

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 607 695**

51 Int. Cl.:

F23J 15/08 (2006.01)

F24H 9/00 (2006.01)

F24H 9/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.07.2010 PCT/US2010/043557**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.03.2011 WO11037680**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.07.2010 E 10819192 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.10.2016 EP 2480831**

54 Título: **Hervidor y sistemas de control de la polución del aire integrados**

30 Prioridad:

25.09.2009 US 567070

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
03.04.2017

73 Titular/es:

**BABCOCK POWER ENVIRONMENTAL INC.
(100.0%)
5 Neponset Street
Worcester, MA 01606, US**

72 Inventor/es:

**ABRAMS, RICHARD, F.;
LEWIS, MARK y
PENTERSON, JEFFREY**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 607 695 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

Hervidor y sistemas de control de la polución del aire integrados

Antecedentes de la invención

5 Esta solicitud reivindica el beneficio de prioridad de la solicitud de patente de EE.UU. con número de serie 12/567.070, presentada el 25 de septiembre de 2009, que se incorpora por referencia en la presente memoria en su totalidad.

Antecedentes de la invención

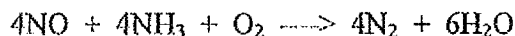
1. Campo de la invención

10 La presente invención se refiere al control de la polución del aire, y más particularmente, a tratar gas de combustión para reducir la emisión de contaminantes del mismo.

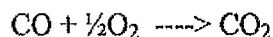
2. Descripción de la técnica relacionada

15 Se conocen en la técnica diversos dispositivos para controlar la polución en gas de escapes y de combustión, por ejemplo, gas de combustión emitido desde hervidores. Entre tales dispositivos, muchos están dirigidos a la reducción de NO_x, CO, VOC y similares, del gas de combustión antes de liberar el gas de combustión a la atmósfera. Durante años, una técnica empleada habitualmente para reducir las emisiones de NO_x, CO y VOC era modificar el proceso de combustión en sí, p.ej., mediante la recirculación del gas de combustión o el aire sobre fuego. Sin embargo, a la vista de los generalmente pobres resultados probados de tales técnicas (es decir, eficacias de retirada de NO_x de 50% o menos), se ha centrado recientemente la atención, por el contrario, en diversos procedimientos de desnitrificación del gas de combustión (es decir, procedimientos para retirar nitrógeno del gas de combustión antes de que el gas de combustión sea liberado a la atmósfera).

20 Los procedimientos de desnitrificación del gas de combustión se clasifican en los llamados métodos "húmedos", que utilizan técnicas de absorción, y métodos "secos", que por el contrario se basan en técnicas de adsorción, descomposición catalítica y/o reducción catalítica. En el presente, un procedimiento de desnitrificación ampliamente implementado es la reducción catalítica selectiva (SCR), que es un método de desnitrificación "seco" por el que la introducción de un reaccionante (p.ej., NH₃) causa la reducción del NO_x, que, a su vez, se transforma en productos de reacción inocuos, p.ej., nitrógeno y agua. El proceso de reducción en un procedimiento SCR es tipificado por las siguientes reacciones químicas:



30 Pueden usarse catalizadores de oxidación para causar la oxidación del monóxido de carbono (CO) y/o los llamados compuestos orgánicos volátiles (VOCs). Un catalizador de oxidación ilustrativo es un catalizador de oxidación de metal precioso. Los catalizadores de oxidación de CO/VOC pueden funcionar sin reactivo usando oxígeno sin reaccionar en el gas de combustión para convertir el CO en CO₂ según la siguiente reacción:



35 Debido a la tecnología implicada en SCR, hay alguna flexibilidad para decidir dónde situar físicamente el equipo para llevar a cabo el procedimiento SCR. En otras palabras, las reacciones químicas del procedimiento SCR no necesitan ocurrir en una etapa o lugar particular dentro del sistema de combustión global. Los dos sitios de colocación más habituales son en el centro del sistema global (es decir, en el "lado caliente" corriente arriba del calentador de aire), o en el llamado "extremo final" o porción baja en polvo del sistema global (es decir, en el "lado frío" corriente abajo del calentador de aire).

40 Por desgracia, se encuentran problemas significativos en las configuraciones industriales con respecto a las instalaciones SCR tanto de lado caliente como de lado frío. Por ejemplo, los procedimientos SCR de lado caliente no son óptimos para el uso junto con quemadores alimentados por madera. Esto es debido a que la ceniza presente dentro de la madera contiene álcalis, que pueden causar un daño al catalizador debido a envenenamiento durante el procedimiento SCR. Los procedimientos SCR de lado frío evitan esta desventaja, porque la materia en partículas es retirada antes de alcanzar el catalizador, pero se ven afectados por la ineficacia térmica debida a su dependencia de intercambiadores de calor indirectos.

El uso de sistemas SCR en plantas alimentadas por biomasa requiere situar el sistema SCR después del dispositivo de control de partículas para limitar la exposición del catalizador SCR a compuestos dañinos que lleva el gas de combustión, tales como compuestos de metales alcalinos (Na, K, etc.). Para minimizar el daño de estos compuestos,

los sistemas SCR en las plantas alimentadas por biomasa están situados típicamente en el “extremo final” de la planta, donde la temperatura del gas de combustión está en el intervalo de 138°C (280°F) a 193°C (380°F). En este bajo intervalo de temperaturas los sistemas SCR necesitan una aportación de calor desde alguna fuente auxiliar, típicamente desde un(os) quemador(es) alimentado(s) por gas y/o alimentado(s) por aceite, para elevar la temperatura del gas de combustión hasta un intervalo de temperaturas, típicamente 221°C (430°F) a 316°C (600°F) que permita una actividad del catalizador SCR suficiente. Sin embargo, la aportación de calor adicional debe ser recuperada para minimizar el impacto del sistema SCR sobre la eficacia de la planta. Se han usado dos estrategias para un sistema SCR en una planta alimentada por biomasa, descritas a continuación.

Primero, un sistema SCR “de extremo final” convencional usa un dispositivo de aportación de calor auxiliar, tal como quemadores o serpentines de vapor en el conducto del gas de combustión para elevar la temperatura del gas de combustión antes del catalizador SCR. Un intercambiador de calor de recuperación (un recuperador) recupera sólo 60% a 70% de la aportación de calor auxiliar (limitado por los costes exponencialmente crecientes para una recuperación mayor), típicamente transfiriendo calor de la corriente de gas de combustión que sale del SCR a la corriente de gas de combustión antes del dispositivo de aportación de calor auxiliar. Además de su baja recuperación de calor, un sistema SCR “de extremo final” convencional requiere una energía de ventilación adicional significativa, típicamente un ventilador de refuerzo, para vencer la caída de presión a través del catalizador SCR y el intercambiador de calor de recuperación.

Una segunda alternativa es la tecnología SCR regenerativa (RSCR), que integra aportación de calor auxiliar y recuperación de calor (medios térmicos regenerativos) en un sistema SCR modular, compacto, para recuperar más del 95% del calor necesitado para elevar la temperatura del gas de combustión para el catalizador SCR. Se ha probado que la tecnología RSCR es una tecnología de control del NO_x más rentable y eficaz que un sistema SCR “de extremo final” convencional.

El documento WO 96/18453 describe un sistema de control de la polución del aire y recuperación de calor que incluye un primer y un segundo intercambiador de calor. Mediante los intercambiadores de calor, se transfiere calor del gas de combustión al aire de combustión. Los intercambiadores de calor están respectivamente en comunicación fluida con una entrada de gas de combustión y una salida de gas de combustión de un sistema de tratamiento de emisiones. Además, los intercambiadores de calor están en comunicación fluida por medio de un circuito de aire de combustión.

La patente de EE.UU. 4.442.783 muestra un calentamiento por aire temperante sobre combustibles pulverizados de alta humedad que tiene dos conductos independientes. Los conductos pasan a través de un intercambiador de calor. Uno de los conductos tiene una comunicación fluida directa con una caja de viento de un horno, mientras que el otro conducto está conectado a un molino para transportar y secar combustible que tiene un contenido de humedad.

Tales métodos y sistemas convencionales se han considerado generalmente satisfactorios para su fin pretendido. No obstante, hay una creciente necesidad en la técnica de un rendimiento mejorado. Por ejemplo, aunque la tecnología RSCR es superior a una SCR “de extremo final” convencional, requiere aún al menos algo de aportación de calor auxiliar. Sigue habiendo aún una necesidad en la técnica de sistemas y métodos que puedan reducir o eliminar la necesidad de aportación de calor auxiliar. También sigue habiendo una necesidad en la técnica de tales sistemas y métodos que puedan reducir la caída de presión a través de los sistemas de control de la polución. La presente invención proporciona una solución para estos problemas.

Compendio de la invención

La presente invención está dirigida a un nuevo y útil sistema de control de la polución del aire. El sistema incluye un sistema de tratamiento de emisiones configurado para recibir gas de combustión, para reducir al menos un contaminante del mismo para convertir el gas de combustión en gas de combustión tratado en emisiones. Un primer calentador de aire está en comunicación fluida con el sistema de tratamiento de emisiones. El primer calentador de aire incluye un intercambiador de calor que está configurado para calentar aire forzado introducido en el mismo por encima de una temperatura base y enfriar de este modo el gas de combustión tratado en emisiones del sistema de tratamiento de emisiones introducido en el intercambiador de calor del primer calentador de aire hasta una temperatura de descarga en chimenea. Un segundo calentador de aire está en comunicación fluida con el primer calentador de aire para recibir aire forzado calentado del mismo. El segundo calentador de aire incluye un intercambiador de calor configurado para calentar aire forzado introducido en el mismo hasta una temperatura de precalentamiento para la combustión en un hervidor y para enfriar de este modo el gas de combustión introducido desde un hervidor en el intercambiador de calor del segundo calentador de aire hasta una temperatura de tratamiento de emisiones. El segundo calentador de aire está en comunicación fluida con el sistema de tratamiento de emisiones para introducir gas de combustión enfriado en el mismo.

