

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 667 498**

51 Int. Cl.:

F23C 5/08 (2006.01)

B01J 8/06 (2006.01)

F23D 14/84 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.03.2011 E 11001947 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.04.2018 EP 2369229**

54 Título: **Reformador y procedimiento de funcionamiento del reformador**

30 Prioridad:

09.03.2010 US 720150

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

11.05.2018

73 Titular/es:

**AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC. (100.0%)
7201 Hamilton Boulevard
Allentown, PA 18195-1501, US**

72 Inventor/es:

**HENDERSHOT, REED JACOB;
LI, XIANMING JIMMY y
SLAVEJKOV, ALEKSANDAR GEORGI**

74 Agente/Representante:

DURAN-CORRETJER, S.L.P

ES 2 667 498 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

Reformador y procedimiento de funcionamiento del reformador

5 ANTECEDENTES

10 En los hornos que tienen múltiples filas de quemadores, tales como los hornos de reformado o reformadores, los quemadores posicionados en estrecha proximidad a las paredes y/o las esquinas del horno funcionan de manera diferente a los quemadores posicionados distales de las paredes y/o las esquinas del horno. En general, en comparación con los quemadores posicionados distales de las paredes y/o las esquinas del horno, los quemadores posicionados en estrecha proximidad a las paredes y/o las esquinas del horno interactúan más con la pared del horno y producen mayores cantidades de NOx.

15 La patente de Gran Bretaña GB2071832, que se incorpora en su integridad como referencia a la presente memoria, da a conocer un horno y el funcionamiento del mismo. Específicamente, la patente GB2071832 da a conocer la introducción de aire por etapas al nivel del horno en una caldera. En general, los quemadores de la caldera reciben aire de combustión que es mucho menos que el estequiométrico (desde aproximadamente el 60 % hasta aproximadamente el 80 % del estequiométrico), y el aire de combustión restante se proporciona mediante orificios en el horno lejos de las calderas. Para favorecer la estabilidad de la llama, algunos de los quemadores reciben aire de combustión que es el estequiométrico, con el fin de estabilizar las llamas circundantes. Por ejemplo, los quemadores posicionados en el extremo de una fila pueden recibir aire de combustión que es hasta el 100 % del estequiométrico. Proporcionar a los quemadores posicionados en el extremo de la fila aire de combustión que es el 100 % del estequiométrico aumenta la temperatura de la llama proximal a los quemadores en el extremo de la fila. Dicho aumento de temperatura tiene como resultado más calor interactuando con la pared del horno, produciendo de ese modo más óxidos de nitrógeno (NOx).

20 La patente U.S.A. número 4.454.839 da a conocer un horno. Específicamente, la patente 4.454.839 da a conocer una disposición de los quemadores y una orientación de las llamas para controlar las corrientes de gas en el interior de un craqueador de etileno. La patente 4.454.839 da a conocer la utilización de un modelo aerodinámico asociado con los gases de combustión para conseguir un modelo estable de la llama, una menor incidencia de la llama sobre los tubos de proceso, y un mayor mezclado. Al estar relacionada con un craqueador de etileno, que incluye que todos los quemadores están posicionados cerca de las paredes, la patente de 4.454.839 no da a conocer ninguna distinción entre quemadores proximales a las paredes y quemadores distales de las paredes.

35 La patente U.S.A. número 5.690.039 da a conocer un procedimiento y un aparato para reducir la producción de NOx utilizando enfriamiento espacialmente selectivo. En la patente 5.690.039 se utiliza un fluido de enfriamiento para enfriar selectivamente zonas de alta generación de NOx, reduciendo de ese modo la generación de NOx. La utilización del fluido de enfriamiento tiene como resultado gastos de capital asociados con el equipo que proporciona el fluido de enfriamiento y asociados con incluir las configuraciones apropiadas para el horno. Asimismo, utilizar el fluido de enfriamiento reduce la eficiencia al reducir el porcentaje del calor total producido por la combustión de combustible que es absorbido por el proceso.

40 La patente U.S.A. número 2007/0099141 está dirigida a un procedimiento y un horno para generar llamas enderezadas descendentes o ascendentes en un horno que utiliza quemadores de bajo NOx. Se introduce oxidante en una serie de conductos de oxidante. Estos conductos de oxidante definen un chorro combinado proyectado horizontalmente, sin turbulencias. La patente U.S.A. número 2007/0099141 da a conocer un procedimiento de combustión y un reformador según los preámbulos de las reivindicaciones 1 y 14, respectivamente.

