083】

40

図1に示すように、効率が向上した蒸気発生器システムが全体として符号10によって示されている。蒸気発生器システム10は、蒸気発生容器11及び空気予熱器13（たとえば、本発明者のAdvX（商標）の設計の回転再生熱交換器であり、AdvX（商標）は、Arvos Ljungstrom LLCの商標である）を含んでいる。AdvX（商標）の空気予熱器13は、ダクト63を介して蒸気発生器導管11と連通している。蒸気発生器システム10は、蒸気発生器11に空気予熱器13を通して空気を提供するように構成された空気供給システム13Dを含んでいる。本明細書で使用される場合、蒸気発生器システムの「向上した効率」との用語には、従来技術の蒸気発生器システム（たとえば、PCT特許出願第PCT/US2017/13459号の図1及び図2の蒸気発生器システム100及び蒸気発生器システム100'）に比べ、1) 空気予熱器13と排出煙突

50

との間のガス - ガスの熱交換器 (GGH) などの、熱交換器に関する必要性を無くすか別様に緩和しつつ、蒸気発生器システム 10 の全体の熱効率を維持すること、2) 空気予熱器 13 内の付着物を低減すること、3) 微粒子除去システムの効率を向上させること、4) 空気予熱器 13 の効率を向上させること、及び/又は、5) 蒸気発生器システム 10 の全体の熱効率 (すなわち、発熱率) を向上させることが含まれる。十分な分析及びテスト、並びに、何年もの失敗した試みを通し、本発明者らは、驚いたことに、蒸気発生器システム 10 が、PCT 特許出願第 PCT/US 2017/13459 号に示す従来技術の蒸気発生器システム 100 と少なくとも同じ熱効率であるが、PCT 特許出願第 PCT/US 2017/13459 に示すような GGH 106X、106X'、106Y、及び 106Y' の、効率を向上させる利益を伴わずに、作動できることを発見した。「蒸気発生器システムの効率を向上させるための方法」との用語は、蒸気発生器システムを作動させるための方法とも称される。

10

【0084】

図 1 に示すように、蒸気発生器システム 10 は、蒸気発生容器 11、空気供給システム 13D、及び空気予熱器 13 を含んでいる。空気供給システム 13D は、空気予熱器 13 を通して蒸気発生容器 11 と連通しており、蒸気発生容器 11 は、空気予熱器 13 と連通している。空気供給システム 13D は、空気予熱器 13 に第 1 の量の空気を提供する。第 1 の量の空気の少なくとも一部は、燃焼空気として蒸気発生容器 11 に提供される。煙道ガス混合物 FG は、蒸気発生容器 11 からダクト 63 を介して排出される。煙道ガス混合物 FG のすべて又は一部は、空気予熱器 13 内に流れる。煙道ガス混合物内の SO₃ は、

20

【0085】

本明細書にさらに記載するように、蒸気発生器、空気予熱器、第 1 の量の空気、及び/又は煙道ガス混合物と連通する熱取得手段 (たとえば、コールドエンドの金属温度が、水 (H₂O) の露点が露天付近における温度であるように、燃焼空気の予熱、及び/又は、煙道ガスの冷却に必要な量以上の熱伝達能力を有する、熱交換器、空気予熱器内の伝熱要素、ダクト構成、混合器、チューブ、タンクなど) を含んでいる。第 1 の量の熱は、本明細書に記載するように、蒸気発生器、空気予熱器、及び/又は煙道ガス混合物から、様々な位置に伝達される。たとえば、第 1 の量の熱のすべて又は一部は、(1) 図 7 に示すとともに、図 7 を参照して記載するように、微粒子除去システム、煙道ガス脱硫システム、及び/又は中間のダクト装置を選択的に予熱するように、ボイラを始動させる間に利用でき、(2) 図 7 に示すとともに、図 7 を参照して記載するように、石炭乾燥設備 69 のためのボイラの動作の間、及びその後、周囲の空気に対してベントすることができ、(3) 図 3 と図 8 とのそれぞれの周囲の空気へのベントライン AV1 と AV2 とによって示されるように、周囲の空気に対して放出することができ、(4) たとえば図 12 及び図 13 に示すように、蒸気発生器システム 10 の発熱率を向上させることができ、(5) 図 10 及び図 11 のもののような微粒子除去システム、並びに/又は、蒸気発生容器 11 と連通した湿式アッシュ除去システムから排出されるアッシュラリーから水を気化させることができ、また、(6) 廃水システムにおいて、たとえば図 10 及び図 11 に示すように、このシステムから排出される水を低減することができる。蒸気発生器システム 10 の発熱率を向上させるために、第 1 の量の熱のすべて又は一部を使用することには、(1) 蒸気サイクル効率を向上させるために、第 1 の量の熱の少なくとも一部を利用することと、(2) 蒸気発生器システムに供給された供給水又は凝縮物を予熱するために、第 1 の量の熱の少なくとも一部を利用することと、(3) 蒸気発生器システム内の所内動力 (たとえば、空間及び飲料水の加熱、並びに、電動モータの代わりにファンなどの回転設備を駆動させるためのタービンのための蒸気、並びに、発電のために使用される蒸気のためのもの以外の、他の蒸気又は加熱のための動力) を低減するために、第 1 の量の熱の少なくとも一部を利用することと、が含まれる。

30

40

【0086】

50

図 2 に示すように、蒸気発生器システム 10 は、微粒子除去システム 14、煙道ガス脱硫システム 17、及び排出煙突 19 をも含んでいる。蒸気発生容器 11 は、空気予熱器 13、微粒子除去システム 14、及び煙道ガス脱硫システム 17 を通して排出煙突 19 と連通している。微粒子除去システム 14 は、ダクト 60 を介して互いに流体連通している空気予熱器 13 と微粒子除去システム 14 との間に位置するファン又は熱交換器などの、他の実質的な構成要素が存在しないように、空気予熱器 13 の下流に直接配置されている。具体的には、空気予熱器 13 と微粒子除去システム 14 との間に位置する、PCT 特許出願第 PCT/US 2017/13459 号) の図 2 に示すものに類似の GGH106X' が存在しない。煙道ガス脱硫システム 17 は、ダクト 61 を介して互いに流体連通している微粒子除去システム 14 と煙道ガス脱硫システム 17 との間に位置する熱交換器などの、他の実質的な構成要素が存在しないように、微粒子除去システム 14 の下流に直接配置されている。具体的には、微粒子除去システム 14 と煙道ガス脱硫システム 17 との間に位置する、PCT 特許出願第 PCT/US 2017/13459 号) の図 1 に示すものに類似の GGH106X が存在しない。排出煙突 19 は、ダクト 62 を介して互いに流体連通している煙道ガス脱硫システム 17 と排出煙突 19 との間に位置するファン又は熱交換器などの、他の実質的な構成要素が存在しないように、煙道ガス脱硫システム 17 の下流に直接配置されている。具体的には、煙道ガス脱硫システム 17 と排出煙突 19 との間に位置する、PCT 特許出願第 PCT/US 2017/13459 号) の図 1 及び図 2 に示すものに類似の GGH106Y 又は GGH106Y' が存在しない。空気予熱器 13 と排出煙突 19 との間に位置する熱交換器は存在しない。一実施形態では、図 3 に示すように、ダクト 62 は、本明細書に記載のように、第 1 の量 A1 の空気の第 2 の部分 P2 を、第 2 の処理された煙道ガス混合物 FG2 と混合するために内部に配置された、混合器などの再加熱空気注入デバイス 21、1 又は複数の回転ペーン、接続部、及びノ又は攪拌デバイスを含んでいる。

【0087】

図 3 に示すように、空気供給システム 13D は、第 1 の量 A1 の空気を空気予熱器 13 に提供するように構成されている。第 1 の量 A1 の空気は、蒸気発生容器 11 内の燃料の燃焼に必要な量以上の大きさである(たとえば、第 1 の量の熱は、蒸気発生容器 11 に提供された第 1 の量の空気の一部を予熱するために使用される量以上の大きさである)。一実施形態では、第 1 の量の熱は、燃焼空気を予熱するために使用される量の約 10 ~ 約 25 パーセントの大きさである。一実施形態では、第 1 の量の熱は、既存の空気供給システム 13D の過度の容量又は設計の許容範囲(たとえば、ファンの質量流量の出力の許容範囲)に基づいて判定された量であり、たとえば、第 1 の量の熱は、燃焼空気を予熱するために使用される量の約 10 ~ 15 パーセントの大きさである。装置を改良する用途では、既存の空気供給システム 13D を使用することにより、コストがかかるファン及び関連するシステムの交換をする必要がなくなる。一実施形態では、第 1 の量の空気は、燃焼空気として必要とされるのに十分な大きさである。空気予熱器 13 は、空気予熱器 13 を出る煙道ガス混合物 FG の第 1 の温度 T1 を確立するのに十分な質量流量で、第 1 の量 A1 の空気を提供するように構成されている。第 1 の量の空気 A1 は、限定ではないが、可変速ファン、及びノ又は、コンプレッサ、制御バルブ、及びノ又は、ダンパなどの、慣習的な手段によって調整される。空気予熱器 13 を出る煙道ガス混合物 FG の第 1 の温度 T1 は、空気予熱器 13 のコールドエンドにおいて生じる空気からガスへの漏出(たとえば、空気予熱器 13 内の、無効であるか、不十分であるか、損傷したセクタのシール又は他のシールに起因する漏出)に起因して、蒸気発生容器 11 を出る煙道ガスよりも低温である。蒸気発生容器 11 を出る煙道ガスの温度は、しばしば「調整されていない(uncorrected)」ガス流出温度と呼ばれ、冷たい漏出空気との混合の後に、空気予熱器 13 を出る煙道ガス混合物 FG の第 1 の温度 T1 は、しばしば、「調整された(corrected)」ガス温度と呼ばれる。第 1 の温度 T1 は、空気予熱器 13 が、空気予熱器 13 内の水の露点以上(たとえば、露点温度よりかなり低くはない、ほぼ等しい、又は、露点温度よりかなり高くはない)のコールドエンドの金属温度であり、かつ、コールドエンド

10

20

30

40

50

の金属温度が硫酸の露点温度未満であるような温度である。本明細書で使用される「コールドエンドの金属 (cold end metal)」との用語は、空気予熱器 13 内部における、温度がもっとも低い空気予熱器 13 の部分である。第 1 の温度 T 1 は、約セ氏 105 度 (華氏 220 度) ~ 約セ氏 125 度 (華氏 257 度) である。本明細書で使用される場合、「水の露点温度以上 (no less than a water dew point temperature)」との用語は、水の露点温度にほぼ等しい温度を暗示し、それにより、付着物の腐食を生じる空気予熱器内の伝熱要素が恒久的に湿潤しないようになっている。

【0088】

別の実施形態では、第 1 の温度 T 1 は、少なくとも 1% (1 パーセント) の標準的な空気予熱器に比べ、向上した熱の回収量 (HR) で作動する、向上された空気予熱器 (たとえば、ARVOS Ljungstrom LLC の商標である、AdvX (商標) の空気予熱器) によって規定される。この向上した熱回収量 HR は、 $HR = 100\% \times ((T_{gi} - T_{goAdvX}) / (T_{gi} - T_{goSTD}) - 1)$ の方程式に従って計算されるパーセンテージの数を示している。負の数は、低減された熱回収量を示すことを理解されたい。ここで、標準的な空気予熱器は、第 1 の量の空気が、燃焼に必要な量に等しい大きさである、すなわち、第 1 の量の空気が燃焼空気であり、過度な空気が予熱されず、向上された空気予熱器の直径及び深さに等しいロータを有するような、空気予熱器として規定される。

10

【0089】

$HR = 100\% \times ((T_{gi} - T_{goAdvX}) / (T_{gi} - T_{goSTD}) - 1)$ の方程式では、

20

【0090】

T_{gi} = 煙道ガス流入温度、すなわち、空気予熱器に入る煙道ガス混合物の流入温度であり、

【0091】

T_{goAdvX} = 煙道ガス流出温度、すなわち、向上された空気予熱器を出る煙道ガス混合物の流出温度であり、

【0092】

T_{goSTD} = 煙道ガス流出温度、すなわち、標準的な空気予熱器を出る煙道ガス混合物の流出温度である。

30

【0093】

たとえば、 T_{gi} = 華氏 700 度、 T_{goSTD} = 華氏 300 度、 T_{goAdvX} = 華氏 295 度である場合、 $HR = 100\% \times ((700 - 295) / (700 - 300) - 1) = 1.25\%$ である。