De acuerdo con la invención, se define un primer circuito de aire a través del primer y segundo calentadores de aire para suministrar aire bajo parrilla precalentado a un hervidor, y se define un segundo circuito de aire a través del primer y segundo calentadores de aire para suministrar aire sobre fuego precalentado a un hervidor. El primer circuito de aire incluye un ventilador de corriente forzada en comunicación fluida con el primer calentador de aire para forzar aire a través del primer circuito de aire a un hervidor, y el segundo circuito de aire incluye un ventilador

de aire sobre fuego en comunicación fluida con el primer calentador de aire para forzar aire a través del segundo circuito de aire a un hervidor.

También se contempla que el sistema de tratamiento de emisiones pueda incluir un sistema de reducción catalítica selectivo configurado y adaptado para reducir NO_x del gas de combustión en el sistema de tratamiento de emisiones. El sistema de tratamiento de emisiones puede incluir un precipitador electrostático, un filtro de tela o cualquier otro componente adecuado para reducir la materia en partículas del gas de combustión en el sistema de tratamiento de emisiones. También se contempla que el sistema de tratamiento de emisiones pueda incluir un sistema catalítico de control de CO para oxidar el CO del gas de combustión en el sistema de tratamiento de emisiones, y/o un sistema catalítico de control de VOC para oxidar los VOC del gas de combustión en el sistema de tratamiento de emisiones. El sistema de tratamiento de emisiones puede incluir un reactor catalítico multicontaminante configurado para reducir contaminantes múltiples del gas de combustión en el sistema de tratamiento de emisiones.

De acuerdo con ciertas realizaciones, el primer calentador de aire puede ser configurado y adaptado para enfriar gas de combustión que entra a una temperatura de entrada en un intervalo de aproximadamente 182°C (360°F) a aproximadamente 260°C (500°F) hasta una temperatura de salida en un intervalo de aproximadamente 138°C (280°F) a aproximadamente 177°C (350°F). El primer calentador de aire puede ser configurado para enfriar el gas de combustión hasta una temperatura de aproximadamente 160°C (320°F). El primer calentador de aire puede ser configurado para calentar aire que entra a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 16°C (60°F) a aproximadamente 38°C (100°F), por ejemplo la temperatura ambiente del aire, hasta una temperatura en un intervalo de aproximadamente 121°C (250°F) a aproximadamente 149°C (300°F). Se contempla que el primer calentador de aire puede ser configurado para calentar aire que entra a una temperatura de aproximadamente 21°C (70°F) hasta una temperatura de aproximadamente 132°C (270°F).

Se contempla también que el segundo calentador de aire puede ser configurado para enfriar gas de combustión que entra a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 288°C (550°F) a aproximadamente 343°C (650°F) hasta una temperatura en un intervalo de aproximadamente 182°C (360°F) a aproximadamente 260°C (500°F). El segundo calentador de aire puede ser configurado para enfriar el gas de combustión hasta una temperatura de aproximadamente 232°C (450°F). El segundo calentador de aire puede ser configurado para calentar aire que entra a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 121°C (250°F) a aproximadamente 149°C (300°F) hasta una temperatura en un intervalo de aproximadamente 246°C (475°F) a aproximadamente 288°C (550°F). Por ejemplo, el segundo calentador de aire puede ser configurado para calentar aire que entra a una temperatura de aproximadamente 132°C (270°F) hasta una temperatura de aproximadamente 260°C (500°F).

La invención también proporciona un sistema de control de la polución del aire. El sistema incluye un sistema de tratamiento de emisiones configurado para reducir al menos un contaminante del gas de combustión recibido en el sistema de tratamiento de emisiones a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 182°C (360°F) a aproximadamente 260°C (500°F) y para producir un gas de combustión tratado en emisiones desde el sistema de tratamiento de emisiones a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 182°C (360°F) a aproximadamente 260°C (500°F).

En ciertas realizaciones, el sistema de tratamiento de emisiones incluye un reactor catalítico multicontaminante. El sistema de tratamiento de emisiones puede incluir un sistema de recogida de polvo corriente arriba del reactor catalítico multicontaminante. El sistema de recogida de polvo está configurado y adaptado para reducir el polvo del gas de combustión que fluye hacia el reactor catalítico multicontaminante. El reactor catalítico multicontaminante puede incluir un catalizador de reducción de NO_x corriente arriba de un catalizador de oxidación de CO. El sistema de tratamiento de emisiones puede incluir un componente corriente arriba del reactor catalítico multicontaminante para reducir la materia en partículas del gas de combustión que fluye hacia el reactor catalítico multicontaminante, en donde el componente es un precipitador electrostático, un filtro de tela o cualquier otro componente adecuado. El sistema de tratamiento de emisiones puede incluir un sistema de inyección configurado para inyectar un agente reductor tal como amoníaco en el gas de combustión que fluye a través del sistema de tratamiento de emisiones para la reducción de NO_x en el reactor catalítico multicontaminante.

Se contempla también que puede usarse un primer calentador además de o en lugar del primer calentador de aire. El primer calentador incluye un intercambiador de calor configurado para calentar un fluido forzado introducido en el mismo por encima de una temperatura base y enfriar de este modo gas de combustión tratado en emisiones del sistema de tratamiento de emisiones introducido en el intercambiador de calor del primer calentador hasta una temperatura de descarga en chimenea. El intercambiador de calor del primer calentador puede ser configurado para intercambiar calor entre agua y el gas de combustión tratado en emisiones.

La invención también proporciona un método para tratar gas de combustión para reducir la polución del aire. El método incluye las etapas de introducir aire en un intercambiador de calor de un primer calentador de aire, en donde el intercambiador de calor del primer calentador de aire está configurado para transferir calor entre el gas de combustión y el aire, y calentar el aire introducido en el intercambiador de calor del primer calentador de aire enfriando el gas de combustión tratado en emisiones introducido en el intercambiador de calor del primer calentador de aire. El método también incluye introducir aire del intercambiador de calor del primer calentador de aire en un

intercambiador de calor de un segundo calentador de aire, en donde el intercambiador de calor del segundo calentador de aire está configurado para transferir calor entre el gas de combustión y el aire, y calentar el aire introducido en el intercambiador de calor del segundo calentador de aire enfriando el gas de combustión de un hervidor introducido en el intercambiador de calor del segundo calentador de aire. El método incluye las etapas de introducir gas de combustión enfriado desde el intercambiador de calor del segundo calentador de aire en un sistema de tratamiento de emisiones y reducir al menos un contaminante del gas de combustión introducido en el sistema de tratamiento de emisiones desde el segundo calentador de aire. El método también incluye introducir gas de combustión tratado en emisiones desde el sistema de tratamiento de emisiones en el intercambiador de calor del primer calentador de aire, y descargar el gas de combustión tratado en emisiones enfriado desde el intercambiador de calor del primer calentador de aire.

En ciertas realizaciones, las etapas de introducir aire, calentar aire, introducir gas de combustión enfriado, reducir al menos un contaminante, introducir gas de combustión tratado en emisiones y descargar gas de combustión tratado en emisiones enfriado se realizan todas de manera continua. El método puede incluir además las etapas de introducir aire calentado desde el intercambiador de calor del segundo calentador de aire en un hervidor para combustión, e introducir gas de combustión del hervidor en el intercambiador de calor del segundo calentador de aire.

La etapa de introducir aire en el intercambiador de calor del primer calentador de aire incluye introducir aire desde un primer ventilador en un primer circuito de aire e introducir aire desde un segundo ventilador en un segundo circuito de aire. La etapa de calentar el aire introducido en el primer calentador de aire incluye calentar el aire en el primer y segundo circuitos de aire por separado. La etapa de introducir aire en el intercambiador de calor del segundo calentador de aire incluye introducir el aire desde el primer y segundo circuitos de aire por separado. La etapa de calentar el aire introducido en el segundo calentador de aire incluye calentar el aire en el primer y segundo circuitos de aire por separado. El método incluye además una etapa de introducir aire en el primer y segundo circuitos de aire por separado desde el segundo intercambiador de calor a un hervidor.

De acuerdo con ciertas realizaciones, el método incluye además reducir el contenido de polvo del gas de combustión en el sistema de tratamiento de emisiones. Puede incluirse una etapa para reducir el contenido de materia en partículas del gas de combustión que pasa a través del sistema de tratamiento de emisiones, en donde la etapa de reducir el contenido de materia en partículas incluye hacer pasar el gas de combustión a través de un componente para reducir la materia en partículas del gas de combustión en el sistema de tratamiento de emisiones seleccionado del grupo que consiste en un precipitador electrostático, un filtro de tela o cualquier otro componente adecuado.

El método puede incluir reducir NO_x del gas de combustión que pasa a través del sistema de tratamiento de emisiones, en donde la etapa de reducir NO_x incluye hacer pasar el gas de combustión a través de un sistema de reducción catalítica selectiva. Puede incluirse una etapa para oxidar CO del gas de combustión que pasa a través del sistema de tratamiento de emisiones, en donde la etapa de oxidar CO incluye hacer pasar el gas de combustión a través de un sistema catalítico de control de CO. También se contempla que puede incluirse una etapa para oxidar VOC del gas de combustión que pasa a través del sistema de tratamiento de emisiones, en donde la etapa de oxidar VOC incluye hacer pasar el gas de combustión a través de un sistema catalítico de control de VOC. El método puede incluir reducir contaminantes múltiples del gas de combustión que pasa a través del sistema de tratamiento de emisiones, en donde la etapa de reducir contaminantes múltiples incluye hacer pasar el gas de combustión a través de un reactor catalítico multicontaminante.