45 En la patente U.S.A. número 2003/0148236 se da a conocer un quemador de combustible gaseoso de NOx ultra bajo para aplicaciones de calentamiento de procesos, tales como calderas industriales, calentadores de proceso y hornos industriales. El quemador utiliza dos únicos procesos regulados interdependientes para generar una llama no luminosa, uniforme y que llena el espacio de combustión, con emisiones de NOx extremadamente bajas. Esto se consigue utilizando un estabilizador de la llama o manteniendo la estabilidad global de la llama, y múltiples lanzas de combustible separadas uniformemente y divergentes para crear una recirculación masiva interna del gas de combustión.

Lo que se necesita es un procedimiento y un sistema de combustión que generen bajas emisiones de NOx con pocos gastos de capital, eficiencia elevada y/o baja interacción con los quemadores del horno.

60 BREVE RESUMEN

La presente invención está dirigida a un procedimiento de funcionamiento de un reformador, y al reformador. Más específicamente, la presente invención se refiere a la formación de propiedades de inyección no uniformes para mejorar el funcionamiento del reformador.

65 La presente invención incluye un procedimiento de combustión y el reformador que ejecuta el procedimiento. El

procedimiento incluye quemar un combustible en una zona de combustión de un reformador de llama ascendente o de llama descendente y formar propiedades de inyección no uniformes con un quemador unido a la pared. Las propiedades de inyección no uniformes son propiedades de inyección que no son uniformes. La zona de combustión está rodeada, por lo menos parcialmente, por una o varias paredes. La combustión se lleva a cabo mediante la serie de quemadores, donde por lo menos uno de la serie de quemadores es el quemador unido a la pared y por lo menos uno de la serie de quemadores es un quemador no unido a la pared. Las propiedades de inyección no uniformes se forman mediante el quemador unido a la pared. Las propiedades de inyección no uniformes generan un perfil de calor que proporciona una segunda densidad de calor distal de una o varias paredes, que es mayor que una primera densidad de calor proximal a dichas una o varias paredes. Una o varias propiedades de inyección del quemador unido a la pared son diferentes de una o varias propiedades de inyección del quemador no unido a la pared. Las propiedades de inyección no uniformes del quemador unido a la pared se forman mediante dichas una o varias propiedades de inyección del quemador unido a la pared. Dichas una o varias propiedades de inyección del quemador unido a la pared y del quemador no unido a la pared se seleccionan del grupo que consiste en el ángulo de uno o varios inyectores, el flujo a través de uno o varios inyectores, la cantidad y/o la posición de unos inyectores de oxidante, la cantidad y/o la posición de unos inyectores de combustible, y combinaciones de los mismos. Tal como se utiliza en la presente memoria, la expresión "la cantidad y/o la posición" se refiere a la cantidad, a la posición o a la cantidad y la posición.

Una o varias realizaciones de la presente invención incluyen la formación de propiedades no uniformes mediante el flujo a través de uno o varios inyectores, comprendiendo el flujo a través de uno o varios inyectores un primer flujo de fluido desde un primer conjunto de inyectores del quemador unido a la pared y un segundo flujo de fluido desde un segundo conjunto de inyectores del quemador unido a la pared. El primer conjunto de inyectores es proximal a la pared y el segundo conjunto de inyectores es distal de la pared. Otras realizaciones incluyen que el primer flujo de fluido se diferencie del segundo flujo de fluido en la composición, que el primer flujo de fluido comprenda un combustible, que el primer flujo de fluido tenga una primera relación combustible/oxidante que sea menor que una segunda relación combustible/oxidante del segundo flujo de fluido, que el primer flujo de fluido comprenda un oxidante, que el primer flujo de fluido tenga un primer caudal que sea menor que un segundo caudal del segundo flujo de fluido, siendo cero el primer caudal, y/o que el ángulo de uno o varios inyectores comprenda un primer ángulo de los inyectores para un primer conjunto de inyectores que es diferente de un segundo ángulo de los inyectores para un segundo conjunto de inyectores. Otras realizaciones pueden incluir que los quemadores estén dispuestos en una serie de filas, que las propiedades de inyección no uniformes reduzcan la generación de NO_x en el reformador y disminuyan el volumen de la llama en la zona de combustión, que la cantidad de inyectores de oxidante en el quemador unido a la pared sea diferente de una segunda cantidad de inyectores de oxidante en un quemador no unido a la pared, que la cantidad de inyectores de combustible en el quemador unido a la pared sea diferente de una segunda cantidad de inyectores de combustible en un quemador no unido a la pared, y/o que el quemador unido a la pared esté en una posición girada con respecto a un quemador no unido a la pared. Otra realización incluye un reformador configurado para los procedimientos dados a conocer.

