

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 561 405**

51 Int. Cl.:

B01D 53/56 (2006.01)

F22B 21/34 (2006.01)

F22B 21/40 (2006.01)

F23J 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA
TRAS OPOSICIÓN

T5

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.04.2010** **PCT/FI2010/050298**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.10.2010** **WO10119177**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.04.2010** **E 10727752 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras oposición: **17.04.2024** **EP 2419197**

54 Título: **Método de reducción de emisiones de NOx empleando un agente reactivo, y caldera correspondiente**

30 Prioridad:

15.04.2009 FI 20090141

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente modificada:
23.10.2024

73 Titular/es:

ANDRITZ OY (100.0%)
Tammasaarenkatu 1
00180 Helsinki, FI

72 Inventor/es:

MIKKULAINEN, PASI y
PAKARINEN, LAURI

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

DESCRIPCIÓN

Método de reducción de emisiones de NOx empleando un agente reactivo, y caldera correspondiente

La presente invención se refiere a un método para disminuir la cantidad de óxidos de nitrógeno procedentes de los gases de combustión de una caldera, cuyos óxidos de nitrógeno se generan en la combustión de combustibles y aire u otro gas que contiene oxígeno. La invención también se refiere a una caldera generadora de vapor.

Los gases de combustión de calderas generadoras de vapor, tales como una caldera de recuperación de una planta de celulosa química, son conducidos desde el horno en contacto con varios intercambiadores de calor, sobrecalentadores, banco de caldera y precalentadores del agua de la caldera, con lo que el calor contenido en los gases es recuperado en el agua, el vapor o una mezcla de los mismos que fluye en los intercambiadores de calor. El banco de caldera se refiere a un intercambiador de calor que comprende elementos de intercambiador de calor, dentro de los cuales fluye el agua de la caldera que se va a calentar. El economizador (precalentador) de la caldera se refiere a un intercambiador de calor que comprende elementos de intercambiador de calor, dentro de los cuales fluye el agua de alimentación de la caldera que se va a calentar. Un espacio libre para el flujo de los gases de combustión permanece en el banco de caldera y el economizador entre los elementos de intercambiador de calor. A medida que el gas de combustión pasa por los elementos del intercambiador de calor, el calor se transfiere al agua de alimentación o al agua de la caldera que fluye dentro de los elementos. Desde el economizador, los gases de combustión de la caldera son guiados de una manera conocida por sí misma, a través de un conducto de descarga de gases de combustión para la purificación de gases después de la caldera, tal como un precipitador electrostático.

La Figura 1 ilustra la construcción de una caldera de recuperación química que tiene un horno 1 definido por paredes de tubos de agua: pared delantera 2, paredes laterales 3 y pared trasera 4, así como una parte inferior 5 formada por tubos de agua. El aire de combustión es alimentado en el horno desde varios niveles diferentes como aire primario, secundario y terciario. Puede haber también otros niveles de aire. El líquido de desecho, como el licor negro, se conduce a través de boquillas 6 situadas entre las zonas de aire secundario y terciario. Durante la combustión, el líquido de desecho forma un lecho de fusión sobre la parte inferior 5 del horno, desde donde la fusión se descarga a través de una boca de salida de fusión 7 adaptada en la parte inferior del horno.

Por encima del horno, se proporcionan las superficies de recuperación de calor, es decir, los sobrecalentadores 8, y los intercambiadores de calor, un banco de caldera 9 y los economizadores 10, siguen a los sobrecalentadores 8 situados por encima del horno 1 y están colocados en el lado de la pared trasera 4. El calor generado en el horno 1 es recuperado en dicho banco de caldera 9 y economizadores 10. Sobre los bancos de caldera 9, el agua a temperatura saturada hierve parcialmente a vapor y en los precalentadores del agua de alimentación (economizadores) 10, el agua es calentada por medio de gas de combustión antes de dirigir el agua a la parte generadora de vapor 9 y los sobrecalentadores 8 de la caldera. En los sobrecalentadores 8, el vapor saturado se calienta para generar vapor a una temperatura superior. El llamado borde redondeado está marcado con el número de referencia 14.

La circulación de agua/vapor de la caldera está dispuesta a través de una circulación natural, por lo que la mezcla de agua/vapor formada en los tubos de agua de las paredes y de la parte inferior del horno 1 se eleva hacia arriba a través de los tubos de recogida en un tambor de vapor 11 que se encuentra transversalmente en relación con la caldera, es decir, paralelo a la pared delantera 2. La capa de agua caliente fluye desde el tambor de vapor 11 a través de tubos de bajada 12 a un colector 13 en la parte inferior, desde donde el agua se distribuye en los tubos de agua inferiores y después en las paredes de los tubos de agua.