Se contempla que la etapa de calentar aire introducido en el primer calentador de aire puede incluir enfriar gas de combustión que entra en el intercambiador de calor del primer calentador de aire a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 182°C (360°F) a aproximadamente 260°C (500°F) hasta una temperatura en un intervalo de aproximadamente 138°C (280°F) a aproximadamente 149°C (350°F). La etapa de enfriar el gas de combustión que entra en el intercambiador de calor del primer calentador de aire puede incluir enfriar el gas de combustión hasta una temperatura de aproximadamente 160°C (320°F). La etapa de calentar el aire introducido en el primer calentador de aire puede incluir calentar el aire que entra en el intercambiador de calor del primer calentador de aire a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 16°C (60°F) a aproximadamente 38°C (100°F) hasta una temperatura en un intervalo de aproximadamente 121°C (250°F) a aproximadamente 149°C (300°F). Por ejemplo, la etapa de calentar el aire introducido en el primer calentador de aire puede incluir calentar el aire que entra en el intercambiador de calor del primer calentador de aire a una temperatura de aproximadamente 21°C (70°F) hasta una temperatura de aproximadamente 1322°C (270°F).

La etapa de calentar el aire introducido en el segundo calentador de aire puede incluir enfriar el gas de combustión que entra en el intercambiador de calor del segundo calentador de aire a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 288°C (550°F) a aproximadamente 343°C (650°F), por ejemplo aproximadamente 316°C (600°F), hasta una temperatura en un intervalo de aproximadamente 182°C (360°F) a aproximadamente 260°C (500°F). La etapa de enfriar el gas de combustión que entra en el intercambiador de calor del segundo calentador de aire puede incluir enfriar el gas de combustión hasta una temperatura de aproximadamente 232°C (450°F). La etapa de calentar el aire introducido en el segundo calentador de aire puede incluir calentar el aire que entra en el intercambiador de calor del segundo calentador de aire a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 121°C (250°F) a aproximadamente 149°C (300°F) hasta una temperatura en un intervalo de aproximadamente 246°C (475°F) a

aproximadamente 288°C (550°F). Por ejemplo, la etapa de calentar el aire introducido en el segundo calentador de aire puede incluir calentar el aire que entra en el intercambiador de calor del segundo calentador de aire a una temperatura de aproximadamente 132°C (270°F) hasta una temperatura de aproximadamente 260°C (500°F).

De acuerdo con ciertas realizaciones, la etapa de reducir al menos un contaminante incluye introducir el gas de combustión en el sistema de tratamiento de emisiones a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 182°C (360°F) a aproximadamente 260°C (500°F) y descargar el gas de combustión tratado en emisiones del sistema de tratamiento de emisiones a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 182°C (360°F) a aproximadamente 260°C (500°F), en donde el sistema de tratamiento de emisiones incluye un reactor catalítico multicontaminante configurado para reducir contaminantes múltiples del gas de combustión en el sistema de tratamiento de emisiones. La etapa de reducir al menos un contaminante puede incluir reducir NO_x y oxidar CO de un flujo de gas de combustión que entra en el reactor catalítico multicontaminante a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 182°C (360°F) a aproximadamente 260°C (500°F). La etapa de reducir al menos un contaminante puede incluir reducir NO_x y oxidar CO de un flujo de gas de combustión que entra en el reactor catalítico multicontaminante a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 204°C (400°F) a aproximadamente 232°C (450°F).

Estas y otras características de los sistemas y métodos de la presente invención se harán más fácilmente evidentes para los expertos en la técnica a partir de la siguiente descripción detallada de las realizaciones preferidas, tomada junto con los dibujos.

Breve descripción de los dibujos

Para que los expertos en la técnica a la que pertenece la presente invención entiendan fácilmente cómo preparar y usar los dispositivos y métodos de la presente invención sin experimentación indebida, las realizaciones preferidas de la misma se describirán en detalle en la presente memoria a continuación con referencia a ciertas figuras, en donde:

La Fig. 1 es una vista esquemática de una realización ilustrativa de un sistema de control de la polución del aire construido de acuerdo con la presente invención, que muestra los circuitos de aire sobre fuego y bajo parrilla y el circuito del gas de combustión a través de los intercambiadores de calor y el sistema de tratamiento de emisiones; y

La Fig. 2 es una vista esquemática de una realización ilustrativa de un reactor catalítico multicontaminante construido de acuerdo con la presente invención, que muestra lechos de catalizador para reducir contaminantes múltiples del gas de combustión.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Se hará referencia ahora a los dibujos, en donde los números de referencia similares identifican características o aspectos estructurales similares de la presente invención. Para fines de explicación e ilustración, y no limitación, se muestra en la Fig. 1 una vista parcial de una realización ilustrativa del sistema de control de la polución del aire de acuerdo con la invención, y se designa generalmente mediante el carácter de referencia 100. Se proporcionan en la Fig. 2 otras realizaciones de sistemas de control de la polución del aire de acuerdo con la invención, o aspectos de la misma, como se describirá. Los sistemas y métodos de la invención pueden usarse para reducir la polución del aire y aumentar la eficacia térmica para plantas de energía y/o calor alimentadas por combustibles de biomasa y/o otros combustibles, por ejemplo.

Haciendo referencia ahora a la Fig. 1, el sistema 100 incluye un hervidor 102, que puede ser un fogón tal como un Riley Advanced Stoker TM, disponible en Riley Power Inc. de Worcester, Massachusetts, por ejemplo. El hervidor podría ser por el contrario un hervidor de lecho fluidizado, un hervidor de lecho fluidizado burbujeante, un hervidor de gasificación o cualquier otro tipo adecuado de hervidor. Un sistema 101 de tratamiento de emisiones recibe gas de combustión enfriado del hervidor 102 y reduce al menos un contaminante del mismo para convertir el gas de combustión enfriado en gas de combustión tratado en emisiones. Los componentes individuales del sistema 101 de tratamiento de emisiones se discutirán en mayor detalle a continuación.

Un primer calentador 110 de aire está en comunicación fluida con el sistema 101 de tratamiento de emisiones. El primer calentador 110 de aire incluye un intercambiador de calor que calienta aire forzado introducido por el ventilador 126 de corriente forzada y el ventilador 124 de aire sobre fuego desde una temperatura relativamente baja, p.ej., la temperatura ambiente del aire, hasta una temperatura elevada. El aire introducido por los ventiladores 124 y 126 tiene típicamente una temperatura en un intervalo de aproximadamente 16°C (60°F) a aproximadamente 38°C (100°F), p.ej., la temperatura ambiente en muchas aplicaciones, y este aire es calentado típicamente hasta una temperatura en un intervalo de entre aproximadamente 121°C (250°F) y aproximadamente 149°C (300°F). El beneficio de un ventilador frío es un consumo de energía más bajo en comparación con la configuración convencional. Por ejemplo, el aire introducido por los ventiladores 124 y 126 puede tener una temperatura alrededor de 21°C (70°F), y este aire puede ser calentado en el intercambiador de calor del primer calentador 110 de aire hasta una temperatura de alrededor de 132°C (270°F). El calor para este proceso es proporcionado por el gas de combustión tratado en emisiones recibido por el primer calentador 110 de aire desde el sistema 101 de tratamiento de emisiones. El intercambiador de calor del primer calentador 110 de aire enfría de este modo el gas de combustión

tratado en emisiones del sistema 101 de tratamiento de emisiones hasta una temperatura de descarga en chimenea. Por ejemplo, el gas de combustión tratado en emisiones puede ser introducido desde el sistema 101 de tratamiento de emisiones en el primer calentador 110 de aire a una temperatura en el intervalo de aproximadamente 182°C (360°F) a aproximadamente 260°C (500°F). El intercambiador de calor del primer calentador 110 de aire puede enfriar el gas de combustión tratado en emisiones hasta una temperatura lo suficientemente fría para la descarga desde la chimenea 128, por ejemplo, hasta una temperatura en el intervalo de aproximadamente 138°C (280°F) a aproximadamente 177°C (350°F), tal como aproximadamente 160°C (320°F). En la Fig. 1, el flujo de gas de combustión tratado en emisiones a través de y fuera del primer calentador 110 de aire se representa esquemáticamente mediante las flechas grandes, y el flujo de aire desde los ventiladores 124 y 126 hacia y fuera del primer calentador 110 de aire se representa mediante las flechas estrechas.

Los ventiladores 124 y 126 están dimensionados ventajosamente para proporcionar suficiente capacidad de manejo de la caída de presión para mover los flujos de aire necesitados a través de los dos calentadores 110 y 112 de aire hacia los puntos de uso para los flujos de aire calentados. Típicamente, el ventilador 124 de aire sobre fuego puede tener más que dos veces la capacidad de manejo de la caída de presión del ventilador 126 de corriente forzada, y la cantidad de flujo de aire es aproximadamente la misma a través de ambos ventiladores 124 y 126. A diferencia de un hervidor convencional, ambos de los ventiladores 124 y 126 que mueven aire extraen aire a temperatura ambiente, típicamente aire de exteriores, y lo empujan a través de cada uno de los calentadores 110 y 112 de aire. En comparación con un hervidor convencional, en el que un ventilador de corriente forzada empuja típicamente todo el flujo de aire a través de una unidad calentadora de aire convencional (suficiente flujo de aire para los requerimientos del aire bajo parrilla y el aire sobre fuego) y el ventilador de aire sobre fuego aumenta la presión de una porción del aire calentado desde la unidad calentadora de aire convencional, los ventiladores 124 y 126 que mueven aire en el diseño de calentadores de aire divididos tienen requerimientos de energía menores, lo que reduce los costes de operación de la planta, y, particularmente para el ventilador 126 de corriente forzada.

