

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 830 731**

51 Int. Cl.:

F22B 37/00 (2006.01)

B01D 53/50 (2006.01)

F23J 15/00 (2006.01)

F22B 37/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.01.2017 PCT/US2017/013459**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.01.2018 WO18009247**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.01.2017 E 17705500 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.09.2020 EP 3482124**

54 Título: **Método de funcionamiento y modificación de un sistema de generación de vapor**

30 Prioridad:

08.07.2016 US 201615205243
07.10.2016 WO PCT/US2016/055958

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.06.2021

73 Titular/es:

ARVOS LJUNGSTROM LLC (100.0%)
3020 Truax Road
Wellsville, NY 14895, US

72 Inventor/es:

O'BOYLE, KEVIN y
MATTISON, GLENN D.

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 830 731 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método de funcionamiento y modificación de un sistema de generación de vapor

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere generalmente a un método y un sistema para mejorar la efectividad de un generador de vapor alimentado con combustible fósil y la efectividad de la eliminación de partículas, y está dirigido más particularmente a un método y sistema para mejorar la efectividad de un precalentador de aire reduciendo el ensuciamiento y mejorando la eficacia térmica del generador de vapor alimentado con combustible fósil y la eficacia de un precipitador electrostático usando la reducción de SO₃ corriente arriba del precalentador de aire y el recalentamiento del gas de la chimenea para facilitar así la eliminación de uno o más intercambiadores de calor y de uno o más ventiladores corriente abajo del precalentador de aire. Específicamente, la presente invención se refiere a un método para hacer funcionar un generador de vapor y a un método de retroadaptación de un generador de vapor.

Antecedentes de la invención

15 Hay muchos tipos de sistemas generadores de vapor que se emplean para la generación de vapor para el uso en la generación de electricidad y plantas de tratamiento químico. El documento GB 2 138 555 A describe un ejemplo de un sistema de generación de vapor del estado de la técnica. Algunos de los sistemas de generación de vapor queman combustible fósil tal como carbón, gas natural y petróleo en un recipiente generador de vapor. Se necesita un suministro de aire al recipiente generador de vapor para proporcionar oxígeno para la combustión del combustible. La combustión del combustible da por resultado subproductos de combustión a alta temperatura en una corriente de gas de combustión descargado del recipiente generador de vapor. Para mejorar la eficacia térmica del sistema generador de vapor se calienta el suministro de aire al recipiente generador de vapor recuperando calor de la corriente de gas de combustión en un precalentador de aire (APH), tal como un APH rotatorio.

20 La eficacia del APH puede aumentarse usando elementos de transferencia de calor de mayor eficacia y elementos de transferencia de calor con un área mayor de transferencia de calor. Sin embargo, los expertos en la técnica relevante no han sido capaces de alcanzar todo el potencial de eficacia de APH aumentado disponible a través del uso de elementos de transferencia de calor de mayor eficacia y mayor área de transferencia de calor de los elementos de transferencia de calor, debido a limitaciones de funcionamiento en relación con el control de contaminantes, como se describen en la presente memoria.

25 Los subproductos en la corriente de gas de combustión pueden incluir materia en partículas y contaminantes. Por ejemplo, la combustión de carbón da por resultado subproductos de combustión tales como materia en partículas en forma de cenizas volantes y contaminantes tales como óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre SO₂ y trióxido de azufre SO₃ (denominados de forma colectiva como SO_x). El SO₂ se forma como resultado de la combustión de combustibles que contienen azufre tales como carbón alto en azufre. El SO₃ se forma por oxidación del SO₂ por ejemplo cuando el contenido de oxígeno en el gas de combustión es demasiado alto o cuando la temperatura del gas de combustión es demasiado alto (p.ej., mayor de 800 °C). El SO₃ puede formar un aerosol líquido conocido como niebla de ácido sulfúrico (H₂SO₄) que es muy difícil de eliminar.

30 Las leyes y regulaciones medioambientales limitan la cantidad de descarga de materia en partículas y contaminantes en el medio ambiente. Por consiguiente, se han empleado diversos sistemas de tratamiento para controlar la descarga de materia en partículas y contaminantes. Por ejemplo, la reducción catalítica selectiva (SCR) es un medio de tratamiento para convertir óxidos de nitrógeno, también denominados como NO_x, con la ayuda de un catalizador en nitrógeno diatómico (N₂) y agua (H₂O). Los sistemas de control de partículas tales como cámaras de filtro, precipitadores electrostáticos (ESPs) húmedos y ESPs secos pueden emplearse para eliminar la materia en partículas de la corriente de gas de combustión. Los ESPs secos son más eficientes y más fáciles de mantener que los ESPs húmedos, aunque los ESPs secos necesitan una corriente de gas de combustión más seca que los ESPs húmedos. Crear una corriente de gas de combustión seca puede ser difícil porque cuando la temperatura del gas de combustión disminuye por debajo del punto de rocío de SO₃ en un extremo frío del APH, puede darse condensación, provocando así que el SO₃ forme H₂SO₄ y un gas de combustión relativamente húmedo. Además, si el gas de combustión contiene la niebla de H₂SO₄, entonces el ESP húmedo menos eficiente se emplea típicamente para eliminar el H₂SO₄. Además, los ESPs tienden a experimentar ensuciamiento con polvo (p.ej., una acumulación indeseable de ceniza volante en las placas colectoras del ESP y las cubetas de eliminación) cuando la temperatura del gas de combustión es alta (p.ej., 35 130 °C o más).

Otro sistema empleado para el control de materia en partículas y contaminantes es un sistema de desulfurización del gas de combustión (FGD). Los sistemas de FGD están dirigidos principalmente a la eliminación de cualquier SO₂, por ejemplo, mediante el uso de absorbentes de SO₂. Los absorbentes de SO₂ húmedo típicamente pulverizan agua mezclada con un sorbente en una corriente de gas de combustión que fluye a través del absorbente de SO₂ para absorber el SO₂ del gas de combustión. El gas de combustión que sale del absorbente de SO₂ se satura con agua que contiene algo de SO₂. Una limitación operativa de los sistemas de FGD es que el gas de combustión que sale del absorbente de SO₂ puede ser altamente corrosivo para cualquier equipo corriente abajo tal como ventiladores,

conductos y chimeneas. Otra limitación operativa de los sistemas de FGD es que los absorbentes de SO₂ necesitan un suministro de agua sustancial y equipo de regeneración del sorbente.

Una limitación operativa relacionada con los APHs es que el empleo de elementos de transferencia de calor con eficacia y área de transferencia de calor aumentadas puede provocar que la temperatura del gas de combustión disminuya por debajo del punto de rocío de SO₃ a cuya temperatura, puede darse la condensación en un extremo frío del APH. El SO₃ reacciona con el agua para formar ácido sulfúrico H₂SO₄ que condensa en los elementos de transferencia de calor del APH. La materia en partículas puede adherirse al H₂SO₄ condensado provocando el ensuciamiento del APH. En base a esta limitación operativa, los expertos en la técnica relevante se han disuadido de reducir la temperatura del componente y/o temperatura del gas de combustión que sale del APH por debajo del punto de rocío de SO₃ y de emplear más APHs con elementos de transferencia de calor y área de transferencia de calor de eficacia aumentadas. La incapacidad para conseguir completamente todo el potencial de aumento de eficacia del APH limita por lo tanto la capacidad de aumentar la eficacia térmica del sistema generador de vapor para aumentarse a todo su potencial.

Como se muestra en la FIG. 1 un sistema generador de vapor de la técnica anterior se designa generalmente por el número 100. El sistema generador de vapor 100 incluye un recipiente generador de vapor 101 que incluye una salida de combustión 101B que está en comunicación con un sistema de reducción catalítica selectiva (SCR) 102 por medio de una entrada de SCR 102A. El sistema SCR 102 incluye una salida SCR 102B que está en comunicación con un precalentador de aire (APH) 103 por medio de una primera entrada de APH 103A. Una tubería de suministro de aire 103D está en comunicación con una segunda entrada de APH 103C. El APH 103 incluye una primera salida de APH 103E que está en comunicación con una entrada 101A al recipiente generador de vapor 101. El APH 103 incluye una segunda salida de APH 103B que está en comunicación con una entrada 104A de un precipitador electrostático (ESP) 104. El ESP 104 incluye una salida 104B que está en comunicación con una entrada 105A de un ventilador 105 (p.ej., un ventilador de tiro inducido). El ventilador 105 incluye una salida 105B que está en comunicación con una entrada lateral caliente 106XA de una sección de recuperación de calor 106X de un intercambiador de calor gas a gas (GGH). La sección de recuperación de calor 106X tiene una primera salida 106XB que está en comunicación con una entrada 107A de un sistema de desulfuración de gas de combustión (FGD) 107. El sistema FGD 107 incluye una salida 107B que está en comunicación con una entrada lateral fría 106YA de una sección de recalentamiento 106Y del GGH. La sección de recalentamiento 106Y incluye una segunda salida 106YB que está en comunicación con una entrada del ventilador 108A de un ventilador 108. La sección de recuperación de calor 106X incluye una entrada 106XC que está en comunicación con una salida 106YD de la sección de recalentamiento 106Y por medio de un conducto sellado 106Q para transportar un medio de transferencia de calor en él. La sección de recuperación de calor 106X incluye una salida 106XD que está en comunicación con una entrada 106YC de la sección de recalentamiento 106Y por medio del conducto sellado 106R para transportar el medio de transferencia de calor en él. El ventilador 108 incluye una salida 108B que está en comunicación con una entrada 109A de una chimenea de escape 109. La chimenea de escape 109 incluye una salida de la chimenea 109B.

El funcionamiento del sistema generador de vapor 100 implica suministrar un combustible tal como carbón pulverizado al recipiente generador de vapor 101. El aire para combustión del carbón se proporciona por medio del suministro de aire 103D que se calienta en el APH 103 por medio de una corriente de gas de combustión caliente que se descarga desde el recipiente generador de vapor 101 después de haberse tratado para reducción de NO_x en el SCR 102. El gas de combustión que se descarga de la salida de APH 103B y se suministra al ESP 104 tiene típicamente una temperatura de aproximadamente 130 °C. El funcionamiento del ESP 104 a 130 °C tiende a provocar ensuciamiento con polvo en el ESP 104, como se describe en la presente memoria. Para aumentar la eficacia de eliminación de SO₂ en el sistema FGD 107, la temperatura del gas de combustión se reduce a aproximadamente 90 °C en el GGH 106. Sin embargo, debido a las pérdidas de presión a través del GGH 106, se necesita que el ventilador 105 aumente la presión del gas de combustión para asegurar el flujo continuo a suficiente velocidad a través del GGH 106 y el sistema FGD 107. El tratamiento de desulfurización en el sistema FGD 107 reduce la temperatura del gas de combustión a aproximadamente 50 °C como resultado del contacto con el agua en el sistema FGD 107. La descarga del gas de combustión en la chimenea 109 a dichas bajas temperaturas tiende a provocar problemas de corrosión y una pluma visible en la descarga 109B de la chimenea 109. Adicionalmente, el gas de combustión puede contener alguna ceniza residual que puede dispersarse de forma inadecuada en la atmósfera si el gas de combustión sale de la chimenea 109 a temperatura demasiado baja, por ejemplo. Para reducir estos problemas, el gas de combustión se recircula de nuevo al GGH 106 para recalentar el gas de combustión a aproximadamente 90 °C. En India, los cuerpos que monitorizan la contaminación recomiendan recalentar a aproximadamente 80-100 °C. La recirculación del gas de combustión de nuevo a través del GGH 106 da por resultado más pérdidas de presión y se necesita que el ventilador 108 aumente la presión y la velocidad del gas de combustión a una magnitud aceptable.

Los inconvenientes del sistema generador de vapor 100 incluyen: 1) la reducción en la eficacia térmica total debido a la energía consumida por los ventiladores 105 y 108; 2) los problemas de ensuciamiento con polvo en el ESP 104 debido a la alta temperatura del gas de combustión; 3) el menos que óptimo APH 103 que no pueden emplear elementos de calentamiento que tienen una mayor eficacia y área; 4) la incapacidad para emplear un ESP seco debido a la presencia de ácido sulfúrico H₂SO₄ en el gas de combustión; y 5) ineficacias del FGD 107 debido a la alta concentración de SO₃ de más de 5 ppm en el gas de combustión.

Como se muestra en la FIG. 2, otro sistema generador de vapor de la técnica anterior 100' es similar, en algunos aspectos, al sistema generador de vapor de la técnica anterior 100 de la FIG. 1. Por consiguiente, los componentes similares se designan con caracteres de referencia similares seguidos por una designación principal.

5 Como se muestra en la FIG. 2 el sistema generador de vapor de la técnica anterior 100' incluye un recipiente generador de vapor 101' que incluye una salida de gas de combustión 101B' que está en comunicación con un sistema de reducción catalítica selectiva (SCR) 102' por medio de una entrada de SCR 102A'. El sistema de SCR 102' incluye una salida de SCR 102B' que está en comunicación con un precalentador de aire (APH) 103' por medio de una primera entrada del APH 103A'. Una tubería de suministro de aire 103D' está en comunicación con una segunda entrada del APH 103C'. El APH 103' incluye una primera salida del APH 103E' que está en comunicación con una entrada 101A' al recipiente generador de vapor 101'. El APH incluye una segunda salida del APH 103B' que está en comunicación con una entrada lateral caliente 106XA' de una sección de recuperación de calor 106X' de un intercambiador de calor gas a gas GGH. La sección de recuperación de calor 106X' tiene una primera salida 106XB' que está en comunicación con una entrada 104A' de un precipitador electrostático (ESP) 104'. El ESP 104' incluye una salida 104B' que está en comunicación con una entrada 105A' de un ventilador 105' (p.ej., un ventilador de tiro inducido). El ventilador 105' incluye una salida 105B' que está en comunicación con una entrada 107A' de un sistema de desulfuración de gas de combustión (FGD) 107'. El sistema FGD 107' incluye una salida 107B' que está en comunicación con una entrada lateral fría 106YA' de una sección de recalentamiento 106Y' del GGH. La sección de recalentamiento 106Y' incluye una salida 106YB' que está en comunicación con una entrada de ventilador 108A' de un ventilador 108'. La sección de recuperación de calor 106X' incluye una entrada 106XC' que está en comunicación con una salida 106YD' de la sección de recalentamiento 106Y' por medio de un conducto sellado 106Q' para transportar un medio de transferencia de calor en él. La sección de recuperación de calor 106X' incluye una salida 106XD' que está en comunicación con una entrada 106YC' de la sección de recalentamiento 106Y' por medio del conducto sellado 106R' para transportar el medio de transferencia de calor en él. El ventilador 108' incluye una salida 108B' que está en comunicación con una entrada 109A' de una chimenea de escape 109'. La chimenea de escape 109' incluye una salida de la chimenea 109B'.

25 El sistema generador de vapor 100' difiere del sistema generador de vapor 100 en que el GGH 106 está situado entre el APH 103' y el ESP 104' en un esfuerzo por elevar la temperatura del gas de combustión a 90 °C antes de entrar al ESP 104'. Aunque el sistema generador de vapor 100' intenta mejorar el funcionamiento del ESP 104', los demás inconvenientes del sistema generador de vapor 100 permanecen.

30 En base a lo anterior hay una necesidad de un sistema generador de vapor con eficacia térmica mejorada y sistemas de tratamiento de la materia en partículas y la contaminación.

Compendio

Los métodos según la presente invención comprenden al menos todas las características de al menos una de las reivindicaciones independientes añadidas.

35 Se describe en la presente memoria un método para mejorar la efectividad de un sistema generador de vapor. El método incluye proporcionar un sistema generador de vapor que tiene un recipiente generador de vapor, un sistema de suministro de aire, un precalentador de aire mejorado (p.ej., un precalentador de aire AdvXTM,, dado anteriormente el nombre de desarrollo AXRMTM), un sistema de eliminación de partículas (p.ej., un precipitador electrostático seco y/o un filtro de tela), un sistema de desulfuración de gas de combustión, y una chimenea de descarga del gas de combustión. El sistema de suministro de aire está en comunicación con el recipiente generador de vapor a través del precalentador de aire. El recipiente generador de vapor está en comunicación con la chimenea de descarga a través del precalentador de aire, el sistema de eliminación de partículas y el sistema de desulfuración del gas de combustión. El sistema de eliminación de partículas está situado corriente abajo del precalentador de aire. El sistema de desulfuración del gas de combustión está situado corriente abajo del sistema de eliminación de partículas y la chimenea de descarga está situada corriente abajo del sistema de desulfuración del gas de combustión. El método incluye que el sistema de suministro de aire proporcione una primera cantidad de aire al precalentador de aire a un flujo de masa suficiente para establecer una primera temperatura de una mezcla de gas de combustión que sale del precalentador de aire. La primera temperatura es de una magnitud tal que el precalentador de aire tiene una temperatura de salida del extremo frío definida por el precalentador de aire mejorado que funciona con la recuperación de calor (HR) aumentada de al menos 1% como se calcula según la ecuación:

$$50 \quad HR = 100\% \times ((T_{gi} - T_{goAdvX}) / (T_{gi} - T_{goSTD}) - 1),$$

en donde

T_{gi} = Temperatura de entrada de gas de combustión, es decir, de la mezcla de gas de combustión que entra al precalentador de aire;

55 T_{goAdvX} = Temperatura de salida del gas de combustión, es decir, de la mezcla de gas de combustión que sale del precalentador de aire mejorado;

T_{goSTD} = Temperatura de salida del gas de combustión, es decir, de la mezcla de gas de combustión que sale del precalentador de aire estándar.

El método incluye reducir el SO₃ en la mezcla de gas de combustión generado en el recipiente generador de vapor. La reducción de SO₃ se da antes de que la mezcla de gas de combustión entre al precalentador de aire. El método incluye configurar el precalentador de aire para calentar la primera cantidad de aire a una segunda temperatura de aproximadamente 288 °C a 399 °C (550 °F a 750 °F). El método también incluye suministrar una primera parte o todo de la primera cantidad de aire como aire de combustión al recipiente generador de vapor para la combustión del combustible. La mezcla de gas de combustión se descarga a la primera temperatura, directamente del precalentador de aire al sistema de eliminación de partículas eliminando así las partículas de la mezcla de gas de combustión y creando una primera mezcla de gas de combustión tratado. El método incluye además descargar toda o una parte de la primera mezcla de gas de combustión tratado que sale del recipiente generador de vapor del sistema de eliminación de partículas directamente al sistema de desulfurización del gas de combustión creando así en y descargando del sistema de desulfurización del gas de combustión, una segunda mezcla de gas de combustión tratado a una tercera temperatura de aproximadamente 52 °C a aproximadamente 60 °C (125 °F a 140 °F). La tercera temperatura es de una magnitud suficiente para facilitar la inyección de una segunda parte de aire como aire de recalentamiento del gas de combustión calentando, directamente (p.ej., por medio de mezcla) o indirectamente (p.ej., usando un intercambiador de calor), la segunda mezcla de gas de combustión tratado a la tercera temperatura creando así la tercera mezcla de gas de combustión tratado a una cuarta temperatura de al menos 68 °C (155 °F), antes de entrar a la chimenea de descarga. La tercera temperatura es de una magnitud suficiente para permitir que el aire de recalentamiento del gas de combustión se eleve a la cuarta temperatura a una magnitud suficiente para reducir la pluma visible que sale de la chimenea de descarga y para reducir la corrosión en la chimenea de descarga. Finalmente, el método incluye admitir la tercera mezcla de gas de combustión tratado a la chimenea de descarga a la cuarta temperatura.