Una o varias realizaciones de la presente invención incluyen que las propiedades no uniformes se formen mediante el flujo a través de uno o varios inyectores, comprendiendo el flujo a través de uno o varios inyectores un primer flujo de fluido desde un primer conjunto de inyectores del quemador unido a la pared y un segundo flujo de fluido desde un segundo conjunto de inyectores del quemador unido a la pared. El primer conjunto de inyectores es proximal a la pared y el segundo conjunto de inyectores es distal de la pared. Otras realizaciones incluyen que el primer flujo de fluido se diferencie del segundo flujo de fluido en la composición, que el primer flujo de fluido comprenda un combustible, que el primer flujo de fluido tenga una primera relación combustible/oxidante que sea menor que una segunda relación combustible/oxidante del segundo flujo de fluido, que el primer flujo de fluido comprenda un oxidante, que el primer flujo de fluido tenga un primer caudal que sea menor que un segundo caudal del segundo flujo de fluido, siendo cero el primer caudal, y/o que el ángulo de uno o varios inyectores comprenda un primer ángulo de los inyectores para un primer conjunto de inyectores que es diferente de un segundo ángulo de los inyectores para un segundo conjunto de inyectores. Otras realizaciones pueden incluir que los quemadores estén dispuestos en una serie de filas, que las propiedades de inyección no uniformes reduzcan la generación de NO_x en el reformador y disminuyan el volumen de la llama en la zona de combustión, que la cantidad de inyectores de oxidante en el quemador unido a la pared sea diferente de una segunda cantidad de inyectores de oxidante en un quemador no unido a la pared, que la cantidad de inyectores de combustible en el quemador unido a la pared sea diferente de una segunda cantidad de inyectores de combustible en un quemador no unido a la pared, y/o que el quemador unido a la pared esté en una posición girada con respecto al quemador no unido a la pared. Otra realización incluye un reformador configurado para los procedimientos dados a conocer.

Otro aspecto de la presente invención incluye un reformador que comprende una zona de combustión, rodeada por lo menos parcialmente por una o varias paredes, y una serie de quemadores en una configuración de llama ascendente o de llama descendente, incluyendo cada quemador de la serie de quemadores una serie de inyectores. Por lo menos un quemador de la serie de quemadores es un quemador unido a la pared y por lo menos un quemador de la serie de quemadores es un quemador no unido a la pared. El quemador unido a la pared incluye propiedades de inyección no uniformes para generar un perfil de calor, proporcionando el perfil de calor una primera densidad de calor proximal a dichas una o varias paredes y una segunda densidad de calor distal de dichas una o varias paredes, siendo la segunda densidad de calor mayor que la primera densidad de calor. Una o varias

propiedades de inyección del quemador unido a la pared son diferentes de una o varias propiedades de inyección del quemador no unido a la pared. Las propiedades de inyección no uniformes del quemador unido a la pared se forman mediante dichas una o varias propiedades de inyección del quemador unido a la pared. Dichas una o varias propiedades de inyección del quemador unido a la pared y del quemador no unido a la pared se seleccionan del grupo que consiste en el ángulo de uno o varios inyectores, el flujo a través de uno o varios inyectores, la cantidad de inyectores de oxidante, la cantidad de inyectores de combustible, y combinaciones de los mismos, para cada uno del quemador unido a la pared y del quemador no unido a la pared, respectivamente.

Las propiedades de inyección no uniformes del quemador unido a la pared pueden estar formadas por el ángulo de uno o varios inyectores del quemador unido a la pared, comprendiendo el ángulo de uno o varios inyectores un primer ángulo de los inyectores para un primer conjunto de inyectores diferente de un segundo ángulo de los inyectores para un segundo conjunto de inyectores, donde el primer ángulo de los inyectores es diferente del segundo ángulo de los inyectores.