【0094】

一実施形態では、空気供給システム 13D は、第 1 の量の空気 A 1 を空気予熱器 13 に提供し、この第 1 の量の空気 A 1 は、慣習的な手段 (たとえば、可変速ファン、ブロワ、コンプレッサ、ダンパ、バルブ、ダクト構成、及びこれらの組合せ) で調整される。このため、既存の空気予熱器 13 を出る煙道ガス混合物の第 1 の温度 T 1 を確立するのに十分な質量流量で、第 1 の量の空気 A 1 が調整される。一実施形態では、第 1 の量の空気 A 1 の質量流量の大きさは、向上された空気予熱器 13 の性能、特に、熱回収量 HR の量に基づいて判定される。熱回収量 HR は、向上されたシール及び / 又は向上された熱伝達シートが採用される広さに基づくものである。第 1 の温度 T 1 は、空気予熱器が、以下の方程式に従って計算された、少なくとも 1% の向上された熱回収量 (HR) で作動する、向上された空気予熱器によって規定されるコールドエンドの流出温度を有するような温度である。

40

【0095】

$HR = 100\% \times ((T_{gi} - T_{goAdvX}) / (T_{gi} - T_{goSTD}) - 1)$

【0096】

50

一実施形態では、空気予熱器は、空気予熱器内の水の露点の温度以上であるコールドエンドの金属温度（たとえば、付着物の腐食を生じる空気予熱器内の伝熱要素の恒久的な湿潤が生じないように、水の露点の温度にほぼ等しい温度）であり、それにより、コールドエンドの金属温度が、硫酸の露点未満であり、第1の温度が、約セ氏105度（華氏220度）～約セ氏125度（華氏257度）であるようになっている。

【0097】

一実施形態では、向上された空気予熱器の熱回収量HRの増大は、従来技術の伝熱要素に比べ、熱伝達率が増大し、かつ、伝熱面積が増大した伝熱要素を採用することによって達成される。たとえば、出願人Arvos Ljungstrom LLCの、(1)2013年11月25日に出願された、米国特許出願第14/089,139号の「Heat Transfer Elements for a Closed Channel Rotary Regenerative Air Preheater」、(2)2016年12月29日に出願された、国際出願第PCT/US2016/069186号の「A Heat Transfer Sheet Assembly with an Intermediate Spacing Feature」、(3)2017年4月10日に出願された、国際出願第PCT/US2017/026840号の「A Heat Transfer Sheet Assembly with an Intermediate Spacing Feature」、

10

【0098】

(4)2015年10月7日に出願された、米国特許出願第14/877,451号の「Alternating Notch Configuration for Spacing Heat Transfer Sheets」、(5)2016年10月10日に出願された、国際出願第PCT/US2016/056209号の「Alternating Notch Configuration for Spacing Heat Transfer Sheets」、(6)出願人のDN8（商標）のブランドの熱伝達シート、及び/又は、(7)出願人のTF4（商標）のブランドの熱伝達シートに記載及び/又は実施された、向上された伝熱要素は、向上された熱回収量HRを達成するために向上された空気予熱器において、個別に、又はこれらの組合せで採用される。

20

【0099】

一実施形態では、向上された空気予熱器の熱回収量HRの増大は、従来技術のシールに比べて向上されたシールを採用することによって達成される。たとえば、出願人Arvos Ljungstrom LLCの、(1)2015年8月18日に出願された、米国特許出願第14/829,210号の「Flexible Seal for Rotary Regenerative Preheater」、(2)2016年10月10日に出願された、国際出願第PCT/US2016/056209号の「Flexible Seal for Rotary Regenerative Preheater」、(3)2017年2月10日に出願された、国際出願第PCT/US2017/017414号の「Flexible Seal for Rotary Regenerative Preheater」、

30

【0100】

(4)出願人のOptiflex（商標）のブランドのフレキシブルシール、及び/又は、(5)出願人のTaperflex II（商標）のブランドのシールに記載及び/又は実施された、向上されたシールは、向上された熱回収量HRを達成するために向上された空気予熱器において、個別に、又はこれらの組合せで採用される。

40

【0101】

一実施形態では、向上された熱伝達シートと向上されたシートとの両方が、増大した熱回収量HRを達成するために、向上された空気予熱器において採用される。

【0102】

前述の方程式（すなわち、 $HR = 100\% \times ((T_{gi} - T_{goAdvX}) / (T_{gi} - T_{goSTD}) - 1)$ ）は、前述の、従来技術の空気予熱器に比べ、向上した空気予熱

50

器 1 3 における向上した熱伝達シート及び向上したシールを採用することによって達成される熱回収量 H R のパーセンテージの向上を定量化するために採用される。

【 0 1 0 3 】

出願人は、煙道ガス混合物 F G が空気予熱器 1 3 に入る前に煙道ガス混合物内の S O ₃ を緩和することにより、熱回収量 H R が向上した、向上された空気予熱器を採用することが許容されることを発見したが、従来技術の蒸気発生器システムでは、当業者は、汚染物質の制御に関する操作の制限を理由に、より高い効率の伝熱要素及びより大である伝熱面積の伝熱要素を使用することで利用可能な、増大した A P H 効率の完全な潜在能力をまだ実現できていない。しかし、当業者は、向上した熱回収量 H R を達成するために、そのような向上された伝熱要素及び向上されたシールを、向上された空気予熱器にどのように設置するかを理解することになる。

10

【 0 1 0 4 】

空気予熱器 1 3 は、燃料の燃焼における使用のため、及び、本明細書に記載の空気の再加熱のために、約セ氏 2 8 8 度～セ氏 3 9 9 度（華氏 5 5 0 度～華氏 7 5 0 度）の第 2 の温度 T 2 に第 1 の量の空気 A 1 を加熱するようにも構成されている。

【 0 1 0 5 】

蒸気発生器システム 1 0 は、空気予熱器 1 3 の上流の S O ₃ の緩和のための 1 又は複数のシステム又はデバイスを含んでいる。このシステム又はデバイスは、蒸気発生容器 1 1 で生成された煙道ガス混合物 F G 内の S O ₃ を緩和するように構成されている。一実施形態では、空気予熱器 1 3 の上流の S O ₃ の緩和のための 1 又は複数のシステム又はデバイスは、低硫黄燃料を蒸気発生容器 1 1 に供給することを含んでいる。低硫黄燃料は、5 百万分率未満の S O ₃ を生成するために適切な組成を有している。一実施形態では、空気予熱器 1 3 の上流の S O ₃ の緩和のための 1 又は複数のシステム又はデバイスは、たとえばダクト 6 3 内において、煙道ガス混合物 F G を空気予熱器 1 3 に通す前に、煙道ガス混合物 F G 内の S O ₃ を除去することを含んでいる。一実施形態では、空気予熱器 1 3 の上流の S O ₃ の緩和のための 1 又は複数のシステム又はデバイスは、煙道ガス混合物 F G を空気予熱器 1 3 に通す前に、煙道ガス混合物内の S O ₃ を不活性の塩に化学的に精製することを含んでいる。一実施形態では、化学的に精製することには、ソジウム、マグネシウム、カリウム、アンモニウム、及び/又はチオ硫酸カルシウムを含み、また、チオ硫酸塩及び塩化物の化学種などの 1 又は複数の可溶性塩の複合物を含むか、炭酸ナトリウム、重炭酸ナトリウム、水酸化ナトリウム、水酸化アンモニウム、水酸化カリウム、炭酸カリウム、及び重炭酸カリウムの少なくとも 1 つを含む、試薬の水懸濁液を噴霧して、煙道ガス内の S O ₃ と反応することができる少なくとも 1 つの可溶性塩の複合物の乾燥粒子を含む粒子ミストを形成することが含まれている。

20

30

【 0 1 0 6 】

図 3 に示すように、微粒子除去システム 1 4 は、煙道ガス混合物 F G 1 を、第 1 の温度 T 1 において、煙道ガス脱硫システム 1 7 に、ダクト 6 1 を介して直接送るように構成されている。図 3 に示すように、微粒子除去システム 1 4 は、T 1 がシステム 1 7 の効率的な動作に適切な範囲内にあるように、煙道ガス混合物 F G 1 を、第 1 の温度 T 1 において、煙道ガス脱硫システム 1 7 に、ダクト 6 1 を介して直接送るように構成されている。図 3 に示すように、微粒子除去システム 1 4 は、T 1 がシステム 1 7 の効率的な動作に適切な範囲内にあるように、煙道ガス混合物 F G 1 を、第 1 の温度 T 1 において、煙道ガス脱硫システム 1 7 に、ダクト 6 1 を介して送るよう構成されている。一実施形態では、微粒子除去システム 1 4 は、乾式静電集塵機（E S P）である。そのような乾式 E S P は、薄い垂直ワイヤ（図示せず）の列と、それに続く、垂直に向けられた、大きいフラットな金属プレートのスタック（図示せず）とが含まれる。煙道ガス F G は、ワイヤ間の空間を水平に流れ、次いで、プレートのスタックを通過する。数千ボルトの負の電圧が、ワイヤとプレートとの間に印加される。印加された電圧が十分に高い場合、コロナ放電により、電極周りの煙道ガスがイオン化する。これにより、次いで、煙道ガス流内の粒子がイオン化する。静電力に起因してイオン化された粒子は、接地されたプレートに向けられる。粒

40

50

子は、収集プレート上に構築され、このプレートから除去される。

【0107】

本明細書に開示の煙道ガスの組成で、より低い温度でESPを作動させることにより、様々な蒸気発生器システムにおける使用に必要なESPのサイズの低減を可能にすることができる、著しい効率の利益が提供される。乾式ESPが図示されるとともに記載されているが、本発明は、湿式ESPを採用できることから、この点に限定されるものではない。

【0108】

図4に示すように、一実施形態では、蒸気発生器システム10'は、ダクト64とダクト65との中及び間に配置された、煙道ガスの再加熱空気の微粒子除去システム33をさらに備えている。空気予熱器13は、煙道ガスの再加熱空気の微粒子除去システム33を通して、排出煙突19と連通して、空気の第2の部分P2から、煙道ガス混合物FGからの、空気予熱器13内の漏洩から導入される粒子状の汚染物質を作動的に除去する。一実施形態では、煙道ガスの再加熱空気の微粒子除去システム33は、本明細書に記載の微粒子除去システム14に類似のように構成されている。図4に示すように、煙道ガスの再加熱空気の微粒子除去システム33と、排出煙突19との間には、ファンは配置されていない。

【0109】

図3に示すように、過度な空気のダクト65は、空気予熱器13、及び、煙道ガス脱硫システム17と排出煙突19との間に配置されたダクト62と連通している。過度な空気のダクト65は、第1の量A1の空気の第2の部分P2を、空気予熱器13からの第2の温度T2で、空気予熱器13から供給される煙道ガスの再加熱空気P2として、第2のダクト62に送るように構成されている。たとえば、過度な空気のダクト65は、過度な空気のダクト65からの熱の損失を最小にするために、断熱材(図示せず)でカバーされている。さらに、過度な空気のダクト65は、過度な空気のダクト65を通しての圧力損失を最小にするために、適切な流れの断面積、滑らかな内側表面、及び、最小の数の折曲げ部を伴って構成されている。