En una realización, la primera cantidad de aire es de una magnitud en exceso de la necesaria para la combustión del combustible en el recipiente generador de vapor y la segunda parte de aire es una segunda parte de la primera cantidad de aire alimentada desde el precalentador de aire a la segunda temperatura. Mientras, en otra realización, la mezcla de gas de combustión se divide corriente arriba del precalentador de aire en dos corrientes en que una primera corriente es la parte dicha de la mezcla de gas de combustión alimentada a y después descargada del precalentador de aire y en que la segunda corriente se purga por medio de la conducción corriente arriba del precalentador de aire. En esa otra realización, la segunda corriente se alimenta posteriormente a través de un intercambiador de calor y se inyecta para recombinar con la primera corriente hacia abajo del precalentador de aire. Típicamente, la segunda corriente se alimenta posteriormente a través de un intercambiador de calor y la segunda parte de aire se calienta por la segunda corriente de gas de combustión en el intercambiador de calor antes de la inyección como aire de recalentamiento del gas de combustión.

En una realización, el precalentador de aire tiene una temperatura del metal del extremo frío que no es menor que una temperatura del punto de rocío del agua en el precalentador de aire y tal que la temperatura del metal del extremo frío es menor que una temperatura del punto de rocío del ácido sulfúrico y la primera temperatura es de aproximadamente 105 °C (220 °F) a aproximadamente 125 °C (257 °F).

En una realización, una tercera parte de la primera cantidad de aire se proporciona como aire de precalentamiento durante el arranque de la caldera para precalentar selectivamente uno o más del sistema de eliminación de partículas, el sistema de desulfurización del gas de combustión, y/o las conducciones intermedias, o durante el funcionamiento de la caldera para una instalación de secado del carbón, y posteriormente se emite a la atmósfera. En otra realización, la segunda corriente de mezcla de gas de combustión se alimenta posteriormente a través de un intercambiador de calor para calentar una corriente de aire que proporciona la segunda parte de aire para la inyección como aire de recalentamiento del gas de combustión. Adicionalmente en esa otra realización, la corriente de aire proporciona una tercera parte de aire como aire de precalentamiento durante el arranque de la caldera para precalentar selectivamente al menos uno del sistema de eliminación de partículas, el sistema de desulfurización del gas de combustión, conducciones intermedias, o durante el funcionamiento de la caldera para una instalación de secado de carbón y posteriormente se emite a la atmósfera.

En una realización, el sistema generador de vapor incluye además un sistema de reducción catalítica selectiva y el recipiente generador de vapor está en comunicación con el precalentador de aire a través del sistema de reducción catalítica selectiva.

En una realización, el sistema generador de vapor incluye además uno o más de un sistema de eliminación de partículas del aire de recalentamiento del gas de combustión y/o aire de precalentamiento y el precalentador de aire está en comunicación con la chimenea de descarga a través del sistema de eliminación de partículas del aire de recalentamiento del gas de combustión y/o aire de precalentamiento. El sistema de eliminación de partículas del aire de recalentamiento del gas de combustión y/o el aire de precalentamiento elimina contaminantes en partículas de la segunda parte de aire que se introducen a la segunda parte de aire desde la fuga en el precalentador de aire desde la mezcla de gas de combustión.

En una realización, el sistema generador de vapor incluye además un sensor de humedad dispuesto entre el recipiente generador de vapor y el precalentador de aire y el método incluye medir, con el sensor de humedad, la humedad de la mezcla de gas de combustión para determinar una magnitud de la primera temperatura.

5 En una realización, el sistema generador de vapor incluye además un sensor de infrarrojos y el método incluye determinar, con el sensor de infrarrojos, la temperatura del metal del extremo frío en el precalentador de aire; en comparación con la temperatura del metal del extremo frío a la temperatura de punto de rocío del agua; y controlar que la temperatura del metal del extremo frío no sea menor que la temperatura del punto de rocío del agua. En una realización, la reducción del SO₃ en la mezcla del gas de combustión incluye suministrar un combustible bajo en azufre al recipiente generador de vapor, en donde el combustible bajo en azufre genera menos de 5 partes por millón de SO₃.

En una realización, la reducción de SO₃ en la mezcla de gas de combustión incluye eliminar SO₃ en la mezcla de gas de combustión antes de admitir la mezcla de gas de combustión al precalentador de aire.

10 En una realización, la reducción del SO₃ en la mezcla de gas de combustión incluye convertir químicamente el SO₃ en la mezcla de gas de combustión a una sal inerte, antes de admitir la mezcla de gas de combustión al precalentador de aire. Por ejemplo, la conversión química puede incluir pulverizar una suspensión acuosa de un reactivo que contiene tiosulfato de sodio, magnesio, potasio, amonio y/o calcio y que contiene un compuesto salino soluble tal como uno o más de especies de tiosulfato y cloruro o que contiene al menos uno de carbonato sódico, bicarbonato sódico, hidróxido sódico, hidróxido de amonio, hidróxido de potasio, carbonato de potasio y bicarbonato de potasio para crear una niebla de partículas que contiene partículas secas de al menos un compuesto salino soluble que puede reaccionar con el SO₃ en el gas de combustión.

15 En una realización, el método incluye proporcionar adicionalmente un dispositivo de inyección (p.ej., un colector de conducto) entre el sistema de desulfurización del gas de combustión y la chimenea de descarga y en donde la inyección de la segunda parte del aire, a la segunda temperatura, con la segunda mezcla de gas de combustión tratado en conducto a la tercera temperatura se da en el dispositivo de inyección.

20 En una realización, el dispositivo de inyección incluye el colector del conducto situado entre el sistema de desulfurización del gas de combustión y la chimenea de descarga. El colector del conducto tiene una entrada para recibir la segunda mezcla de gas de combustión tratado, una conexión en rama para recibir la segunda parte del aire y una salida en comunicación con la chimenea de descarga. En una realización, el dispositivo de inyección incluye un mezclador, aletas de desviación y/o un dispositivo tabulador.

En una realización, la descarga de la mezcla de gas de combustión a la primera temperatura, directamente del precalentador de aire al sistema de eliminación de partículas se consigue sin intercambiadores de calor dispuestos entre el precalentador de aire y el sistema de eliminación de partículas.

30 En una realización, la descarga de la primera mezcla del gas de combustión tratado desde el sistema de eliminación de partículas directamente al sistema de desulfurización del gas de combustión se consigue sin intercambiadores de calor dispuestos entre el sistema de eliminación de partículas y el sistema de desulfurización del gas de combustión.

En una realización, no hay intercambiadores de calor dispuestos entre el precalentador de aire y el sistema de desulfurización del gas de combustión.

35 En una realización, no hay ventiladores dispuestos entre el sistema de desulfurización del gas de combustión y la chimenea de descarga.

En una realización, la inyección de la segunda parte de la primera cantidad de aire se lleva a cabo a una relación de masas de la segunda parte a la segunda mezcla de gas de combustión tratado de 1 por ciento a 16 por ciento. En una realización, la inyección de la segunda parte de la primera cantidad de aire se lleva a cabo a una relación de masas de la segunda parte de la segunda mezcla de gas de combustión tratado del 9 por ciento a 16 por ciento.

40 Se describe en la presente memoria un método para mejorar la efectividad de un sistema generador de vapor. El método incluye proporcionar un sistema generador de vapor que incluye un recipiente generador de vapor, un sistema de suministro de aire, un precalentador de aire mejorado, un sistema de eliminación de partículas y una chimenea de descarga del gas de combustión. El sistema de suministro de aire está en comunicación con el recipiente generador de vapor a través del precalentador de aire y el recipiente generador de vapor está en comunicación con la chimenea de descarga a través del precalentador de aire y el sistema de eliminación de partículas. El sistema de eliminación de partículas está situado corriente abajo del precalentador de aire y la chimenea de descarga está situada corriente abajo del sistema de eliminación de partículas. El sistema de suministro de aire proporciona una primera cantidad de aire al precalentador de aire a un flujo de masa suficiente para establecer una primera temperatura de una mezcla de gas de combustión que sale del precalentador de aire. La primera temperatura es tal que el precalentador de aire tiene una temperatura de salida del extremo frío definida por el precalentador de aire mejorado que funciona con recuperación de calor (HR) aumentada de al menos 1% como se calcula según la ecuación:

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

en donde

55 T_{gi} = temperatura de entrada del gas de combustión, es decir, de la mezcla de gas de combustión que entra al precalentador de aire;

ES 2 830 731 T3

TgoAdvX = temperatura de salida del gas de combustión, es decir, de la mezcla de gas de combustión que sale del precalentador de aire mejorado;

TgoSTD = temperatura de salida del gas de combustión, es decir, de la mezcla de gas de combustión que sale del precalentador de aire estándar.

5 El método incluye reducir el SO₃ en la mezcla de gas de combustión generada en el recipiente generador de vapor, en donde la reducción de SO₃ se da antes de que la mezcla de gas de combustión entre al precalentador de aire. El precalentador de aire se configura para calentar la primera cantidad de aire a una segunda temperatura de aproximadamente 288 °C a 399 °C (550 °F a 750 °F). Una primera parte o todo de la primera cantidad de aire se suministra como aire de combustión al recipiente generador de vapor para la combustión del combustible. La o al menos una parte de la mezcla de gas de combustión se descarga, a la primera temperatura, directamente desde el precalentador de aire al sistema de eliminación de partículas eliminando así las partículas de la mezcla de gas de combustión y creando una primera mezcla de gas de combustión tratado. La primera mezcla del gas de combustión tratado se descarga del sistema de eliminación de partículas directamente en el sistema de desulfurización del gas de combustión creando así en y descargando del sistema de desulfurización del gas de combustión, una segunda mezcla de gas de combustión tratado a una tercera temperatura. La tercera temperatura es de una magnitud suficiente para facilitar la inyección de una segunda parte de aire como aire de precalentamiento, proporcionando calor a una instalación de secado de carbón y/o para precalentar el recipiente generador de vapor.

10 En una realización, el precalentador de aire tiene una temperatura del metal del extremo frío que no es menor que una temperatura del punto de rocío del agua en el precalentador de aire y tal que la temperatura del metal del extremo frío es menor que una temperatura del punto de rocío del ácido sulfúrico y que la primera temperatura es de aproximadamente 105 °C (220 °F) a aproximadamente 125 °C (257 °F).

15 Se describe en la presente memoria un sistema para mejorar la efectividad de un sistema generador de vapor. El sistema incluye un recipiente generador de vapor, un precalentador de aire en comunicación con el recipiente generador de vapor, un sistema de suministro de aire configurado para proporcionar aire al recipiente generador de vapor a través del precalentador de aire, un sistema de eliminación de partículas (p.ej., un precipitador electrostático seco y/o un filtro de tela), un sistema de desulfurización del gas de combustión y un chimenea de descarga. El recipiente generador de vapor está en comunicación con la chimenea de descarga a través del precalentador de aire, el sistema de eliminación de partículas y el sistema de desulfurización del gas de combustión. El sistema de eliminación de partículas se sitúa directamente corriente abajo del precalentador de aire. El sistema de desulfurización del gas de combustión se sitúa directamente corriente abajo del sistema de eliminación de partículas. La chimenea de descarga está situada directamente corriente abajo del sistema de desulfurización del gas de combustión. El sistema de suministro de aire está configurado para proporcionar una primera cantidad de aire al precalentador de aire a un flujo de masa suficiente para establecer una primera temperatura de una mezcla de gas de combustión que sale del precalentador de aire. La primera temperatura es de una magnitud tal que el precalentador de aire tiene una temperatura del metal del extremo frío que no es menor que una temperatura del punto de rocío del agua en el precalentador de aire y tal que la temperatura de metal del extremo frío es menor que una temperatura del punto de rocío de ácido sulfúrico. La primera temperatura es de aproximadamente 105 °C (220 °F) a aproximadamente 125 °C (257 °F). El sistema incluye reducción de SO₃ corriente arriba del precalentador de aire, la reducción de SO₃ se configura para reducir el SO₃ en la mezcla de gas de combustión generada en el recipiente generador de vapor. El precalentador de aire se configura para calentar la primera cantidad de aire a una segunda temperatura de aproximadamente 288 °C a 399 °C (550 °F a 750 °F). El sistema de eliminación de partículas se configura para transportar la mezcla de gas de combustión a una tercera temperatura, por ejemplo, aunque no limitada a 52 °C a aproximadamente 60 °C (125 °F a 140 °F), directamente al sistema de desulfurización del gas de combustión. Un conducto de exceso de aire está en comunicación con el precalentador de aire. Un segundo conducto está situado entre el sistema de desulfurización del gas de combustión y la chimenea de descarga. El conducto de exceso de aire se configura para transportar una segunda parte de la primera cantidad de aire como aire de recalentamiento del gas de combustión alimentado del precalentador de aire a la segunda temperatura desde el precalentador de aire al segundo conducto. El sistema incluye un dispositivo de inyección (p.ej., un colector del conducto) situado entre el sistema de desulfurización del gas de combustión y la chimenea de descarga. El dispositivo de inyección se configura para descargar el gas de combustión en la chimenea de descarga a una cuarta temperatura (p.ej., al menos aproximadamente 68 °C (155 °F)). La tercera temperatura es de una magnitud suficiente para permitir que el aire de recalentamiento del gas de combustión para elevar la cuarta temperatura a una magnitud suficiente para reducir la pluma visible que sale de la chimenea de descarga y para reducir la corrosión en la chimenea de descarga.

20 El sistema generador de vapor puede incluir además un sistema de reducción catalítica selectiva y el recipiente generador de vapor está en comunicación con el precalentador de aire a través del sistema de reducción catalítica selectiva.

25 El sistema generador de vapor puede incluir además un sistema de eliminación de partículas de aire de recalentamiento del gas de combustión y el precalentador de aire está en comunicación con la chimenea de descarga a través del sistema de eliminación de partículas del aire de recalentamiento del gas de combustión de forma operativa para eliminar de la segunda parte de contaminantes en partículas del aire introducidos de la fuga en el precalentador de aire de la mezcla de gas de combustión.

El sistema generador de vapor puede comprender además un sensor de humedad dispuesto en la comunicación entre el recipiente generador de vapor y el precalentador de aire para medir la humedad de la mezcla de gas de combustión y con el sensor de humedad usándose para determinar la magnitud de la primera temperatura.

5 El sistema generador de vapor puede comprender además un sensor de infrarrojos para determinar la temperatura del precalentador de aire y una unidad de control configurada para controlar la temperatura del metal del extremo frío por encima del punto de rocío del agua en el precalentador de aire.

En una realización, la reducción de SO₃ incluye suministrar un combustible bajo en azufre al recipiente generador de vapor. El combustible bajo en azufre genera menos de 5 partes por millón de SO₃.

10 En una realización, la reducción de SO₃ incluye eliminar SO₃ en la mezcla de gas de combustión antes de admitir la mezcla de gas de combustión al precalentador de aire.

15 En una realización, la reducción de SO₃ incluye convertir químicamente al SO₃ en la mezcla de gas de combustión en una sal inerte, antes de admitir la mezcla de gas de combustión al precalentador de aire. Por ejemplo, la conversión química puede incluir pulverizar una suspensión acuosa de un reactivo que contiene tiosulfato de sodio, magnesio, potasio, amonio y/o calcio y que contiene uno o más compuestos salinos solubles tales como especies tiosulfato y cloruro o que contiene al menos uno de carbonato sódico, bicarbonato sódico, hidróxido sódico, hidróxido de amonio, hidróxido de potasio, carbonato de potasio y bicarbonato de potasio para crear una niebla de partículas que contiene partículas secas de al menos un compuesto salino soluble que puede reaccionar con el SO₃ en el gas de combustión.

El sistema puede configurarse sin ventiladores dispuestos entre el sistema de desulfurización del gas de combustión y la chimenea de descarga.

20 El sistema puede configurarse sin intercambiadores de calor dispuestos entre el precatalizador de aire y el sistema de desulfurización del gas de combustión.

El sistema puede configurarse sin ventiladores dispuestos entre el sistema de eliminación de partículas de aire de recalentamiento con gas de combustión y la chimenea de descarga.

25 Se describe además en la presente memoria un método de retroadaptación de un sistema generador de vapor para la efectividad mejorada. El método incluye eliminar uno o más intercambiadores de calor situados corriente abajo del precalentador de aire y reconfigurar una fuente de suministro de aire al precalentador de aire para suministrar una primera cantidad de un flujo de masa suficiente para establecer una primera temperatura de una mezcla de gas de combustión que sale al precalentador de aire. La primera temperatura es de una magnitud tal que el precalentador de aire tiene una temperatura de metal del extremo frío que no es menor que una temperatura del punto de rocío del agua en el precalentador de aire y tal que la temperatura del metal del extremo frío es menor que una temperatura del punto de rocío del ácido sulfúrico. La primera temperatura es de aproximadamente 105 °C (220 °F) a aproximadamente 125 °C (257 °F). El método incluye proporcionar reducción de SO₃ en comunicación con el recipiente generador de vapor. La reducción de SO₃ se configura para reducir el SO₃ en la mezcla de gas de combustión generada en el recipiente generador de vapor. La reducción de SO₃ se da antes de que la mezcla de gas de combustión entre al precalentador de aire. El método incluye configurar el precalentador de aire para calentar la primera cantidad de aire a una segunda temperatura que es sustancialmente no menor que la temperatura del aire de combustión de un sistema original y que es aproximadamente de 288 °C a 399 °C (550 °F a 750 °F) para mantener o mejorar la eficacia de la caldera. El método incluye suministrar una primera parte o todo de la primera cantidad de aire al recipiente generador de vapor para la combustión del combustible. El método incluye además descargar todo o una parte de la mezcla de gas de combustión que sale del recipiente generador de vapor a la primera temperatura, directamente del precalentador de aire al sistema de recogida de partículas, eliminando así las partículas de la mezcla de gas de combustión y creando una primera mezcla de gas de combustión tratado. El método también incluye, descargar la primera mezcla de gas de combustión tratado del sistema de eliminación de partículas directamente en el sistema de desulfurización del gas de combustión creando así en y descargando del sistema de desulfurización del gas de combustión, una segunda mezcla de gas de combustión tratado a una tercera temperatura de aproximadamente 52 °C a aproximadamente 60 °C (125 °F a 140 °F). El método incluye inyectar una segunda parte de aire como aire de recalentamiento del gas de combustión con la segunda mezcla de gas de combustión tratado en conducto a la tercera temperatura, creando así la tercera mezcla de gas de combustión tratado a una cuarta temperatura de al menos 68 °C (155 °F), antes de entrar en la chimenea de descarga. El método también incluye, admitir la tercera mezcla de gas de combustión tratado a la chimenea de descarga a la cuarta temperatura. La tercera temperatura es de una magnitud suficiente para permitir que el aire de recalentamiento del gas de combustión suba a la cuarta temperatura a una magnitud suficiente para reducir la pluma visible que sale de la chimenea de descarga y para reducir la corrosión en la chimenea de descarga.