Otra realización incluye un procedimiento de combustión utilizando el reformador dado a conocer.

Una ventaja del presente procedimiento y/o reformador incluye menos gastos de capital con una reducción de NOx igual o mayor.

Otra ventaja del presente procedimiento y/o reformador incluye una mayor eficiencia mediante un mejor control de la llama.

Otra ventaja del presente procedimiento y/o reformador incluye una menor interacción del quemador con la pared del reformador.

Resultarán evidentes otras características y ventajas del presente procedimiento y/o reformador a partir de la siguiente descripción más detallada de la realización preferente, tomada junto con los dibujos adjuntos que muestran, a modo de ejemplo, los principios de la invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE VARIAS VISTAS DE LOS DIBUJOS

La figura 1 muestra una vista esquemática lateral de un reformador, según una realización a modo de ejemplo de la invención.

La figura 2 muestra una lista esquemática superior de un reformador, según una realización a modo de ejemplo de la invención.

La figura 3A muestra una vista esquemática lateral de un inyector, según una realización a modo de ejemplo de la invención.

La figura 3B muestra una vista esquemática superior de un inyector, según una realización a modo de ejemplo de la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Los artículos "un", "una", "unos" y "unas", tal como se utilizan en la presente memoria, significan uno o varios cuando se aplican a cualquier característica en realizaciones de la presente invención descrita en la memoria descriptiva y las reivindicaciones. La utilización de "un", "una", "unos" y "unas" no limita el significado a una única característica, salvo que se indique específicamente dicho límite. Los artículos "el", "la", "los", "las" antes de sustantivos o sintagmas nominales singulares o plurales indican una o varias características particulares especificadas, y pueden tener una connotación singular o plural en función del contexto en el que se utilizan. El artículo "algunos", "alguna", "algunos", "algunas" significa uno, alguno o todos indistintamente de cual sea la cantidad.

Se da a conocer un procedimiento de funcionamiento de un reformador, y el reformador. Tal como se define en la presente memoria, un reformador es cualquier horno que contenga reactores tubulares en los que una materia prima que contiene hidrógeno elemental y carbono elemental (es decir, un hidrocarburo) se transforma en un gas de síntesis (CO y H₂) mediante una reacción con vapor sobre un catalizador. En el procedimiento y el reformador, las propiedades de inyección no uniformes mejoran el funcionamiento del reformador. Las realizaciones del procedimiento y del reformador pueden involucrar unos gastos reducidos de capital, una eficiencia elevada, producir un impacto desproporcionado sobre la interacción de la llama y/o poca o ninguna interacción del quemador con la pared del reformador al incluir propiedades de inyección no uniformes en relación con la inyección selectiva y/o controlada de combustible, de aire y/o de otros fluidos. Las propiedades de inyección no uniformes pueden reducir las inestabilidades del horno y reducir la producción de NOx del horno para adecuar mejor las llamas de un quemador determinado al espacio de combustión disponible. Por ejemplo, el funcionamiento puede controlar el flujo de gas para reducir o eliminar la interacción del quemador con la pared del reformador y reducir o eliminar el sobrecalentamiento localizado.

La figura 1 muestra un reformador -100- a modo de ejemplo para reducir NO_x, según un procedimiento a modo de ejemplo de la invención. Tal como se muestra en la figura 1, el reformador -100- incluye una zona de combustión -102- rodeada por una o varias paredes -104-, un quemador -106- unido a la pared, un quemador -108- no unido a la pared y una serie de tubos de proceso -110-. En la figura 1, la realización a modo de ejemplo del reformador -100- muestra una configuración de llama ascendente, donde los quemadores están posicionados sobre el piso del reformador -100-. Alternativamente, el reformador puede incluir una configuración de llama descendente con quemadores situados en el techo del reformador -100-. Tal como se utiliza en la presente memoria, los términos "llama ascendente" y "llama descendente" convencionalmente utilizados se refieren a la dirección general de la llama en el interior del reformador -100- con respecto a la pared o paredes verticales -104-. "Ascendente" y "descendente" están en relación con la gravedad de la tierra.