Un segundo calentador 112 de aire está en comunicación fluida con el primer calentador 110 de aire para recibir aire forzado calentado desde el mismo. El segundo calentador 112 de aire incluye un intercambiador de calor configurado para calentar aire forzado introducido en el mismo hasta una temperatura de precalentamiento para la combustión en un hervidor 102 y para enfriar de este modo el gas de combustión introducido desde el hervidor 102, desde el economizador(es) del hervidor, por ejemplo, hacia el intercambiador de calor del segundo calentador 112 de aire hasta una temperatura de tratamiento de emisiones. El segundo calentador 112 de aire está en comunicación fluida con el sistema 101 de tratamiento de emisiones para introducir gas de combustión enfriado en el mismo. En la Fig. 1, el flujo de gas de combustión hacia y fuera del segundo calentador 112 de aire se representa esquemáticamente mediante las flechas anchas, y el flujo de aire forzado hacia y fuera del segundo calentador 112 de aire se representa mediante las flechas estrechas. Las cantidades de calor transferido a las corrientes de aire en el primer calentador 110 de aire y segundo calentador 112 de aire son similares a la cantidad de calor transferido en un calentador de aire convencional.

El gas de combustión puede ser introducido desde el hervidor 102 en el segundo calentador 112 de aire a una temperatura en el intervalo de aproximadamente 288°C (550°F) a aproximadamente 343°C (650°F), y puede enfriar el gas de combustión hasta una temperatura en el intervalo de aproximadamente 182°C (360°F) a aproximadamente 260°C (500°F). Por ejemplo, el segundo calentador 112 de aire puede enfriar el gas de combustión que entra desde el hervidor 102, a una temperatura de aproximadamente 316°C (600°F) hasta una temperatura de salida de aproximadamente 232°C (450°F). Aproximadamente 182°C (360°F) a aproximadamente 260°C (500°F) es un intervalo de temperatura adecuado para la introducción en el sistema 101 de tratamiento de emisiones. Con respecto al aire forzado, el segundo calentador de aire 112 puede calentar aire que entra a una temperatura en el intervalo de aproximadamente 121°C (250°F) a aproximadamente 149°C (300°F) hasta una temperatura de salida en el intervalo de aproximadamente 246°C (475°F) a aproximadamente 288°C (550°F). Por ejemplo, el segundo calentador 112 de aire puede calentar aire que entra a una temperatura de aproximadamente 132°C (270°F) hasta una temperatura de aproximadamente 260°C (500°F). Por tanto, el aire forzado que pasa a través de ambos calentadores 110 y 112 de aire es precalentado significativamente antes de alcanzar el hervidor 102, lo que potencia la eficacia térmica.

Con referencia continuada a la Fig. 1, el sistema 100 mantiene dos circuitos de aire forzado independientes. Está definido un primer circuito 106 de aire a través del primer y segundo calentadores 110 y 112 de aire para suministrar aire bajo parrilla precalentado a un hervidor 102. Está definido un segundo circuito 104 de aire a través del primer y segundo calentadores 110 y 112 de aire para suministrar aire sobre fuego precalentado al hervidor 102. El primer circuito 106 de aire incluye el ventilador 126 de corriente forzada en comunicación fluida con el primer calentador 110 de aire para forzar aire a través del primer circuito 106 de aire al hervidor 102. El segundo circuito 104 de aire incluye el ventilador 124 de aire sobre fuego en comunicación fluida con el primer calentador 110 de aire para forzar aire a través del segundo circuito 104 de aire al hervidor 102.

La corriente de gas de combustión sale del segundo calentador 112 de aire en el intervalo de temperaturas de aproximadamente 182°C (360°F) a aproximadamente 260°C (500°F), con lo que hay suficiente actividad catalítica en el sistema SCR para la reducción de NO_x y, si fuera necesario, la oxidación de CO y/o VOC. En un sistema con un calentador de aire convencional, un intervalo tan alto de temperatura de salida de gas de combustión indicaría una baja eficacia de la planta, porque típicamente no hay medios eficaces para recuperar el calor útil remanente a la

planta. La configuración del primer calentador 110 de aire en el diseño de calentadores de aire divididos recupera eficazmente y económicamente el calor útil remanente del gas de combustión.

Con referencia continuada a la Fig. 1, el sistema 101 de tratamiento de emisiones incluye un sistema 114 de recogida de polvo, un ventilador 116 de corriente inducida, un precipitador 118 electroestático, un sistema 122 de inyección de amoníaco, y un sistema 120 de reducción catalítica multicontaminante (MPCR). El sistema 114 de recogida de polvo está situado corriente arriba de los otros componentes del sistema 101 de tratamiento de emisiones a fin de reducir el polvo del gas de combustión antes de entrar en el resto del sistema 101 de tratamiento de emisiones, donde el polvo sería de lo contrario problemático. El sistema 114 de recogida de polvo puede incluir un colector mecánico usado para recibir la corriente del gas de combustión desde el segundo calentador 112 de aire y retirar una porción de la materia en partículas en la corriente del gas de combustión, típicamente la fracción más basta de la materia en partículas, y para descargar la corriente del gas de combustión con una concentración más baja de materia en partículas, pero más finas, hacia el ventilador 116 de corriente inducida de la planta.

El ventilador 116 de corriente inducida mueve la corriente del gas de combustión a través de los componentes del sistema y la red de conductos de conexión – extrayendo gas de combustión del hervidor 102 a través del (de los) economizador (es), a través del segundo calentador 112 de aire, y a través del sistema 114 de recogida de polvo, y empujando el gas de combustión a través del precipitador 118 electroestático, el MPCR 120 (que incluye catalizador de CO si está presente), y el primer calentador 110 de aire. En comparación con una planta con un RSCR o un sistema SCR “de extremo final” convencional, la configuración de calentadores de aire divididos y sistema SCR del sistema 100 elimina la necesidad de un ventilador de refuerzo en la corriente del gas de combustión, y requiere menos energía global de ventilador para mover el gas de combustión. Si bien el gas de combustión entra en el ventilador 116 de corriente inducida a una temperatura más alta que en una planta convencional, lo que requiere más energía de ventilador en una base igual, debido a la menor caída de presión a través del camino del gas de combustión, particularmente en la porción SCR de la configuración, hay una reducción global en la energía de ventilación del gas de combustión requerida. La ubicación del ventilador 116 de corriente inducida, ya sea corriente arriba o corriente abajo del precipitador 118 electroestático, no es crítica, aunque es ventajoso que el ventilador 116 de corriente inducida esté corriente arriba para mantener la presión positiva para el precipitador 118 electroestático. Los expertos en la técnica apreciarán fácilmente que el sistema 114 de recogida de polvo y el ventilador 116 de corriente inducida pueden incluir cualesquiera componentes típicos para su fin respectivo, y pueden ser retirados o sustituidos por cualesquiera otros sistemas adecuados para una aplicación dada.

El precipitador 118 electroestático reduce la materia en partículas del gas de combustión antes de que el gas de combustión entre en el gas MPCR 120 hasta una concentración de materia en partículas muy baja. Por ejemplo, el precipitador 118 electroestático puede usarse para controlar las emisiones de materia en partículas hasta niveles de alrededor de 4,29-5,16 g/MJ (0,010-0,012 lb/MBtu). Aunque la temperatura del gas de combustión que fluye a través del precipitador 118 electroestático es más alta que en una planta convencional e indicaría un volumen más grande del precipitador electroestático para admitir el flujo de gas de combustión volumétrico más alto, la cantidad de aumento de volumen del precipitador electroestático, si alguno, y el coste del equipo asociado es relativamente pequeña. Los expertos en la técnica apreciarán fácilmente que en lugar de, o además del precipitador 118 electroestático, puede usarse un filtro de tela o cualquier otro componente adecuado para reducir la materia en partículas del gas de combustión en el sistema de tratamiento de emisiones.

El sistema 101 de tratamiento de emisiones recibe gas de combustión desde el segundo calentador 112 de aire a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 182°C (360°F) a aproximadamente 260°C (500°F), por ejemplo, que es un intervalo de temperaturas adecuado para los sistemas típicos de recogida de polvo, ventilación de corriente inducida, reducción de partículas y reducción catalítica. El sistema 101 de tratamiento de emisiones produce gas de combustión tratado en emisiones hacia el primer calentador 110 de aire a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 182°C (360°F) a aproximadamente 260°C (500°F), por ejemplo, que es lo suficientemente caliente para incluir aún calor significativo que puede ser recuperado en el primer calentador 110 de aire, como se describe anteriormente.

En la red de conductos que conecta la salida del precipitador 118 electrostático a la entrada del sistema SCR, está provisto un sistema 122 de inyección de amoníaco que incluye una o más boquillas de inyección de amoníaco para asegurar que se añade la cantidad apropiada de amoníaco al gas de combustión para conseguir el nivel deseado de reducción de NO_x con el catalizador de NO_x en el MPCR 120 a la vez que se minimiza o reduce la cantidad de amoníaco que se escapa, sin reaccionar, a través del MPCR 120. Como es típico en un sistema RSCR, el amoníaco se inyecta como gotitas muy pequeñas de amoníaco acuoso producidas por una o más boquillas de atomización posicionadas en la red de conductos y configuradas para asegurar que el amoníaco acuoso es vaporizado y mezclado bien con la corriente del gas de combustión.

Haciendo referencia ahora a la Fig. 2, se muestra el MPCR 120 en mayor detalle. El MPCR 120 incluye una cámara 130 que contiene el lecho 132 catalítico para la reducción catalítica selectiva de NO_x y un lecho 134 catalítico para la oxidación de CO, que también puede usarse para oxidar VOC. El lecho 132 catalítico para la reducción de NO_x está situado corriente arriba del lecho 134 catalítico para la oxidación de CO/VOC. Esto permite usar primero el amoníaco inyectado corriente arriba del MPCR 120 (véase, p.ej., el sistema 122 de inyección de amoníaco en la Fig. 1) para la reducción de NO_x, y el amoníaco restante puede ser oxidado junto con CO/VOC antes de ser enviado a la chimenea

128, reduciendo de este modo la cantidad de amoníaco que se escapa del sistema 100.