55 En una realización, el método de retroadaptación incluye sustituir al menos una parte de un conducto de salida que conecta el sistema de desulfurización del gas de combustión y la chimenea de descarga con un colector que conecta el sistema de desulfurización del gas de combustión, un conducto de exceso de aire y la chimenea de descarga.

En una realización, el sistema generador de vapor incluye además un sistema de eliminación de partículas de aire de recalentamiento del gas de combustión, y el precalentador de aire está en comunicación con la chimenea de descarga a través del sistema de eliminación de partículas de aire de recalentamiento del gas de combustión. El método de

retroadaptación incluye eliminar los contaminantes en partícula de la segunda parte del aire, introduciéndose los contaminantes en partículas a la segunda parte de aire desde la fuga en el precalentador de aire de la mezcla de gas de combustión.

5 En una realización, el sistema generador de vapor incluye además un sensor de humedad dispuesto en la comunicación entre el recipiente generador de vapor y el precalentador de aire y el método de retroadaptación incluye medir, con el sensor de humedad, la humedad de la mezcla de gas de combustión para determinar una magnitud de la primera temperatura.

10 En una realización, el sistema generador de vapor incluye además un sensor de infrarrojos y el método de retroadaptación incluye determinar, con el sensor de infrarrojos, la temperatura del metal del extremo frío en el precalentador de aire, comparar la temperatura del metal del extremo frío a la temperatura del punto de rocío del agua; y controlar que la temperatura del metal del extremo frío no sea menor que la temperatura del punto de rocío del agua.

En una realización, en el método de retroadaptación una segunda eficacia térmica del sistema generador de vapor, después de implementar el método de retroadaptación, es al menos tan grande como una primera eficacia térmica del sistema generador de vapor antes de implementar el método de retroadaptación.

15 Se describe además en la presente memoria un método para retroadaptar un sistema generador de vapor de chimenea húmeda capaz de velocidades de salida de gas de combustión del orden de 60 a 66 Km/h (55 a 60 pies por segundo) para efectividad mejorada. El método incluye eliminar la chimenea húmeda, permitiendo así velocidades de salida del gas de combustión aumentadas reconfigurando una fuente de suministro de aire al precalentador de aire para suministrar una primera cantidad de aire a un flujo de masa suficiente para establecer una primera temperatura de una
20 mezcla de gas de combustión que sale del precalentador de aire, siendo la primera temperatura tal que el precalentador de aire tiene una temperatura de salida del extremo frío definida por el precalentador de aire mejorado que funciona con recuperación de calor HR mejorada de al menos 1% como se calcula según la ecuación:

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

en donde

25 T_{gi} = temperatura de entrada del gas de combustión, es decir, de la mezcla del gas de combustión que entra al precalentador de aire;

T_{goAdvX} = temperatura de salida del gas de combustión, es decir, de la mezcla de gas de combustión que sale del precalentador de aire mejorado;

30 T_{goSTD} = temperatura de salida del gas de combustión, es decir, de la mezcla del gas de combustión que sale del precalentador de aire estándar.

El método incluye proporcionar la reducción de SO₃ en comunicación con el recipiente generador de vapor. La reducción del SO₃ se configura para reducir el SO₃ en la mezcla de gas de combustión generada en el recipiente generador de vapor. La reducción de SO₃ se da antes de que la mezcla de gas de combustión entre al precalentador de aire. El método incluye configurar el precalentador de aire para calentar la primera cantidad de aire a una segunda
35 temperatura que es sustancialmente no menor que la temperatura del aire de combustión de un sistema original y que es de aproximadamente 288 °C a 399 °C (550 °F a 750 °F) para mantener o mejorar la eficacia de la caldera en comparación con el sistema original. El método incluye suministrar una primera parte o todo de la primera cantidad de aire al recipiente generador de vapor para la combustión del combustible. El método incluye además descargar toda o parte de la mezcla del gas de combustión que sale del recipiente generador de vapor a la primera temperatura,
40 directamente desde el precalentador de aire al sistema de recogida de partículas eliminando así las partículas de la mezcla de gas de combustión y crear una primera mezcla de gas de combustión tratado. La primera mezcla de gas de combustión tratado se descarga del sistema de eliminación de partículas directamente al sistema de desulfurización del gas de combustión, creando así en y descargando del sistema de desulfurización del gas de combustión, una segunda mezcla de gas de combustión tratado a una tercera temperatura. El método incluye inyectar una segunda
45 parte de la primera cantidad de aire como aire de recalentamiento del gas de combustión con la segunda mezcla de gas de combustión tratado en conducto a la tercera temperatura, creando así la tercera mezcla de gas de combustión tratado a una cuarta temperatura, antes de entrar a la chimenea de descarga. El método incluye admitir la tercera mezcla de gas de combustión tratado a la chimenea de descarga a la cuarta temperatura. La tercera temperatura es de una magnitud suficiente para permitir al aire de recalentamiento del gas de combustión elevarse a la cuarta
50 temperatura a una magnitud suficiente para facilitar una chimenea seca para reducir la pluma visible que sale de la chimenea de descarga y para reducir la corrosión en la chimenea de descarga. El sistema generador de vapor retroadaptado es capaz de funcionar a cargas aumentadas en comparación con el sistema generador de vapor original (es decir, antes de implementar la retroadaptación) a las que las velocidades de salida del gas de combustión superan las anteriormente permitidas con una tubería húmeda.

55 En una realización, el precalentador de aire tiene una temperatura de metal de extremo frío que no es menor que una temperatura de punto de rocío del agua en el precalentador de aire y de manera que la temperatura del metal del

extremo frío es menor que una temperatura del punto de rocío del ácido sulfúrico y siendo la primera temperatura de aproximadamente 105 °C (220 °F) a aproximadamente 125 °C (257 °F).

Se describe además en la presente memoria un método para mejorar la efectividad de un sistema generador de vapor. El método incluye proporcionar un sistema generador de vapor que incluye un recipiente generador de vapor, un sistema de suministro de aire, un precalentador de aire, un primer sistema de eliminación de partículas, un segundo sistema de eliminación de partículas, un sistema de desulfurización del gas de combustión, y una chimenea de descarga del gas de combustión. El sistema de suministro de aire está en comunicación con el recipiente generador de vapor a través del precalentador de aire y el recipiente generador de vapor está en comunicación con la chimenea de descarga a través del precalentador de aire, el primer sistema de eliminación de partículas y el sistema de desulfurización del gas de combustión. El primer sistema de eliminación de partículas está situado corriente abajo del precalentador de aire y el sistema de desulfurización del gas de combustión está situado corriente abajo del primer sistema de eliminación de partículas. La chimenea de descarga está situada corriente abajo del sistema de desulfurización del gas de combustión y el precalentador de aire está en comunicación con la chimenea de descarga a través del segundo sistema de eliminación de partículas. El método también incluye proporcionar un sensor de humedad dispuesto entre el recipiente generador de vapor y el precalentador de aire; y proporcionar un sensor de infrarrojos en el precalentador de aire. El método incluye medir la humedad de una mezcla de gas de combustión con el sensor de humedad para determinar una magnitud de una primera temperatura. El sistema de suministro de aire proporciona una primera cantidad de aire al precalentador de aire. La primera cantidad de aire está a un flujo de masa suficiente para establecer una primera temperatura de una mezcla de gas de combustión que sale del precalentador de aire. La primera temperatura es de una magnitud tal que el precalentador de aire tiene una temperatura de metal del extremo frío que no es menos que una temperatura de punto de rocío del agua en el precalentador de aire y de manera que la temperatura del metal del extremo frío es menor que una temperatura de punto de rocío de ácido sulfúrico. La primera temperatura es de aproximadamente 105 °C (220 °F) a aproximadamente 125 °C (257 °F). El método incluye determinar, con el sensor de infrarrojos, la temperatura del metal del extremo frío en el precalentador de aire, comparando la temperatura del metal del extremo frío a la temperatura del punto de rocío del agua; y controlar la temperatura de metal del extremo frío para que no sea menor que la temperatura del punto de rocío del agua. El método incluye reducir el SO₃ en la mezcla del gas de combustión generada en el recipiente generador de vapor. La reducción de SO₃ se da antes de que la mezcla de gas de combustión entre al precalentador de aire. El método incluye configurar el precalentador de aire para calentar la primera cantidad de aire a una segunda temperatura de aproximadamente 288 °C a 399 °C (550 °F a 750 °F) y suministrar una primera parte o todo de la primera cantidad de aire como aire de combustión al recipiente generador de vapor para la combustión del combustible. El método incluye descargar toda o una parte de la mezcla de gas de combustión que sale del recipiente generador de vapor a la primera temperatura, directamente del precalentador de aire al sistema de eliminación de partículas, eliminando así las partículas de la mezcla de gas de combustión y creando una primera mezcla de gas de combustión tratado. El método incluye descargar la primera mezcla de gas de combustión tratado del sistema de eliminación de partículas directamente en el sistema de desulfuración del gas de combustión creando así en y descargando del sistema de desulfurización del gas de combustión, una segunda mezcla de gas de combustión tratado a una tercera temperatura de 52 °C a 60 °C (125 °F a 140 °F). El método incluye eliminar contaminantes en partículas de la segunda parte de aire. Los contaminantes en partículas se introducen a la segunda parte de aire de la fuga en el precalentador de aire de la mezcla de gas de combustión. El método incluye además inyectar una segunda parte de la primera cantidad de aire como aire de recalentamiento de gas de combustión alimentado desde el precalentador de aire a la segunda temperatura con la segunda mezcla de gas de combustión tratado en conducto a la tercera temperatura, creando así la tercera mezcla de gas de combustión tratado a una cuarta temperatura de al menos 68 °C (155 °F), antes de entrar a la chimenea de descarga. El método también incluye admitir la tercera mezcla de gas de combustión tratado a la chimenea de descarga a la cuarta temperatura.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es un diagrama de flujo esquemático de un sistema generador de vapor de la técnica anterior según la técnica anterior;

La FIG. 2 es un diagrama de flujo esquemático de otro sistema generador de vapor de la técnica anterior según la técnica anterior;

La FIG. 3 es un diagrama de flujo esquemático de un sistema generador de vapor de la presente invención;

La FIG. 4 es un diagrama de flujo esquemático si otra realización del sistema generador de vapor de la presente invención;

La FIG. 5 es un gráfico de relación de aire de recalentamiento a gas depurado para diversos aumentos de temperatura de gas de combustión;

La FIG. 6 es un gráfico de mejoras de eficacia del precalentador de aire;

La FIG. 7 es un diagrama de flujo esquemático de una realización adicional del sistema generador de vapor de la presente invención;

La FIG. 8 es un diagrama de flujo esquemático de una realización todavía adicional del generador de vapor de la presente invención, y

La FIG. 9 es un diagrama de flujo esquemático de una realización híbrida del generador de vapor que combina características de recalentamiento de las realizaciones ilustradas en la Fig. 3 y la Fig. 8.

5 **Descripción detallada**

Como se muestra en la FIG. 3, un sistema para mejorar la efectividad de un sistema generador de vapor se designa generalmente por el número 10. El sistema generador de vapor 10 incluye un recipiente generador de vapor 11 y un precalentador de aire 13 (p.ej., un intercambiador de calor regenerativo rotatorio del diseño AdvX™ del inventor, AdvX™ es una marca de Arvos Inc.). El precalentador de aire AdvX™ 13 está en comunicación con el recipiente generador de vapor 11 por medio de un conducto 63. El sistema generador de vapor 10 incluye un sistema de suministro de aire 13D configurado para proporcionar aire al generador de vapor 11 a través de precalentador de aire 13. El sistema generador de vapor 10 también incluye un sistema de eliminación de partículas 14, un sistema de desulfurización del gas de combustión 17 y una chimenea de descarga 19 en la configuración ilustrada en la FIG. 3. Como se usa en la presente memoria el término “que mejora la efectividad de un sistema generador de vapor” incluye: 1) mantener la eficacia térmica total del sistema generador de vapor 10 mientras se eliminan los intercambiadores de calor entre el precalentador de aire 13 y la chimenea de descarga 19; 2) reducir el ensuciamiento en el precalentador de aire 13; 3) mejorar la eficacia del sistema de eliminación de partículas 14; 4) mejorar la eficacia del precalentador de aire 13 y/o 5) mejorar la eficacia térmica total del sistema generador de vapor 10 en comparación con los sistemas generadores de vapor de la técnica anterior (p.ej., los sistemas generadores de vapor 100 y 100' de las FIGS. 1 y 2). A través de análisis y pruebas significativas y muchos años de intentos fallidos, los inventores han descubierto sorprendentemente un sistema generador de vapor 10, 10' que puede funcionar al menos tan eficazmente térmicamente como los sistemas generadores de vapor de la técnica anterior 100, 100' aunque sin el beneficio que mejora la eficacia de los GGHs 106X, 106X', 106Y y 106Y' como se muestra en las FIGS. 1 y 2.

Como se muestra en la FIG. 3, el recipiente generador de vapor 11 está en comunicación con la chimenea de descarga 19 a través del precalentador de aire 13; el sistema de eliminación de partículas 14 y el sistema de desulfurización del gas de combustión 17. El sistema de eliminación de partículas 14 está situado directamente corriente abajo del precalentador de aire 13, de manera que no hay otros componentes sustanciales tales como ventiladores o intercambiadores de calor situados entre el precalentador de aire 13 y el sistema de eliminación de partículas 14 que están en comunicación fluida entre sí por medio de un conducto 60. En particular, no hay GGH 106X', similar al mostrado en la FIG. 2, situado entre el precalentador de aire 13 y el sistema de eliminación de partículas 14. El sistema de desulfurización del gas de combustión 17 está situado directamente corriente abajo del sistema de eliminación de partículas 14, de manera que no hay otros componentes sustanciales, tales como intercambiadores de calor, situados entre el sistema de eliminación de partículas 14 y el sistema de desulfurización del gas de combustión 17 que están en comunicación fluida entre sí por medio de un conducto 61. En particular, no hay GGH 106X, similar al mostrado en la FIG. 1, situado entre el sistema de eliminación de partículas 14 y el sistema de desulfurización del gas de combustión 17. La chimenea de descarga 19 está situada directamente corriente abajo del sistema de desulfurización del gas de combustión 17, de manera que no hay otros componentes sustanciales tales como ventiladores o intercambiadores de calor situados entre el sistema de desulfurización del gas de combustión 17 y la chimenea de descarga 19 que están en comunicación fluida entre sí por medio de un conducto 62. En particular, no hay GGH 106Y o 106Y', similar al mostrado en las FIGS. 1 y 2, situado entre el sistema de desulfurización del gas de combustión 17 y la chimenea de descarga 19. No hay intercambiadores de calor situados entre el precalentador de aire 13 y la chimenea de descarga 19. En una realización, el conducto 62 incluye un dispositivo de inyección de aire de recalentamiento 21, tal como un mezclador, una o más aletas de desviación, una junta y/o un dispositivo tabulador dispuestos en él para la mezcla de una segunda parte P2 de la primera cantidad A1 de aire con una segunda mezcla de gas de combustión tratado FG2, como se describe en la presente memoria.

Como se ilustra en la FIG. 3, el sistema de suministro de aire 13D está configurado para proporcionar una primera cantidad A1 de aire al precalentador de aire 13. La primera cantidad A1 de aire es de una magnitud en exceso de la necesaria para la combustión de combustible en el recipiente generador de vapor 11. El precalentador de aire 13 está configurado para proporcionar la primera cantidad A1 de aire a un flujo de masa suficiente para establecer una primera temperatura T1 de una mezcla de gas de combustión FG que sale del precalentador de aire 13. La primera temperatura T1 de una mezcla de gas de combustión FG que sale del precalentador de aire 13 es más fría que el gas de combustión que sale del recipiente generador de vapor 11 debido a la fuga de aire a gas que se da en el extremo frío del precalentador de aire 13. La temperatura del gas de combustión que sale del recipiente generador de vapor 11 se denomina a menudo como la temperatura de salida del gas “sin corregir”, y la primera temperatura T1 de una mezcla de gas de combustión FG que sale del precalentador de aire 13 después de la mezcla con la fuga de aire frío se denomina a menudo como la temperatura de gas “corregida”. La primera temperatura T1 es tal que el precalentador de aire 13 tiene una temperatura del metal del extremo frío que no es menor que una temperatura del punto de rocío del agua en el precalentador de aire 13 y de manera que la temperatura del metal del extremo frío es menor que una temperatura del punto de rocío del ácido sulfúrico. El término “metal del extremo frío” como se usa en la presente memoria es la parte del precalentador de aire 13 que está a la temperatura más baja en él. La primera temperatura T1 es de aproximadamente 105 °C (220 °F) a aproximadamente 125 °C (257 °F).

En otra realización, la primera temperatura T1 se define por el precalentador de aire mejorado (p.ej., precalentador de aire AdvX™, una marca de ARVOS Inc.) que funciona con recuperación de calor HR aumentada en comparación con un precalentador de aire estándar de al menos 1% (uno por ciento). Esta recuperación de calor HR aumentada expresa un número de porcentaje calculado según la ecuación $HR = 100\% \times ((T_{gi} - T_{goAdvX}) / (T_{gi} - T_{goSTD}) - 1)$. Se apreciará que un número negativo representaría la recuperación de calor disminuida. Aquí el precalentador de aire estándar (STD) se define como un precalentador de aire donde la primera cantidad de aire es de una magnitud igual a la necesaria para la combustión, es decir, es aire de combustión y no se precalienta aire en exceso, y como que tiene un rotor de diámetro equivalente y profundidad del precalentador de aire mejorado.