La zona de combustión -102- del reformador -100- incluye propiedades de inyección no uniformes formadas por el quemador -106- unido a la pared. Tal como se utiliza en la presente memoria, el término "quemador unido a la pared" se refiere a un quemador posicionado proximal a la pared -104-, en contraste con por lo menos otro quemador, siendo dicho otro quemador un "quemador no unido a la pared". En configuraciones en las que todos los quemadores están posicionados proximales a por lo menos una pared -104-, el quemador unido a la pared puede estar posicionado proximal a por lo menos una pared -104- adicional, como un quemador de esquina o un quemador extremo. El quemador -106- unido a la pared puede estar configurado y dispuesto de manera diferente a otros quemadores dentro del reformador -100-, para formar las propiedades de inyección no uniformes. La configuración del quemador o quemadores -106- unidos a la pared puede incluir posicionar y/o configurar uno o varios inyectores (sea uno o varios de un primer conjunto de inyectores -116- y/o uno o varios de un segundo conjunto de inyectores -118-) en el interior de los quemadores -106- unidos a la pared. Dependiendo de la configuración de los quemadores y del reformador, el primer conjunto de inyectores -116- y/o el segundo conjunto de inyectores -118- pueden variar en base a la distancia entre la pared o paredes -104- y/o las esquinas.

Los inyectores en el quemador o quemadores -106- unidos a la pared y/o en el quemador o quemadores -108- no unidos a la pared pueden proporcionar cualquier fluido adecuado para inyección a la zona de combustión -102- para calentar los tubos de proceso -110-. Los fluidos adecuados pueden incluir fluidos que se puedan quemar o que puedan soportar o controlar la combustión. Por ejemplo, los inyectores pueden ser inyectores de oxidante y/o inyectores de combustible. El quemador -106- unido a la pared y el quemador no unido a la pared pueden incluir asimismo una garganta -105- del quemador situada centralmente en el interior del quemador. La garganta -105- del quemador puede proporcionar un flujo principal de combustible y/o de oxidante para la combustión, puede estar configurada para mantener la estabilidad de la llama y/o puede encender el combustible proporcionado por uno o varios de los inyectores del primer conjunto de inyectores -116- y/o del segundo conjunto de inyectores -118-. La garganta -105- del quemador puede proporcionar todo el oxidante proporcionado por el quemador y una parte del combustible proporcionado por el quemador. Alternativamente, la garganta -105- del quemador puede proporcionar todo el combustible proporcionado por el quemador y una parte del oxidante proporcionado por el quemador. El posicionamiento y/o la configuración del inyector o inyectores posicionados alrededor de la garganta -105- del quemador situada centralmente pueden reducir la cantidad de NO_x producido en el reformador -100- y/o pueden disminuir el volumen de la llama en la zona de combustión -102-. El reformador -100- y el funcionamiento dados a conocer en la presente memoria se pueden aplicar a cualquier quemador o quemadores adecuados de combustible regulado y/o quemador o quemadores adecuados de aire regulado.

La zona de combustión -102- está rodeada, por lo menos parcialmente, por una o varias paredes -104-. Tal como se utiliza en la presente memoria, el término "rodeada" y las variaciones gramaticales del mismo se refieren a bordear o delimitar por lo menos un lado. La pared o paredes -104- se pueden extender alrededor de la zona de combustión -102- en cualquier geometría adecuada. Por ejemplo, tal como se muestra en la figura 2, la pared o paredes -104- se pueden extender alrededor de la zona de combustión -102- para formar un perímetro rectangular. Alternativamente, la pared o paredes -104- se pueden extender alrededor de la zona de combustión -102- para formar una geometría que es de forma curvada, cuadrada, rectangular o una combinación de las mismas.

Los tubos de proceso -110- están posicionados en el interior de la zona de combustión -102- del reformador -100-. Los tubos de proceso -110- pueden ser cualquier tubo adecuado para transportar fluidos en el interior del reformador -100-. Los tubos de proceso -110- se calientan quemando combustible en la zona de combustión -102-. Los tubos de proceso -110- pueden estar organizados en cualquier disposición adecuada. Por ejemplo, la dirección del flujo de proceso en el interior de los tubos de proceso -110- puede ser a favor de la corriente, a contracorriente o una combinación de las mismas (en relación con la dirección del fuego).