【0110】

図3に示すように、再加熱空気注入デバイス21は、煙道ガス脱硫システム17と排出煙突19との間に配置されている。再加熱空気注入デバイス21は、少なくともセ氏68度(華氏155度)の第4の温度T4で、煙道ガスを排出煙突19に排出するように構成されており、通常、煙道ガスの温度を少なくとも約華氏5度だけ上昇させる。一実施形態では、再加熱空気注入デバイス21は、第1の量A1の空気の第2の部分P2(すなわち、煙道ガスの再加熱空気P2)を、第2の処理された煙道ガス混合物FG2と混合するために内部に配置された、混合器、1又は複数の回転ベーン、接続部、及び/又は攪拌デバイスを含んでいる。別の実施形態では、再加熱空気注入デバイス21は、始動の間の腐食を抑制するか、スタック19に入る煙道ガスの作動流体の動的安定性を別様に維持し、及び/又は、視認可能な羽状物質がスタックから排出される可能性を低減するように構成されている。一実施形態では、再加熱空気注入デバイスは、煙道ガス脱硫システム17、過度な空気のダクト65、及び排出煙突19を接続するマニホールド39の一部である。マニホールドには、過度な空気のダクト65が接続された枝接続が含まれている。別の実施形態では、再加熱空気により、熱交換配管又はダクト装置を使用して、混合物FG2を適切に、間接的に再加熱する。熱交換配管又はダクト装置を通して、煙道ガスが、排出煙突19に隣接して流される。

【0111】

図4に示すように、一実施形態では、蒸気発生器システム10'は、NOxとも呼ばれる窒素酸化物を、触媒の助けで、二原子の窒素(N₂)及び水(H₂O)に変換するための選択接触還元システム(SCR)31を含んでいる。蒸気発生容器11は、SCR31を通して空気予熱器13と連通している。

【0112】

図4に示すように、一実施形態では、蒸気発生器システム10'は、煙道ガス混合物FGの湿度を測定するための、蒸気発生容器11の流出部かつ、空気予熱器13の上流に配置

10

20

30

40

50

された湿度センサ 34 を含んでいる。湿度センサ 43 は、第 1 の温度 T1 の大きさを判定するように構成されている。

【0113】

図 4 に示すように、一実施形態では、蒸気発生器システム 10' は、空気予熱器 13 の温度を判定するための赤外線センサ 32 を含んでいる。赤外線センサ 32 は、コールドエンドと熱的に繋がっているか、近位にある空気予熱器 13 の一部の温度を測定することにより、空気予熱器の温度、たとえば、コールドエンドの金属温度を判定するように構成されている。蒸気発生器システム 10' は、空気予熱器 13 内の水の露点より高く、コールドエンドの金属温度を制御するように構成された、コンピュータプロセッサ、メモリ、及び信号処理用電子回路などの制御ユニット 71 を含んでいる。

10

【0114】

図 7 に示すように、別の実施形態では、蒸気発生器システム 10' 内には、過度な空気のダクト 65 に、たとえば始動の間、空気予熱器 13 の下流の設備及びダクト装置の予熱のために、第 1 の量 A1 の空気の第 3 の部分 P3 を、利用可能な予熱空気 P3 として搬送するための、過度な空気の排出部 66 が設けられている。ダンパ（図示せず）が、予熱空気 P3 を煙道ガス混合物 FG 及び FG1 に導入するために、それぞれ ESP14 及び FGD17 の上流の予熱注入箇所 67 及び 68 に選択的に供給するように設けられている。さらに、予熱空気 P3 は、たとえば褐炭のような湿潤した石炭を利用する場合に特に有用である、遠位の石炭乾燥機 69 (CD) に供給される場合がある。石炭の乾燥のために必要な予熱は、通常、石炭の燃焼のために必要とされ、必ずしも、たとえば石油又は天然ガスでの始動燃焼の間に必要とはされない。空気予熱器 13 によって提供される流出温度がより低いことが、目的としての石炭の乾燥が、湿気を除去するためのものであり、石炭の温度を過度に上昇させるものではない（そのような上昇は、たとえばグラインドミル内での早期の点火の可能性を増大させる場合があるため）場合には有利である。空気排出部 66 は、設備/ダクト装置の予熱のため、及び/又は、石炭の乾燥のための動作の間、選択的に使用される場合があり、また、始動の間、設備及びダクト装置内の凝縮を抑制するには特に有用であることを理解されたい。他の実施形態では、予熱空気は、図 7 に示すように、ESP14 又は FGD17 の上流でのみ必要とされ、ESP14 と FGD17 との両方の上流では必要とされないことを理解されたい。

20

【0115】

本発明は、蒸気発生器システム 10 の効率を向上させるための方法を含んでいる。本方法は、本明細書に詳細に記載され、蒸気発生容器 11、空気供給システム 13D、空気予熱器 13、微粒子除去システム 14、煙道ガス脱硫システム 17、及び煙道ガス排出煙突 19 を含む蒸気発生器システム 10 を提供することを含んでいる。空気供給システム 13D は、空気予熱器 13 を通じて蒸気発生容器 11 と連通しており、蒸気発生容器 11 は、空気予熱器 13、微粒子除去システム 14、及び煙道ガス脱硫システム 17 を通じて排出煙突 19 と連通している。微粒子除去システム 14 は、空気予熱器 13 の下流に位置している。煙道ガス脱硫システム 17 は、微粒子除去システム 14 の下流に位置している。排出煙突 19 は、煙道ガス脱硫システム 17 の下流に位置している。

30

【0116】

本方法は、空気供給システム 13D に、第 1 の量 A1 の空気を空気予熱器 13 に提供させることを含んでいる。第 1 の量 A1 の空気は、蒸気発生容器 11 内の燃料の燃焼に必要なとされる以上の大きさである。空気予熱器 13 は、既存の空気予熱器 13 の煙道ガス混合物 FG の第 1 の温度 T1 を確立するのに十分な質量流量で、第 1 の量 A1 の空気を提供する。第 1 の温度 T1 は、空気予熱器が、空気予熱器 13 内の水の露点以上のコールドエンドの金属温度であり、かつ、コールドエンドの金属温度が硫酸の露点温度未満であるような温度である。第 1 の温度 T1 は、約セ氏 105 度（華氏 220 度）～約セ氏 125 度（華氏 257 度）である。

40

【0117】

本方法は、煙道ガス混合物 FG が空気予熱器 13 に入る前に、蒸気発生容器 11 内で発

50

生した煙道ガス混合物 F G 内の SO_3 を緩和することを含んでいる。本方法は、空気予熱器 13 を、約 288 度 ~ セ氏 399 度 (華氏 550 度 ~ 華氏 750 度) の第 2 の温度 T2 に第 1 の量の空気 A1 を加熱するように構成することと、第 1 の量 A1 の空気の第 1 の部分 P1 を、燃焼空気として、燃料の燃焼のために蒸気発生容器 11 に供給することと、を含んでいる。本方法は、煙道ガス混合物 F G を第 1 の温度 T1 で、空気予熱器 13 から微粒子除去システム 14 に直接排出し、それにより、煙道ガス混合物 F G から微粒子を除去し、第 1 の処理された煙道ガス混合物 F G 1 を形成することを含んでいる。本方法は、さらに、第 1 の処理された煙道ガス混合物 F G 1 を、微粒子除去システム 14 から、煙道ガス脱硫システム 17 内に直接排出し、それにより、第 2 の処理された煙道ガス混合物 F G 2 を、セ氏 52 度 ~ セ氏 60 度 (華氏 125 度 ~ 華氏 140 度) の第 3 の温度 T3 で、煙道ガス脱硫システム 17 内で形成、及び、煙道ガス脱硫システム 17 から排出することを含んでいる。本方法は、第 1 の量 A1 の空気の第 2 の部分 P2 を、第 3 の温度 T3 での第 2 の煙道の処理された煙道ガス混合物 F G 2 を伴って、空気予熱器 13 から第 2 の温度 T2 で供給される煙道ガス再加熱空気として、注入し、それにより、排出煙突 19 に入る前に、少なくともセ氏 68 度 (華氏 155 度) の第 4 の温度 T4 で第 3 の処理された煙道ガス混合物 F G 3 を形成することをも含んでいる。第 3 の処理された煙道ガス混合物 F G 3 は、第 4 の温度 T4 で排出煙突 19 に入れられる。

10

【0118】

一実施形態では、蒸気発生器システム 10 は、図 4 に示すように、 NO_x と呼ばれる窒素酸化物を、触媒の助けで、二原子の窒素 (N_2) 及び水 (H_2O) に変換するための SCR31 をさらに含んでいる。蒸気発生容器 11 は、SCR31 を通して空気予熱器 13 と連通している。

20

【0119】

図 4 に示すように、一実施形態では、蒸気発生器システム 10' は、煙道ガスの再加熱空気の微粒子除去システム 33 を含んでいる。空気予熱器 13 は、煙道ガスの再加熱空気の微粒子除去システム 33 を通して、排出煙突 19 と連通している。一実施形態では、本方法は、微粒子汚染物質を空気の第 2 の部分 P2 から除去することを含んでいる。微粒子汚染物質は、煙道ガス混合物 F G 1 からの空気予熱器 13 内の漏洩からの空気の第 2 の部分 P2 に導入される。

【0120】

図 4 に示すように、一実施形態では、蒸気発生器システム 10' は、蒸気発生容器 11 と空気予熱器 13 との間に配置された湿度センサ 34 を含んでいる。一実施形態では、本方法は、第 1 の温度 T1 の大きさを判定するために、湿度センサ 34 により、煙道ガス混合物 F G の湿度を測定することを含んでいる。

30

【0121】

図 4 に示すように、一実施形態では、蒸気発生器システム 10' は、赤外線センサ 32 を含んでいる。一実施形態では、本方法は、空気予熱器 13 内のコールドエンドの金属温度を赤外線センサで判定することを含んでいる。赤外線センサ 32 は、コールドエンドと熱的に繋がっているか、近位にある空気予熱器 13 の一部の温度を測定することにより、空気予熱器の温度、たとえば、コールドエンドの金属温度を判定する。蒸気発生器システム 10' は、コンピュータプロセッサ、メモリ、及び信号処理用電子回路などの制御ユニット 71 を含んでおり、本方法は、コールドエンドの金属温度を水の露点の温度と比較することと、制御ユニットにより、空気予熱器 13 内の水の露点温度より高くコールドエンドの金属温度を制御することとを含んでいる。

40

【0122】

一実施形態では、本方法は、低硫黄燃料を蒸気発生容器 11 に供給することにより、煙道ガス混合物 F G 内の SO_3 を緩和することを含んでいる。低硫黄燃料は、5 百万分率未満の SO_3 を生成するための組成である。

【0123】

一実施形態では、本方法は、煙道ガス混合物 F G を空気予熱器 13 に通す前に、煙道ガ

50

ス混合物 F G 内の SO_3 を除去することにより、煙道ガス混合物 F G 内の SO_3 を緩和することを含んでいる。

【0124】

一実施形態では、本方法は、煙道ガス混合物 F G を空気予熱器 13 に通す前に、不活性の塩へ煙道ガス混合物の SO_3 を化学的に精製することにより、煙道ガス混合物 F G 内の SO_3 を緩和することを含んでいる。一実施形態では、化学的に精製する工程には、ソジウム、マグネシウム、カリウム、アンモニウム、及びチオ硫酸カルシウムの少なくとも一つを含み、また、チオ硫酸塩及び塩化物の化学種を含むグループから選択された少なくとも一つの可溶性塩の複合物を含むか、炭酸ナトリウム、重炭酸ナトリウム、水酸化ナトリウム、水酸化アンモニウム、水酸化カリウム、炭酸カリウム、及び重炭酸カリウムの少なくとも一つを含む、試薬の水性懸濁液を噴霧して、煙道ガス内の SO_3 と反応することができる少なくとも一つの可溶性塩の複合物の乾燥粒子を含む粒子ミストを形成することが含まれている。

10

【0125】

一実施形態では、本方法は、煙道ガス脱硫システム 17 と排出煙突 19 との間に注入デバイス 21 を設けることを含み、第 1 の量 A 1 の空気の第 2 の部分 P 2 の、第 2 の温度 T 2 での、第 3 の温度 T 3 での第 2 の煙道の処理された煙道ガス混合物 F G 2 を伴う注入が、注入デバイス 21 に生じる。

【0126】

一実施形態では、本方法は、煙道ガス混合物 F G を第 1 の温度 T 1 で、空気予熱器 13 から微粒子除去システム 14 に、空気予熱器 13 と微粒子除去システム 14 との間に熱交換器を配置せずに、直接排出することを含んでいる。

20

【0127】

一実施形態では、本方法は、第 1 の処理された煙道ガス混合物 F G 1 を微粒子除去システム 14 から煙道ガス脱硫システム 17 内に、微粒子除去システム 14 と煙道ガス脱硫システム 17 との間に熱交換器を配置せずに、直接排出することを含んでいる。