En la ecuación

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

T_{gi} = temperatura de entrada del gas de combustión, es decir de la mezcla del gas de combustión que entra al precalentador de aire;

T_{goAdvX} = temperatura de salida del gas de combustión, es decir, de la mezcla de gas de combustión que sale del precalentador de aire mejorado;

T_{goSTD} = temperatura de salida del gas de combustión, es decir, de la mezcla de gas de combustión que sale del precalentador de aire estándar.

Por ejemplo, si T_{gi} = 371 grados centígrados (700 grados Fahrenheit); T_{goSTD} = 148 grados Celsius (300 grados Fahrenheit); y T_{goAdvX} = 146 grados Celsius (295 grados Fahrenheit), entonces $HR = 100 \times ((700 - 295) / (700 - 300) - 1) = 1,25\%$.

El precalentador de aire 13 está configurado también para calentar la primera cantidad de aire A1 a una segunda temperatura T2 de aproximadamente 288 °C a 399 °C (550 °F a 750 °F) para usar en la combustión del combustible y para recalentar aire como se describe en la presente memoria.

El sistema generador de vapor 10 incluye uno o más sistemas o dispositivos para la reducción de SO₃ corriente arriba del precalentador de aire 13 que se configuran para reducir el SO₃ en la mezcla de gas de combustión FG generada en el recipiente generador de vapor 11. En una realización, uno o más sistemas o dispositivos para la reducción de SO₃ corriente arriba del precalentador de aire 13 incluye suministrar un combustible bajo en azufre al recipiente generador de vapor 11. El combustible bajo en azufre tiene una composición adecuada para generar menos de 5 partes por millón de SO₃. En una realización, el uno o más sistemas o dispositivos para la reducción de SO₃ corriente arriba del precalentador de aire 13 incluye eliminar SO₃ en la mezcla de gas de combustión FG antes de admitir la mezcla de gas de combustión FG al precalentador de aire 13, por ejemplo en el conducto 63. En una realización, el uno o más sistemas o dispositivos para la reducción de SO₃ corriente arriba del precalentador de aire 13 incluyen convertir químicamente el SO₃ en la mezcla de gas de combustión en una sal inerte, antes de admitir la mezcla de gas de combustión FG al precalentador de aire 13. En una realización, la conversión química incluye pulverizar una suspensión acuosa de un reactivo que contiene tiosulfato de sodio, magnesio, potasio, amonio y/o calcio y que contiene uno o más compuestos salinos solubles tal como especies tiosulfato y cloruro o que contiene al menos uno de carbonato sódico, bicarbonato sódico, hidróxido sódico, hidróxido de amonio, hidróxido de potasio, carbonato de potasio y bicarbonato de potasio para crear una niebla de partículas que contiene partículas secas de al menos un compuesto salino soluble que puede reaccionar con el SO₃ en el gas de combustión.

Como se muestra en la FIG. 3, el sistema de eliminación de partículas 14 está configurado para transportar la mezcla de gas de combustión FG1 a la primera temperatura T1 directamente al sistema de desulfurización del gas de combustión 17, por medio del conducto 61. En una realización, el sistema de eliminación de partículas 14 es un precipitador electrostático seco (ESP). Dicho ESP seco incluye filas de cables verticales finos (no mostrados) seguido por una pila de placas de metal planas grandes (no mostradas) orientadas verticalmente. El gas de combustión FG fluye horizontalmente a través de los espacios entre los cables, y después pasa a través de la pila de placas. Un voltaje negativo de varios miles de voltios se aplica entre los cables y las placas. Si el voltaje aplicado es suficientemente alto, un efecto corona eléctrico ioniza el gas de combustión alrededor de los electrodos, que después ioniza las partículas en la corriente de gas de combustión. Las partículas ionizadas, debido a la fuerza electrostática, se desvían hacia las placas de tierra. Las partículas se acumulan en las placas de recogida y se eliminan de allí. Hacer funcionar los ESPs a las menores temperaturas con las composiciones de gas de combustión descritas en la presente memoria proporciona beneficios de eficacia significativos que podrían permitir una reducción en tamaño del ESP necesario para usar en diversos sistemas generadores de vapor.

Como se muestra en la FIG. 4, en una realización, el sistema generador de vapor 10' comprende además un sistema de eliminación de partículas de aire de recalentamiento del gas de combustión 33 situado en y entre los conductos 64 y 65. El precalentador de aire 13 está en comunicación con la chimenea de descarga 19 a través del sistema de eliminación de partículas de aire de recalentamiento con gas de combustión 33 para eliminar de forma operativa, de la segunda parte P2 de aire, contaminantes en partícula introducidos desde la fuga en el precalentador de aire 13 desde la mezcla de gas de combustión FG. En una realización, el sistema de eliminación de partículas de aire de recalentamiento del gas de combustión 33 está configurado similar al sistema de eliminación de partículas 14 como

se describe en la presente memoria. Como se ilustra en la FIG. 4, no hay ventiladores dispuestos entre el sistema de eliminación de partículas de aire de recalentamiento del gas de combustión 33 y la chimenea de descarga 19.

Como se muestra en la FIG. 3, un conducto de aire en exceso 65 está en comunicación con el precalentador de aire 13 y el conducto 62 situado entre el sistema de desulfurización del gas de combustión 17 y la chimenea de descarga 19. El conducto de aire en exceso 65 está configurado para transportar la segunda parte P2 de la primera cantidad A1 de aire como aire de recalentamiento del gas de combustión P2 alimentado desde el precalentador de aire 13 a la segunda temperatura T2 desde el precalentador de aire 13 al segundo conducto 62. Por ejemplo, el conducto de aire en exceso 65 se cubre con un aislamiento térmico (no mostrado) para minimizar la pérdida de calor del conducto de aire en exceso 65. Además, el conducto de aire en exceso 65 está configurado con un área de flujo transversal adecuado, superficies internas suaves y un número mínimo de curvas para minimizar la pérdida de presión a través del conducto de aire en exceso 65.

Como se muestra en la FIG. 3, un dispositivo de inyección de aire de recalentamiento 21 está situado entre el sistema de desulfurización del gas de combustión 17 y la chimenea de descarga 19. El dispositivo de inyección de aire de recalentamiento 21 está configurado para descargar el gas de combustión en la chimenea de descarga 19 a una cuarta temperatura T4 de al menos 68 °C (155 °F), elevando típicamente la temperatura de gas de combustión en al menos -15 °C (5 °F). En una realización, el dispositivo de inyección de aire de recalentamiento 21 incluye un mezclador, una o más aletas de desviación, una junta y/o un dispositivo tabulador dispuesto en él para la mezcla de la segunda parte P2 (es decir, el aire de recalentamiento del gas de combustión P2) de la primera cantidad A1 de aire con la segunda mezcla de gas de combustión FG2. En otra realización, el dispositivo de inyección de aire de recalentamiento 21 está configurado para inhibir la corrosión durante el arranque o mantener de otra forma la estabilidad dinámica fluida operativa en el ingreso del gas de combustión a la chimenea 19. En una realización, el dispositivo de inyección de aire de recalentamiento es parte de un colector 39 que conecta el sistema de desulfurización del gas de combustión 17, el conducto de aire en exceso 65 y la chimenea de descarga 19. El colector incluye una conexión en rama a la que está conectado el conducto de aire en exceso 65. En otra realización, el aire de recalentamiento recalienta indirectamente la mezcla FG2 adecuadamente por medio del tubo o conducto de intercambio de calor a través del que se hace fluir al gas de combustión adyacente a la chimenea de descarga 19.

Como se muestra en la FIG. 4, en una realización, el sistema generador de vapor 10' incluye un sistema de reducción catalítica selectiva (SCR) 31 para convertir óxidos de nitrógeno, también denominados como NO_x con la ayuda de un catalizador en nitrógeno diatómico (N₂) y agua (H₂O). El recipiente generador de vapor 11 está en comunicación con el precalentador de aire 13 a través del SCR 31.

Como se muestra en FIG. 4, en una realización, el sistema generador de vapor 10' incluye un sensor de humedad 34 dispuesto en una salida del recipiente generador de vapor 11 y corriente arriba del precalentador de aire 13 para medir la humedad de la mezcla de gas de combustión FG. El sensor de humedad está configurado para determinar la magnitud de la primera temperatura T1.

Como se muestra en la FIG. 4, en una realización, el sistema generador de vapor 10' incluye un sensor de infrarrojos 32 para determinar la temperatura del precalentador de aire. El sensor de infrarrojos 32 está configurado para determinar la temperatura del precalentador del aire por ejemplo, la temperatura del metal del extremo frío, midiendo la temperatura de una parte de precalentador de aire 13 que está en comunicación térmica con o próximo al extremo frío. El sistema generador de vapor 10' incluye una unidad de control 71, tal como un procesador informático, memoria componentes electrónicos de tratamiento de señal configurados para controlar la temperatura del metal del extremo frío por encima del punto de rocío del agua en el precalentador de aire 13.

Como se muestra en la FIG. 7, en otra realización, en el sistema generador de vapor 10'' el conducto de aire en exceso 65 se proporciona con una purga de aire en exceso 66 para transportar una tercera parte P3 de la primera cantidad A1 de aire como aire de precalentamiento P3 utilizable, por ejemplo, durante el arranque para precalentar el equipo y los conductos corriente abajo del precalentador de aire 13. Los reguladores (no mostrados) se proporcionan selectivamente para alimentar los sitios de inyección precalentados 67, 68 respectivamente corriente arriba del ESP 14 y FGD 17 para introducir aire de precalentamiento P3 en las mezclas de gas de combustión FG y FG1. Adicionalmente, el aire de precalentamiento P3 puede alimentarse a un secador de carbón remoto 69 (CD) que es particularmente útil cuando se utilizan carbones húmedos como lignito, por ejemplo. El precalentado necesario para el secado del carbón se necesitaría típicamente para quemar el carbón y no se necesitaría necesariamente durante el arranque del quemado con petróleo o gas natural por ejemplo. La temperatura de salida más baja proporcionada por el precalentador de aire 13 es ventajosa cuando la intención de secar carbón es eliminar humedad y no elevar la temperatura del carbón excesivamente (ya que dicha elevación aumentaría la probabilidad de pre-ignición en los molinos, por ejemplo). Se entenderá que la purga de aire 66 puede usarse selectivamente durante el funcionamiento para precalentar el equipo/conductos y/o el secado de carbón y es particularmente útil durante el arranque para inhibir la condensación en el equipo y conductos. Se apreciará en otras realizaciones que el aire de precalentamiento podría necesitarse solo corriente arriba del ESP 14 o FGD 17 y no corriente arriba de ambos como se ilustra en la FIG. 7.

La presente invención incluye un método para mejorar la efectividad de un sistema generador de vapor 10. El método incluye proporcionar un sistema generador de vapor 10 como se describe en detalle en la presente memoria y que incluye el recipiente generador de vapor 11, el sistema de suministro de aire 13D, el precalentador de aire 13, el

5 sistema de eliminación de partículas 14, el sistema de desulfurización del gas de combustión 17, y la chimenea de descarga del gas de combustión 19. El sistema de suministro de aire 13D está en comunicación con el recipiente generador de vapor 11 a través del precalentador de aire 13, y con el recipiente generador de vapor 11 que está en comunicación con la chimenea de descarga 19 a través del precalentador de aire 13, el sistema de eliminación de partículas 14 y el sistema de desulfurización del gas de combustión 17. El sistema de eliminación de partículas 14 está situado corriente abajo del precalentador de aire 13. El sistema de desulfurización del gas de combustión 17 está situado corriente abajo del sistema de eliminación de partículas 14. La chimenea de descarga 19 está situada corriente abajo del sistema de desulfurización del gas de combustión 17.

10 El método incluye que el sistema de suministro de aire 13D proporcione la primera cantidad A1 de aire al precalentador de aire 13. La primera cantidad A1 de aire es de una magnitud en exceso de la necesaria para la combustión del combustible en el recipiente generador de vapor 11. El precalentador de aire 13 proporciona la primera cantidad A1 de aire a un flujo de masa suficiente para establecer una primera temperatura T1 de una mezcla de gas de combustión FG que sale del precalentador de aire 13. La primera temperatura T1 es tal que el precalentador de aire tiene una temperatura del metal del extremo frío que no es menor que una temperatura del punto de rocío del agua en el precalentador de aire 13 y tal que la temperatura del metal del extremo frío es menor que una temperatura del punto de rocío del ácido sulfúrico. La primera temperatura T1 es de aproximadamente 105 °C (220 °F) a aproximadamente 125 °C (257 °F).

20 El método incluye reducir el SO₃ en la mezcla de gas de combustión FG generada en el recipiente generador de vapor 11, antes de que la mezcla de gas de combustión FG entre al precalentador de aire 13. El método incluye configurar el precalentador de aire 13 para calentar la primera cantidad de aire A1 a una segunda temperatura T2 de aproximadamente 288 °C a 399 °C (550 °F a 750 °F) y suministrar una primera parte P1 de la primera cantidad A1 de aire como aire de combustión al recipiente generador de vapor 11 para la combustión del combustible. El método incluye descargar la mezcla de gas de combustión FG a la primera temperatura T1, directamente desde el precalentador de aire 13 al sistema de eliminación de partículas 14 eliminando así las partículas de la mezcla de gas de combustión FG y creando una primera mezcla de gas de combustión tratado FG1. El método incluye además descargar la primera mezcla de gas de combustión tratado FG1 del sistema de eliminación de partículas 14 directamente en el sistema de desulfurización del gas de combustión 17 creando así en y descargando del sistema de desulfurización del gas de combustión 17, una segunda mezcla de gas de combustión tratado FG2 a una tercera temperatura T3 de 52 °C a 60 °C (125 °F a 140 °F). El método también incluye inyectar una segunda parte P2 de la primera cantidad A1 de aire como aire de recalentamiento de gas de combustión alimentado desde el precalentador de aire 13 a la segunda temperatura T2 con la segunda mezcla de gas de combustión tratado en conducto FG2 a la tercera temperatura T3 creando así una tercera mezcla de gas de combustión tratado FG3 a una cuarta temperatura T4 de al menos 68 °C (155 °F), antes de entrar a la chimenea de descarga 19. La tercera mezcla de gas de combustión tratado FG3 se admite a la chimenea de descarga 19 a la cuarta temperatura T4.

35 En una realización, el sistema generador de vapor 10 incluye además un SCR 31 como se muestra en la FIG. 4 para convertir óxidos de nitrógeno, también denominados como NO_x con la ayuda de un catalizador en nitrógeno diatómico (N₂) y agua (H₂O). El recipiente generador de vapor 11 está en comunicación con el precalentador de aire 13 a través del SCR 31.

40 Como se muestra en la FIG. 4, en una realización, el sistema generador de vapor 10' incluye un sistema de eliminación de partículas de aire de recalentamiento de gas de combustión 33. El precalentador de aire 13 está en comunicación con la chimenea de descarga 19 a través del sistema de eliminación de partículas del aire de recalentamiento del gas de combustión 33. En una realización, el método incluye eliminar los contaminantes en partículas de la segunda parte P2 del aire. Los contaminantes en partículas se introducen a la segunda parte P2 de aire desde la fuga en el precalentador de aire 13 de la mezcla de gas de combustión FG1.

45 Como se muestra en la FIG. 4, en una realización, el sistema generador de vapor 10' incluye un sensor de humedad 34 dispuesto entre el recipiente generador de vapor 11 y el precalentador de aire 13. En una realización, el método incluye medir, con el sensor de humedad 34, la humedad de la mezcla de gas de combustión FG para determinar una magnitud de la primera temperatura T1.

50 Como se muestra en la FIG. 4, en una realización, el sistema generador de vapor 10' incluye un sensor de infrarrojos 32. En una realización, el método incluye determinar, con el sensor de infrarrojos, la temperatura del metal del extremo frío en el precalentador de aire 13. El sensor de infrarrojos 32 determina la temperatura del precalentador de aire por ejemplo, la temperatura del metal del extremo frío, midiendo la temperatura de una parte del precalentador de aire 13 que está en comunicación térmica con o próximo al extremo frío. El sistema generador de vapor 10' incluye una unidad de control 71, tal como un procesador informático, memoria y componentes electrónicos de procesamiento de señales y el método incluye comparar la temperatura del metal del extremo frío a la temperatura del punto de rocío del agua y controlar, con la unidad de control, la temperatura del metal del extremo frío por encima del punto de rocío del agua en el precalentador de aire 13.

60 En una realización, el método incluye reducir el SO₃ en la mezcla de gas de combustión FG suministrando un combustible bajo en azufre a un recipiente generador de vapor 11. El combustible bajo en azufre es de una composición para generar menos de 5 partes por millón de SO₃.

En una realización, el método incluye reducir el SO₃ en la mezcla de gas de combustión FG eliminando el SO₃ en la mezcla de gas de combustión FG antes de admitir la mezcla de gas de combustión FG al precalentador de aire 13.

5 En una realización, el método incluye reducir el SO₃ en la mezcla de gas de combustión FG convirtiendo químicamente el SO₃ en la mezcla de gas de combustión en una sal inerte, antes de admitir la mezcla de gas de combustión FG al precalentador de aire 13. En una realización, la etapa de conversión química incluye pulverizar una suspensión acuosa de un reactivo que contiene al menos uno de tiosulfato de sodio, magnesio, potasio, amonio y calcio y que contiene al menos un compuesto salino soluble elegido del grupo que consiste en especies tiosulfato y cloruro o que contiene al menos uno de carbonato sódico, bicarbonato sódico, hidróxido sódico, hidróxido de amonio, hidróxido de potasio, carbonato de potasio y bicarbonato de potasio para crear una niebla de partículas que contiene partículas secas de al menos un compuesto salino soluble que puede reaccionar con el SO₃ en el gas de combustión.

10 En una realización, el método incluye proporcionar un dispositivo de inyección 21 entre el sistema de desulfurización del gas de combustión 17 y la chimenea de descarga 19 y en donde la inyección de la segunda parte P2 de la primera cantidad A1 de aire, a la segunda temperatura T2, con la segunda mezcla de gas de combustión tratado en conducto FG2 a la tercera temperatura T3 se da en el dispositivo de inyección 21.

15 En una realización, el método incluye descargar la mezcla de gas de combustión FG a la primera temperatura T1, directamente del precalentador de aire 13 al sistema de eliminación de partículas 14 sin intercambiadores de calor dispuestos entre el precalentador de aire 13 y el sistema de eliminación de partículas 14.

20 En una realización, el método incluye descargar la primera mezcla de gas de combustión tratado FG1 del sistema de eliminación en partículas 14 directamente al sistema de desulfurización del gas de combustión 17, sin intercambiadores de calor dispuestos entre el sistema de eliminación de partículas 14 y el sistema de desulfurización del gas de combustión 17.