Una caldera de recuperación de licor de desecho está formada convencionalmente por las siguientes partes principales, que se ilustran esquemáticamente en la Figura 1:

- Una parte inferior 16 del horno 1, en donde tiene lugar principalmente la combustión del licor de desecho.
- Una parte media 17 del horno 1, en donde tiene lugar principalmente la combustión final de las sustancias combustibles gaseosas.
- Una parte superior 18 del horno 1.
- Una zona de sobrecalentador 8, en donde el vapor saturado que sale del tambor de vapor 11 se transforma en vapor (sobrecalentado) que tiene una temperatura más elevada. En la zona del sobrecalentador 8 o aguas arriba del mismo se proporciona frecuentemente un sistema denominado de tubo de pantalla 15 que normalmente hierve el agua.
- Un banco de caldera 9, es decir, un vaporizador de agua, en donde el agua a una temperatura saturada hierve en parte a vapor.
- Precalentadores del agua de alimentación, es decir, los llamados economizadores 10, en donde el agua de alimentación que fluye en los elementos de transferencia de calor se precalienta por medio de gases de combustión antes de conducir el agua al tambor de vapor 11 y las partes generadoras de vapor 9 y las partes de sobrecalentamiento 8 de la caldera.
- Un tambor (o tambor de vapor) 11 con agua en la parte inferior y vapor saturado en la parte superior.

Algunas calderas tienen dos tambores: un tambor de vapor (tambor superior) y un tambor de agua (tambor inferior), entre los cuales se proporciona un elemento de transferencia de calor, los llamados tubos de caldera, para hervir el agua.

Un borde redondeado 14, en donde la caldera se estrecha y que es una zona límite común entre el horno 1 y las superficies de recuperación de calor (8, 9, 10), se encuentra en la parte superior del horno 1 en la pared trasera 4 de la caldera. El borde redondeado 14 está formado por un rebaje en la pared trasera 4 de la caldera, cuyo rebaje está dirigido hacia la pared delantera 2 de la caldera. Por lo tanto, el borde redondeado 14 comprende una parte de la pared inferior 14b que se dirige normalmente diagonalmente desde la pared trasera 4 hacia la pared delantera 2 de la caldera, una parte de la pared superior 14a que se dirige desde la pared delantera 2 de la caldera diagonalmente hacia la pared trasera 4, y un arco o punta 14c del borde redondeado que los combina. El propósito de la zona de borde redondeado 14 es proteger el sobrecalentador 8 contra la radiación térmica directa del horno 1 y para ayudar a que los gases de combustión fluyan hacia arriba, para girar hacia el conducto de descarga de gases de combustión de la caldera, de modo que los gases fluyen de manera uniforme por las superficies de recuperación de calor. La llamada profundidad del borde redondeado 14, que desempeña un papel importante para guiar el flujo de los gases de combustión a la parte superior del horno 1 es, por ejemplo, en calderas de tambor simples, normalmente el 40-50 % de la profundidad total del horno 1, lo que significa la longitud horizontal de la pared lateral 3 del horno 1.

Muchas calderas de recuperación se proporcionan, además, con tubos de pantalla aguas arriba de los sobrecalentadores en la dirección del flujo de gas, normalmente de forma horizontal en la parte más profunda del borde redondeado. Normalmente, una mezcla saturada de agua y vapor fluye en los tubos de pantalla, que están conectados a la circulación de agua de la caldera. El objetivo de la pantalla es enfriar los gases de combustión en cierta medida antes de que entren en la zona del sobrecalentador, para evitar una radiación térmica del horno hacia los tubos del sobrecalentador y para conservar una parte de las denominadas partículas de arrastre que escapan del horno.

Una cantidad abundante de los gases de combustión que contienen diversas impurezas, tales como óxidos de nitrógeno, se genera en la combustión de diversos combustibles, como el licor negro. Durante la combustión, el óxido de nitrógeno se genera a partir de una parte del nitrógeno arrastrado en el aire y el combustible, mientras que el resto del nitrógeno sale como nitrógeno molecular (N_2) y como pequeñas cantidades de compuestos peligrosos tales como óxido de dinitrógeno (N_2O), amoníaco (NH_3) y cianuro de hidrógeno (HCN). Los óxidos de nitrógeno se forman a través de varias rutas distintas, dependiendo de las condiciones y de los combustibles.

El objeto de los métodos para la eliminación de óxidos de nitrógeno es reducir al mínimo las emisiones contaminantes de óxido de nitrógeno y, por lo tanto, maximizar la porción de nitrógeno molecular N_2 inofensivo, manteniendo al mismo tiempo un nivel bajo de las emisiones de todos los demás compuestos peligrosos. Los métodos típicos de eliminación de óxido de nitrógeno incluyen la inyección de combustible en etapas, de aire en etapas y la reducción selectiva no catalítica, SNCR.

La reducción selectiva no catalítica es una reducción del óxido de nitrógeno generado en la combustión mediante la adición de un reactivo, tal como amoníaco. La eficacia del método se ve influenciada por las condiciones de la operación, la composición del combustible y el reactivo presente. Por lo tanto, esta técnica ha proporcionado realizaciones conocidas, que comprenden un proceso pobre en combustible que emplea amoníaco [documento de patente de EE.UU. 3.900.554], un proceso rico en combustible que emplea amoníaco [documento de patente de EE.UU. 4.325.924] y un proceso rico en combustible que emplea urea [documento de patente de EE.UU. 4.335.084].