【0128】

一実施形態では、本方法は、第 1 の量 A 1 の空気の第 2 の部分 P 2 を、1 パーセント～16 パーセントの、第 2 の処理された煙道ガス混合物 F G 2 に対する第 2 の部分 P 2 の質量比で注入することを含んでいる。一実施形態では、本方法は、第 1 の量 A 1 の空気の第 2 の部分 P 2 を、9 パーセント～16 パーセントの、第 2 の処理された煙道ガス混合物 F G 2 に対する第 2 の部分 P 2 の質量比で注入することを含んでいる。

30

【0129】

本発明は、効率を向上させるために、蒸気発生器システム 100、100' の装置を改良するための方法を含んでいる。装置を改良するための方法には、空気予熱器 13 の下流に位置する 1 又は複数の熱交換器を除去することが含まれている。装置を改良するための方法には、蒸気発生容器 11 内の燃料の燃焼に必要とされる以上の第 1 の量 A 1 の空気を供給するように、空気供給源 13D を空気予熱器 13 に再構成することと、空気予熱器 13 を出る煙道ガス混合物 F G の第 1 の温度 T 1 を確立するのに十分な質量流量で、第 1 の量 A 1 の空気が提供されるように、空気供給源 13D と空気予熱器 13 との少なくとも一つを再構成することと、を含み、第 1 の温度 T 1 は、空気予熱器が、空気予熱器 13 内の水の露点以上のコールドエンドの金属温度であり、かつ、コールドエンドの金属温度が硫酸の露点温度未満であるような温度であり、第 1 の温度 T 1 は、約セ氏 105 度（華氏 220 度）～約セ氏 125 度（華氏 257 度）である。

40

【0130】

別の実施形態では、第 1 の温度 T 1 は、本明細書に規定のように、少なくとも 1%（1 パーセント）の標準的な空気予熱器に比べ、向上した効率で作動する、向上された空気予熱器（たとえば、AdvX（商標）の空気予熱器）によって規定される。空気供給源 13D の再構成には、限定ではないが、PCT 特許出願第 PCT/US2017/13459 号の図 1 及び図 2 にそれぞれ示される従来技術の空気供給源 103D 及び 103D' の採用

50

されるものに比べ、より高い流量及び/又は圧力の容量のファン又はブロアを採用すること、及び/又は、空気供給システムにおける圧力降下を低減することが含まれる。

【0131】

装置を改良するための方法には、蒸気発生容器11と連通した1又は複数のSO₃緩和システムを提供することが含まれる。SO₃緩和システムは、蒸気発生容器11内で発生した煙道ガス混合物内のSO₃を緩和するように構成されている。一実施形態では、SO₃の緩和は、煙道ガス混合物FGが空気予熱器13に入る前に生じる。装置を改良するための方法には、第1の量の空気A1を第2の温度T2に加熱するように、空気予熱器13を構成することが含まれている。第2の温度は、実質的に、オリジナルのシステム(たとえば、PCT特許出願第PCT/US2017/13459号)の図1及び図2のそれぞれの、従来技術の蒸気発生器システム100及び100'の)の燃焼空気の温度以上である。一実施形態では、第2の温度は、ボイラの熱効率を維持又は向上させるために、約セ氏288度~セ氏399度(華氏550度~華氏750度)となっている。装置を改良するための方法は、燃料の燃焼のために、第1の量A1の空気の第1の部分P1を蒸気発生容器11に供給することを含んでいる。装置を改良するための方法は、煙道ガス混合物FGを第1の温度T1で、空気予熱器13から粒子の収集システム14に直接排出し、それにより、煙道ガス混合物FGから微粒子を除去し、第1の処理された煙道ガス混合物FG1を形成することを含んでいる。第1の処理された煙道ガス混合物FG1は、微粒子除去システム14から、煙道ガス脱硫システム17内に直接排出される(すなわち、PCT特許出願第PCT/US2017/13459号)の図1及び図2のそれぞれの、従来技術の熱交換器システムのGGH106Y及び106Y'などの、熱交換器を通る流れを伴わない)。しかし、装置を改良する一実施形態では、第1の処理された煙道ガス混合物FG1は、PCT特許出願第PCT/US2017/13459号の図1及び図2のそれぞれの、従来技術の熱交換器システムのGGH106Y及び106Y'などの、1又は複数の既存の熱交換器を通して流すことより、微粒子除去システム14から、煙道ガス脱硫システム17内に直接排出される。そのような装置を改良する実施形態では、既存の熱交換器は、完全に作動しているか、性能がダウングレードされるか、熱交換に関して機能しないようにされる場合がある。装置を改良するための方法は、第2の処理された煙道ガス混合物FG2を、セ氏52度~セ氏60度(華氏125度~華氏140度)の第3の温度T3で、煙道ガス脱硫システム17内で形成、及び、煙道ガス脱硫システム17から排出することを含んでいる。

【0132】

装置を改良するための方法は、第1の量A1の空気の第2の部分P2を、第3の温度T3で第2の煙道の処理された煙道ガス混合物FG2を伴って、空気予熱器13から第2の温度T2で供給される煙道ガス再加熱空気として、注入し、それにより、排出煙突19に入る前に、セ氏68度(華氏155度)の第4の温度T4で第3の処理された煙道ガス混合物FG3を形成することと、第3の処理された煙道ガス混合物FG3を、第4の温度T4で排出煙突19に入れることと、を含んでいる。

【0133】

一実施形態では、装置を改良するための方法は、煙道ガス脱硫システム17と排出煙突19とを接続する流出ダクトの少なくとも一部を、煙道ガス脱硫システム17、過度な空気のダクト65、及び排出煙突19を接続するマニホールド39で、置き換えることを含んでいる。

【0134】

一実施形態では、装置を改良するための方法には、煙道ガスの再加熱空気の微粒子除去システム33を設けることが含まれ、それにより、空気予熱器13が、煙道ガスの再加熱空気の微粒子除去システム33を通して、排出煙突19と連通しているようになっている。微粒子汚染物質は、空気の第2の部分P2から除去され、微粒子汚染物質は、煙道ガス混合物FGからの空気予熱器13内の漏洩からの空気の第2の部分P2に導入される。

【0135】

10

20

30

40

50

一実施形態では、装置を改良するための方法には、蒸気発生容器 11 と空気予熱器 13 との間の連通部に配置された湿度センサ 34 が含まれている。湿度センサ 34 は、第 1 の温度 T1 の大きさを判定するために、煙道ガス混合物 FG の湿度を測定する。

【0136】

一実施形態では、装置を改良するための方法には、赤外線センサ 32 を設けることと、空気予熱器 13 内のコールドエンドの金属温度を赤外線センサで判定することと、コールドエンドの金属温度を水の露点の温度と比較することと、本明細書に記載の制御ユニット 71 により、コールドエンドの金属温度を水の露点の温度以上に制御することと、が含まれている。

【0137】

装置を改良するための方法を実施した後に、蒸気発生器システム 10、10'、10'' は、装置を改良するための方法を実施する前の、従来技術の蒸気発生器システム（たとえば、PCT特許出願第 PCT/US2017/13459 号の図 1 及び図 2 のそれぞれの、蒸気発生器システム 100 及び 100'）の第 1 の熱効率と少なくとも同じ大きさの第 2 の熱効率を有している。そのような一実施形態では、オリジナルの蒸気発生器システムは、毎秒 55 ~ 60 フィートの大きさの煙道ガス流出速度に制限された湿式スタックで作動し、それにより、汚染物質のミストが排出煙突 19 を出ることを防止する。そのような湿式のスタックには、水処理設備内に吸収する、凝縮物収集手段が備えられている。水処理設備は、設備からの排水の前に、汚染物質を除去する。本発明を利用することにより、装置が改良された設備は、通常は毎秒約 100 フィート以下の煙道ガス流出速度で作動することができ、乾式スタックで作動する。煙道ガスの速度は、負荷の関数である。すなわち、低負荷条件では、煙道ガスの速度は低く、最大の作動不可は、煙道ガスの継続可能な最大の速度によって制限される場合がある。したがって、装置が改良されると、蒸気発生器システム 10、10'、10'' は、以前に可能であった負荷よりも高い負荷で作動することができ、蒸気発生容器 11 における蒸気生成及びパワー出力が増大する結果となることを理解されたい。以前よりも高い負荷で作動することがない場合でさえ、湿式スタックが無いことにより、水の使用量を低減し、これまでは排出煙突 19 から収集していた凝縮物の水の処理を作動させる必要がもはや無いことに関連して、コストが節約されることに繋がる。本発明は、蒸気発生器システム 10 の効率を向上させるための別の方法をも含んでいる。本方法は、蒸気発生容器 11、空気供給システム 13D、空気予熱器 13、第 1 の微粒子除去システム 14、第 2 の微粒子除去システム 33、煙道ガス脱硫システム 17、及び煙道ガス排出煙突 19 を含む蒸気発生器システム 10 を提供することを含んでいる。蒸気発生器システム 10 は、空気予熱器 13 を通して蒸気発生容器 11 と連通している空気供給システム 13D を有している。蒸気発生容器 11 は、空気予熱器 13、第 1 の微粒子除去システム 14、及び煙道ガス脱硫システム 17 を通して排出煙突 19 と連通しており、第 1 の微粒子除去システム 14 は、空気予熱器 13 の下流に位置しており、煙道ガス脱硫システム 17 は、第 1 の微粒子除去システム 14 の下流に位置しており、排出煙突 19 は、煙道ガス脱硫システム 17 の下流に位置しており、空気予熱器 13 は、第 2 の微粒子除去システム 33 を通して、排出煙突 19 と連通している。本方法は、蒸気発生容器 11 と空気予熱器 13 との間に配置された湿度センサ 34 を設けることと、空気予熱器 13 の近位又は空気予熱器 13 内に赤外線センサ 32 を設けることとを含んでいる。本方法は、第 1 の温度 T1 の大きさを判定するために、湿度センサにより、煙道ガス混合物 FG の湿度を測定することを含んでいる。

【0138】

本方法は、空気供給システム 13D を介して、第 1 の量 A1 の空気を空気予熱器 13 に提供することを含んでおり、第 1 の量 A1 の空気は、蒸気発生容器 11 内の燃料の燃焼に必要とされる以上の大きさであり、空気予熱器 13 は、空気予熱器 13 を出る煙道ガス混合物 FG の第 1 の温度 T1 を確立するのに十分な質量流量で、第 1 の量 A1 の空気を提供し、第 1 の温度 T1 は、空気予熱器が、空気予熱器 13 内の水の露点以上のコールドエンドの金属温度であり、かつ、コールドエンドの金属温度が硫酸の露点温度未満であるよう

10

20

30

40

50

な温度であり、第1の温度 T_1 は、約セ氏105度(華氏220度)~約セ氏125度(華氏257度)である。

【0139】

本方法には、空気予熱器13内のコールドエンドの金属温度を赤外線センサ32で判定することと、コールドエンドの金属温度を水の露点の温度と比較することと、本明細書に記載の制御ユニット71を使用して、コールドエンドの金属温度を水の露点の温度以上に制御することと、が含まれている。

【0140】

本方法は、蒸気発生容器11内で発生した煙道ガス混合物内の SO_3 を緩和することを含んでいる。 SO_3 の緩和は、煙道ガス混合物FGが空気予熱器13に入る前に生じる。空気予熱器13は、約セ氏288度~セ氏399度(華氏550度~華氏750度)の第2の温度 T_2 に第1の量の空気A1を加熱するように構成されている。第1の量A1の空気の第1の部分P1は、燃焼空気として、燃料の燃焼のために蒸気発生容器11に供給される。

10

【0141】

本方法は、煙道ガス混合物FGを第1の温度 T_1 で、空気予熱器13から微粒子除去システム14に直接排出し、それにより、煙道ガス混合物FGから微粒子を除去し、第1の処理された煙道ガス混合物FG1を形成することを含んでいる。第1の処理された煙道ガス混合物FG1は、微粒子除去システム14から、煙道ガス脱硫システム17内に直接排出され、それにより、第2の処理された煙道ガス混合物FG2を、セ氏52度~セ氏60度(華氏125度~華氏140度)の第3の温度 T_3 で、煙道ガス脱硫システム17内で形成、及び、煙道ガス脱硫システム17から排出することを含んでいる。