25 En una realización, el método incluye la inyección de la segunda parte P2 de la primera cantidad de A1 de aire a una relación de masa de la segunda parte P2 a la segunda mezcla de gas de combustión tratado FG2 de 1 por ciento a 16 por ciento. En una realización, el método incluye la inyección de la segunda parte P2 de la primera cantidad A1 de aire a una relación en masa de la segunda parte P2 a la segunda mezcla de gas de combustión tratado FG2 de 9 por ciento a 16 por ciento.

30 La presente invención incluye un método para retroadaptar un sistema generador de vapor 100, 100' para efectividad mejorada. El método para la retroadaptación incluye eliminar uno o más intercambiadores de calor situados corriente abajo del precalentador de aire 13. El método para la retroadaptación incluye reconfigurar una fuente de suministro de aire 13D al precalentador de aire 13 para suministrar una primera cantidad A1 de aire en exceso del necesario para la combustión de combustible en el recipiente generador de vapor 11 y reconfigurar al menos una de la fuente de suministro de aire 13D y el precalentador de aire 13 de manera que la primera cantidad A1 de aire se proporciona a un flujo de masa suficiente para establecer una primera temperatura T1 de una mezcla de gas de combustión FG que sale del precalentador de aire 13, siendo la primera temperatura T1 tal que el precalentador de aire tiene una temperatura del metal del extremo frío que no es menor que una temperatura del punto de rocío del agua en el precalentador de aire 13 y tal que la temperatura del metal del extremo frío es menor que una temperatura del punto de rocío del ácido sulfúrico, y la primera temperatura T1 es de aproximadamente 105 °C (220 °F) a aproximadamente 125 °C (257 °F). En otra realización, la primera temperatura T1 se define por el precalentador de aire mejorado (p.ej., precalentador de aire AdvX™) que funciona con eficacia aumentada en comparación con un precalentador de aire estándar de al menos 1% (uno por ciento) como se define anteriormente. La reconfiguración del suministro de aire 35 13D incluye aunque no está limitado a emplear un ventilador o soplador de mayor capacidad de flujo y/o presión y/o reducir la caída de presión en el sistema de suministro de aire, en comparación con el empleado en el suministro de aire de la técnica anterior 103D, 103D' como se muestra en las FIGS. 1 y 2, respectivamente.

45 El método para la retroadaptación incluye proporcionar uno o más sistemas de reducción de SO₃ en comunicación con el recipiente generador de vapor 11. Los sistemas de reducción de SO₃ se configuran para reducir el SO₃ en la mezcla de gas de combustión generado en el recipiente de generación de vapor 11. En una realización, la reducción de SO₃ se da antes de que la mezcla de gas de combustión FG entre al precalentador de aire 13. El método para la retroadaptación incluye configurar el precalentador de aire 13 para calentar la primera cantidad de aire A1 a una segunda temperatura T2. La segunda temperatura es sustancialmente no menor que la temperatura del aire de combustión de un sistema original (p.ej., un sistema generador de vapor de la técnica anterior 100, 100' de las FIGS. 1 y 2, respectivamente). En una realización, la segunda temperatura es aproximadamente de 288 °C a 399 °C (550 °F a 750 °F) para mantener o mejorar la eficacia térmica de la caldera. El método para la retroadaptación incluye suministrar una primera parte P1 de la primera cantidad A1 de aire al recipiente generador de vapor 11 para la combustión del combustible. El método de retroadaptación incluye descargar la mezcla de gas de combustión FG a la primera temperatura T1, directamente desde el precalentador de aire 13 al sistema de recogida de partículas 14 eliminando así las partículas de la mezcla de gas de combustión FG y creando una primera mezcla de gas de combustión tratado FG1. La primera mezcla de gas de combustión tratado FG1 se descarga del sistema de eliminación de partículas 14 directamente en el sistema de desulfurización del gas de combustión 17 (es decir, sin fluir a través de un intercambiador de calor tal como el GGH 106Y, 106Y' de los sistemas intercambiadores de calor de la técnica anterior de las FIGS. 1 y 2, respectivamente). El método para la retroadaptación incluye crear en y descargar del 60

sistema de desulfurización del gas de combustión 17, una segunda mezcla de gas de combustión tratado FG2 a una tercera temperatura T3 de 52 °C a 60 °C (125 °F a 140 °F).

5 El método de retroadaptación incluye inyectar una segunda parte P2 de la primera cantidad A1 de aire como aire de recalentamiento del gas de combustión alimentado desde el precalentador de aire 13 a la segunda temperatura T2 con la segunda mezcla de gas de combustión tratado en conducto FG2 a la tercera temperatura T3 creando así la tercera mezcla de gas de combustión tratado FG3 a una cuarta temperatura T4 de 68 °C (155 °F), antes de entrar a la chimenea de descarga 19; y admitir la tercera mezcla de gas de combustión tratado FG3 a la chimenea de descarga 19 a la cuarta temperatura T4.

10 En una realización, el método de retroadaptación incluye sustituir al menos una parte de un conducto de salida que conecta el sistema de desulfurización del gas de combustión 17 y la chimenea de descarga 19 con un colector 39 que conecta el sistema de desulfurización del gas de combustión 17, un conducto de aire en exceso 65 y la chimenea de descarga 19.

15 En una realización, el método de retroadaptación incluye proporcionar un sistema de eliminación de partículas del aire de recalentamiento del gas de combustión 33, tal como el precalentador de aire 13 está en comunicación con la chimenea de descarga 19 a través del sistema de eliminación de partículas del aire de recalentamiento del gas de combustión 33. Los contaminantes en partículas se eliminan de la segunda parte P2 de aire, introduciéndose los contaminantes en partículas a la segunda parte P2 de aire desde la fuga en el precalentador de aire 13 de la mezcla de gas de combustión FG.

20 En una realización, el método para la retroadaptación incluye un sensor de humedad 34 dispuesto en la comunicación entre el recipiente generador de vapor 11 y el precalentador de aire 13. El sensor de humedad 34 mide la humedad de la mezcla de gas de combustión FG para determinar una magnitud de la primera temperatura T1.

25 En una realización, el método para la retroadaptación incluye proporcionar un sensor de infrarrojos 32; y determinar, con el sensor de infrarrojos, la temperatura del metal del extremo frío en el precalentador de aire 13, comparando la temperatura del metal del extremo frío a la temperatura del punto de rocío del agua; y controlar que la temperatura del metal del extremo frío no sea menor que la temperatura del punto de rocío del agua, con la unidad de control 71 como se describe en la presente memoria.

30 Después de implementar el método de retroadaptación, el sistema generador de vapor 10, 10', 10'' tiene una segunda eficacia térmica que es al menos tan grande como una primera eficacia térmica del sistema generador de vapor de la técnica anterior (p.ej., el sistema generador de vapor 100, 100' de las FIGS. 1 y 2 respectivamente) antes de implementar el método de retroadaptación. En dicha realización, el sistema generador de vapor original funciona con una chimenea húmeda limitada a velocidades de salida de gas de combustión del orden de 60 a 66 km/h (55 a 60 pies por segundo) evitando así que la niebla contaminante salga de la chimenea de descarga 19. Dicha chimenea húmeda está equipada con medios de recogida de condensado que desaguan en una instalación de tratamiento de agua que elimina los contaminantes antes del desagüe de la instalación. Utilizando esta invención la instalación retroadaptada funciona con una chimenea seca que típicamente puede funcionar con velocidades de salida del gas de combustión hasta alrededor de 110 km/h (100 pies por segundo). La velocidad del gas de combustión es una función de la carga, es decir, en condiciones de carga baja es baja y la carga operativa máxima puede estar limitada por la máxima velocidad del gas de combustión sostenible. Se apreciará por lo tanto que una vez retroadaptado, el sistema generador de vapor 10, 10', 10'' puede funcionar a mayores cargas que las posibles anteriormente dando por resultado la generación de vapor y producción de energía aumentadas a partir del recipiente generador de vapor 11. Incluso cuando funcionó a carga no mayor que antes, la ausencia de una chimenea húmeda da por resultado el uso disminuido de agua junto con ahorro de costes asociado con no necesitar más hacer funcionar ningún tratamiento de agua del condensado hasta ahora recogido de la chimenea de descarga 19. La presente invención también incluye otro método para mejorar la efectividad de un sistema generador de vapor 10. El método incluye proporcionar un sistema generador de vapor 10 que incluye el recipiente generador de vapor 11, el sistema de suministro de aire 13D, el precalentador de aire 13, el primer sistema de eliminación de partículas 14, el segundo sistema de eliminación de partículas 33, el sistema de desulfurización del gas de combustión 17, y la chimenea de descarga del gas de combustión 19. El sistema generador de vapor 10 tiene el sistema de suministro de aire 13D en comunicación con el recipiente generador de vapor 11 a través del precalentador de aire 13. El recipiente generador de vapor 11 está en comunicación con la chimenea de descarga 19 a través del precalentador de aire 13, el primer sistema de eliminación de partículas 14 y el sistema de desulfurización del gas de condensación 17, estando situado el primer sistema de eliminación de partículas 14 corriente abajo del precalentador de aire 13, estando el sistema de desulfurización del gas de combustión 17 situado corriente abajo del primer sistema de eliminación de partículas 14; estando la chimenea de descarga 19 situada corriente abajo del sistema de desulfurización del gas de combustión 17 y estando el precalentador de aire 13 en comunicación con la chimenea de descarga 19 a través del segundo sistema de eliminación de partículas 33. El método incluye proporcionar un sensor de humedad 34 dispuesto entre el recipiente generador de vapor 11 y el precalentador de aire 13, y proporcionar un sensor de infrarrojos 32 próximo o en el precalentador de aire 13. El método incluye medir la humedad de una mezcla de gas de combustión FG con el sensor de humedad para determinar una magnitud de una primera temperatura T1.

- 5 El método incluye proporcionar, por medio del sistema de suministro de aire 13D, una primera cantidad A1 de aire al precalentador de aire 13, siendo la primera cantidad A1 de aire de una magnitud en exceso de la necesaria para la combustión del combustible en el recipiente generador de vapor 11, y proporcionando el precalentador de aire 13 la primera cantidad A1 de aire a un flujo de masa suficiente para establecer una primera temperatura T1 de una mezcla de gas de combustión FG que sale del precalentador de aire 13, siendo la primera temperatura T1 tal que el precalentador de aire tiene una temperatura del metal del extremo frío que no es menor que una temperatura de punto de rocío del agua en el precalentador de aire 13 y tal que la temperatura del metal del extremo frío es menor que una temperatura del punto de rocío del ácido sulfúrico y siendo la primera temperatura T1 de aproximadamente 105 °C (220 °F) a aproximadamente 125 °C (257 °F).
- 10 El método incluye determinar, con el sensor de infrarrojos 32, la temperatura del metal de extremo frío en el precalentador de aire 13, en comparación con la temperatura de metal del extremo frío a la temperatura del punto de rocío del agua; y controlar que la temperatura del metal del extremo frío no sea menor que la temperatura del punto de rocío del agua, usando la unidad de control 71, como se describe en la presente memoria.
- 15 El método incluye reducir el SO₃ en la mezcla de gas de combustión generada en el recipiente generador de vapor 11. La reducción de SO₃ se da antes de que la mezcla de gas de combustión FG entre al precalentador de aire 13. El precalentador de aire 13 está configurado para calentar la primera cantidad de aire A1 a una segunda temperatura T2 de aproximadamente 288 °C a 399 °C (550 °F a 750 °F). Una primera parte P1 de la primera cantidad A1 de aire se suministra como aire de combustión al recipiente generador de vapor 11 para la combustión del combustible.
- 20 El método incluye descargar la mezcla de gas de combustión FG a la primera temperatura T1, directamente del precalentador de aire 13 al sistema de eliminación de partículas 14 eliminando así las partículas de la mezcla de gas de combustión FG y creando una primera mezcla de gas de combustión tratado FG1. La primera mezcla de gas de combustión tratado FG1 se descarga del sistema de eliminación de partículas 14 directamente en el sistema de desulfurización del gas de combustión 17 creando así en y descargando del sistema de desulfurización del gas de combustión 17, una segunda mezcla de gas de combustión tratado FG2 a una tercera temperatura T3 de 52 °C a 60 °C (125 °F a 140 °F).
- 25 El método incluye eliminar los contaminantes en partículas de la segunda parte P2 del aire. Los contaminantes en partículas que se introducen a la segunda parte P2 de aire desde la fuga en el precalentador de aire 13 desde la mezcla de gas de combustión FG. Una segunda parte P2 de la primera cantidad A1 de aire se inyecta como aire de recalentamiento del gas de combustión alimentado desde el precalentador de aire 13 a la segunda temperatura T2 con la segunda mezcla de gas de combustión tratado FG2 a la tercera temperatura T3 creando así la tercera mezcla de gas de combustión tratado FG3 a una cuarta temperatura T4 de al menos 68 °C (155 °F), antes de entrar a la chimenea de descarga 19. La tercera mezcla de gas de combustión tratado FG3 se admite a la chimenea de descarga 19 a la cuarta temperatura T4.
- 30 Como se muestra en la FIG. 5, un gráfico generalmente designado por el número 70 tiene la temperatura del aire de recalentamiento de gas de combustión P2 en grados Celsius (Fahrenheit) designado en el eje X 72 y relación de aire de recalentamiento RR en porcentaje igual al caudal de masa W_R del aire de recalentamiento del gas de combustión P2 (es decir, la segunda parte P2 de la primera cantidad A1 de aire) dividido por 100 veces el caudal de masa W_G de gas depurado FG2 que sale del sistema FGD 17 (FIGS. 3 y 4) a 52 °C (125 °F), en un eje Y 71. El gráfico 70 incluye representaciones para seis aumentos diferentes en la temperatura DTr del gas de combustión FG2 que sale del FGD 17 (FIGS. 3 y 4). Específicamente, el gráfico incluye una representación 80 para DTr de -15 °C (5 °F), una representación 81 para DTr de -12 °C (10 °F), una representación 82 para DTr de -7 °C (20 °F), una representación 83 para DTr de -1 °C (30 °F); una representación 84 para DTr de 4 °C (40 °F) y una representación 85 para DTr de 10 °C (50 °F), que ilustra la relación de aire de recalentamiento RR como una función de temperatura del aire de recalentamiento P2. Por ejemplo, la relación de recalentamiento RR oscila de aproximadamente 1 por ciento en el punto 86 (es decir, 427 °C (800 °F), 0,9% para la DTr de -15 °C (5 °F) de la representación 80) a aproximadamente 16 por ciento en el punto 87 (es decir, 260 °C (500 °F), 15,9% a 260 °C (500 °F) para la DTr de 10 °C (50 °F) de la representación 85). Para la representación 85 para la DTr de 10 °C (50 °F), la RR oscila de aproximadamente 9 por ciento en el punto 88 (es decir, 427 °C (800 °F), 9,1% para la DTr de 10 °C (50 °F) de la representación 85). Mientras se muestran y se describen los intervalos de relación de recalentamiento RR de 1 por ciento a 16 por ciento y 9 por ciento a 16 por ciento, pueden emplearse otros intervalos de la relación de recalentamiento RR, dependiendo de la DTr y la temperatura del aire de recalentamiento P2. Los inventores llegaron a los puntos de datos y representaciones 80-85 de la FIG. 5 como un resultado de análisis y pruebas significativas, descubriendo así los sorprendentes resultados gráficamente ilustrados en el gráfico 70 de la FIG. 5.
- 35 Como se muestra en la FIG. 6, un gráfico 90 tiene efectividad del precalentador de aire 13 en el porcentaje mostrado en el eje X 92 y la temperatura en grados Celsius mostrada en un eje Y 91 para un sistema generador de vapor de 1000 MW 10, 10' con una elevación de temperatura de 28 °C (50 °F) del gas de combustión FG2 que sale del FGD 17 como resultado de la inyección del aire de recalentamiento del gas de combustión P2 en el conducto 62 entre el FGD 17 y la chimenea de descarga 19. El gráfico 90 incluye una representación 93 de la efectividad del precalentador de aire 13 en términos de aire secundario P1, P2 temperatura T2 (FIGS. 3 y 4). El gráfico 90 incluye una representación 94 de la efectividad del precalentador de aire 13 en términos de temperatura T1 de salida del gas de combustión FG (FIGS. 3 y 4). Los inventores han descubierto que se necesita mantener la eficacia térmica del sistema generador de
- 55
- 60

vapor 10, 10' una temperatura diferencial DT de 35 °C entre la temperatura de salida del gas de combustión FG de 150 °C del sistema generador de vapor 100, 100' de la técnica anterior (ilustrado por la línea de puntos 98'' en el gráfico 90) y la temperatura T1 de salida del gas de combustión FG (FIGS. 3 y 4) de aproximadamente 105 °C (ilustrado por la línea de puntos 98' en el gráfico 90). Cuando la temperatura diferencial DT de la temperatura de salida de gas de combustión aumenta, se realizan mejoras de eficacia térmica del sistema generador de vapor 10, 10'. Por ejemplo, como se muestra en el gráfico 90, se realiza el aumento de eficacia térmica en el punto 94A de la línea 94 a la que la temperatura T1 de salida del gas de combustión es 90 °C y la efectividad del precalentador de aire es 97 por ciento. La eficacia térmica aumentada y la efectividad del precalentador de aire es un resultado de la primera cantidad de aire A1 que es mayor que la suministrada a través de los precalentadores de aire de la técnica anterior y/o eficacia aumentada o área aumentada de elementos de transferencia de calor en el precalentador de aire 13 en comparación con los elementos de transferencia de calor empleados en los precalentadores de aire de la técnica anterior. Como se muestra en el gráfico 90 la efectividad del precalentador de aire 13 y la eficacia térmica aumentada del sistema generador de vapor 10, 10', en comparación con los sistemas generadores de vapor 100, 100' de la técnica anterior, se realiza también a través de un aumento en la temperatura de la primera parte P1 de la primera cantidad A1 de aire suministrado al recipiente generador de vapor 11 para la combustión del combustible. El gráfico 90 incluye una representación 93 que ilustra un aumento en la efectividad del precalentador de aire 13 como una función de temperatura de la primera parte P1 de la primera cantidad A1. Por ejemplo, en el punto 93A en que la temperatura de la primera parte P1 de la primera cantidad A1 es 368 °C y la efectividad del precalentador de aire 13 está al 97 por ciento, se realiza un aumento en la eficacia térmica del sistema generador de vapor 10, 10', en comparación con los sistemas generadores de vapor 100, 100' de la técnica anterior.