Con referencia continuada a la Fig. 2, el gas de combustión entra en el MPCR 120 como indica la flecha etiquetada como "Desde el sistema hervidor" y el gas de combustión tratado es descargado del MPCR 120 como indica la flecha etiquetada como "Hacia la chimenea". Aunque el MPCR 120 se muestra incluyendo lechos de catalizador tanto para NO_x como CO/VOC, los expertos en la técnica apreciarán fácilmente que pueden omitirse el uno o el otro, y que pueden sustituirse por cualquier otro tipo adecuado de lecho de catalizador sin apartarse del espíritu y alcance de la invención. Aunque la Fig. 2 muestra sólo una cámara 130, los expertos en la técnica apreciarán fácilmente que puede usarse cualquier número, tamaño y esquema de válvulas para las cámaras en aplicaciones específicas sin apartarse del espíritu y alcance de la invención. Por ejemplo, podrían usarse cámaras 130 múltiples en paralelo si fuera apropiado para una aplicación dada.

El MPCR 120 recibe el gas de combustión, bajo en concentración de materia en partículas, desde el precipitador 118 electrostático, hace pasar el gas de combustión, con su cantidad de amoníaco bien mezclada y apropiada, sobre una cantidad suficiente de catalizador SCR, y si fuera necesario, hace pasar el gas de combustión, con poco escape de amoníaco, sobre una cantidad suficiente de catalizador de metal precioso para oxidar una porción del monóxido de carbono (CO) en la corriente del gas de combustión, y descarga la corriente del gas de combustión, todavía a una temperatura relativamente alta, a la entrada de gas de combustión del primer calentador 110 de aire. También es posible que el MPCR 120 incluya un intercambiador de calor que transfiera eficazmente el calor útil en el gas de combustión a alta temperatura en el sistema SCR a una corriente de agua de alimentación de la planta u otra corriente líquida. Esto recupera la energía del gas de combustión para el agua de alimentación, manteniendo así la eficacia del sistema 100, y puede usarse típicamente en lugar de un primer calentador de aire tal como el primer calentador 110 de aire, pero también puede usarse además de un primer calentador de aire, dependiendo de la aplicación específica.

El catalizador de oxidación de CO del MPCR 120 utiliza metales preciosos tales como platino y paladio. Cuanto más alta es la temperatura del gas de combustión que encuentra el catalizador, más baja es la concentración del metal precioso que se requiere. Hay un compromiso entre temperaturas de operación más altas y costes de catalizador más bajos. Un análisis ha mostrado que cuanto más baja es la temperatura de operación para el MPCR 120, más bajo es el coste de equipos global. Hay ciertos umbrales que deben ser superados para que los catalizadores operen juntos y produzcan altas eficacias de retirada. El sistema 100 incorpora este desarrollo para producir un hervidor y sistema 101 de control de emisiones totalmente integrados para combustibles de biomasa o cualesquiera otros combustibles adecuados.

Se creía previamente que temperaturas tan bajas como aproximadamente 182°C (360°F) eran demasiado bajas para una reducción SCR de NO_x y una oxidación catalítica de CO/VOC eficaces. Sin embargo, se descubrió, junto con la presente invención, que temperaturas tan bajas como aproximadamente 182°C (360°F) pueden ser eficaces, dadas las condiciones apropiadas. Una clave para el alto rendimiento del sistema 100 es un gas de combustión que está bien mezclado con amoníaco para el SCR, una distribución uniforme del gas de combustión en los lechos de catalizador, y una temperatura suficiente para que ocurra eficazmente la reacción. Otra clave para el sistema 100 es primero el entendimiento de la correcta ventana de temperaturas de operación para el reactor catalítico, y hacer concordar después los otros componentes con este punto de operación. El sistema 100 puede permitir la máxima recuperación de energía del gas de combustión, a la vez que permite que el reactor catalítico opere a la temperatura correcta.

Con referencia de nuevo a la Fig. 1, lo que sigue es una descripción de un método para tratar gas de combustión para reducir la polución del aire de acuerdo con la presente invención. El método incluye introducir aire en el intercambiador de calor del primer calentador 110 de aire por medio del ventilador 126 de corriente forzada y el ventilador 124 de aire sobre fuego. El intercambiador de calor del primer calentador 110 de aire transfiere calor entre el gas de combustión y el aire, como se describió anteriormente. El aire introducido en el intercambiador de calor del primer calentador 110 de aire es calentado por el gas de combustión tratado en emisiones introducido en el intercambiador de calor del primer calentador 110 de aire.

El aire del intercambiador de calor del primer calentador 110 de aire es introducido en el intercambiador de calor del segundo calentador 112 de aire, que mantiene circuitos 104 y 106 de aire independientes para aire sobre fuego y aire bajo parrilla, respectivamente, para introducir aire en un colector de aire sobre fuego y un colector de aire bajo parrilla del hervidor 102, por ejemplo. El intercambiador de calor del segundo calentador 112 de aire transfiere calor entre el gas de combustión y el aire en los circuitos 104 y 106, calentando el aire y enfriando el gas de combustión del hervidor 102, a la vez que se mantienen los circuitos de aire independientes como se describió anteriormente. El aire es precalentado así por ambos calentadores 110 y 112 de aire antes de su introducción en el hervidor 102. Se introduce aire sobre fuego desde el segundo circuito 104 de aire en el hervidor 102 sobre fuego, y se introduce aire bajo parrilla desde el primer circuito 106 de aire bajo parrilla. Dado que se mantienen circuitos de aire independientes para el aire bajo parrilla y aire sobre fuego, los caudales para cada circuito pueden ser controlados independientemente uno del otro según se necesite.

Se introduce el combustible 108 en el hervidor 102 junto con el aire de los circuitos 104 y/o 106 para la combustión. Los productos de combustión calentados pueden usarse para la producción de energía por cualesquiera medios

adecuados, tales como tubos de hervidor en un circuito de vapor. Los productos de combustión abandonan el hervidor 102 como gas de combustión, que es introducido en el intercambiador de calor del segundo calentador 112 de aire, donde el gas de combustión es enfriado, a la vez que se calienta el aire entrante como se describió anteriormente, lo que proporciona una primera etapa de recuperación de calor del gas de combustión. El gas de combustión es enfriado lo suficientemente en el segundo calentador 112 de aire para que el gas de combustión pueda ser introducido de manera segura en el sistema 101 de tratamiento de emisiones para reducir al menos un contaminante del gas de combustión, como ya se describió anteriormente; sin embargo, el gas de combustión no es enfriado completamente. Por el contrario, se deja que quede algo de calor para uso en el procedimiento SCR. Después de pasar a través de los componentes del sistema 101 de tratamiento de emisiones, el gas de combustión tratado en emisiones es introducido en el intercambiador de calor del primer calentador 110 de aire, donde se recupera una segunda etapa de calor del gas de combustión según calienta éste el aire entrante, como se describió anteriormente. El gas de combustión tratado en emisiones enfriado es descargado desde el intercambiador de calor del primer calentador 110 de aire para ser liberado a través de la chimenea 128.

El calentador de aire dividido y el método descrito anteriormente y mostrado en la Fig. 1 permiten la reducción catalítica de contaminantes múltiples, a la vez que permite también una eficacia térmica potenciada por medio de precalentar aire y recuperar calor del gas de combustión. Las etapas descritas anteriormente pueden realizarse todas de manera continua, con un flujo a través del sistema 100 en una sola dirección sin necesidad de invertir el flujo a través de medios de recuperación de calor como en los sistemas conocidos previamente, simplificando la operación y el mantenimiento y reduciendo los requerimientos de energía de ventilación, la caída de presión en los componentes de SCR, y el coste de capital.

Los expertos en la técnica apreciarán fácilmente que las temperaturas proporcionadas en la presente memoria se dan como ejemplos no limitantes, y que en la práctica las diversas temperaturas del sistema pueden variar con el combustible y la aplicación. Pueden usarse cualesquiera temperaturas de sistema adecuadas sin apartarse del espíritu y alcance de la invención. El control de la temperatura puede conseguirse desviando parcialmente o completamente el primer y/o segundo calentadores 110 y 112 de aire según se necesite para mantener temperaturas aceptables en el sistema 101 de tratamiento de emisiones.

Los expertos en la técnica apreciarán fácilmente que la configuración y los métodos descritos anteriormente permiten la reducción catalítica selectiva de NO_x y otros contaminantes sin requerir una aportación de calor auxiliar. Sin embargo, si la temperatura de entrada para el sistema 101 de tratamiento de emisiones es lo suficientemente baja para permitir una operación apropiada de componentes tales como el sistema 114 de recogida de polvo, el ventilador 116 de corriente inducida y/o el precipitador 118 electrostático, pero demasiado baja para el MPCR 120, es posible añadir algo de calor al gas de combustión antes de entrar en el MPCR 120 después de salir de los otros componentes. El calor añadido en este punto puede ser recuperado en gran parte o enteramente en el primer calentador 110 de aire. Esto puede permitir una flexibilidad para aplicaciones particulares en las que diversos componentes específicos que tengan diferentes requerimientos de temperatura estén incluidos en el sistema 101 de tratamiento de emisiones.

Los sistemas y métodos descritos anteriormente emplean un nuevo calentador de aire, que es una configuración de calentadores de aire divididos que incluye el primer y segundo calentadores 110 y 112 de aire. La configuración de calentadores de aire divididos separa el calentador de aire en dos unidades calentadoras de aire, cada una de las cuales maneja una porción de la función de transferencia de calor global de una unidad calentadora de aire convencional. Cada uno de los calentadores 110 y 112 de aire está configurado para distribuir una cantidad deseada de la transferencia de calor desde la corriente del gas de combustión hacia las corrientes de aire destinadas para los colectores de aire bajo parrilla o los colectores de aire sobre fuego descritos anteriormente. Esta configuración de calentadores de aire divididos permite la eliminación de una entrada de calor auxiliar al sistema SCR, y reduce la caída de presión a través del sistema SCR. Aunque el sistema 100 se ha descrito anteriormente con dos circuitos 104 y 106 independientes, por ejemplo, los expertos en la técnica apreciarán fácilmente que se puede usar un único circuito de aire, o cualquier otro número adecuado de circuitos de aire para una aplicación específica, no siendo cubierto por el alcance de la presente invención.