20

【0142】

本方法は、微粒子汚染物質を空気の第2の部分P2から除去することを含んでいる。微粒子汚染物質は、煙道ガス混合物FGからの空気予熱器13内の漏洩からの空気の第2の部分P2に導入される。第1の量A1の空気の第2の部分P2は、第3の温度 T_3 での第2の煙道の煙道ガス混合物FG2が、空気予熱器13から第2の温度 T_2 で供給される煙道ガス再加熱空気として、注入され、それにより、排出煙突19に入る前に、少なくともセ氏68度(華氏155度)の第4の温度 T_4 で第3の処理された煙道ガス混合物FG3を形成する。第3の処理された煙道ガス混合物FG3は、第4の温度 T_4 で排出煙突19に入れられる。

30

【0143】

図5に示すように、全体として符号70によって示されたグラフは、X軸72上に示された華氏での煙道ガス再加熱空気P2の温度と、Y軸71上の、華氏125度での、FGDシステム17を出入る洗浄されたガスFG2(図3及び図4)の質量流量比WQの100倍で割った、煙道ガス再加熱空気P2(すなわち、第1の量A1の空気の第2の部分P2)の質量流量比 W_R に等しい、パーセンテージでの再加熱空気比RRとを有している。グラフ70は、FGD17(図3及び図4)を出入る煙道ガスFG2の6つの異なる温度 DT_r における上昇に関するプロットを含んでいる。具体的には、このグラフは、華氏5度の DT_r に関するプロット80、華氏10度の DT_r に関するプロット81、華氏20度の DT_r に関するプロット82、華氏30度の DT_r に関するプロット83、華氏40度の DT_r に関するプロット84、及び華氏50度の DT_r に関するプロット85を含んでおり、再加熱空気比RRを、再加熱空気P2の温度の関数として示している。たとえば、再加熱比RRは、ポイント86における約1パーセント(すなわち、華氏800度、プロット80の華氏5度の DT_r に関し、0.9%)から、ポイント87における約16パーセント(すなわち、華氏500度、プロット85の華氏50度の DT_r に関し、華氏500度における15.9%)までの範囲である。華氏50度の DT_r に関するプロット85については、RRは、ポイント88における約9パーセント(すなわち、華氏800度、プロット85の華氏50度の DT_r に関し、9.1%)から、ポイント87における約16パーセント(すなわち、華氏500度、プロット85の華氏50度の DT_r に関し、華氏

40

50

500度における15.9%)までの範囲である。1パーセント~16パーセント、及び、9パーセント~16パーセントの再加熱比RRの範囲が図示及び記載されているが、再加熱比RRの他の範囲が、再加熱空気P2のD_{tr}及び温度に応じて採用される場合がある。本発明者らは、十分な分析及びテストの結果として図5のデータポイント及びプロット80~85に到達し、それにより、図5のグラフ70に概略的に示した驚くべき結果を発見した。

【0144】

図6に示すように、グラフ90は、1000MWの蒸気発生器システム10、10'に関し、X軸92上に示したパーセンテージでの空気予熱器13の効率と、Y軸91上にセ氏で示した温度とを有しており、FGD17と排出煙突19との間のダクト62内への煙道ガス再加熱空気P2の注入の結果として、FGD17を出る煙道ガスFG2がセ氏28度(華氏50度)だけ温度上昇している。グラフ90は、二次空気P1、P2の温度T2(図3及び図4)に関する空気予熱器13の効率のプロット93を含んでいる。グラフ90は、煙道ガスFGの流出温度T1(図3及び図4)に関する空気予熱器13の効率のプロット94を含んでいる。本発明者らは、蒸気発生器システム10、10'の熱効率を維持するために、PCT特許出願第PCT/US2017/13459号)に示す従来技術の蒸気発生器システム100、100'のセ氏150度の煙道ガスFGの流出温度(グラフ90に破線98'で示す)と、約105の煙道ガスFGの流出温度T1(図3及び図4)(グラフ90に破線98'で示す)との間に、セ氏35度の差動温度DTが必要であることを発見した。煙道ガス流出温度の差動温度DTが増大するにつれて、蒸気発生器システム10、10'の熱効率の向上が実現される。たとえば、グラフ90に示すように、熱効率の上昇が、ライン94のポイント94Aで実現される。ライン94のポイント94Aでは、煙道ガス流出温度T1はセ氏90度であり、空気予熱率は97パーセントである。増大した熱効率及び空気予熱率は、従来技術の空気予熱器を通して供給されるよりも大である第1の量の空気A1、及び/又は、従来技術の空気予熱器に採用されている伝熱要素に比べ、空気予熱器13の伝熱要素の効率が增大しているか、面積が増大していることの結果である。グラフ90に示すように、空気予熱器13の効率と、PCT特許出願第PCT/US2017/13459号の従来技術の蒸気発生器システム100、100'に比べて向上した蒸気発生器システム10、10'の熱効率は、やはり、燃料の燃焼のために蒸気発生容器11に供給される第1の量A1の空気の第1の部分P1の温度の上昇を通して実現される。グラフ90は、第1の量A1の第1の部分P1の温度の関数として、空気予熱器13の効率の増大を示すプロット93を含んでいる。たとえば、第1の量A1の第1の部分P1の温度がセ氏368度であり、空気予熱器13の効率が97パーセントであるポイント93Aでは、PCT特許出願第PCT/US2017/13459号の従来技術の蒸気発生器システム100、100'に比べ、蒸気発生器システム10、10'の熱効率の増大が実現される。

【0145】

空気予熱器13の低温動作を達成するための、図8に示す実施形態では、空気予熱器13に供給される煙道ガスの量は、前述の実施形態のような、過度な空気を使用する場合よりむしろ低減されている。このことは、蒸気発生容器11を出る煙道ガスFGが2つの流れFG4及びFG5に分割されるように、排出ダクト200を設けることにより、空気予熱器13の上流において促進されている。第1の流れFG4は、空気予熱器13に供給され、空気予熱器13から排出される。第2の流れFG5は、ダクト200に排気される。第2の流れFG5の量は、空気予熱器13を出る煙道ガス混合物FG4の所望の第1の温度T1を達成するように、バルブ手段(図示せず)によって制御される場合がある。この第2の流れFG5は、熱交換器HXで、温度T5に適切に冷却され、次いでダクト装置201を通してマニホールド202内に供給され、それにより、第1の流れFG4と再び合わさって、煙道ガス流FGを再び構成する。この煙道ガス流FGは、次いで、温度T1'でESP14に入る。一実施形態では、図3、図4、及び図7の実施形態における温度に関する温度T1と、図8の実施形態における温度に関する温度T1'とは、同一であるか、同一

に近いものである。図 8 に示す実施形態では、空気予熱器 1 3 を通過する空気の量 A 2 は、燃焼に必要な容量 P 1 の量である。すなわち、図 3、図 4、及び図 7 に示す実施形態の、必要とされる第 1 の量 A 1 とは異なり、過度な空気の部分 P 2 は生成されていない。

【 0 1 4 6 】

図 8 に示す実施形態では、煙道ガスの再加熱のために過度な空気 P 2 を使用する代わりに、空気流 A 3 が、熱交換器 H X に入り、この熱交換器 H X 内で、第 2 の煙道ガス流 F G 5 によって加熱される。空気流 A 3 は、熱交換器 H X を出て、温度 T 6 でダクト装置 2 0 3 を通ってマニホールド 2 0 4 に供給される。マニホールド 2 0 4 を通して、この空気流が、煙道ガス再加熱空気として、図 3、図 4、及び図 7 に示した実施形態で記載したように、スタック再加熱に影響するように注入される。一実施形態では、図 8 に示す温度 T 6 と、図 3、図 4、及び図 7 の実施形態で参照した温度 T 2 とが、同一であるか、ほぼ同一である。一実施形態では、熱交換器 H X は、第 2 の煙道ガス流 F G 5 を通す配管を有するように構成されている。この配管を直接通して、空気流 A 3 が流れる（たとえば、直接の熱交換器）。一実施形態では、熱交換器 H X は、空気流 A 3 を通す配管を有するように構成されている。この配管を直接通して、煙道ガス流 F G 5 が流れる（たとえば、直接の熱交換器）。一実施形態では、熱交換器 H X は、煙道ガス流 F G 5 からの熱を空気流 A 2 に伝える流体の熱交換媒体を伴う既知の方式で構成されている（すなわち、間接的な熱交換器）。

10

【 0 1 4 7 】

図 8 に示すように、所望による空気排出部 2 0 5 を、空気流 A 3 のいくらか、又はすべてが、たとえば、図 3、図 4、及び図 7 に示す実施形態を参照して記載した過度の予熱空気の第 3 の部分 P 3 と同様に使用され得るように、採用することができる。空気排出部 2 0 5 は、スタックの再加熱のために空気流 A 3 を使用することを避けることができ、代わりに、本明細書に記載のように、石炭の乾燥及び/又は始動予熱用途のために、選択的に空気排出部 2 0 5 を使用することができる。

20

【 0 1 4 8 】

本出願人は、慣習的な空気予熱器の構成を使用する場合に比べ、図 8 に示す構成の予期していない特徴を発見した。この特徴は、たとえば、スタックの再加熱、予熱、及び/又は石炭の乾燥の目的のために使用するように、煙道ガス F G からの熱の抽出と組み合わせでの、空気予熱器の空気の流出温度の低減である。図 8 の実施形態では、このことは、空気予熱器 1 3 の上流の第 2 の煙道ガス流 F G 5 を反らし、所望である場合は、スタックの再加熱、予熱、及び/又は石炭の乾燥の目的のために選択的に使用するために、この第 2 の煙道ガス流 F G 5 から、熱を抽出することにより、より少ない煙道ガスの熱を空気予熱器 1 3 に入れることによって達成される。対照的に、図 3、図 4、及び図 7 に示す実施形態では、このことは、第 1 の量 A 1 が、燃焼のための空気と、所望である場合には、選択的にスタックの再加熱、予熱、及び/又は石炭の乾燥の目的のための空気 P 2 との両方を提供するように、過度な空気を空気予熱器 1 3 に入れることによって達成される。図 9 に示すハイブリッドの実施形態では、両方のアプローチの組合せが使用されている。すなわち、空気予熱器 1 3 から反らされた煙道ガス（すなわち、F G 5）と、空気予熱器 1 3 内への十分な空気（すなわち、A 1）との両方である。

30

【 0 1 4 9 】

従来技術では、空気予熱器によって煙道ガスから抽出された空気は、蒸気発生用導管に、この導管を通して流れる燃焼空気により、再度導入される。熱伝導損失を除外すると、空気予熱器によって煙道ガスから抽出された熱のすべてが、燃焼空気を介して、蒸気発生用導管内に再度導入される。本発明の好ましい実施形態の特徴の 1 つは、空気予熱器によって「生成」された十分な空気内か、空気予熱器の上流で抽出/反らされた煙道ガスに関連する熱交換器によって「生成」された十分な空気内かの、煙道ガス流 F G から抽出された熱が、正常な動作の間、浪費されていないことである。燃焼空気を再加熱するために使用されないが、そのような抽出された熱すべてが、全体の蒸気の水サイクル（whole steam water cycle）と呼ばれる場合があるものに、たとえば、スタックの再加熱として、及び/又は、石炭の乾燥のために、再度導入される。

40

50

【 0 1 5 0 】

図示のハイブリッドの実施形態では、第2の過度の空気の部分P2と、反らされた煙道ガスFG5の加熱された空気流A3との両方が、スタックの再加熱として再度注入するために、全体又は一部が使用されるが、第2の煙道ガス流FG5と、空気予熱器13の必要とされる下流の流出温度を促進する、再加熱空気の第1の量A1の容積との測定の組合せであることを理解されたい。この測定は、始動の間、又は、異なる作動負荷、すなわち、蒸気発生用導管11の煙道ガスFGの流出温度に関して、適切に、所望の結果を得るために適切に選択可能とすることができる。