En la realización ilustrada en la Fig. 8 para alcanzar la baja temperatura de funcionamiento del precalentador de aire 13 la cantidad del gas de combustión alimentado al precalentador de aire 13 se ha reducido más que usando aire en exceso como en realizaciones anteriores. Esto se facilita corriente arriba del precalentador de aire 13 proporcionando un conducto de purga 200 de manera que el gas de combustión FG que sale del recipiente generador de vapor 11 se divide en dos corrientes FG4 y FG5. La primera corriente FG4 se alimenta a y se descarga del precalentador de aire 13 y la segunda corriente FG5 se purga en el conducto 200. El volumen de la segunda corriente FG5 puede controlarse por medios de válvulas (no mostradas) para alcanzar la primera temperatura T1 deseada de la mezcla de gas de combustión FG4 que sale del precalentador de aire 13. Esta segunda corriente FG5 se enfría de forma adecuada en un intercambiador de calor HX a una temperatura T5 y después se alimenta a través del conducto 201 a un colector 202 para así recombinar con la primera corriente FG4 para recrear la corriente de gas de combustión FG que después entra al ESP 14 a una temperatura T1'. En una realización, la temperatura T1 mencionada en las realizaciones de las FIGS. 3, 4 y 7 y la temperatura T1' mencionada en la realización de FIG. 8, son idénticas o casi idénticas. En la realización mostrada en la FIG. 8 la cantidad de aire A2 que pasa a través del precalentador de aire 13 es el volumen P1 que se necesita para la combustión, es decir, a diferencia de la primera cantidad A1 necesitada de las realizaciones ilustradas en las FIGS. 3, 4 y 7, no se produce una parte de aire en exceso P2.

En la realización ilustrada en la FIG. 3 en vez de usar aire en exceso P2 para el recalentamiento del gas de combustión, una corriente de aire A3 entra y se calienta en el intercambiador de calor HX por la segunda corriente de gas de combustión FG5. La corriente de aire A3 sale del intercambiador de calor HX y se alimenta a través del conducto 203 a una temperatura T6 a un colector 204 a través del que se inyecta como aire de recalentamiento del gas de combustión para efectuar el recalentamiento de la chimenea como se describe en las realizaciones ilustradas en las FIGS. 3, 4 y 7. En una realización, la temperatura T6 ilustrada en la FIG. 8 y la temperatura T2 mencionada en las realizaciones de las FIGS. 3, 4 y 7, son idénticas o casi idénticas. En una realización, el intercambiador de calor HX se configura para pasar la segunda corriente de gas de combustión FG5 sobre una tubería directamente a través de la que fluye la corriente de aire A3 (p.ej., un intercambiador de calor directo). En una realización, el intercambiador de calor Hx se configura para pasar la corriente de aire A3 sobre la tubería directamente a través de la que fluye la corriente de gas de combustión FG5 (p.ej., un intercambiador de calor directo). En una realización, el intercambiador de calor HX se configura de manera conocida con un medio de intercambio de calor fluido que conduce el calor desde la corriente de gas de combustión FG5 a la corriente de aire A2 (es decir, intercambiador de calor indirecto).

Como se muestra en la FIG. 8, puede emplearse una purga de aire 205 opcional de manera que algo o toda la corriente de aire A3 puede usarse de forma similar a la tercera parte P3 de aire de precalentamiento en exceso como se describe con referencia a las realizaciones ilustradas en las FIGS. 3, 4 y 7, por ejemplo. La purga de aire 205 puede evitar el uso de la corriente de aire A3 para recalentar la chimenea y en vez de eso usar la purga de aire 205 de forma selectiva para aplicaciones de secado del carbón y/o arranque del precalentado como se describe en la presente memoria.

El solicitante ha descubierto que las características inesperadas de la configuración ilustrada en la FIG. 8, en comparación con el uso de disposiciones convencionales del precalentador de aire, son la reducción de la temperatura de salida del aire del precalentador de aire en combinación con la extracción de calor del gas de combustión FG para usar para propósitos de recalentamiento de la chimenea, precalentamiento y/o secado de carbón, por ejemplo. En la realización de la FIG. 8 esto se consigue poniendo menos calor de gas de combustión en el precalentador de aire 13 desviando la segunda corriente de gas de combustión FG5 corriente arriba del precalentador de aire 13 y extrayendo calor de él para el uso para propósitos de recalentamiento de chimenea, precalentamiento y/o secado de carbón de forma selectiva si se desea. En contraste, en las realizaciones ilustradas en las FIGS. 3, 4 y 7 esto se consigue poniendo aire en exceso en el precalentador de aire 13 de manera que la primera cantidad A1 produce tanto aire para la combustión como aire P2 para propósitos de recalentamiento de chimenea, precalentamiento y/o secado de carbón

de forma selectiva si se desea. En la realización híbrida ilustrada en la FIG. 9, se usa una combinación de ambos planteamientos, es decir, tanto desviación del gas de combustión (es decir, FG5) como aire en exceso (es decir A1) en el precalentador de aire 13.

5 En la técnica anterior, el calor extraído del gas de combustión mediante precalentadores de aire se reintroduce en los recipientes generadores de vapor mediante el aire de combustión que fluye a través de ellos. Con la excepción de las pérdidas de la conducción térmica, todo el calor extraído del gas de combustión por el precalentador de aire se reintroduce por medio del aire de combustión en el recipiente generador de vapor. Una característica de realizaciones preferidas de la invención es que nada del calor extraído de la corriente de gas de combustión FG, o en el aire en exceso "producido" por el precalentador de aire o por el intercambiador de calor asociado con el gas de combustión
10 que se extrae/desvía corriente arriba del precalentador de aire, se desperdicia durante el funcionamiento normal. Aunque no se use para precalentar el aire de combustión, todo el calor extraído se reintroduce en lo que puede llamarse el ciclo entero de vapor agua como recalentamiento de la chimenea y/o para secar carbón, por ejemplo.

Aunque en la realización híbrida ilustrada tanto la segunda parte de aire en exceso P2 como la corriente de aire A3 calentada por el gas de combustión desviado FG5 se usan totalmente o en parte para la reinyección como recalentamiento de la chimenea, se entenderá que es la combinación de medir la segunda corriente de gas de combustión FG5 y el volumen de la primera cantidad A1 del aire del precalentador lo que facilita las temperaturas de salida corriente abajo necesarias del precalentador de aire 13. Esta medida puede ser selectiva de forma adecuada para alcanzar los resultados deseados que sean apropiados durante el arranque o a diferentes cargas operativas, es decir, como se refiere a las temperaturas de salida del gas de combustión FG del recipiente generador de vapor 11.

20 En alternativas a las realizaciones de la FIG. 8 y la FIG. 9, algo o todo de la parte de aire en exceso P2 y/o algo o todo de la corriente de aire calentada A3 podría, en vez de usarse para recalentar la chimenea usarse para aplicaciones de precalentamiento, arranque del precalentamiento y/o secado del carbón. Podría ser por ejemplo particularmente ventajoso usar la corriente de aire calentada A3 para aplicaciones de secado de carbón. De forma similar, sería ventajoso evitar o minimizar el flujo en la corriente de gas de combustión FG5 durante el arranque o en condiciones de baja carga. Asimismo, sería ventajoso minimizar la parte de aire en exceso P2 durante el arranque o en condiciones de baja carga.

Aunque en las realizaciones ilustradas en la FIG. 8 y la FIG. 9 la segunda corriente de gas de combustión FG5 se recombina con la primera corriente de gas de combustión FG4 inmediatamente corriente abajo del precalentador de aire 13, se entenderá que en otras realizaciones dicha recombinación puede efectuarse más corriente abajo. De forma alternativa, esta segunda corriente de gas de combustión FG5 puede emitirse a la atmósfera y/o tratarse separadamente de la primera corriente de gas de combustión FG4.

30 Cuando sea necesario puede usarse el equipo de eliminación de partículas y/u otro equipo de control de la contaminación para acondicionar apropiadamente la segunda corriente de gas de combustión FG5 independientemente de los usados para acondicionar la parte de gas de combustión FG que pasa a través del precalentador de aire 13. Ventajosamente, el intercambiador de calor HX no permite la fuga de gas de la corriente de gas de combustión FG5 a la corriente de aire A3. Por consiguiente, no se necesita el acondicionamiento similar de la corriente de aire A3 antes de su uso para el recalentamiento de la chimenea, precalentamiento del equipo y/o secado del carbón.

40 Como se describe anteriormente, la presente invención incluye un método para retroadaptar un sistema generador de vapor 100, 100' para efectividad mejorada. Ese método para la retroadaptación incluye reconfigurar una fuente de suministro de aire 13D al precalentador de aire 13 para suministrar una primera cantidad A1 de aire en exceso del necesario para la combustión de combustible en el recipiente generador de vapor 11 y reconfigurar al menos uno de la fuente de suministro de aire 13D y el precalentador de aire 13 el precalentador de aire 13 tal como la primera cantidad A1 de aire se proporciona a un flujo de masa suficiente para establecer una primera temperatura T1 de una mezcla de gas de combustión FG que sale del precalentador de aire 13, que tiene el carácter requerido que la invención necesita. Se apreciará que la presente invención también incluye un método para retroadaptar un sistema generador de vapor tal como 100, 100' con el aparato de las realizaciones ilustrado en la FIG. 8 y la FIG. 9 asociado con la segunda corriente de gas de combustión FG5.

50 Los inventores han descubierto sorprendentemente a través de años de investigación, análisis y ensayo una combinación de intervalos óptimos de temperaturas y configuraciones del sistema para el funcionamiento del sistema generador de vapor 10 de la presente invención que mejora la eficacia térmica del sistema generador de vapor en comparación con los sistemas generadores de vapor de la técnica anterior tal como 100 y 100' mientras se reduce el potencial de ensuciamiento y pluma de chimenea visible.

55 Por ejemplo, los expertos en la técnica han intentado y no han tenido éxito en ser capaces de aumentar el flujo de aire a través del precalentador 13 para alcanzar una magnitud en exceso del necesario para la combustión del combustible en el recipiente generador de vapor 11 y aunque es suficiente para establecer la primera temperatura T1 de la mezcla de gas de combustión FG que sale del precalentador de aire 13 que tiene una temperatura de 105 °C (220 °F) o menos, mientras que en el mismo sistema emplean todas de las siguientes características de diseño específicas: 1) reducir el SO₃ en la mezcla de gas de combustión generado en el recipiente generador de vapor 11, dándose la

reducción de SO₃ antes de que la mezcla de gas de combustión FG entre al precalentador de aire 13; 2) configurar el precalentador de aire 13 para calentar la primera cantidad de aire A1 a una segunda temperatura T2 de 288 °C a 399 °C (550 °F a 750 °F); 3) suministrar una primera parte P1 de la primera cantidad A1 de aire al recipiente generador de vapor 11 para la combustión del combustible; 4) descargar la mezcla de gas de combustión FG a la primera temperatura T1, directamente del precalentador de aire 13 al sistema de recogida de partículas 14 eliminando así las partículas de la mezcla de gas de combustión FG y creando una primera mezcla de gas de combustión tratado FG1; 5) descargar la primera mezcla de gas de combustión tratado FG1 del sistema de eliminación de partículas 14 directamente al sistema de desulfurización del gas de combustión 17 creando así en y descargando del sistema de desulfurización del gas de combustión 17, una segunda mezcla de gas de combustión tratado FG2 a una tercera temperatura T3 de 52 °C a 60 °C (125 °F a 140 °F); 6) inyectar una segunda parte P2 de la primera cantidad A1 de aire a la segunda temperatura T2 con la segunda mezcla de gas de combustión tratado en conducto FG2 a la tercera temperatura T3 creando así la tercera mezcla de gas de combustión tratado FG3 a una cuarta temperatura T4 de 79 °C a 88 °C (175 °F a 190 °F), antes de entrar a la chimenea de descarga 19; y 7) admitir la tercera mezcla de gas de combustión tratado FG3 a la chimenea de descarga 19 a la cuarta temperatura T4. Un experto en la técnica relevante entendería que hay un número casi infinito de configuraciones de sistema que podrían probarse variando la temperatura del gas de combustión que sale del precalentador de aire 13 junto con las otras siete características de diseño delineadas anteriormente. Es solo como resultado del análisis, experimentación y ensayo que los inventores han superado los problemas con características de diseño competitivas y descubriendo la combinación óptima como se describe y reivindica en la presente memoria.

En general, el ensayo, experimentación y análisis incluyeron la consideración de: 1) eficacia de mezcla de la inyección de la segunda parte P2 de la primera cantidad A1 de aire a la segunda temperatura T2 con la segunda mezcla de gas de combustión tratado en conducto FG2; 2) concentraciones de ceniza volantes en diversas posiciones en el sistema generador de vapor que incluyen la cantidad de la segunda parte P2 de aire; 3) determinación de la cantidad de la segunda parte P2 de aire que proporcionaría suficiente calor para justificar la eliminación de los intercambiadores de calor GGH; 4) caídas de presión a través del sistema generador de vapor 10; 5) pérdida de calor en el conducto de aire en exceso 65; 6) el efecto en la combustión de combustible en el recipiente generador de vapor; 7) el efecto en la eficacia térmica del sistema generador de vapor; y 8) necesidades de eficacia y suministro de agua para el FGD 17.

Los expertos en la técnica se han disuadido de reducir la temperatura del gas de combustión que sale del precalentador de aire a 105 °C (220 °F) o menos debido a los diversos problemas encontrados. Un primer problema es que este nivel de reducción de temperatura del gas de combustión (es decir, reducir la temperatura del gas de combustión que sale del precalentador de aire a 105 °C (220 °F) o menos) normalmente no puede conseguirse económicamente sin flujo de aire gradual. Hay un límite práctico a la cantidad de calor que puede recuperarse del gas de combustión que pasa a través de un precalentador de aire normal. Este límite se establece en base a la transferencia de calor máxima posible, $q_{max} = (m \cdot c)_{min} \cdot (T_{gi} - T_{ai})$, en donde T_{gi} es la temperatura del gas de combustión que entra al precalentador de aire y T_{ai} es la temperatura del aire que entra al precalentador de aire. La cantidad $(m \cdot c)_{min}$ es el producto del caudal de masa y calor específico del fluido mínimo, y para un precalentador de aire normal el fluido mínimo es el aire de combustión. Cuando se aumenta el flujo de masa del aire, hay un aumento directo en la transferencia de calor máxima posible. La presente invención hace uso del flujo de aire gradual como parte de los medios para reducir gradualmente la temperatura del gas de combustión. En el mantenimiento y mejora de la eficacia del generador de vapor sin embargo, es también necesario mantener o mejorar la cantidad de calor devuelto al generador de vapor. Esto se consigue manteniendo o mejorando la efectividad del precalentador de aire, efectividad = transferencia de calor real/transferencia de calor máxima posible. Es la transferencia de calor real al aire de combustión la que debe mantenerse o mejorarse, y esto se consigue a) eliminando el uso del precalentamiento de aire de vapor de aire frío; o b) el uso o más, y/o la superficie de transferencia de calor más altamente efectiva.

Un segundo problema es que no ha habido una demanda significativa de flujo de aire precalentado, gradual, a las plantas. La presente invención distribuye una fuente de aire precalentado que puede usarse para recalentar el gas de chimenea.

Un tercer problema es que para muchos combustibles, una reducción en la temperatura del gas de combustión lleva a un ensuciamiento y/o corrosión significativa del precalentador de aire. Como se necesita en base al contenido de SO₃ del gas de combustión, la presente invención hace uso de la reducción del SO₃ para reducir el contenido de SO₃ a menos de o igual a aproximadamente 5 ppmv que entra al precalentador de aire. Se ha demostrado que esto previene el ensuciamiento y la corrosión a temperaturas de gas de combustión reducidas bien por debajo del punto de rocío del gas de combustión original.

Un cuarto problema es que las plantas sin los medios para el control adecuado de la temperatura mínima del elemento del extremo frío han experimentado corrosión grave debido a la condensación de ácidos de halógeno a temperaturas cercanas al punto de rocío del agua. En una realización, la presente invención emplea un sensor de humedad del gas de combustión para establecer el contenido de agua del gas de combustión, que puede usarse para calcular el punto de rocío del agua. Los puntos de rocío de los ácidos de halógeno críticos (HCl, HF, HBr) pueden estimarse entonces usando correlaciones del punto de rocío disponibles en la literatura. El uso de un sensor de infrarrojos u otro sensor puede usarse para determinar la temperatura mínima del elemento del extremo frío, que puede compararse con los puntos de rocío críticos. La evitación de la condensación en el punto de rocío se consigue mediante a) el uso de

serpentines de vapor para precalentar el aire de entrada frío o 2) la reducción en la cantidad de aire precalentado usado para el recalentamiento del gas de chimenea.

5 En otra realización de la invención (no mostrada) la segunda parte P2 de la primera cantidad A1 de aire no se usa, o se usa solo en parte, como aire de precalentamiento del gas de combustión sino que en su lugar se usa exclusivamente, o predominante, como aire de precalentamiento alimentado a un secador de carbón durante el funcionamiento y selectivamente al recipiente generador de vapor 11 asociado y/o corriente arriba del sistema de eliminación de partículas 14 durante el arranque. El uso de aire en exceso para el secado de carbón reduce de forma efectiva la humedad en el carbón alimentado al recipiente generador de vapor 13 reduciendo así las pérdidas térmicas que pueden esperarse como consecuencia del vapor en exceso en que se convierte el gas de combustión. Se entenderá que esta reducción de humedad puede reducir también la incidencia de la condensación en el equipo corriente abajo al arranque. En calderas de carbón modernas, durante el arranque es necesario encender el recipiente generador de vapor 11 con petróleo o gas natural como combustible inicial alimentado a través de lancetas de combustión hasta el momento en que el recipiente generador de vapor 11 está suficientemente caliente como para mantener las llamas en remolino formadas quemando carbón molido alimentado desde los quemadores de carbón. Se cree que un arranque demasiado rápido puede llevar a choques térmicos innecesarios en las soldaduras de las tuberías y daño consiguiente en el recipiente generador de vapor, por ejemplo. Un arranque demasiado lento dará por resultado el uso innecesario de petróleo y gas y el retraso indeseado en llevar al sistema generador de vapor hasta la carga operativa completa. Cualquier forma en que el tiempo de arranque pueda reducirse sin aumentar los choques térmicos debería llevar a ventajas operativas y de costes beneficiosas para un operador de planta. Utilizar el aire de precalentamiento de esta 20 realización además del aire de combustión precalentado normal debería reintroducir más precalentamiento durante el arranque de forma efectiva en el recipiente generador de vapor 11 a temperaturas moderadamente bajas en comparación con las de llamas de petróleo o gas. Esto puede permitir un arranque más rápido sin el choque térmico adicional de quemar combustible inicial de forma más voluminosa para suministrar el precalentamiento adicional equivalente. Se apreciará que en esta otra realización el funcionamiento en el sistema generador de vapor no es dependiente de la presencia de un FGD o de elevar las temperaturas del gas de combustión y/u hacer funcionar una 25 chimenea seca como se necesita de diversas maneras en otras realizaciones descritas.