Variaciones de la SNCR comprenden la adición de un agente reductor a través de varios flujos, por ejemplo, con quemado del combustible, con aire o solo. El funcionamiento de cada variación está limitado a las condiciones determinadas con precisión. En ausencia de monóxido de carbono (CO), la SNCR pobre en combustible se realiza a intervalos de 1100-1400 K (827-1127°C), mientras que con SNCR rica en combustible se realiza a temperaturas más altas. Sin embargo, el monóxido de carbono está presente en casi todos los procesos que utilizan el método de SNCR, y el resultado perjudicial de los mismos está cambiando y se acerca a las ventanas de temperatura. Las condiciones óptimas para la SNCR son difíciles de crear en varios aparatos de combustión.

El documento de patente de EE.UU. 5820838 describe una caldera de lecho fluidizado circulante, en donde los tubos de transferencia de calor, como los tubos omega, se instalan en el flujo de gases de combustión. En la solución, los medios para inyectar un agente que reacciona con los óxidos de nitrógeno (por ejemplo, amoníaco o urea) están integrados en los tubos omega. El objetivo es obtener una refrigeración adecuada del agente reductor a una temperatura baja, por ejemplo, de 100-600°C, mientras que se inyecta, de manera que el agente reductor no se descompone. Sin embargo, en esta patente no se ha prestado atención a la creación de una ventana de temperatura adecuada entre el óxido de nitrógeno y el agente reductor.

La reducción de los contenidos en NO_x en calderas de recuperación ya ha sido aplicada por métodos basados

en la inyección en etapas o la técnica de SNCR que utiliza i) "aire cuaternario" en la parte superior de la caldera de recuperación en un nivel alto, en cuya realización se añade amoníaco arrastrado en dicho aire (documento WO 97/21869), ii) "inyección en etapas de aire vertical" [documento FI 101420 B], en donde se introducen chorros de aire en el horno de la caldera de recuperación por medio de boquillas situadas en varias elevaciones verticales, iii) "Mitsubishi Advanced Combustion Technology" (MACT) [Arakawa Y., Ichinose T., Okamoto A., Baba Y., Sakai T., en Proc. of the Int. Chemical Recovery Conf., Whistler, British Columbia, Jun. 11-14, 257-260, 2001], en donde un agente reductor (urea) se puede añadir después de la inyección de aire en etapas, y iv) inyección de licor negro en etapas [documento de patente FI 103905], en donde se introduce el licor negro desde al menos dos niveles en un horno que tiene inyección de aire vertical en etapas de acuerdo con (ii). Por medio de estas técnicas, se ha alcanzado una reducción de NOx del 30-50 %, pero en la práctica se requieren ajustes que no son óptimos para una caldera de recuperación. Frecuentemente, estas técnicas requieren hornos de gran tamaño para mantener la temperatura después del horno adecuadamente bajas y/o soluciones de materiales más caros para la prevención de la corrosión. En la práctica, la combustión por inyección en etapas o la técnica de SNCR en las calderas de recuperación requiere temperaturas incluso tan bajas como 850-1000°C, que se alcanzan solo en calderas de recuperación de este tipo que son más grandes y por lo tanto más costosas que las calderas convencionales.

El documento WO-A2-2004/105928 describe un método y una caldera que genera vapor que emplea un intercambiador de calor para controlar la temperatura de los gases de combustión para la inyección de un agente reductor del NOx.

El objeto de la presente invención es proporcionar un método para controlar las emisiones de compuestos de nitrógeno perjudiciales, especialmente óxidos de nitrógeno que entran desde los procesos de combustión, de una manera que es más eficaz y más económica que los métodos descritos anteriormente. Especialmente el objeto de la presente invención es proporcionar un método y un aparato para crear una ventana de temperatura adecuada para un método de eliminación de óxidos de nitrógeno, basado en la técnica de SNCR. La presente invención se puede aplicar especialmente en una caldera de recuperación química, pero también en otras calderas generadoras de vapor, en donde es necesaria la creación de una ventana de temperatura requerida por la técnica de SNCR.

Para alcanzar estos objetos, la presente invención se refiere a un método tal y como se describe en la reivindicación 1. Es característico de la invención que el agente reductor de los óxidos de nitrógeno se introduce en los gases de combustión antes de la zona de sobrecalentamiento, antes de que la temperatura de los gases de combustión disminuya por medio de un intercambiador de calor que es una pantalla y que se encuentra en el flujo de gases de combustión, aguas arriba de la introducción del agente reductor, para la obtención de una ventana de temperatura adecuada en el flujo de gases de combustión, con el fin de reducir los óxidos de nitrógeno.