El sistema 100 usa ventiladores de aire sobre fuego y corriente forzada (aire bajo parrilla) que extraen aire a temperatura ambiente y precalientan el aire por medio de circuitos de gas independientes hacia intercambiadores de calor de aire. La configuración de calentadores de aire divididos precalienta las corrientes de aire sobre fuego y aire bajo parrilla en zonas independientes de gas común hacia intercambiadores de calor de aire. Esto da como resultado un intercambio de calor más eficaz. El sistema 100 es también más rentable que los sistemas conocidos previamente, al menos en parte, porque el sistema 100 elimina la caída de presión a través de los medios térmicos regenerativos típicos en los sistemas conocidos previamente, tal como en los sistemas RSCR.

Los dispositivos y métodos descritos anteriormente proporcionan numerosas ventajas sobre los sistemas RSCR típicos, y sobre sistemas SCR "de extremo final", que incluyen menor tasa de calor neto de planta, eficacia del hervidor mejorada, costes de capital reducidos, reducción de NO_x y/o oxidación de CO/VOC simultáneas, mayor reducción de NO_x , escape de amoníaco muy bajo, típicamente > 50% de oxidación de CO, componentes de sistema modulares, y flexibilidad en diseño de planta para admitir restricciones de sitio, por citar algunos ejemplos. Las ventajas del sistema 100, cuando se usa junto con una unidad de fogón en comparación con otras unidades de

fogón o con hervidores de lecho burbujeante/fluidizado, incluyen menor tasa de calor, muy bajas emisiones de materia en partículas, NO_x, escape de NH₃, HCl y CO, alta eficacia en utilización de combustible, flexibilidad de combustible, disponibilidad más alta, y coste comparativamente bajo.

Un sistema de control de la polución del aire de un primer aspecto que comprende:

- 5 un sistema de tratamiento de emisiones configurado para recibir gas de combustión, para reducir al menos un contaminante del mismo para convertir el gas de combustión en gas de combustión tratado en emisiones;

un primer calentador de aire en comunicación fluida con el sistema de tratamiento de emisiones y que incluye un intercambiador de calor configurado para calentar aire forzado introducido en el mismo por encima de una temperatura base y para enfriar de este modo el gas de combustión tratado en emisiones del sistema de tratamiento de emisiones introducido en el intercambiador de calor del primer calentador de aire hasta una temperatura de descarga en chimenea; y

10 un segundo calentador de aire en comunicación fluida con el primer calentador de aire para recibir aire forzado calentado desde el mismo, incluyendo el segundo calentador de aire un intercambiador de calor configurado para calentar aire forzado introducido en el mismo hasta una temperatura de precalentamiento para la combustión en un hervidor y para enfriar de este modo el gas de combustión introducido desde un hervidor en el intercambiador de calor del segundo calentador de aire hasta una temperatura de tratamiento de emisiones, estando el segundo calentador de aire en comunicación fluida con el sistema de tratamiento de emisiones para introducir gas de combustión enfriado en el mismo.

20 Un sistema de control de la polución del aire según el primer aspecto, en donde el primer calentador de aire está configurado y adaptado para enfriar gas de combustión que entra a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 182°C (360°F) a aproximadamente 260°C (500°F) hasta una temperatura en un intervalo de aproximadamente 138°C (280°F) a aproximadamente 177°C (350°F).

Un sistema de control de la polución del aire según el primer aspecto, en donde el primer calentador de aire está configurado para enfriar gas de combustión hasta una temperatura de aproximadamente 160°C (320°F).

25 Un sistema de control de la polución del aire según el primer aspecto, en donde el segundo calentador de aire está configurado para enfriar gas de combustión que entra a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 288°C (550°F) a aproximadamente 343°C (650°F) hasta una temperatura en un intervalo de aproximadamente 182°C (360°F) a aproximadamente 260°C (500°F).

30 Un sistema de control de la polución del aire según el primer aspecto, en donde el segundo calentador de aire está configurado para enfriar gas de combustión hasta una temperatura de aproximadamente 232°C (450°F).

Un sistema de control de la polución del aire según el primer aspecto, en donde el primer calentador de aire está configurado para calentar aire que entra a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 16°C (60°F) a aproximadamente 38°C (100°F) hasta una temperatura en un intervalo de aproximadamente 121°C (250°F) a aproximadamente 149°C (300°F).

35 Un sistema de control de la polución del aire según el primer aspecto, en donde el segundo calentador de aire está configurado para calentar aire que entra a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 121°C (250°F) a aproximadamente 149°C (300°F) hasta una temperatura en un intervalo de aproximadamente 246°C (475°F) a aproximadamente 288°C (550°F).

Un sistema de control de la polución del aire según un segundo aspecto, que comprende:

40 un sistema de tratamiento de emisiones configurado para reducir al menos un contaminante de gas de combustión recibido en el sistema de tratamiento de emisiones a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 182°C (360°F) a aproximadamente 260°C (500°F) y para producir gas de combustión tratado en emisiones desde el sistema de tratamiento de emisiones a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 182°C (360°F) a aproximadamente 260°C (500°F).

45 Un sistema de control de la polución del aire según el segundo aspecto, en donde el sistema de tratamiento de emisiones incluye un sistema de reducción catalítica selectiva configurado y adaptado para reducir NO_x de gas de combustión en el sistema de tratamiento de emisiones.

50 Un sistema de control de la polución del aire según el segundo aspecto, en donde el sistema de tratamiento de emisiones incluye un componente para reducir la materia en partículas del gas de combustión en el sistema de tratamiento de emisiones seleccionado del grupo que consiste en un precipitador electrostático y un filtro de tela.

Un sistema de control de la polución del aire según el segundo aspecto, en donde el sistema de tratamiento de emisiones incluye un sistema catalítico de control de CO para oxidar CO del gas de combustión en el sistema de tratamiento de emisiones.

- Un sistema de control de la polución del aire según el segundo aspecto, en donde el sistema de tratamiento de emisiones incluye un sistema catalítico de control de VOC para oxidar VOC del gas de combustión en el sistema de tratamiento de emisiones.
- 5 Un sistema de control de la polución del aire según el segundo aspecto, en donde el sistema de tratamiento de emisiones incluye un reactor catalítico multicontaminante configurado para reducir contaminantes múltiples del gas de combustión en el sistema de tratamiento de emisiones.
- 10 Un sistema de control de la polución del aire según el segundo aspecto, en donde el sistema de tratamiento de emisiones incluye un sistema de recogida de polvo corriente arriba del reactor catalítico multicontaminante, estando configurado y adaptado el sistema de recogida de polvo para reducir polvo del gas de combustión que fluye hacia el reactor catalítico multicontaminante.
- Un sistema de control de la polución del aire según el segundo aspecto, en donde el sistema de tratamiento de emisiones incluye un componente corriente arriba del reactor catalítico multicontaminante para reducir la materia en partículas del gas de combustión que fluye hacia el reactor catalítico multicontaminante, en donde el componente se selecciona del grupo que consiste en un precipitador electrostático y un filtro de tela.
- 15 Un sistema de control de la polución del aire según el segundo aspecto, que comprende además un sistema de inyección de amoníaco configurado para inyectar amoníaco en el gas de combustión que fluye a través del sistema de tratamiento de emisiones para la reducción de NO_x en el reactor catalítico multicontaminante.
- 20 Un sistema de control de la polución del aire según el segundo aspecto, en donde el reactor catalítico multicontaminante está configurado para reducir NO_x y oxidar CO del gas de combustión introducido en el mismo a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 182°C (360°F) a aproximadamente 260°C (500°F).
- Un sistema de control de la polución del aire según el segundo aspecto, en donde el reactor catalítico multicontaminante está configurado para reducir NO_x y oxidar CO del gas de combustión introducido en el mismo a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 204°C (400°F) a aproximadamente 232°C (450°F).
- 25 Un sistema de control de la polución del aire según el segundo aspecto, en donde el reactor catalítico multicontaminante incluye un catalizador reductor de NO_x corriente arriba de un catalizador oxidante de CO.
- Un método de un tercer aspecto para tratar gas de combustión para reducir la polución del aire, que comprende:
- introducir aire en un intercambiador de calor de un primer calentador de aire, en donde el intercambiador de calor del primer calentador de aire está configurado para transferir calor entre el gas de combustión y el aire;
- 30 calentar el aire introducido en el intercambiador de calor del primer calentador de aire enfriando el gas de combustión tratado en emisiones introducido en el intercambiador de calor del primer calentador de aire;
- introducir aire desde el intercambiador de calor del primer calentador de aire en un intercambiador de aire de un segundo calentador de aire, en donde el intercambiador de calor del segundo calentador de aire está configurado para transferir calor entre el gas de combustión y el aire;
- 35 calentar el aire introducido en el intercambiador de calor del segundo calentador de aire enfriando el gas de combustión de un hervidor introducido en el intercambiador de calor del segundo calentador de aire;
- introducir gas de combustión enfriado desde el intercambiador de calor del segundo calentador de aire en un sistema de tratamiento de emisiones;
- 40 reducir al menos un contaminante del gas de combustión introducido en el sistema de tratamiento de emisiones desde el segundo calentador de aire;
- introducir el gas de combustión tratado en emisiones desde el sistema de tratamiento de emisiones en el intercambiador de calor del primer calentador de aire; y
- descargar el gas de combustión tratado en emisiones enfriado desde el intercambiador de calor del primer calentador de aire.
- 45 Un método para tratar gas de combustión según el tercer aspecto, que comprende además reducir NO_x del gas de combustión que pasa a través del sistema de tratamiento de emisiones, en donde la etapa de reducir NO_x incluye hacer pasar el gas de combustión a través de un sistema de reducción catalítica selectiva.
- Un método para tratar gas de combustión según el tercer aspecto, que comprende además oxidar CO del gas de combustión que pasa a través del sistema de tratamiento de emisiones, en donde la etapa de oxidar CO incluye
- 50 hacer pasar el gas de combustión a través de un sistema catalítico de control del CO.