【 0 1 5 1 】

図8及び図9の実施形態の代替形態では、過度な空気の部分P2のいくらか若しくはすべて、及び/又は、加熱された空気流A3のいくらか若しくはすべてが、スタックの再加熱のために使用される代わりに、予熱、始動時の予熱、及び/又は石炭の乾燥の用途のために使用することができる。たとえば、加熱された空気流A3を、石炭の乾燥の用途に使用することが特に有利である場合がある。同様に、始動の間、又は、低負荷の条件で、煙道ガス流FG5内への流れを避けるか最小にすることが有利である場合がある。同様に、始動の間、又は、低負荷の条件で、過度な空気の部分P2を最小にすることが有利である場合がある。

10

【 0 1 5 2 】

図8及び図9に示す実施形態では、第2の煙道ガス流FG5が第1の煙道ガス流FG4に、空気予熱器13のすぐ下流で再び合わせられているが、他の実施形態では、そのように再び合わせることが、さらに下流で有効であり得ることを理解されたい。代替的には、この第2の煙道ガス流FG5は、周囲の空気にベントすることができ、及び/又は、第1の煙道ガス流FG4とは別に処理することができる。

20

【 0 1 5 3 】

必要である場合は、粒子の除去及び/又は他の汚染管理設備は、空気予熱器13を通る煙道ガスFGの一部を調整するために使用されるものとは独立して、第2の煙道ガス流FG5を適切に調整するために使用することができる。有利には、熱交換器HXは、煙道ガス流FG5から空気流A3へのガスの漏洩を許容しない。したがって、スタックの再加熱、設備の予熱、及び/又は石炭の乾燥のためのその使用の前に、空気流A3の同様の調整は必要とされない。

30

【 0 1 5 4 】

前述のように、本発明は、効率を向上させるために、PCT特許出願第PCT/US2017/13459号の蒸気発生器システム100、100'の装置を改良するための方法を含んでいる。この装置を改良するための方法は、蒸気発生容器11内の燃料の燃焼に必要とされる以上の第1の量A1の空気を供給するように、空気供給源13Dを空気予熱器13に再構成することと、空気予熱器13を出る煙道ガス混合物FGの第1の温度T1を確立するのに十分な質量流量で、第1の量A1の空気が提供され、本発明が要求する不可欠の特性を有するように、空気供給源13Dと空気予熱器13との少なくとも1つを再構成することと、を含んでいる。本発明が、PCT特許出願第PCT/US2017/13459号の100、100'などの蒸気発生器システムを、第2の煙道ガス流FG5に関連付けられた図8及び図9に示す実施形態の装置で、装置を改良するための方法をも含んでいることを理解されたい。

40

【 0 1 5 5 】

本発明者らは、驚くべきことに、何年もの実験、分析、及び試験を通し、付着物及び視認可能なスタックの羽状物質の可能性を低減しつつ、最適な温度の範囲と、100及び100'などの従来技術の蒸気発生器システムに比べて蒸気発生器システムの熱効率を向上させる、本発明の蒸気発生器システム10の動作のためのシステムの構成との組合せを発見した。

【 0 1 5 6 】

たとえば、当業者は、空気予熱器13を出る煙道ガス混合物FGの第1の温度T1が、

50

セ氏 105 度（華氏 220 度）以下の温度を有することを達成するのに十分である一方で、蒸気発生容器 11 内の燃料の燃焼に必要とされる十分な大きさを達成するために、予熱器 13 を通る空気流を増大させることを可能にすることを試み、失敗してきた。一方、同システムは、以下の特定の設計上の特徴のすべてを採用している。1) 蒸気発生容器 11 内で発生した煙道ガス混合物 F G 内の SO_3 を緩和することであって、この SO_3 の緩和が、煙道ガス混合物 F G が空気予熱器 13 に入る前に生じること。2) 空気予熱器 13 を、セ氏 288 度～セ氏 399 度（華氏 550 度～華氏 750 度）の第 2 の温度 T 2 に第 1 の量の空気 A 1 を加熱するように構成すること。3) 燃料の燃焼のために、第 1 の量 A 1 の空気の第 1 の部分 P 1 を蒸気発生容器 11 に供給すること。4) 煙道ガス混合物 F G を第 1 の温度 T 1 で、空気予熱器 13 から粒子の収集システム 14 に直接排出し、それにより、煙道ガス混合物 F G から微粒子を除去し、第 1 の処理された煙道ガス混合物 F G 1 を形成すること。5) 第 1 の処理された煙道ガス混合物 F G 1 を、微粒子除去システム 14 から、煙道ガス脱硫システム 17 内に直接排出し、それにより、第 2 の処理された煙道ガス混合物 F G 2 を、セ氏 52 度～セ氏 60 度（華氏 125 度～華氏 140 度）の第 3 の温度 T 3 で、煙道ガス脱硫システム 17 内で形成、及び、煙道ガス脱硫システム 17 から排出されること。6) 第 1 の量 A 1 の空気の第 2 の部分 P 2 を、第 3 の温度 T 3 での第 2 の煙道の処理された煙道ガス混合物 F G 2 を伴って、第 2 の温度 T 2 で注入し、それにより、排出煙突 19 に入る前に、セ氏 79 度～セ氏 88 度（華氏 175 度～華氏 190 度）の第 4 の温度 T 4 で第 3 の処理された煙道ガス混合物 F G 3 を形成すること。7) 第 3 の処理された煙道ガス混合物 F G 3 を、第 4 の温度 T 4 で排出煙突 19 に入れること。当業者には、上で詳細に示した 7 つの他の設計上の特徴とともに、空気予熱器 13 を出る煙道ガスの温度を変化させることにより、試みることができる、無限に近い数のシステムの構成が存在することを理解されたい。分析、実験、及び試験の結果としてのみ、本発明者らは、相反する設計上の特徴の問題を克服し、本明細書に開示され、請求される最適な組合せを発見した。

【0157】

概して、試験、実験、及び分析には、1) 第 1 の量 A 1 の空気の第 2 の部分 P 2 の注入の、第 2 の温度 T 2 における、第 2 の煙道の処理された煙道ガス混合物 F G 2 との混合効率、2) 空気の第 2 の部分 P 2 の量を含む、蒸気発生器システム内の様々な位置におけるフライアッシュの濃度、3) G G H 熱交換器の除去を正当化するために、十分な熱を提供する、空気の第 2 の部分 P 2 の量の判定、4) 蒸気発生器システム 10 を通しての圧力降下、5) 過度な空気のダクト 65 内の熱損失、6) 蒸気発生容器内の燃料の燃焼への影響、7) 蒸気発生器システムの熱効率への影響、及び 8) F G D 17 に関する効率及び水の供給の要求を考慮することを含むものとした。

【0158】

当業者は、いくつかの問題に直面することから、空気予熱器を出る煙道ガスの温度をセ氏 105 度（華氏 220 度）以下に低下させることを思いとどまってきた。第 1 の問題は、煙道ガスの温度の低下のこのレベル（すなわち、空気予熱器を出る煙道ガスの温度をセ氏 105 度（華氏 220 度）以下に低下させること）が、通常、空気流の増加を伴わずに達成することが、経済的に不可能であることである。通常、空気予熱器を通過する煙道ガスから回収できる熱の量には、実際的な制限が存在する。この制限は、 $q_{max} = (m * c)_{min} * (T_{gi} - T_{ai})$ の、最大の可能性のある熱伝達に基づいて得られる。ここで、 T_{gi} は空気予熱器に入る煙道ガスの温度であり、 T_{ai} は、空気予熱器に入る空気の温度である。 $(m * c)_{min}$ の量は、質量流量と、最小の流体に関する比熱との積であり、通常、空気予熱器に関し、最小の流体は燃焼空気である。空気の質量流量が増大すると、最大の可能性のある熱伝達が直接増大する。本発明は、増大した空気流を、煙道ガスの温度をさらに低減するための手段の一部として利用する。しかし、蒸気発生器の効率を維持及び向上させる中で、蒸気発生器に戻される熱の量を維持又は向上させることも必要である。このことは、空気予熱器の効率を維持又は向上させることによって達成され、 $効率 = 実際の熱伝達 / 最大の可能性のある熱伝達$ である。維持又は向上しなければなら

ないのは、燃焼空気への実際の熱伝達であり、このことは、a)冷たい空気流の空気の予熱の使用を除去すること、又は、b)より多くの、及び/若しくは、より高い効率の熱伝達面を使用することによって達成される。

【0159】

第2の問題は、発電所において、増大した、予熱された空気流に対する顕著な需要が存在しなかったことである。本発明は、スタックガスの再加熱に使用することができる、予熱空気の発生源を搬送する。

【0160】

第3の問題は、多くの燃料に関し、煙道ガスの温度の低下が、著しい空気予熱器の付着物及び/又は腐食に繋がることである。煙道ガスのSO₃の含有量に基づいて必要とされるように、本発明は、SO₃の含有量を、空気予熱器に入る量の約5ppmv以下に低減するために、SO₃の緩和を利用する。このことは、オリジナルの煙道ガスの露点未満に良好に低減された煙道ガスの温度において、付着物及び腐食を防止するように示されている。

10

【0161】

第4の問題は、最小のコールドエンドの要素の温度を適切に制御するための手段を伴わない発電所が、水の露点に近い温度において、ハロゲン酸の凝縮に起因して、重大な腐食が生じることである。一実施形態では、本発明は、煙道ガス湿度センサを採用して、煙道ガスに水を含むことを達成する。煙道ガスに含まれる水は、水の露点を計算するために使用される場合がある。臨界のハロゲン酸(HCl、HF、HBr)の露点は、このため、文献で利用可能な露点の相互関係を使用して見積もられる場合がある。赤外線センサ又は他のセンサの使用は、最小のコールドエンドの要素の温度を判定するために使用される場合がある。この最小のコールドエンドの要素の温度は、臨界の露点と比較される場合がある。露点の凝縮を避けることは、a)冷たい、入ってくる空気を予熱するために、スチームコイルを使用すること、又は、2)スタックガスの再加熱のために使用される予熱された空気の量を低減することによって達成される。

20

【0162】

本発明の別の実施形態(図示せず)では、第1の量A1の空気の第2の部分P2は、使用されないか、部分的にのみ、煙道ガス再加熱空気として使用されるが、代わりに、排他的、又は支配的に、動作の間に石炭乾燥機に供給される予熱空気として使用され、選択的に、関連する蒸気発生容器11及び/又は、始動の間、微粒子除去システム14の上流に送られる。石炭の乾燥のための十分な空気を使用することにより、蒸気発生容器13に供給される石炭内の湿気が効果的に低減され、それにより、煙道ガスとなるガスの内の、過度な蒸気の結果として考えられ得る熱損失を低減させる。この湿気の低減は、始動時において、下流の設備の凝縮の発生率をも低減する場合があることを理解されたい。現在の石炭燃焼ボイラでは、始動の間、蒸気発生容器11を、石炭バーナーから供給された下層の石炭の燃焼により、渦状の火が維持されるように、蒸気発生容器11が十分に加熱されるような時間まで、燃焼ランスを通して供給される始動用燃料として、石炭又は天然ガスで燃やす必要がある。始動が速すぎると、たとえば、蒸気発生容器内のパイプの溶接、及び結果として生じる損傷の、不要な熱衝撃に繋がる場合があると考えられる。始動が遅すぎると、不必要に石油及びガスを使用し、蒸気発生器システムを完全に作動した仕事量まで持っていくことが望ましくなく遅れることになる。熱衝撃を増大させることなく、始動時間を短縮することができるいずれの方法も、発電所のオペレータには有益である作動上及び費用上の利点に繋がることになる。通常の前熱された燃焼空気に加え、本実施形態の前熱空気を利用することにより、始動の間、石油又はガスの炎の温度に比べ、適度に低い温度で、より多くの前熱を効率的に、蒸気発生用導管11に戻すことになる。これにより、始動用の燃料をより大量に燃焼させることのさらなる熱衝撃を伴わずに、等しい追加の前熱を供給するために、より迅速な始動が可能になる場合がある。この別の実施形態では、蒸気発生器システム上の動作は、FGDの存在、又は、他の記載の実施形態では様々に必要とされたような、煙道ガス温度の上昇、及び/若しくは、乾式スタックの作動に依存し