Además, la invención se refiere a una caldera que genera vapor tal y como se define en la reivindicación 8. Es característico de la invención que un intercambiador de calor está situado en el flujo de gas de combustión en el horno para disminuir la temperatura de los gases de combustión y para crear una ventana de temperatura adecuada en el flujo de gas de combustión para reducir los óxidos de nitrógeno, y que los medios de alimentación para el agente reductor se encuentran en la dirección del flujo de gas de combustión después del intercambiador de calor y antes de la zona de sobrecalentamiento. El intercambiador de calor es una pantalla.

A este respecto, un intercambiador de calor se refiere a un aparato, en el que se recupera calor indirectamente a partir del gas de combustión en un medio. Normalmente, el aparato comprende tubos, dentro de los cuales fluye el medio que recibe calor de los gases de combustión.

De acuerdo con una realización preferida de la invención, el calor se recupera a partir de los gases de combustión en dicho intercambiador de calor o superficie térmica en el sistema de circulación del agua de la caldera, para sobrecalentar el vapor y/o para hervir el agua de la caldera y/o para el sobrecalentamiento del agua de alimentación. El calor se puede recuperar también para calentar el aire de la combustión de la caldera y/o para calentar otro medio a través del intercambiador de calor. Una característica esencial de la invención es que el calor se recupera a partir de los gases de combustión en un intercambiador de calor montado en la parte superior del horno, siendo el número de dichos intercambiadores de calor al menos uno, y por lo tanto la temperatura del gas de combustión se reduce para ser adecuada para disminuir la cantidad de óxido de nitrógeno por medio de un agente reductor, como el amoníaco.

Como se ha mencionado anteriormente, el borde redondeado de la caldera forma un rebaje en la pared trasera de la caldera, cuyo rebaje está dirigido hacia la pared delantera de la caldera. Por lo tanto, el borde redondeado comprende una parte de la pared inferior que se dirige normalmente en diagonal desde la pared trasera hacia la pared delantera de la caldera, una parte de la pared superior que se dirige desde la pared delantera de la caldera en diagonal hacia la pared trasera, y un arco o punta del borde redondeado que también puede ser una parte de la pared principalmente en posición vertical (la parte vertical de la pared trasera de la caldera). De acuerdo con la invención, dicho al menos un intercambiador de calor, es decir, una pantalla, se encuentra en la dirección de ascenso de la caldera en el área de la punta del borde redondeado. La punta del borde

redondeado se forma de una parte de la pared vertical combinando las paredes inclinadas inferior y superior, por lo que el área del borde redondeado en la dirección vertical es adecuadamente larga para situar dicho intercambiador de calor.

El intercambiador de calor o los intercambiadores de calor deben estar localizados a una distancia de los sobrecalentadores, de modo que entre el intercambiador de calor y el sobrecalentador se pueda alimentar un agente para reducir los óxidos de nitrógeno de una manera ventajosa, de modo que dicho agente reductor tenga tiempo suficiente para reaccionar con los óxidos de nitrógeno para eliminarlos del gas de combustión en la mayor medida posible, antes de la zona del sobrecalentador. La distancia requerida se ve influida por el tiempo de retención, la eficacia de la mezcla del agente reductor con el gas de combustión y la temperatura del gas de combustión.

Una ventaja de la invención es que el agente que reacciona con NOx (por ejemplo, amoníaco o urea) se puede inyectar en la ventana de temperatura adecuada en gran volumen, con lo que se obtiene un tiempo de retención adecuado. El agente se puede introducir, por ejemplo, arrastrado en chorros de aire por encima de al menos un intercambiador de calor, es decir, la pantalla, evaporando el amoníaco en el aire, con lo que se obtiene simultáneamente una mezcla eficaz. Una ventaja adicional que vale la pena mencionar es que la ubicación de la pantalla de acuerdo con la invención disminuye el escape de partículas de licor, es decir, el llamado arrastre hacia arriba sobre las superficies del sobrecalentador.

El al menos un intercambiador de calor que se encuentra en la dirección del flujo del gas de combustión, aguas arriba de la inyección de reactivo de SNCR, puede actuar como un sobrecalentador. En otras palabras, al menos una parte de la pantalla transfiere calor desde el gas de combustión en el vapor sobrecalentado. Por lo tanto, el tamaño de la caldera o el volumen de la superficie de sobrecalentamiento no aumenta, porque los tubos de la pantalla forman una parte de la capacidad de superficie de sobrecalentamiento requerida en la caldera.

El al menos un intercambiador de calor situado aguas arriba de la inyección del reactivo de SNCR está dimensionado de tal manera que la temperatura del gas de combustión disminuye adecuadamente para la obtención de la ventana de temperatura deseada. Así, de acuerdo con la invención, una serie de intercambiadores de calor con capacidad adecuada para disminuir la temperatura del gas de combustión para una ventana de temperatura adecuada, se encuentran en el flujo de gas de combustión aguas arriba de la reacción del reactivo y los óxidos de nitrógeno en el gas de combustión.