Aunque la presente invención se ha divulgado y descrito con referencia a ciertas realizaciones de la misma, debería notarse que pueden hacerse otras variaciones y modificaciones, y se pretende que las siguientes reivindicaciones cubran las variaciones y modificaciones en el alcance real de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un método para hacer funcionar un sistema generador de vapor (10), comprendiendo el método:

5 proporcionar un sistema generador de vapor (10) que comprende un recipiente generador de vapor (11), un sistema de suministro de aire (13D), un precalentador de aire (13), un sistema de eliminación de partículas (14), un sistema de desulfurización del gas de combustión (17), y una chimenea de descarga del gas de combustión (19), estando el sistema de suministro de aire (13D) en comunicación con el recipiente generador de vapor (11) a través del precalentador de aire (13), y estando el recipiente generador de vapor (11) en comunicación con la chimenea de descarga (19) a través del precalentador de aire (13), el sistema de eliminación de partículas (14) y el sistema de desulfurización del gas de combustión (17), estando el sistema de eliminación de partículas (14) situado corriente abajo del precalentador de aire (13), estando el sistema de desulfurización del gas de combustión (17) situado corriente abajo del sistema de eliminación de partículas (14) y estando la chimenea de descarga del gas de combustión (19) situado corriente abajo del sistema de desulfurización del gas de combustión (17);

15 proporcionar el sistema de suministro de aire (13D) una primera cantidad de aire (A1) al precalentador de aire (13) a un flujo de masa suficiente para establecer una primera temperatura (T1) de una mezcla de gas de combustión que sale del precalentador de aire (13), siendo la primera temperatura tal que el precalentador de aire (13) tiene una temperatura de salida del extremo frío definida por el precalentador de aire (13) que funciona con recuperación de calor (HR) aumentada de al menos 1% como se calcula según la ecuación:

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

en donde

20 T_{gi} = temperatura de la mezcla de gas de combustión que entra al precalentador de aire (13);

T_{goAdvX} = temperatura de la mezcla de gas de combustión que sale del precalentador de aire (13); y

T_{goSTD} = temperatura de una mezcla de gas de combustión que sale de un precalentador de aire estándar en que la primera cantidad de aire es de magnitud igual a la necesaria para la combustión, y que tiene un rotor de diámetro equivalente a la profundidad del precalentador de aire (13);

25 reducir el SO₃ en la mezcla de gas de combustión generada en el recipiente generador de vapor (11), dándose la reducción del SO₃ antes de que la mezcla de gas de combustión entre al precalentador de aire (13);

configurar el precalentador de aire (13) para calentar la primera cantidad de aire a una segunda temperatura de aproximadamente 288 °C a 399 °C (550 °F a 750 °F);

30 suministrar una primera parte o todo de la primera cantidad de aire como aire de combustión al recipiente generador de vapor (11) para la combustión del combustible;

descargar toda o una parte de la mezcla de gas de combustión que sale del recipiente generador de vapor (11) a la primera temperatura, directamente del precalentador de aire (13) al sistema de eliminación de partículas (14) eliminando así las partículas de la mezcla de gas de combustión y creando una primera mezcla de gas de combustión tratado;

35 descargar la primera mezcla de gas de combustión tratado del sistema de eliminación de partículas (14) directamente en el sistema de desulfurización del gas de combustión (17) creando así en y descargando del sistema de desulfurización del gas de combustión (17), una segunda mezcla de gas de combustión tratado a una tercera temperatura de aproximadamente 52 °C a aproximadamente 60 °C; siendo la tercera temperatura de una magnitud suficiente para facilitar la inyección de una segunda parte de aire como aire de recalentamiento del gas de combustión calentando directamente o indirectamente la segunda mezcla de gas de combustión tratado a la tercera temperatura creando así la tercera mezcla de gas de combustión tratado a una cuarta temperatura de al menos 68 °C, antes de entrar a la chimenea de descarga (19), siendo la tercera temperatura de una magnitud suficiente para permitir que el aire de recalentamiento del gas de combustión se eleve a la cuarta temperatura a una magnitud suficiente para reducir la pluma visible que sale de la chimenea de descarga (19) y para reducir la corrosión en la chimenea de descarga (19); y

admitir la tercera mezcla de gas de combustión tratado a la chimenea de descarga (19) a la cuarta temperatura.

50 2. El método según la reivindicación 1, en donde la primera cantidad de aire es de una magnitud en exceso de la necesaria para la combustión de combustible en el recipiente generador de vapor (11) y la segunda parte de aire es una segunda parte de la primera cantidad de aire alimentado desde el precalentador de aire (13) a la segunda temperatura.

3. El método según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde la mezcla de gas de combustión corriente arriba del precalentador de aire (13) se divide en dos corrientes en que una primera corriente es la parte dicha de la mezcla de gas de combustión alimentada a y después descargada del precalentador de aire (13) y en que la segunda corriente

- 5 se purga por medio del conducto corriente arriba del precalentador de aire (13), preferiblemente en donde la segunda corriente se alimenta posteriormente a través del intercambiador de calor (HX) y se inyecta para recombinarse con la primera corriente corriente abajo del precalentador de aire (13), y/o en donde la segunda corriente se alimenta posteriormente a través de un intercambiador de calor (HX) y la segunda parte de aire se calienta mediante la segunda corriente de gas de combustión en el intercambiador de calor (HX) antes de la inyección como aire de recalentamiento del gas de combustión, y/o en donde la segunda corriente de la mezcla de gas de combustión se alimenta posteriormente a través de un intercambiador de calor (HX) para calentar una corriente de aire que proporciona la segunda parte de aire para la inyección como aire de recalentamiento del gas de combustión y adicionalmente una tercera parte de aire como aire de precalentamiento durante el arranque de la caldera para precalentar selectivamente al menos uno del sistema de eliminación de partículas (14), el sistema de desulfurización del gas de combustión (17), conductos intermedios, o durante el funcionamiento de la caldera para una instalación de secado de carbón, y posteriormente emitirse a la atmósfera.
- 10
- 15 4. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el precalentador de aire (13) tiene una temperatura del metal del extremo frío que no es menor que una temperatura del punto de rocío del agua en el precalentador de aire (13) y de manera que la temperatura del metal del extremo frío es menor que una temperatura del punto de rocío del ácido sulfúrico y la primera temperatura, que es de aproximadamente 105 °C (220 °F) a aproximadamente 125 °C (257 °F).
- 20 5. El método según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en donde una tercera parte de la primera cantidad de aire se proporciona como aire de precalentamiento durante el arranque de la caldera selectivamente para precalentar al menos uno del sistema de eliminación de partículas (14), el sistema de desulfurización del gas de combustión (17), y el conducto intermedio, o durante el funcionamiento de la caldera para una instalación de secado de carbón, y posteriormente emitirse a la atmósfera.
- 25 6. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el sistema generador de vapor (10) comprende además un sistema de reducción catalítico selectivo, estando el recipiente generador de vapor (11) en comunicación con el precalentador de aire (13) a través del sistema de reducción catalítico selectivo.
- 30 7. El método según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, en donde el sistema generador de vapor (10) comprende además al menos uno de un aire de recalentamiento del gas de combustión y un sistema de eliminación de partículas del aire de precalentamiento, estando el precalentador de aire (13) en comunicación con la chimenea de descarga (19) a través del sistema de eliminación de partículas del aire de recalentamiento del gas de combustión; y
- 35 eliminar los contaminantes en partículas de la segunda parte de aire, introduciéndose los contaminantes en partículas a la segunda parte de aire de la fuga en el precalentador de aire (13) de la mezcla de gas de combustión.
- 40 8. El método según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, en donde el sistema generador de vapor (10) comprende además un sensor de humedad dispuesto entre el recipiente generador de vapor (11) y el precalentador de aire (13); y
- 45 medir, con el sensor de humedad, la humedad de la mezcla de gas de combustión para determinar una magnitud de la primera temperatura, y/o en donde el sistema generador de vapor (10) comprende además un sensor de infrarrojos; y
- 50 determinar, con el sensor de infrarrojos, la temperatura del metal del extremo frío en el precalentador de aire (13); comparando la temperatura del metal del extremo frío a la temperatura del punto de rocío del agua; y
- 55 controlar que la temperatura del metal del extremo frío no sea menor que la temperatura del punto de rocío del agua.
9. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde la reducción del SO₃ en la mezcla de gas de combustión comprende suministrar un combustible bajo en azufre al recipiente generador de vapor (11), generando el combustible bajo en azufre menos de 5 partes por millón de SO₃, y/o en donde la reducción del SO₃ en la mezcla de gas de combustión comprende eliminar el SO₃ en la mezcla de gas de combustión antes de admitir la mezcla de gas de combustión al precalentador de aire (13), y/o en donde la reducción de SO₃ en la mezcla de gas de combustión comprende convertir químicamente al SO₃ en la mezcla de gas de combustión en una sal inerte, antes de admitir la mezcla de gas de combustión al precalentador de aire (13), preferiblemente en donde el procesamiento químico comprende pulverizar una suspensión acuosa de un reactivo que contiene al menos uno de tiosulfato de sodio, magnesio, potasio, amonio y calcio y que contiene al menos un compuesto salino soluble elegido del grupo que consiste en especies tiosulfato y cloruro o que contiene al menos uno de carbonato sódico, bicarbonato sódico, hidróxido sódico, hidróxido de amonio, hidróxido de potasio, carbonato de potasio y bicarbonato de potasio para crear una niebla de partículas que contiene partículas secas de al menos un compuesto salino soluble que puede reaccionar con el SO₃ en el gas de combustión.
10. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, proporcionando además medios de inyección entre el sistema de desulfurización del gas de combustión (17) y la chimenea de descarga (19) y en donde la inyección de la segunda parte de aire, a la segunda temperatura, con la segunda mezcla de gas de combustión tratado en conducto a la tercera temperatura se da en los medios de inyección, preferiblemente en donde el medio de inyección comprende

- 5 un colector de conducto entre el sistema de desulfurización del gas de combustión (17) y la chimenea de descarga (19), comprendiendo el colector de conducto una entrada para recibir la segunda mezcla de gas de combustión tratado, una conexión en rama para recibir la segunda parte de aire y una salida en comunicación con la chimenea de descarga, y/o en donde el medio de inyección comprende al menos uno de un mezclador, aletas de desviación, y/o un dispositivo tabulador.
11. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde el sistema de eliminación de partículas (14) comprende al menos uno de un precipitador electrostático seco y un filtro de tela.
- 10 12. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en donde la descarga de la mezcla de gas de combustión a la primera temperatura, directamente desde el precalentador de aire (13) al sistema de eliminación de partículas (14), se consigue sin intercambiadores de calor dispuestos entre el precalentador de aire (13) y el sistema de eliminación de partículas (14).
- 15 13. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en donde la descarga de la primera mezcla de gas de combustión tratado del sistema de eliminación de partículas (14) directamente en el sistema de desulfurización del gas de combustión (17) se consigue sin intercambiadores de calor dispuestos entre el sistema de eliminación de partículas (14) y el sistema de desulfurización del gas de combustión (17).
14. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en donde no hay intercambiadores de calor dispuestos entre el precalentador de aire (13) y el sistema de desulfurización del gas de combustión (17); y/o en donde no hay ventiladores dispuestos entre el sistema de desulfurización del gas de combustión (17) y la chimenea de descarga (19).
- 20 15. El método según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 14, en donde la inyección de la segunda parte de la primera cantidad de aire se realiza a una relación de masas de la segunda parte a la segunda mezcla de gas de combustión tratado de 1 por ciento a 16 por ciento; y/o en donde la inyección de la segunda parte de la primera cantidad de aire se realiza a una relación de masas de la segunda parte a la segunda mezcla de gas de combustión tratado de 9 por ciento a 16 por ciento.
- 25 16. El método según la reivindicación 1, en donde el sistema generador de vapor (10) comprende además un segundo sistema de eliminación de partículas (33) estando el precalentador de aire (13) en comunicación con la chimenea de descarga a través del segundo sistema de eliminación de partículas (53);
- proporcionar un sensor de humedad dispuesto entre el recipiente generador de vapor (11) y el precalentador de aire (13);
- 30 proporcionar un sensor de infrarrojos en el precalentador de aire (13);
- medir la humedad de una mezcla de gas de combustión con el sensor de humedad para determinar una magnitud de una primera temperatura;
- 35 siendo la primera temperatura tal que el precalentador de aire (13) tiene una temperatura del metal del extremo frío que no es menor que una temperatura del punto de rocío del agua en el precalentador de aire y tal que la temperatura del metal del extremo frío es menor que una temperatura del punto de rocío del ácido sulfúrico y siendo la primera temperatura de aproximadamente 105 °C (220 °F) a aproximadamente 125 °C (257 °F);
- determinar, con el sensor de infrarrojos, la temperatura del metal del extremo frío en el precalentador de aire (13);
- comparar la temperatura del metal del extremo frío a la temperatura del punto de rocío del agua;
- controlar que la temperatura del metal del extremo frío no sea menor que la temperatura del punto de rocío del agua;
- 40 eliminar los contaminantes en partículas de la segunda parte de aire, introduciéndose los contaminantes en partículas a la segunda parte de aire desde la fuga en el precalentador de aire (13) desde la mezcla de gas de combustión;
- inyectar una segunda parte de la primera cantidad de aire como recalentamiento del gas de combustión con la segunda mezcla de gas de combustión tratado en conducto a la tercera temperatura de aproximadamente 52 °C a aproximadamente 60 °C creando así la tercera mezcla de gas de combustión a una cuarta temperatura de al menos 68 °C (155 °F), antes de entrar a la chimenea de descarga (19); y
- 45 admitir la tercera mezcla de gas de combustión tratado a la chimenea de descarga (17) a la cuarta temperatura.
17. Un método para retroadaptar un sistema generador de vapor (10) para efectividad mejorada, comprendiendo el método:
- 50 eliminar al menos un intercambiador de calor situado corriente abajo del precalentador de aire (13);

- reconfigurar una fuente de suministro de aire (13D) al precalentador de aire (13) para suministrar una primera cantidad de aire a un flujo de masa suficiente para establecer una primera temperatura de una mezcla de gas de combustión que sale del precalentador de aire (13), siendo la primera temperatura tal que el precalentador de aire (13) tiene una temperatura del metal del extremo frío que no es menor que una temperatura del punto de rocío del agua en el precalentador de aire (13) y tal que la temperatura del metal del extremo frío es menor que una temperatura del punto de rocío del ácido sulfúrico y siendo la primera temperatura de aproximadamente 105 °C (220 °F) a aproximadamente 125 °C (257 °F);
- proporcionar medios de reducción del SO₃ en comunicación con el recipiente generador de vapor (11), configurándose los medios de reducción para reducir el SO₃ en la mezcla de gas de combustión generado en el recipiente generador de vapor (11), dándose la reducción del SO₃ antes de que la mezcla de gas de combustión entre al precalentador de aire (13);
- configurar el precalentador de aire (13) para calentar la primera cantidad de aire a una segunda temperatura que no es sustancialmente menor que la temperatura del aire de combustión de un sistema original y que es aproximadamente de 288 °C a 399 °C (550 °F a 750 °F) para mantener o mejorar la eficacia de la caldera;
- suministrar una primera parte o todo de la primera cantidad de aire al recipiente generador de vapor (11) para la combustión del combustible;
- descargar todo o una parte de la mezcla de gas de combustión que sale del recipiente generador de vapor (11) a la primera temperatura, directamente del precalentador de aire (13) a un sistema de eliminación de partículas (14) eliminando así partículas de la mezcla de gas de combustión y creando una primera mezcla de gas de combustión tratado;
- descargar la primera mezcla de gas de combustión tratado del sistema de eliminación de partículas (14) directamente en un sistema de desulfurización del gas de combustión (17) creando así en y descargando del sistema de desulfurización del gas de combustión (17), una segunda mezcla de gas de combustión tratado a una tercera temperatura de aproximadamente 52 °C a aproximadamente 60 °C;
- inyectar una segunda parte de la primera cantidad de aire como aire de recalentamiento del gas de combustión con la segunda mezcla de gas de combustión tratado en conducto a la tercera temperatura creando así la tercera mezcla de gas de combustión tratado a una cuarta temperatura, antes de entrar a la chimenea de descarga (19); y
- admitir la tercera mezcla de gas de combustión tratado a la chimenea de descarga (19) a la cuarta temperatura de al menos aproximadamente 68 °C,
- en donde la tercera temperatura es de una magnitud suficiente para permitir al aire de recalentamiento del gas de combustión elevar la cuarta temperatura a una magnitud suficiente para reducir la pluma visible que sale de la chimenea de descarga (19) y para reducir la corrosión en la chimenea de descarga (19).
18. El método para la retroadaptación según la reivindicación 17, sustituyendo al menos una parte de un conducto de salida que conecta el sistema de desulfurización del gas de combustión (17) y la chimenea de descarga (19) con un colector que conecta el sistema de desulfurización del gas de combustión (17), un conducto de aire en exceso y la chimenea de descarga (19).
19. El método para la retroadaptación según la reivindicación 18, en donde el sistema generador de vapor (10) comprende además un sistema de eliminación de partículas de aire de recalentamiento del gas de combustión, estando el precalentador de aire (13) en comunicación con la chimenea de descarga (19) a través del sistema de eliminación de partículas del aire de recalentamiento del gas de combustión; y
- eliminar los contaminantes en partículas de la segunda parte de aire, introduciéndose los contaminantes en partículas a la segunda parte de aire de la fuga en el precalentador de aire (13) de la mezcla de gas de combustión.
20. El método para la retroadaptación según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 19, en donde el sistema generador de vapor (10) comprende además un sensor de humedad dispuesto en la comunicación entre el recipiente generador de vapor (11) y el precalentador de aire (13); y
- medir, con el sensor de humedad, la humedad de la mezcla de gas de combustión para determinar una magnitud de primera temperatura, y/o en donde el sistema generador de vapor (10) comprende además un sensor de infrarrojos; y
- determinar, con el sensor de infrarrojos, la temperatura del metal del extremo frío en el precalentador de aire (13); comparar la temperatura del metal del extremo frío a la temperatura del punto de rocío del agua; y controlar que la temperatura del metal del extremo frío no sea menor que la temperatura del punto de rocío del agua.
21. El método para la retroadaptación según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 20, en donde una segunda eficacia térmica del sistema generador de vapor (13), después de implementar el método de retroadaptación, es al menos tan

grande como la primera eficacia térmica del sistema generador de vapor (10) antes de implementar el método de retroadaptación.