30

40

50

ないことを理解されたい。

【 0 1 6 3 】

図 1 0 に示すように、第 1 の量の熱は、蒸気発生器システム 1 0 と連通している廃水乾燥システム 7 7 で利用される。廃水乾燥システム 7 7 は、蒸気発生器システム内の他の廃水システムから廃水を供給する、導管 7 7 W 1 又は導管 7 7 K を介して煙道ガス脱硫システム 1 7 と流体連通している、廃水貯蔵タンク 7 7 T を含んでいる。廃水乾燥システム 7 7 は、廃水貯蔵タンク 7 7 T の下流にあり、導管 7 7 W 2 及び 7 7 W 3 を介して廃水貯蔵タンク 7 7 T と流体連通しているスプレー乾燥管 7 7 D を含んでいる。ポンプ 7 7 P が、廃水をスプレー乾燥管 7 7 D 内に移送するように、導管 7 7 W 2 と導管 7 7 W 3 との間に設けられている。廃水乾燥管 7 7 D は、スプレーノズル 7 7 N を伴って構成された水流入口を有している。スプレー乾燥管 7 7 D は、導管 7 7 A を介して空気予熱器 1 3 と流体連通している。導管 7 7 A は、加熱された空気を廃水乾燥管 7 7 D に搬送する。加熱された空気が混ぜられ、廃水乾燥管 7 7 D に噴霧された廃水を蒸発させ、それにより、乾燥した微粒子の廃棄物を形成する。この微粒子の廃棄物は、廃水乾燥管 7 7 D から、排出導管 7 7 R を介して排出される。排出導管 7 7 R は、乾燥した微粒子の廃棄物を、微粒子除去システム 1 4 内で収集するために、微粒子除去システム 1 4 の上流のダクト 6 0 に搬送する。廃水乾燥管 7 7 D は、乾燥した微粒子の廃棄物を所望により排出するため、又は、廃水乾燥管 7 7 D の内部を洗浄するために、その底部の円錐状の部分に位置する、微粒子の排出ポート 7 7 Q をも有している。廃水乾燥システム 7 7 は、煙道ガス脱硫システム 1 7 からの液体の流出量を低減するか無くすことに有用であるが、蒸気発生器システム 1 0 の発熱率には不利に影響しない。

10

20

【 0 1 6 4 】

図 1 1 に示すように、第 1 の量の熱は、蒸気発生器システム 1 0 と連通している廃水乾燥システム 7 7 ' で利用される。廃水乾燥システム 7 7 ' は、蒸気発生器システム内の他の廃水システムから廃水を供給する、導管 7 7 W 1 ' 又は導管 7 7 K ' を介して煙道ガス脱硫システム 1 7 ' と連通している、廃水貯蔵タンク 7 7 T ' を含んでいる。廃水乾燥システム 7 7 ' は、廃水貯蔵タンク 7 7 T ' の下流にあり、導管 7 7 W 2 ' 及び 7 7 W 3 ' を介して廃水貯蔵タンク 7 7 T ' と流体連通しているスプレー乾燥管 7 7 D ' を含んでいる。ポンプ 7 7 P ' が、廃水をスプレー乾燥管 7 7 D ' 内に移送するように、導管 7 7 W 2 ' と導管 7 7 W 3 ' との間に設けられている。廃水乾燥管 7 7 D ' は、スプレーノズル 7 7 D ' を伴って構成された水流入口を有している。スプレー乾燥管 7 7 D ' は、導管 7 7 F ' を介して空気予熱器 1 3 と流体連通している。導管 7 7 F ' は、煙道ガス F G 5 を廃水乾燥管 7 7 D ' に搬送する。煙道ガス F G 5 が混ぜられ、廃水乾燥管 7 7 D ' に噴霧された廃水を蒸発させ、それにより、乾燥した微粒子の廃棄物を形成する。この微粒子の廃棄物は、廃水乾燥管 7 7 D ' から、排出導管 7 7 R ' を介して排出される。排出導管 7 7 R ' は、乾燥した微粒子の廃棄物を、微粒子除去システム 1 4 内で収集するために、微粒子除去システム 1 4 の上流のダクト 6 0 に搬送する。廃水乾燥管 7 7 D ' は、乾燥した微粒子の廃棄物を所望により排出するため、又は、廃水乾燥管 7 7 D ' の内部を洗浄するために、その底部の円錐状の部分に位置する、微粒子の排出ポート 7 7 Q ' をも有している。一実施形態では、煙道ガス F G 5 は、ダクト 2 0 0 を介して熱交換器 H X を通って流れ、ダクト 2 0 1 を介してダクト 6 0 に戻される。空気流 A 3 は、熱交換器 H X を通って流れ、この熱交換器 H X から、加熱された空気がダクト 2 0 3 内に排出される。加熱された空気は、所望により、排出ダクト 2 0 5 を介して廃水乾燥管 7 7 D ' に供給される。廃水乾燥システム 7 7 ' は、煙道ガス脱硫システム 1 7 からの液体の流出量を低減するか無くすことに有用であるが、蒸気発生器システム 1 0 の発熱率には不利に影響しない。

30

40

【 0 1 6 5 】

図 1 2 に示すように、第 1 の量の熱は、たとえば、蒸気発生容器 1 1 に供給される供給水を予熱することにより、蒸気発生器システム 1 0 の発熱率を増大させるために利用される。熱交換器 5 1 (たとえば、低温エコノマイザ又は低圧エコノマイザ) が空気予熱器 1 3 と微粒子除去システム 1 4 との間に配置されるとともに、流体連通している。熱交換器

50

51は、内部に配置されたチューブバンドル51Tを有している。煙道ガスFGは、チューブバンドル51Tの外側の周りを流れる。チューブバンドル51Tは、加熱されることになる供給水又は凝縮物を受領するための流入部51Aと、チューブバンドル51Tから供給水を排出するための流出部51Bとを有している。加熱された供給水は、蒸気発生容器11の水冷壁管(図示せず)内に排出される前に、他の供給水ヒータに送られる。

【0166】

図13に示すように、第1の量の熱は、たとえば、蒸気発生容器11に供給される供給水を予熱することにより、蒸気発生器システム10の発熱率を増大させるために利用される。熱交換器51'は、煙道ガスFG5を熱交換器51'に送るダクト63と流体連通している。熱交換器51'は、ダクト201を介して、ダクト60と流体連通している。熱交換器51'は、内部に配置されたチューブバンドル51T'を有している。煙道ガスFG5は、チューブバンドル51T'の外側の周りを流れる。チューブバンドル51T'は、加熱されることになる供給水又は凝縮物を受領するための流入部51A'と、チューブバンドル51T'から供給水を排出するための流出部51B'とを有している。加熱された供給水は、蒸気発生容器11の水冷壁管(図示せず)内に排出される前に、他の供給水ヒータに送られる。

10

【0167】

図12及び図13が、第1の量の熱が、たとえば、蒸気発生容器11に供給される供給水を予熱することにより、蒸気発生器システム10の発熱率を増大させるために利用されることを示しているが、本発明は、この点では限定されない。この理由は、第1の量の熱が、限定ではないが、熱の凝縮、所内動力(たとえば、空間及び飲料水の加熱、並びに、電動モータの代わりにファンなどの回転設備を駆動させるためのタービンのための蒸気、並びに、発電のために使用される蒸気のためのもの以外の、他の蒸気又は加熱のための動力)の緩和、並びに、蒸気サイクル効率の向上を含む他の手段のために利用される場合があるためである。

20

【0168】

図14に示すように、第1の量の熱は、湿式アッシュ除去システム29から排出されたアッシュのスラリーから水を蒸発させるために利用される。湿式アッシュ除去システム29は、微粒子除去システム14のフライアッシュホッパ14Hと、導管29C及び29Dを介して流体連通している収集タンク29Tを含んでいる。水供給部29Wは、導管29X及び導管29B、並びに、導管29Xと導管29Bとの間に位置するポンプ29Yを介して収集タンク29Tと流体連通している。蒸発管29V(たとえば、直接の熱交換器であるか、シェル及びチューブの熱交換器)が、収集タンク29Dの下流に位置しており、導管29Eを介して蒸発管29Vと流体連通している。蒸発管29Vは、導管29Fを介して灰捨場29Pと流体連通している。第1の量の熱のすべて又は一部は、導管29Aを介して蒸発管29Vに供給される。導管29Aは、空気予熱器13の空気側の下流側から分枝している。空気予熱器13からの加熱された空気は、蒸発管29V内に存在するアッシュスラリーに含まれる水のすべて又は一部を蒸発させて、灰捨場29Pに移送される水の量を低減する。

30

【0169】

図15に示すように、第1の量の熱は、湿式アッシュ除去システム29'から排出されたアッシュのスラリーから水を蒸発させるために利用される。湿式アッシュ除去システム29'は、微粒子除去システム14'のフライアッシュホッパ14H'と、導管29C及び29D'を介して流体連通している収集タンク29T'を含んでいる。水供給部29W'は、導管29X'及び導管29B'、並びに、導管29X'と導管29B'との間に位置するポンプ29Y'を介して収集タンク29T'と流体連通している。蒸発管HX(たとえば、直接の熱交換器であるか、シェル及びチューブの熱交換器)が、収集タンク29D'の下流に位置しており、導管29E'を介して収集タンク29D'と流体連通している。蒸発管HXは、導管29F'を介して灰捨場29P'と流体連通している。第1の量の熱のすべて又は一部は、蒸発管29D'にダクト200を介して搬送された煙道ガスFG5を介し、蒸発管HXに供

40

50

給される。ダクト200は、空気予熱器13の煙道ガス側の上流側のダクト63から分枝している。空気予熱器13からの煙道ガスFG5は、蒸発管HX内に存在するアッシュスラリーに含まれる水のすべて又は一部を蒸発させて、灰捨場29P'に移送される水の量を低減する。煙道ガスFG5は、空気予熱器13の煙道ガス側の下流側に戻され、ダクト201を介してダクト60に入る。蒸気発生器11から直接来るアッシュスラリーは、湿式アッシュ除去システム29から来るアッシュスラリーに関して上述したのと同様に処理される場合があることを理解されたい。

【0170】

本発明が、その特定の実施形態を参照して開示及び記載されてきたが、他の変形形態及び修正形態が形成され得、また、添付の特許請求の範囲が、本発明の真の範囲内にある変形形態及び修正形態をカバーすることが意図されていることに留意されたい。