La solución de acuerdo con la invención permite reducir la altura de los sobrecalentadores que normalmente se encuentran por encima del borde redondeado y por tanto también reducir la altura total de la caldera.

La obtención de la ventana de temperatura deseada en el horno de una caldera en donde el calor se transfiere principalmente solo en las paredes del horno, haría que el horno de la caldera y por lo tanto toda la caldera y la planta de la caldera, fueran muy elevados.

La invención permite la utilización de la técnica de SNCR especialmente en una caldera de recuperación química u otra caldera de vapor, en donde la mezcla de amoníaco o urea inyectada es difícil, a una temperatura requerida.

Mediante la instalación de acuerdo con la invención, el al menos un intercambiador de calor en el horno aguas arriba de la inyección de un agente (por ejemplo, amoníaco) que reacciona con NOx, se obtiene una temperatura más baja, lo que permite introducir el agente reductor en una ventana adecuada de temperatura en el horno, con lo que los óxidos de nitrógeno forman nitrógeno y agua. Esto ha sido problemático especialmente en una caldera de recuperación química de una planta de celulosa química, en donde las temperaturas en el horno son normalmente demasiado altas para la aplicación del método de SNCR. Adicionalmente, no se desea hacer pasar un agente reductor, tal como amoníaco o urea, sobre las superficies del sobrecalentador, porque la alimentación de sustancias en una etapa posterior sería desventajosa debido a la corrosión del sobrecalentador. En calderas de lecho fluidizado burbujeante (BFB) las temperaturas son generalmente más bajas que en una caldera de recuperación, pero la presente invención se puede aplicar también en relación con ellas, si es necesario.

La presente invención permite, por ejemplo, alimentar el agente reductor inyectado, tal como urea y/o amoníaco junto con un medio, por ejemplo, aire o gas de combustión circulante, de manera eficaz en el horno, aguas arriba de los sobrecalentadores que, de esta manera, estarán mejor protegidos contra el posible efecto corrosivo del agente de SNCR. La alimentación del agente reductor junto con el aire de combustión de la caldera es ventajosa porque entonces no hay necesidad de proporcionar a la caldera aberturas adicionales para la alimentación de dicho agente. El gas portador del agente reductor se puede originar desde el sistema de aire de combustión de la caldera o una fuente de gas especializada, distinta. El gas de combustión empleado como gas portador puede provenir de una caldera en la que se aplica la invención o de otra caldera en la planta.

La alimentación se puede efectuar con gas amoníaco a presión también junto con vapor. El amoníaco también puede ser aspirado desde un recipiente por medio de un eyector de vapor y ser inyectado en la caldera junto

con vapor. El amoniaco también puede estar licuado, mezclado en agua y pulverizado en la caldera.

En la alimentación del agente reductor, el medio también puede ser, por ejemplo, una combinación de los medios mencionados anteriormente, por ejemplo, aire y gas de combustión.

5 La presente invención proporciona un método sencillo para controlar las emisiones de compuestos de óxido de nitrógeno perjudiciales, procedentes de procesos de combustión.

La presente invención se describe con más detalle a continuación con referencia a las figuras adjuntas, de las cuales

La Fig. 1 ilustra esquemáticamente una caldera de recuperación química conocida por sí misma, y

10 las Fig. 2a, 2b y 2c ilustran esquemáticamente la construcción de una caldera de recuperación, en donde las Figuras 2b y 2c muestran realizaciones de la invención.

Las Figuras 2a-2c utilizan los mismos números de referencia que la figura 1 cuando sean aplicables.

15 Las Figuras 2a-2c ilustran la construcción de una caldera de recuperación que tiene un horno 1 definido por paredes de tubos de agua: una pared delantera 2, paredes laterales 3 y una pared trasera 4, así como una parte inferior 5 formada por tubos de agua. Los sobrecalentadores 8 de la caldera se encuentran por encima del horno 1.

- Una parte inferior 16 del horno 1, en donde tiene lugar principalmente la combustión del licor de desecho.
- Una parte media 17 del horno 1, en donde tiene lugar principalmente la combustión final de las sustancias combustibles gaseosas.
- 20 • Una parte superior 18 del horno 1.
- Un área de sobrecalentador 8, en donde el vapor saturado que sale del tambor de vapor 11 se calienta en vapor (sobrecalentado) que tiene una temperatura más elevada. Un sistema denominado de tubos de pantalla 15 se proporciona en la dirección de flujo del gas de combustión aguas arriba de los sobrecalentadores 8 por encima del borde redondeado 14.

25 El gas de combustión generado en el horno 1 fluye hacia arriba a la parte superior del horno 1 y además a otras partes de recuperación de calor de la caldera, tales como los sobrecalentadores 8. La dirección del flujo principal del gas de combustión está marcada con una flecha 19.