Tal como se representa en la figura 1, los tubos de proceso -110- pueden estar dispuestos en una fila sustancialmente horizontal, extendiéndose cada tubo de proceso -110- en una dirección vertical (de elevación). Los tubos de proceso -110- pueden tener quemadores posicionados en lados opuestos. En una realización, una fila de tubos de proceso -110- está posicionada entre dos filas sustancialmente paralelas de quemadores. Tal como se muestra en la figura 1, una fila de quemadores -106- unidos a la pared puede bordear la pared -104-, una fila de tubos de proceso -110- puede bordear la fila de quemadores -106- unidos a la pared, una fila de quemadores -108- no unidos a la pared puede bordear los tubos de proceso -110- en un lado opuesto, una segunda fila de tubos de

proceso -110- puede bordear la fila de quemadores -108- no unidos a la pared y una fila de quemadores -106- unidos a la pared puede bordear la segunda fila de tubos de proceso -110- y la pared -104- en el lado opuesto de la zona de combustión -102-. El número de tubos de proceso -110-, el número de quemadores, la distancia entre tubos de proceso -110- y los quemadores, la distancia entre los quemadores -106- unidos a la pared y la pared -104-, la distancia entre los tubos de proceso -110- y la pared -104-, y/o cualquier otra relación entre los tubos de proceso -110-, los quemadores y/o la pared -104- se puede basar en cualquier disposición adecuada.

En una realización, la fracción de quemadores -106- unidos a la pared en un reformador de múltiples filas es $2(r+b-2)/b/r$, donde r es el número de filas, y b es el número de quemadores por fila. Por ejemplo, un tercio de los quemadores en un reformador de vapor de gran tamaño (habitualmente 9 filas de quemadores, 14 quemadores por fila) pueden ser quemadores -106- unidos a la pared. En un reformador de vapor de tamaño medio de 5 filas de quemadores y 10 quemadores por fila, el 52 % de los quemadores pueden ser quemadores -106- unidos a la pared.

El quemador -106- unido a la pared, según la presente invención, proporciona las propiedades de inyección no uniformes. Las propiedades de inyección no uniformes generan un perfil de calor que proporciona una cantidad menor de calor proximal a la pared o paredes -104-, en comparación con las otras zonas. En una realización, el perfil de calor se puede preparar para que presente una primera zona -112- y una segunda zona -114-, teniendo la primera zona -112- una relación combustible/oxidante menor que la segunda zona -114-. La primera zona -112- (que es proximal a la pared o paredes -104-) tiene una primera densidad de calor, y la segunda zona -114- (que es distal de la pared o paredes -104-) puede tener una segunda densidad de calor. La segunda densidad de calor es mayor que la primera densidad de calor.

En la realización a modo de ejemplo mostrada en la figura 1, la primera zona -112- (que tiene la menor concentración de combustible) está posicionada proximal a la pared -104-. El combustible es quemado (o quemado parcialmente) por el quemador -106- unido a la pared posicionado proximal a la pared -104-. En esta realización, el quemador -106- unido a la pared tiene una configuración sustancialmente diferente comparado con otro quemador (tal como el quemador -108- no unido a la pared, posicionado entre los tubos de proceso -110- en el reformador -100- mostrado en la figura 1). La diferencia sustancial en la configuración forma las propiedades de inyección no uniformes. Una o varias de las propiedades de inyección pueden ser diferentes para el quemador unido a la pared comparado con el quemador no unido a la pared. Las propiedades de inyección no uniformes del quemador -106- unido a la pared pueden estar formadas por propiedades de inyección tales como un ángulo diferente de uno o varios inyectores, un caudal diferente de uno o varios inyectores, una cantidad y/o posición diferentes de los inyectores de oxidante, una cantidad y/o posición diferentes de los inyectores de combustible, una posición diferente de uno o varios inyectores, y combinaciones de los mismos.