Un método para tratar gas de combustión según el tercer aspecto, que comprende además oxidar VOC del gas de combustión que pasa a través del sistema de tratamiento de emisiones, en donde la etapa de oxidar VOC incluye hacer pasar el gas de combustión a través de un sistema catalítico de control del VOC.

5 Un método para tratar gas de combustión según el tercer aspecto, en donde la etapa de calentar el aire introducido en el primer calentador de aire incluye enfriar el gas de combustión que entra en el intercambiador de calor del primer calentador de aire a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 182°C (360°F) a aproximadamente 260°C (500°F) hasta una temperatura en un intervalo de aproximadamente 138°C (280°F) a aproximadamente 177°C (350°F).

10 Un método para tratar gas de combustión según el tercer aspecto, en donde la etapa de enfriar el gas de combustión que entra en el intercambiador de calor del primer calentador de aire incluye enfriar el gas de combustión hasta una temperatura de aproximadamente 160°C (320°F).

15 Un método para tratar gas de combustión según el tercer aspecto, en donde la etapa de calentar el aire introducido en el segundo calentador de aire incluye enfriar el gas de combustión que entra en el intercambiador de calor del segundo calentador de aire a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 288°C (550°F) a aproximadamente 343°C (650°F) hasta una temperatura en un intervalo de aproximadamente 182°C (360°F) a aproximadamente 260°C (500°F).

Un método para tratar gas de combustión según el tercer aspecto, en donde la etapa de enfriar el gas de combustión que entra en el intercambiador de calor del segundo calentador de aire incluye enfriar el gas de combustión hasta una temperatura de aproximadamente 232°C (450°F).

20 Un método para tratar gas de combustión según el tercer aspecto, en donde la etapa de calentar el aire introducido en el primer calentador de aire incluye calentar el aire que entra en el intercambiador de calor del primer calentador de aire a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 16°C (60°F) a aproximadamente 38°C (100°F) hasta una temperatura en un intervalo de aproximadamente 121°C (250°F) a aproximadamente 149°C (300°F).

25 Un método para tratar gas de combustión según el tercer aspecto, en donde la etapa de calentar el aire introducido en el segundo calentador de aire incluye calentar el aire que entra en el intercambiador de calor del segundo calentador de aire a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 121°C (250°F) a aproximadamente 149°C (300°F) hasta una temperatura en un intervalo de aproximadamente 246°C (475°F) a aproximadamente 288°C (550°F).

30 Un método para tratar gas de combustión según el tercer aspecto, en donde la etapa de reducir al menos un contaminante incluye introducir el gas de combustión en el sistema de tratamiento de emisiones a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 182°C (360°F) a aproximadamente 260°C (500°F) y descargar el gas de combustión tratado en emisiones del sistema de tratamiento de emisiones a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 182°C (360°F) a aproximadamente 260°C (500°F), en donde el sistema de tratamiento de emisiones incluye un reactor catalítico multicontaminante configurado para reducir contaminantes múltiples del gas de combustión en el sistema de tratamiento de emisiones.

35 Un método para tratar gas de combustión según el tercer aspecto, en donde la etapa de reducir al menos un contaminante incluye reducir NO_x y oxidar CO de un flujo de gas de combustión que entra en el reactor catalítico multicontaminante a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 182°C (360°F) a aproximadamente 260°C (500°F).

40 Un método para tratar gas de combustión según el tercer aspecto, en donde la etapa de reducir al menos un contaminante incluye reducir NO_x y oxidar CO de un flujo de gas de combustión que entra en el reactor catalítico multicontaminante a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 204°C (400°F) a aproximadamente 232°C (450°F).

Un sistema de control de la contaminación del aire de un cuarto aspecto, que comprende:

45 un sistema de tratamiento de emisiones configurado para recibir gas de combustión, para reducir al menos un contaminante del mismo para convertir el gas de combustión en gas de combustión tratado en emisiones;

50 un primer calentador en comunicación fluida con el sistema de tratamiento de emisiones y que incluye un intercambiador de calor configurado para calentar fluido forzado introducido en el mismo por encima de una temperatura base y enfriar de este modo el gas de combustión tratado en emisiones del sistema de tratamiento de emisiones introducido en el intercambiador de calor del primer calentador hasta una temperatura de descarga en chimenea; y

55 un segundo calentador que incluye un intercambiador de calor configurado para calentar aire forzado introducido en el mismo hasta una temperatura de precalentamiento para la combustión en un hervidor y para enfriar de este modo el gas de combustión introducido desde un hervidor en el intercambiador de calor

del segundo calentador hasta una temperatura de tratamiento de emisiones, estando el segundo calentador en comunicación fluida con el sistema de tratamiento de emisiones para introducir gas de combustión enfriado en el mismo.

- 5 Un sistema de control de la polución del aire según el cuarto aspecto, en donde el intercambiador de calor del primer calentador está configurado para intercambiar calor entre agua y gas de combustión tratado en emisiones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (100) de control de la polución del aire, que comprende:

a) un sistema (101) de tratamiento de emisiones configurado para recibir gas de combustión, para reducir al menos un contaminante del mismo para convertir el gas de combustión en gas de combustión tratado en emisiones;

b) un primer calentador (110) de aire en comunicación fluida con el sistema (101) de tratamiento de emisiones y que incluye un intercambiador de calor configurado para calentar aire forzado introducido en el mismo por encima de una temperatura base y para enfriar de este modo el gas de combustión tratado en emisiones del sistema (101) de tratamiento de emisiones introducido en el intercambiador de calor del primer calentador (110) de aire hasta una temperatura de descarga en chimenea; y

c) un segundo calentador (112) de aire en comunicación fluida con el primer calentador (110) de aire para recibir aire forzado calentado desde el mismo, incluyendo el segundo calentador (112) de aire un intercambiador de calor configurado para calentar aire forzado introducido en el mismo hasta una temperatura de precalentamiento para la combustión en un hervidor (102) y para enfriar de este modo el gas de combustión introducido desde el hervidor (102) en el intercambiador de calor del segundo calentador (112) de aire hasta una temperatura de tratamiento de emisiones, estando el segundo calentador (112) de aire en comunicación fluida con el sistema (101) de tratamiento de emisiones para introducir el gas de combustión enfriado en el mismo,

en donde está definido un primer circuito (106) de aire a través del primer y segundo calentadores (110, 112) de aire para suministrar aire bajo parrilla precalentado al hervidor (102), y en donde está definido un segundo circuito (104) de aire a través del primer y segundo calentadores (110, 112) de aire para suministrar aire sobre fuego precalentado al hervidor (102),

en donde el primer y segundo circuitos (106, 104) de aire son circuitos de aire independientes, y

en donde el primer circuito (106) de aire incluye un ventilador (126) de corriente forzada en comunicación fluida con el primer calentador (110) de aire para forzar aire a través del primer circuito (106) de aire hacia el hervidor (102), y en donde el segundo circuito (104) de aire incluye un ventilador (124) de aire sobre fuego en comunicación fluida con el primer calentador (110) de aire para forzar aire a través del segundo circuito (104) de aire hacia el hervidor (102).

2. Un sistema (100) de control de la polución del aire según la reivindicación 1, en donde el sistema (101) de tratamiento de emisiones incluye un sistema de reducción catalítica selectiva configurado y adaptado para reducir NO_x del gas de combustión en el sistema (101) de tratamiento de emisiones.

3. Un sistema (100) de control de la polución del aire según la reivindicación 1, en donde el sistema (101) de tratamiento de emisiones incluye un componente para reducir la materia en partículas del gas de combustión en el sistema (101) de tratamiento de emisiones seleccionado del grupo que consiste en un precipitador electrostático y un filtro de tela.

4. Un sistema (100) de control de la polución del aire según la reivindicación 1, en donde el sistema (101) de tratamiento de emisiones incluye un sistema catalítico de control de CO para oxidar CO del gas de combustión en el sistema de tratamiento de emisiones.

5. Un sistema (100) de control de la polución del aire según la reivindicación 1, en donde el sistema (101) de tratamiento de emisiones incluye un sistema catalítico de control de VOC para oxidar VOC del gas de combustión en el sistema (101) de tratamiento de emisiones.

6. Un sistema (100) de control de la polución del aire según la reivindicación 1, en donde el sistema (101) de tratamiento de emisiones incluye un reactor (120) catalítico multicontaminante configurado para reducir contaminantes múltiples del gas de combustión en el sistema (101) de tratamiento de emisiones.