10

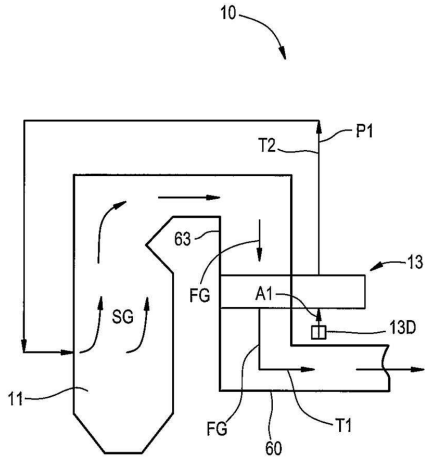
20

30

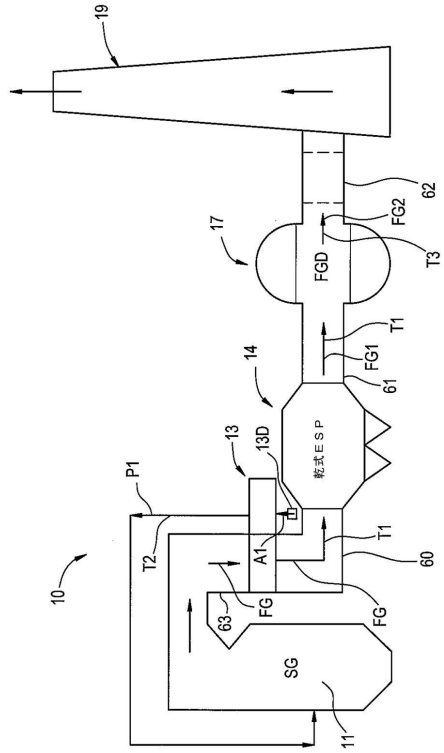
40

50

【図面】
【図 1】



【図 2】



10

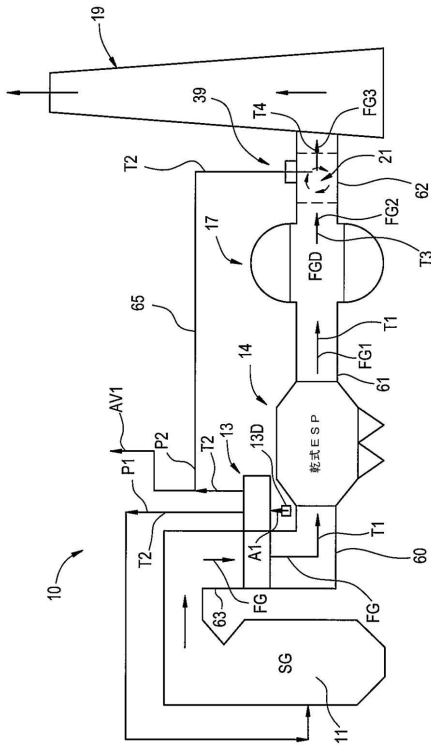
20

30

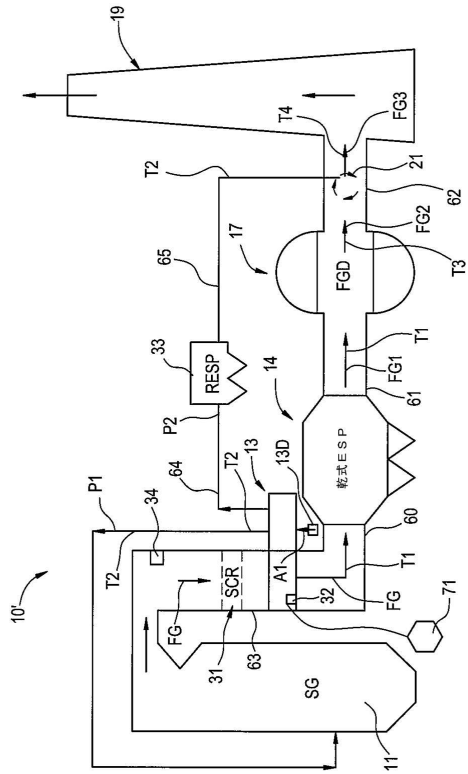
40

50

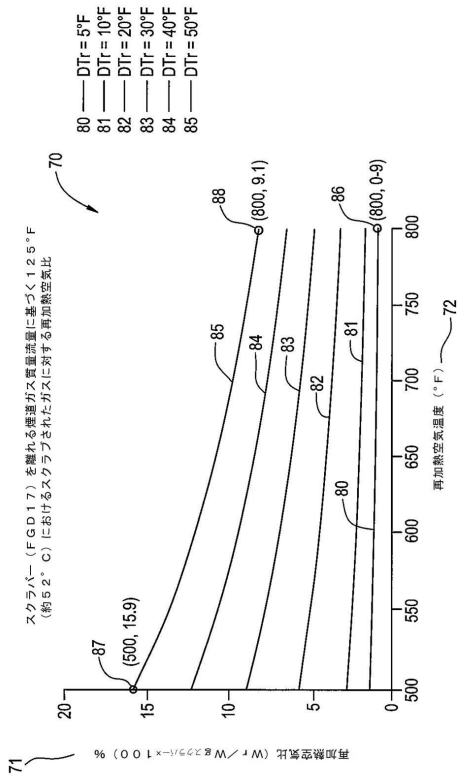
【図3】



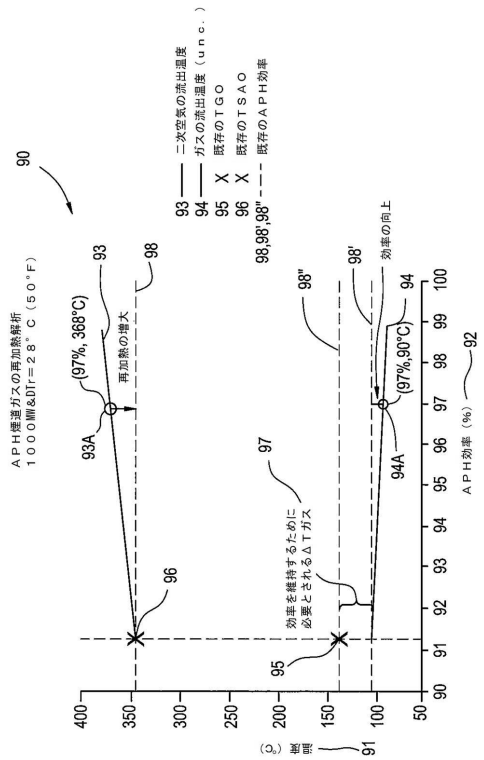
【図4】



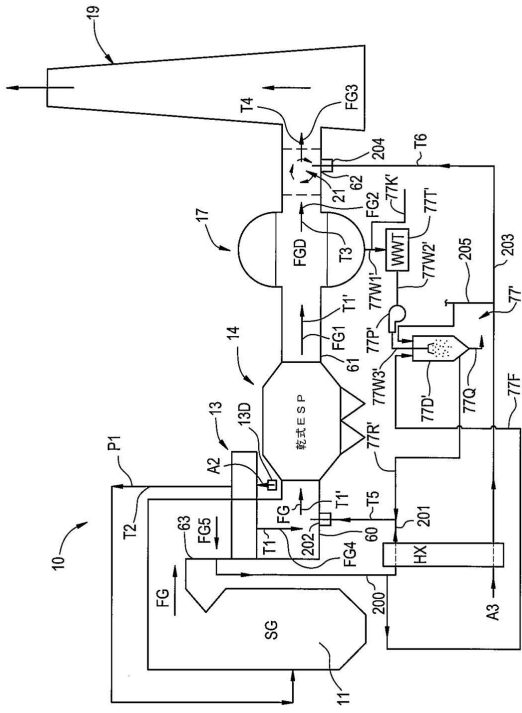
【図5】



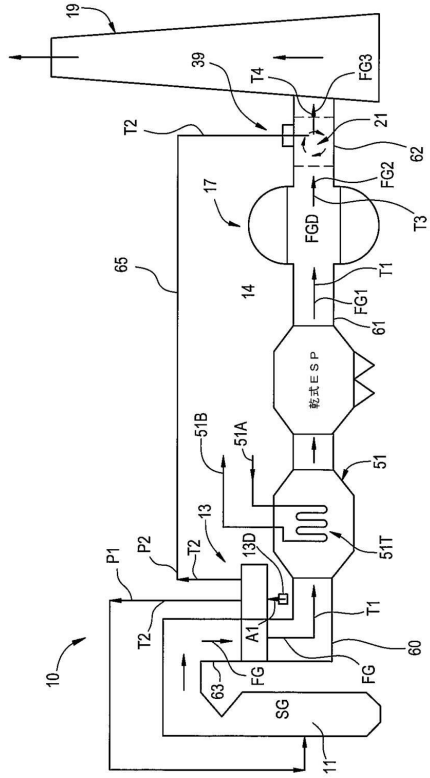
【図6】



【図 1 1】



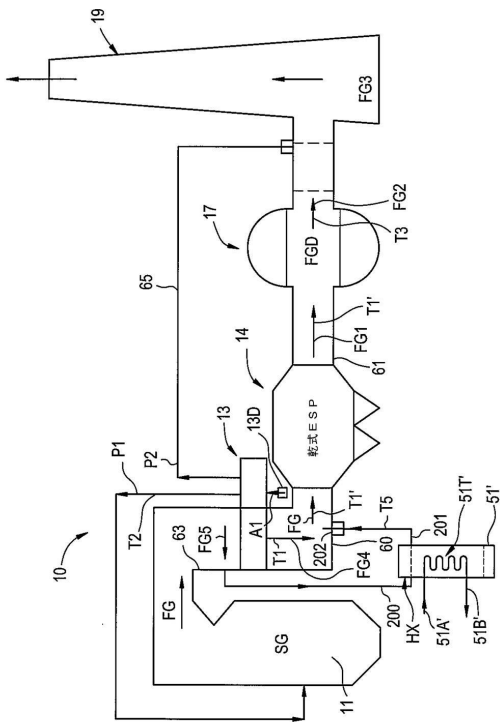
【図 1 2】



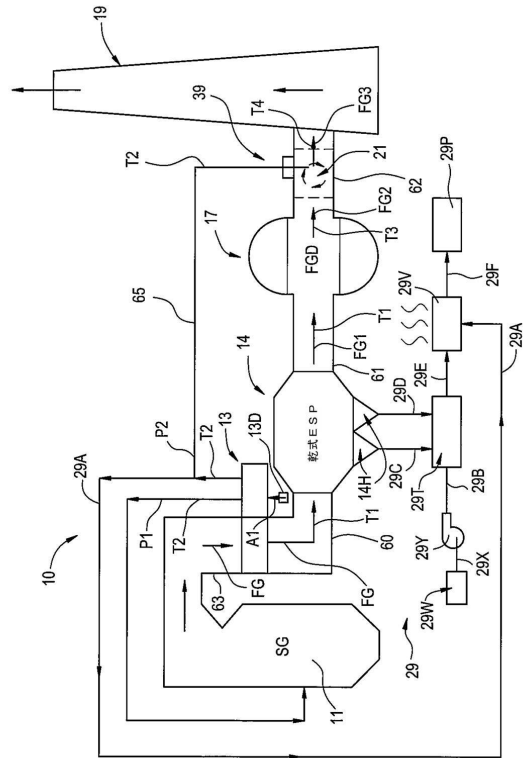
10

20

【図 1 3】



【図 1 4】

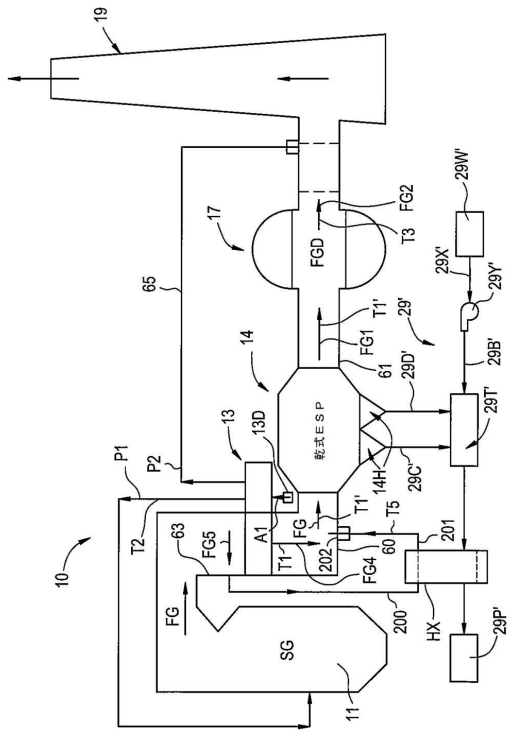


30

40

50

【 図 15 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(31)優先権主張番号 PCT/US2016/055958

(32)優先日 平成28年10月7日(2016.10.7)

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(31)優先権主張番号 PCT/US2017/013459

(32)優先日 平成29年1月13日(2017.1.13)

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

アメリカ合衆国 1 4 1 0 1 ニューヨーク州 マキアス ポッター ロード 6 3

(72)発明者 ブレッキンリンジ、 デイビッド、 ジー .

アメリカ合衆国 3 7 4 2 1 テネシー州 チャタヌーガ ストーニー マウンテン ドライブ 9 1 1 9

(72)発明者 クリングシュポール、 セット、 エーリック、 ヨーナス

アメリカ合衆国 7 8 7 5 0 テキサス州 オースティン スコットランド ウェル ドライブ 1 1 0 0 0

審査官 河野 俊二

(56)参考文献 特開平 1 1 - 0 0 2 4 0 3 (J P , A)

特開 2 0 1 3 - 2 0 4 9 6 9 (J P , A)

国際公開第 2 0 0 8 / 0 7 8 7 2 2 (W O , A 1)

特開昭 6 0 - 0 8 4 1 3 1 (J P , A)

特開 2 0 1 2 - 0 5 7 8 6 0 (J P , A)

特開 2 0 1 2 - 0 0 2 4 9 9 (J P , A)

特開 2 0 1 2 - 1 4 9 7 9 2 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

F 2 3 L 1 5 / 0 0

F 2 3 J 1 5 / 0 0

B 0 1 D 5 3 / 3 4