Las propiedades de inyección no uniformes se pueden formar mediante ángulos diferentes de inyección de fluido. Las propiedades de inyección no uniformes se pueden formar mediante el primer conjunto de inyectores -116- y el segundo conjunto de inyectores -118- introduciendo fluido en ángulos diferentes. El primer conjunto de inyectores -116- proporciona un fluido en un primer ángulo $-\theta_1$. El segundo conjunto de inyectores -118- proporciona un fluido (que puede o no ser el mismo fluido que proporciona el primer conjunto de inyectores -116-) en un segundo ángulo $-\theta_2$. El primer ángulo $-\theta_1$ y el segundo ángulo $-\theta_2$ pueden diferir para formar las propiedades de inyección no uniformes del quemador -106- posicionado como un quemador unido a la pared. En una realización, el intervalo del primer ángulo $-\theta_1$ y del segundo ángulo $-\theta_2$ puede ser desde aproximadamente -30° hasta aproximadamente 60° (donde los ángulos negativos indican una dirección divergente, o hacia el exterior, de un eje del inyector con respecto a un eje del quemador -106-). En otra realización, el intervalo del primer ángulo $-\theta_1$ puede ser desde aproximadamente 30° hasta aproximadamente 45° y el intervalo del segundo ángulo $-\theta_2$ puede ser desde aproximadamente 15° hasta aproximadamente 30° . En una realización, el primer ángulo $-\theta_1$ es mayor que el segundo ángulo $-\theta_2$, formando de ese modo una zona de combustión rápida en la primera zona -112- de la zona de combustión -102-. Aumentar el primer ángulo $-\theta_1$ puede reducir el volumen de la llama, mientras que reducir el primer ángulo $-\theta_1$ puede ampliar el volumen de la llama.

En una realización, mostrada en las figuras 3A y 3B, uno o varios inyectores del primer conjunto de inyectores -116- pueden incluir un ángulo compuesto que tiene tanto una componente radial como una tangencial. La componente radial puede estar formada por un ángulo radial $-\beta_1$ distinto de cero. La componente radial dirige el fluido procedente del primer conjunto de inyectores -116- hacia el eje del quemador -106- unido a la pared. El fluido procedente del primer conjunto de inyectores -116- fluye sobre una trayectoria para cruzar el eje del quemador -106- unido a la pared en una posición predeterminada más abajo. La componente tangencial puede estar formada por un ángulo tangencial $-\beta_2$ distinto de cero. La componente tangencial dirige el fluido procedente del primer conjunto de inyectores -116- en una dirección alrededor del eje del quemador -106- unido a la pared. Por ejemplo, si el ángulo de inyección es positivo (hacia el interior), una componente axial combinada, la componente radial y la componente tangencial forman una trayectoria de fluido helicoidal (o sustancialmente helicoidal) con un radio decreciente (similar a un cono truncado) alrededor del eje. La componente tangencial puede impedir que el fluido proporcionado por el primer conjunto de inyectores -116- se cruce con el eje del quemador -106- unido a la pared. Por lo tanto, la combinación de la componente radial y la componente tangencial de un ángulo compuesto controla la trayectoria para la llama generada por el quemador -106- unido a la pared. Por ejemplo, dichos ángulos compuestos pueden inducir un movimiento espiral en la llama, que puede provocar efectos deseados. Si bien los volúmenes mayores de

llama extienden la liberación de calor y reducen las temperaturas de pico de la llama, pueden asimismo interferir con la llama o llamas adyacentes en estrecha proximidad. Para reducir o eliminar la interacción entre las llamas y la pared o paredes -104-, pueden ser deseables mayores ángulos de inyección hacia el interior.

5 Haciendo referencia a la figura 2, las propiedades de inyección no uniformes se pueden formar proporcionando un flujo de fluido controlado a un primer flujo de fluido desde uno o varios de los inyectores en el primer conjunto de inyectores (identificados como -1- a -5- en el quemador -201-, e identificados como -11- a -15- en el quemador -203-) y un segundo flujo de fluido desde uno o varios inyectores en un segundo conjunto de inyectores (identificados como -6- a -10- en el quemador -201-, e identificados como -16- a -20- en el quemador -203-). El primer conjunto de inyectores puede proporcionar un fluido de diferente composición a la del segundo conjunto de inyectores. Por ejemplo, en una realización, el segundo flujo de fluido puede incluir combustible y el primer flujo de fluido puede sustancialmente carecer de combustible o puede tener una menor relación combustible/oxidante. En esta realización, el primer conjunto de inyectores proporciona la menor relación de combustible/oxidante en la primera zona -112- de la zona de combustión -102-. En otra realización, se pueden incluir conjuntos adicionales de inyectores.