7. Un método para tratar gas de combustión con un sistema (100) de control de la polución del aire según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 para reducir la polución del aire, que comprende:

a) introducir aire desde el ventilador (126) de corriente forzada en el primer circuito (106) de aire y desde el ventilador (124) de aire sobre fuego en el segundo circuito (104) de aire hacia el intercambiador de calor del primer calentador (110) de aire, en donde el intercambiador de calor del primer calentador (110) de aire está configurado para transferir calor entre el gas de combustión y el aire;

b) calentar el aire introducido en el intercambiador de calor del primer calentador (110) de aire en el primer y segundo circuitos (106, 104) de aire por separado enfriando el gas de combustión tratado en emisiones introducido en el intercambiador de calor del primer calentador (110) de aire;

c) introducir aire desde el intercambiador de calor del primer calentador (110) de aire en el intercambiador de

- calor del segundo calentador (112) de aire desde el primer y segundo circuitos (104, 106) de aire por separado, en donde el intercambiador de calor del segundo calentador (112) de aire está configurado para transferir calor entre el gas de combustión y el aire;
- 5 d) calentar el aire introducido en el intercambiador de calor del segundo calentador (112) de aire en el primer y segundo circuitos (106, 104) de aire por separado enfriando el gas de combustión del hervidor (102) introducido en el intercambiador de calor del segundo calentador (112) de aire;
- e) introducir gas de combustión enfriado desde el intercambiador de calor del segundo calentador (112) de aire en el sistema (101) de tratamiento de emisiones;
- 10 f) reducir al menos un contaminante del gas de combustión introducido en el sistema (101) de tratamiento de emisiones desde el segundo calentador (112) de aire;
- g) introducir el gas de combustión tratado en emisiones del sistema (101) de tratamiento de emisiones en el intercambiador de calor del primer calentador (110) de aire; y
- h) descargar el gas de combustión tratado en emisiones enfriado del intercambiador de calor del primer calentador (110) de aire
- 15 i) introducir aire en el primer y segundo circuitos (106, 104) de aire por separado desde el segundo intercambiador de calor en un hervidor (102).
8. Un método para tratar gas de combustión según la reivindicación 7, en donde las etapas de introducir aire, calentar aire, introducir gas de combustión enfriado, reducir al menos un contaminante, introducir gas de combustión tratado en emisiones, y descargar gas de combustión tratado en emisiones enfriado se realizan todas de manera continua.
- 20 9. Un método para tratar gas de combustión según la reivindicación 7, que comprende además:
- a) introducir aire calentado desde el intercambiador de calor del segundo calentador (112) de aire en el hervidor (102) para combustión; y
- 25 b) introducir gas de combustión del hervidor (102) en el intercambiador de calor del segundo calentador (112) de aire.
10. Un método para tratar gas de combustión según la reivindicación 7, que comprende además reducir el contenido de polvo del gas de combustión en el sistema (101) de tratamiento de emisiones.
11. Un método para tratar gas de combustión según la reivindicación 7, que comprende además reducir el contenido de materia en partículas del gas de combustión que pasa a través del sistema (101) de tratamiento de emisiones, en donde la etapa de reducir el contenido de materia en partículas incluye hacer pasar el gas de combustión a través de un componente para reducir la materia en partículas del gas de combustión en el sistema (101) de tratamiento de emisiones seleccionado del grupo que consiste en un precipitador electrostático y un filtro de tela.
- 30 12. Un método para tratar gas de combustión según la reivindicación 7, que comprende además reducir contaminantes múltiples del gas de combustión que pasa a través del sistema (101) de tratamiento de emisiones, en donde la etapa de reducir contaminantes múltiples incluye hacer pasar el gas de combustión a través de un reactor catalítico multicontaminante.
- 35

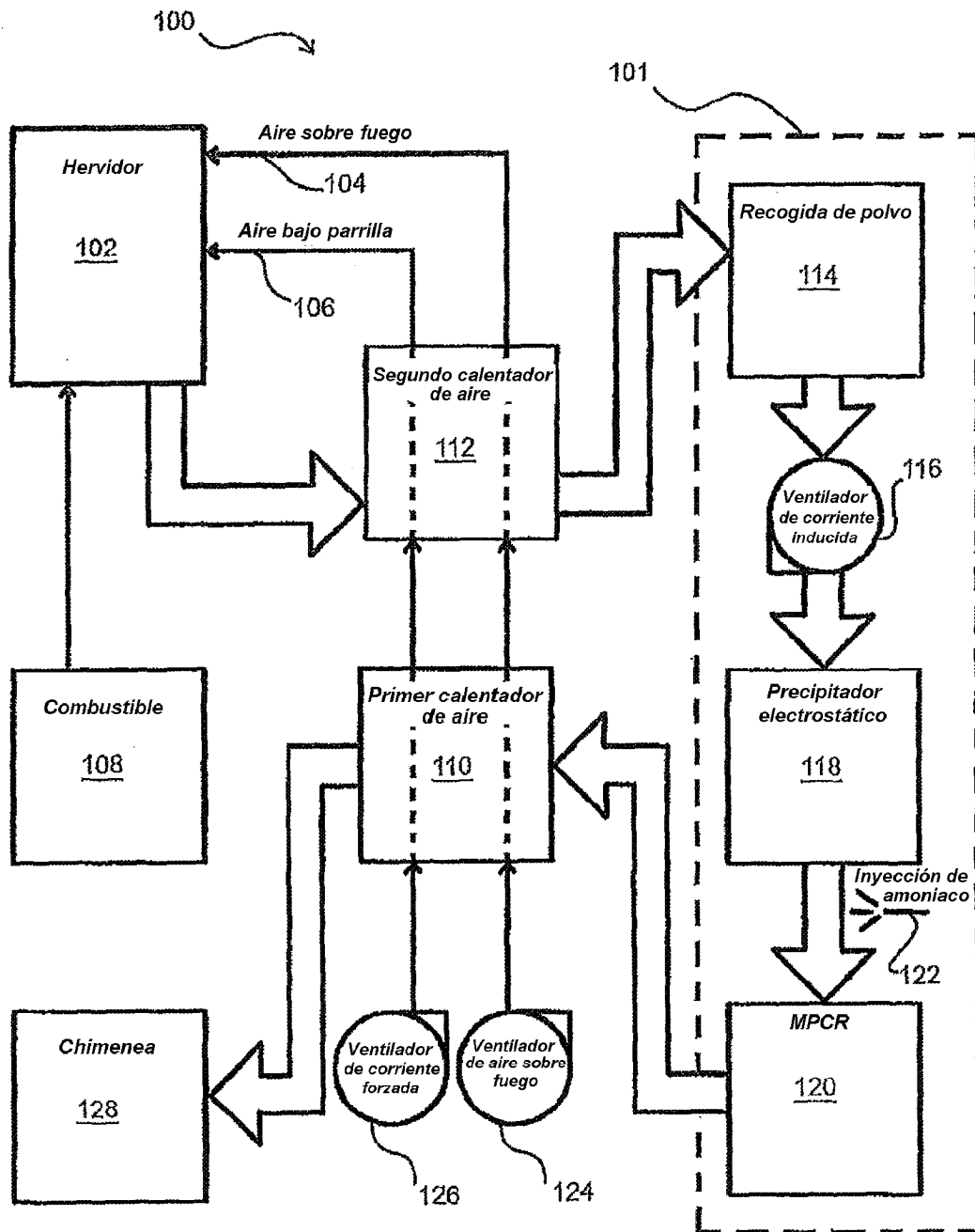


Fig. 1

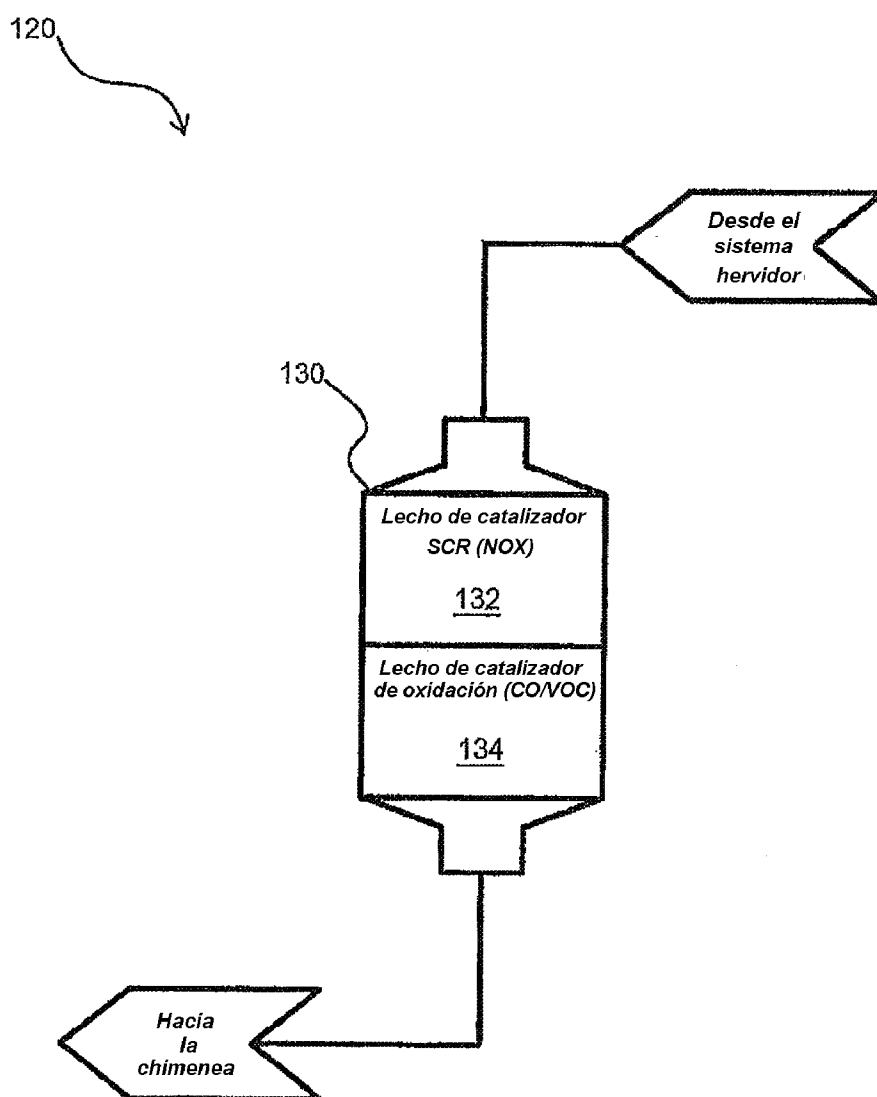


Fig. 2