30 El borde redondeado 14, en donde la caldera se estrecha y es una zona límite común entre el horno 1 y las superficies de recuperación de calor (8, 9, 10), se encuentra en la parte superior 18 del horno 1 sobre la pared trasera 4 de la caldera. El borde redondeado 14 está formado por un rebaje en la pared trasera 4 de la caldera, cuyo rebaje está dirigido hacia la pared delantera 2 de la caldera. Por lo tanto, el borde redondeado 14 comprende una parte de la pared inferior 14b que se dirige normalmente en diagonal, desde la pared trasera 4 hacia la pared delantera 2 de la caldera, una parte de la pared superior 14a que se dirige desde la pared delantera 2 de la caldera en diagonal hacia la pared trasera 4, y un arco o punta 14c del borde redondeado, que las combina.

35 La Figura 2a ilustra un intercambiador de calor, en este caso una pantalla 15, situada en el flujo del gas de combustión que fluye hacia arriba 19, debajo del borde redondeado 14 de la caldera. Los medios de alimentación 20 para un agente reductor de óxidos de nitrógeno se encuentran entre la pantalla y el borde inferior 8a del sobrecalentador 8. La pantalla 15 se extiende desde la pared delantera 2 a la pared trasera 4, cubriendo de este modo la superficie horizontal de la sección transversal del horno 1, por lo que la pantalla 15 se pone de este modo en contacto con el gas de combustión que fluye hacia arriba, y por lo tanto la temperatura del gas de combustión puede disminuir para ser ventajosa para la reducción de óxidos de nitrógeno. La pantalla 15 actúa en esta realización ventajosamente, al menos en parte como una superficie de sobrecalentamiento. Como la pantalla actúa en parte como superficie de sobrecalentamiento, parte de la pantalla 15 actúa como evaporador para agua. Una pantalla 15 que actúa como un intercambiador de calor está dimensionada de modo que la temperatura del gas de combustión disminuye adecuadamente a fin de lograr una ventana de temperatura deseada.

En la realización de la Fig. 2a, en donde se encuentra el intercambiador de calor 15 que enfría el gas de combustión por debajo del borde redondeado 14, se introduce el agente reductor, p. ej., con aire terciario.

50 La punta del borde redondeado 14 también puede ser una parte de la pared 14c, principalmente vertical (Figs. 2b y 2c). En este caso, de acuerdo con una realización de la invención, el intercambiador de calor, que es una pantalla 15, se encuentra en la zona de la punta 14c del borde redondeado (Fig. 2b). En ese caso, la punta 14c del borde redondeado 14 se forma de una parte de la pared vertical combinando las paredes inclinadas inferior 14b y superior 14a, por lo que el área del borde redondeado 14c en la dirección vertical es adecuadamente larga para localizar el intercambiador de calor 15 y los medios 20 para la alimentación del agente reductor. La

distancia del intercambiador de calor 15 desde los sobrecalentadores 8 tiene que ser adecuada con el fin de proporcionar a los óxidos de nitrógeno y al agente reductor, tiempo suficiente para reaccionar antes de la zona del sobrecalentador.