FIG. 1
TÉCNICA ANTERIOR

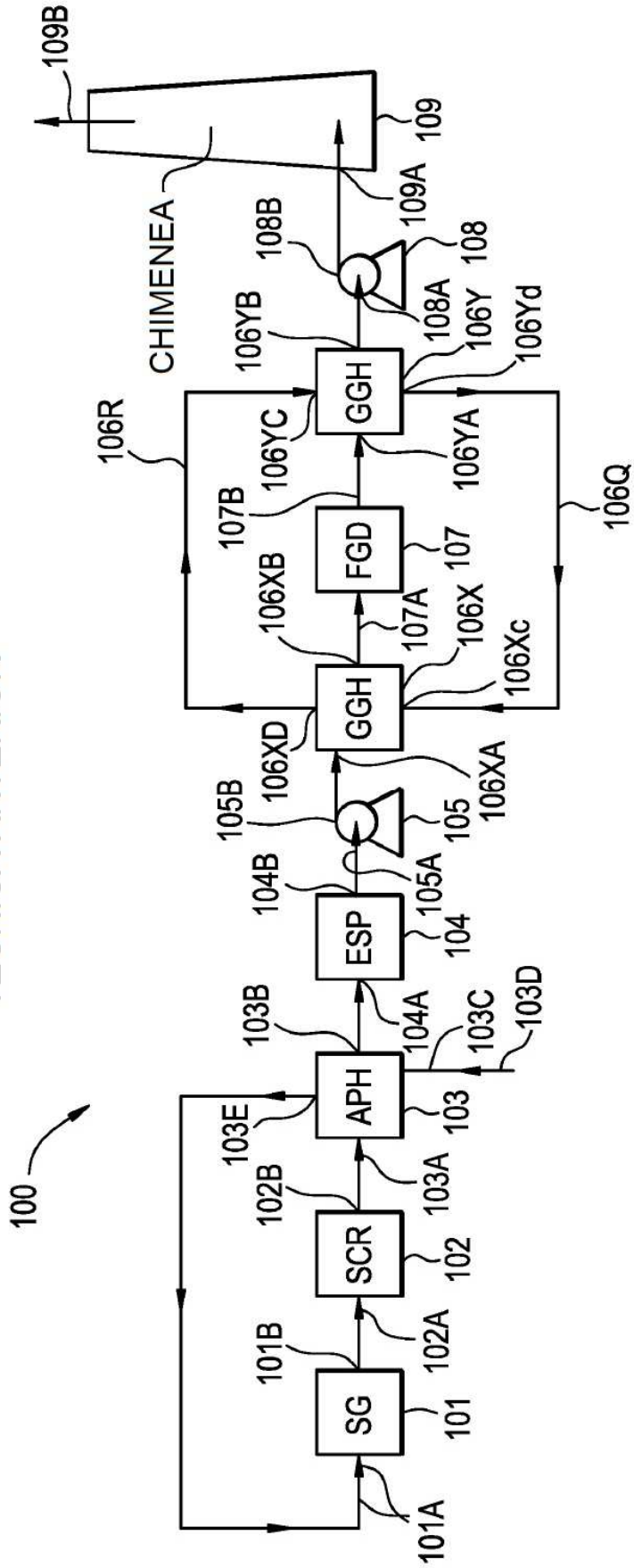
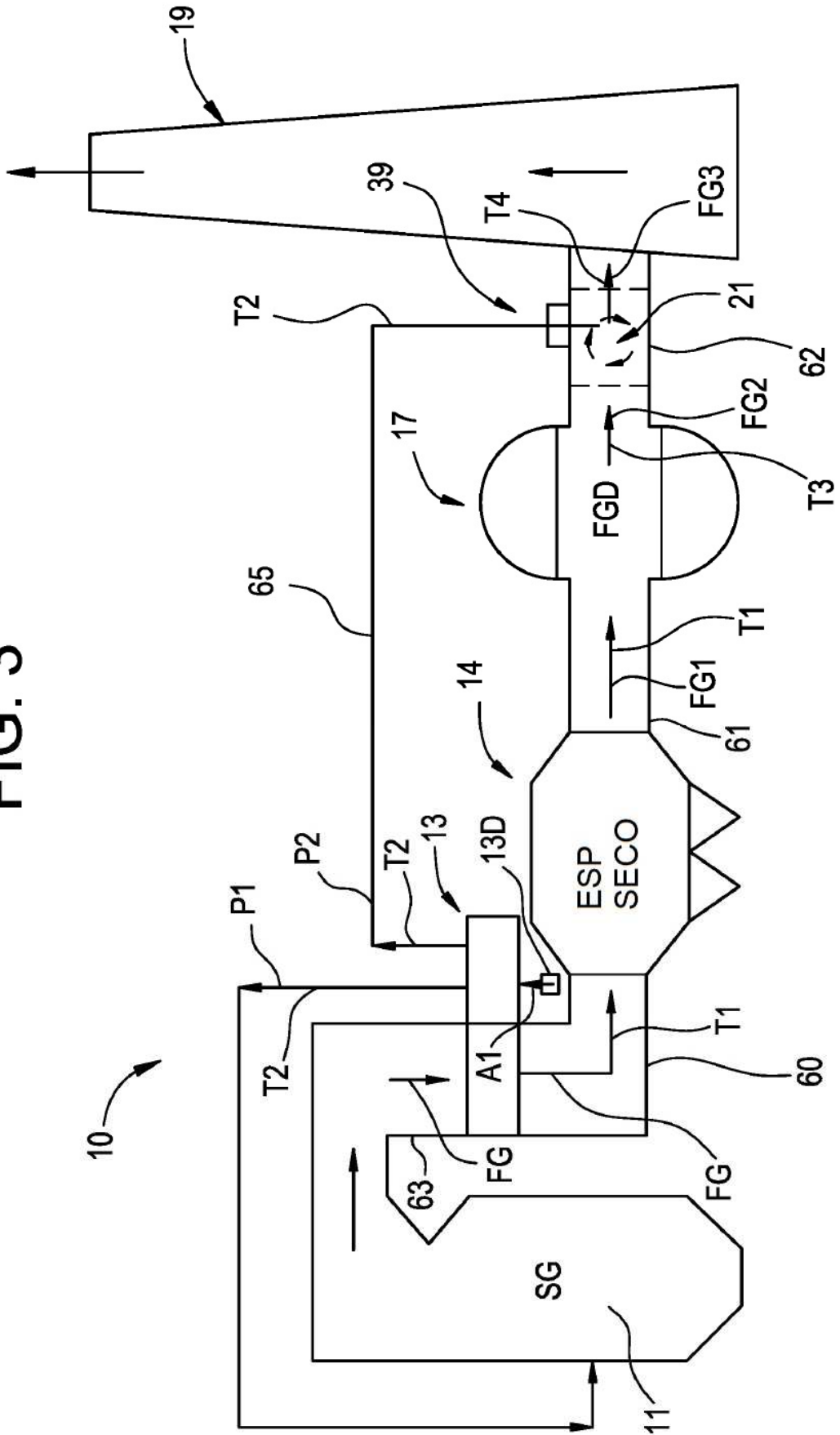


FIG. 3



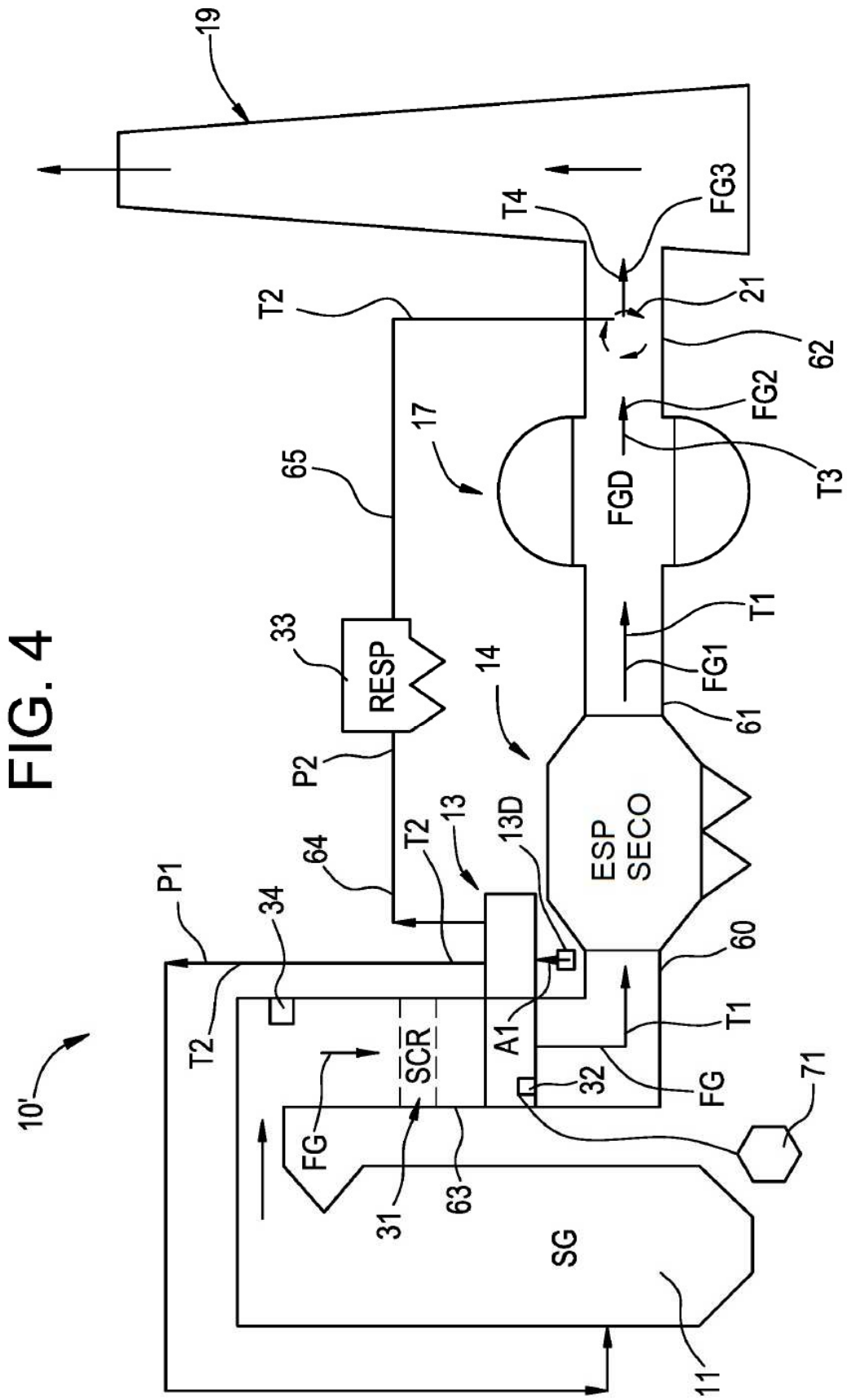


FIG. 5

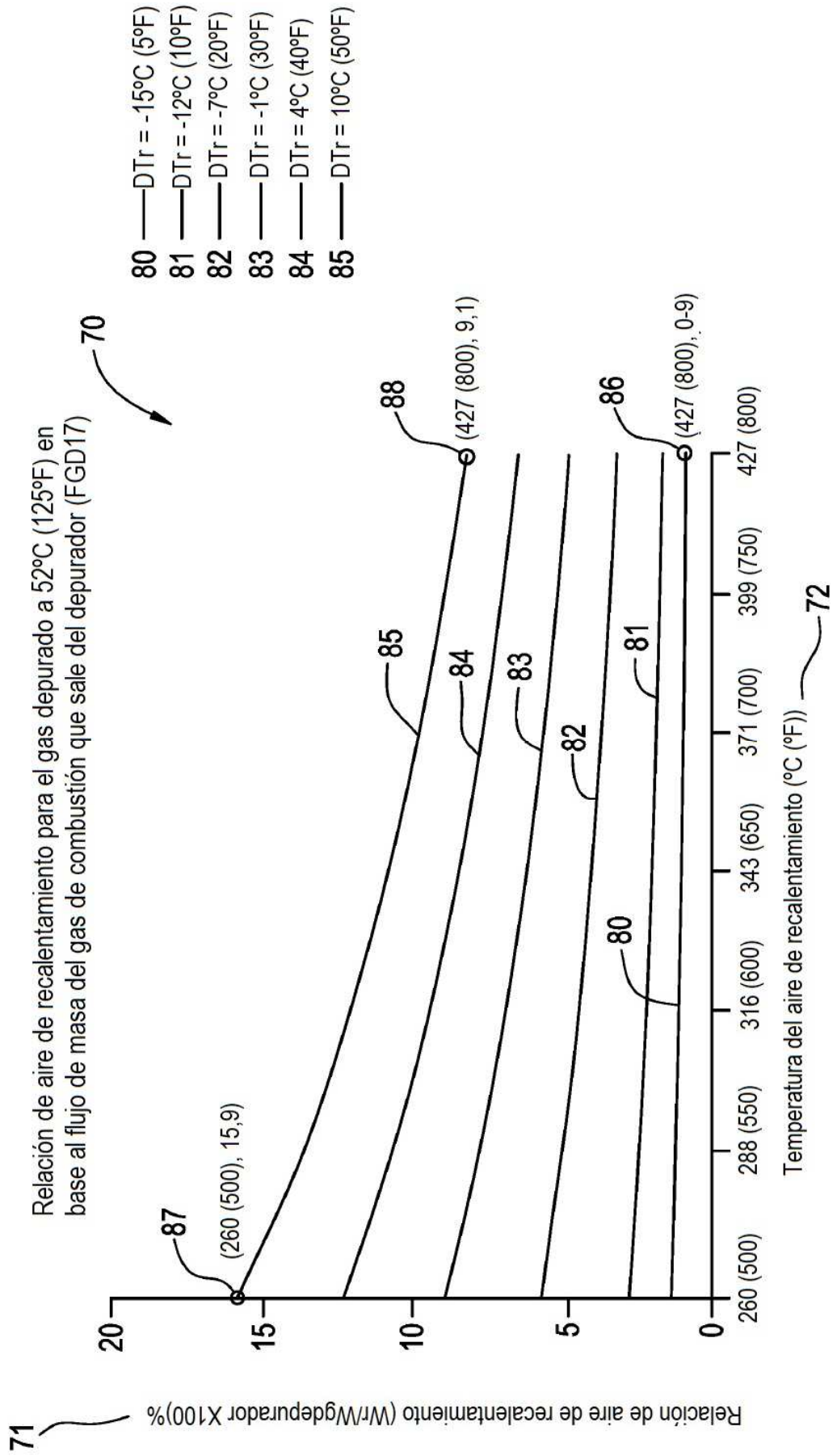


FIG. 7

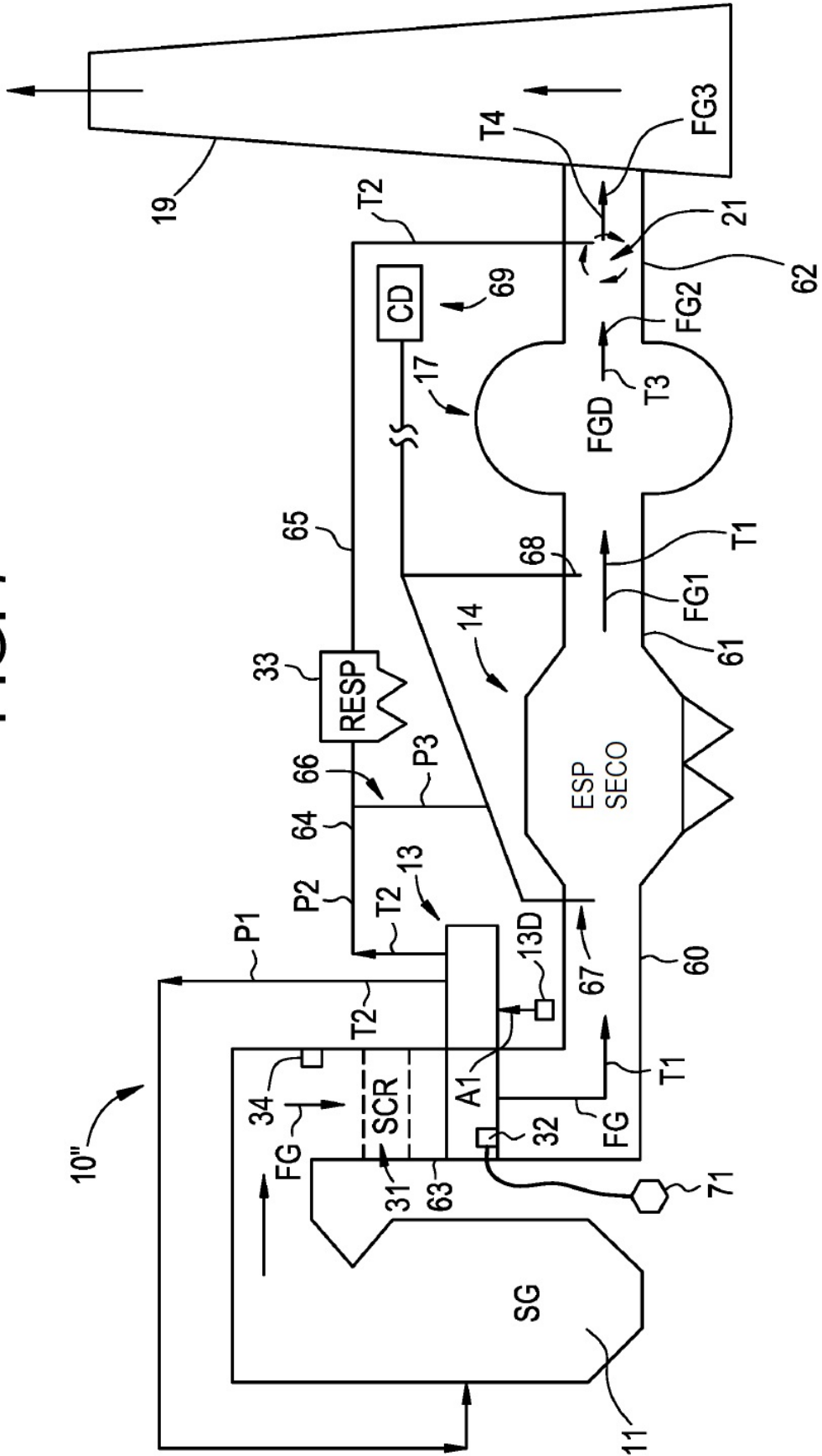


FIG. 8