- 5 En la realización de la Fig. 2c, la punta del borde redondeado 14 es también una parte de la pared 14c, principalmente vertical. El área de la punta 14c del borde redondeado está provista de pantallas 15a y 15b situadas transversalmente y escalonadas, lo cual es ventajoso de cara a la utilización del espacio. Los medios 20 para la alimentación de un agente reductor para los óxidos de nitrógeno se proporcionan también por encima de las pantallas 15a, 15b.
- 10 En las realizaciones de las Figuras 2b y 2c, el agente reductor tal como amoníaco, se introduce preferiblemente arrastrado con el aire o mediante la circulación de los gases de combustión o de otra forma descrita anteriormente.
- La solución de acuerdo con la presente invención permite crear una ventana de temperatura adecuada en una caldera generadora de vapor, especialmente una caldera de recuperación química para un método de eliminación de óxidos de nitrógeno basado en la técnica de SNCR.
- 15 Aunque solo se han descrito anteriormente algunas realizaciones preferidas del método de acuerdo con la invención, la invención se define por el alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método para disminuir una cantidad de óxidos de nitrógeno generados en la combustión de combustibles y aire procedente de los gases de combustión de una caldera, teniendo dicha caldera un sistema de circulación de agua que comprende sobrecalentadores (8), y un horno (1) para la combustión de combustible
 5 y para la generación de gases de combustión que contienen óxidos de nitrógeno, cuyos gases de combustión fluyen principalmente hacia arriba en el horno (1) y además hacia los sobrecalentadores (8) y a través de otras superficies de recuperación de calor de la caldera fuera de la caldera, y un agente para reducir óxidos de nitrógeno se introduce en dichos gases de combustión,
 en donde la caldera está provista de un borde redondeado (14) en el lugar en el que el horno (1) se estrecha, comprendiendo el borde redondeado (14) una parte de pared inferior (14b) que se dirige diagonalmente desde una pared trasera (4) hacia una pared delantera (2) de la caldera, una parte de pared superior (14a) que se dirige desde la pared delantera (2) de la caldera diagonalmente hacia la pared trasera (4) y una punta (14c) del borde redondeado que combina estas, en donde la punta (14c) del borde redondeado se forma de una parte de pared vertical que combina las partes inclinadas de pared inferior y superior (14b, 14a),
 15 en donde el agente reductor de los óxidos de nitrógeno se introduce en los gases de combustión que fluyen hacia arriba antes de los sobrecalentadores (8), y
 antes de que se introduzca el agente reductor de los óxidos de nitrógeno, la temperatura de los gases de combustión disminuye por medio de un intercambiador de calor (15, 15a, 15b) que se encuentra en la dirección de ascenso de la caldera en el área de la punta (14c) del borde redondeado y en el flujo del gas de combustión
 20 en el flujo del gas de combustión (19) con el fin de reducir los óxidos de nitrógeno,
 en donde el intercambiador de calor (15, 15a, 15b) se extiende desde una pared delantera (2) hasta una pared trasera (4) de la caldera, de modo que cubre una superficie horizontal de la sección transversal del horno (1),
 en donde los medios de alimentación (20) para el agente reductor de óxidos de nitrógeno se encuentran en la
 25 dirección de ascenso de la caldera en el área de la punta (14c) del borde redondeado, y
 en donde el intercambiador de calor (15, 15a, 15b) es una pantalla.
2. Un método según la reivindicación 1, en el que en el intercambiador de calor (15, 15a, 15b) el calor se recupera a partir de los gases de combustión para sobrecalentar el vapor, a partir de los gases de combustión para evaporar el agua de la caldera, a partir de los gases de combustión para precalentar el agua de alimentación de la caldera y/o a partir de los gases de combustión para calentar el aire de combustión de la caldera.
 30
3. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el agente reductor se introduce en el flujo del gas de combustión (19) a través de un medio.
4. Un método según la reivindicación 3, en el que el agente reductor se introduce en el flujo del gas de combustión (19) por medio de aire.
5. Un método según la reivindicación 3, en el que el agente reductor se introduce en el flujo del gas de combustión (19) por medio de gas de combustión en circulación.
 35
6. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el agente reductor para reducir óxidos de nitrógeno es amoníaco, urea o un precursor que produce amoníaco.
7. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el licor negro se quema en el horno (1).
 40
8. Una caldera generadora de vapor que tiene un sistema de circulación de agua que comprende superficies de recuperación de calor, que incluyen sobrecalentadores (8), y un horno (1) para la combustión de combustible y para la generación de gases de combustión, dichos gases de combustión que fluyen principalmente hacia arriba en el horno (1) y más allá a los sobrecalentadores (8) y a través de otras superficies de recuperación de calor de la caldera fuera de la caldera, y medios de alimentación (20) para introducir un agente reductor para reducir los óxidos de nitrógeno en los gases de combustión,
 45 en donde la caldera está provista de un borde redondeado (14) situado en el lugar en el que el horno (1) se estrecha, comprendiendo el borde redondeado (14) una parte de pared inferior (14b) que se dirige diagonalmente desde una pared trasera (4) hacia una pared delantera (2) de la caldera, una parte de pared superior (14a) que se dirige desde la pared delantera (2) de la caldera diagonalmente hacia la pared trasera (4) y una punta (14c) del borde redondeado que combina estas, en donde la punta (14c) del borde redondeado se forma de una parte de pared vertical que combina las partes inclinadas de pared inferior y superior (14b, 14a),
 50

en donde los medios de alimentación (20) están dispuestos para introducir el agente reductor de los óxidos de nitrógeno en los gases de combustión que fluyen hacia arriba antes de los sobrecalentadores (8), y

un intercambiador de calor (15, 15a, 15b) está situado en el horno (1) en el flujo de gases de combustión (19) en la dirección de ascenso de la caldera en el área de la punta (14c) del borde redondeado, para disminuir la temperatura del flujo de gases de combustión (19) con el fin de obtener una ventana de temperatura adecuada en el flujo de gases de combustión (19) para reducir los óxidos de nitrógeno, y que los medios de alimentación (20) para el agente reductor se localizan en la dirección del flujo de los gases de combustión después de dicho intercambiador de calor (15, 15a, 15b) y antes de los sobrecalentadores (8),

en donde el intercambiador de calor (15, 15a, 15b) se extiende desde una pared delantera (2) hasta una pared trasera (4) de la caldera, de modo que cubre una superficie horizontal de la sección transversal del horno (1),

en donde los medios de alimentación (20) para el agente reductor de óxidos de nitrógeno se encuentran en la dirección de ascenso de la caldera en el área de la punta (14c) del borde redondeado, y

en donde el intercambiador de calor (15, 15a, 15b) es una pantalla.

9. Una caldera según la reivindicación 8, en la que dicho intercambiador de calor (15, 15a, 15b) está conectado con el sistema de circulación del agua de la caldera de modo que el vapor que fluye en el sistema se sobrecalienta en el intercambiador de calor (15, 15a, 15b) por medio del calor de los gases de combustión.

10. Una caldera según una cualquiera de las reivindicaciones 8 y 9, en la que los medios (20) para alimentar el agente reductor están conectados con el sistema de aire de combustión de la caldera o el sistema de descarga de gases de combustión para el uso del aire de combustión o del gas de combustión en circulación como gas portador en la introducción del agente reductor.

11. Una caldera según una cualquiera de las reivindicaciones 8 y 9, en la que los medios (20) para alimentar el agente reductor están conectados a una fuente de gas para el uso de dicho gas como gas portador en la introducción del agente reductor.

12. Una caldera según una cualquiera de las reivindicaciones 8-11, en la que los medios (20) para alimentar el agente reductor están conectados al sistema de descarga del gas de combustión de alguna otra caldera para el uso del gas de combustión en circulación como gas portador en la introducción del agente reductor.

13. Una caldera según una cualquiera de las reivindicaciones 8-12, en donde la caldera es una caldera de recuperación química de una planta de celulosa química.

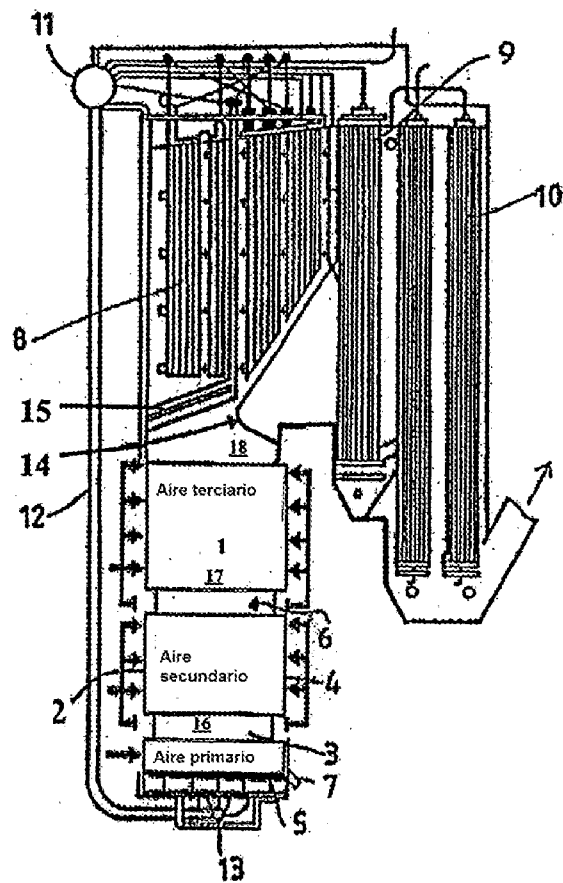


FIG. 1

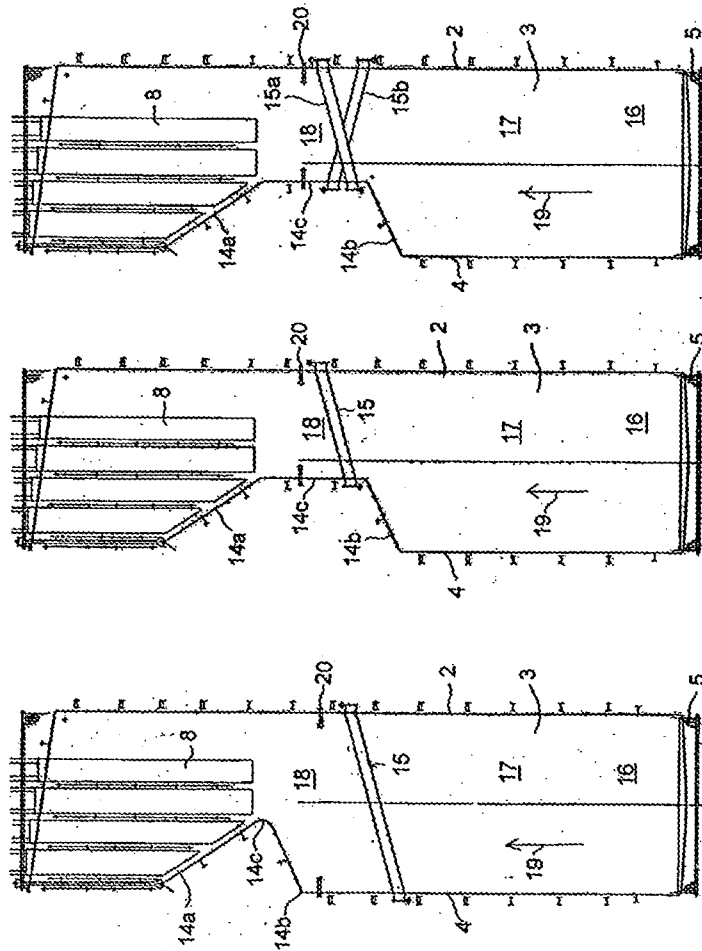


FIG. 2c

FIG. 2b

FIG. 2a