En una realización, el primer fluido puede incluir un oxidante y el segundo fluido puede sustancialmente carecer del oxidante o puede tener una diferente composición de oxidante. En esta realización, el primer conjunto de inyectores puede proporcionar una mayor concentración del oxidante en la primera zona -112-, formando de ese modo una menor relación combustible/oxidante en la primera o primeras zonas -112-.

En una realización, el primer fluido se puede proporcionar a un primer caudal y el segundo fluido se puede proporcionar a un segundo caudal, siendo el segundo caudal diferente al primer caudal. En esta realización, el primer conjunto de inyectores proporciona una mayor concentración de oxidante y/o una menor relación combustible/oxidante en la primera o primeras zonas -112-, formando de ese modo una menor relación combustible/oxidante en la primera o primeras zonas -112-. En otra realización, el segundo caudal puede ser cero.

En otras realizaciones, las propiedades de inyección no uniformes se pueden formar mediante cualquier combinación adecuada de configuración del quemador o quemadores -106- unidos a la pared. Por ejemplo, las propiedades de inyección no uniformes se pueden formar siendo el primer flujo de fluido procedente del primer conjunto de inyectores de composición (por ejemplo, concentración de combustible y/o concentración de oxidante) diferente a la del segundo flujo de fluido procedente del segundo conjunto de inyectores. Adicional o alternativamente, las propiedades de inyección no uniformes se pueden formar configurando el quemador o quemadores -106- unidos a la pared de manera que el caudal del primer flujo de fluido procedente del primer conjunto de inyectores sea diferente del caudal del segundo flujo de fluido procedente del segundo conjunto de inyectores. Adicional o alternativamente, las propiedades de inyección no uniformes se pueden formar configurando el quemador o quemadores -106- unidos a la pared para introducir el primer flujo de fluido procedente del primer conjunto de inyectores en un ángulo diferente del segundo flujo de fluido procedente del segundo conjunto de inyectores. Adicional o alternativamente, las propiedades de inyección no uniformes se pueden formar mediante cualquier otra configuración adecuada para el quemador o quemadores -106- unidos a la pared y/o el conjunto o conjuntos de inyectores.

La disposición del quemador o quemadores -106- unidos a la pared y/o del conjunto o conjuntos de inyectores puede incluir cualquier disposición adecuada de formación de las propiedades de inyección no uniformes. Las propiedades de inyección no uniformes se pueden formar incluyendo menos inyectores en el quemador -106- unido a la pared, disponiendo el quemador -106- unido a la pared de tal modo que ninguno de los inyectores incluidos esté a lo largo de la pared -104- y/o girando el quemador -106- unido a la pared. El giro del quemador -106- unido a la pared puede orientar los inyectores dentro del quemador -106- unido a la pared de manera que sea diferente a la orientación de los inyectores para el quemador -108- no unido a la pared. Adicionalmente, el quemador -106- unido a la pared girado puede incluir dos inyectores que sean equidistantes (o sustancialmente equidistantes) de la pared -104-, mientras que otros quemadores (por ejemplo, el quemador -201-) tienen un inyector (identificado como -3-) que está más próximo a la pared -104- que ningún otro inyector.

EJEMPLO

55 Se generó un modelo de dinámica de fluidos computacional (CFD, computational fluid dynamic). El modelo CFD se basó en un reformador con múltiples quemadores, siendo algunos quemadores unidos a la pared. Los quemadores unidos a la pared tienen menos espacio de combustión que los otros quemadores en el horno.

60 Se utilizó un horno de reformado con múltiples filas de tubos de proceso. Se retiraron los inyectores de combustible de los quemadores unidos a la pared adyacentes a una pared para un reformador de múltiples filas de proceso.

En el ejemplo, se deshabilitó el inyector -13- (que se muestra en el quemador -203- de la figura 2) teniendo como resultado un flujo cero. Se deshabilitaron el inyector -3- y el inyector -5- (que se muestran en el quemador -201- de la figura 2) teniendo como resultado un flujo cero. La modificación estaba destinada a reducir la inestabilidad a la escala del horno, provocada por la interacción de llamas entre quemadores. Dicha interacción entre llamas se puede

5 medir mediante el volumen de las llamas en relación con el volumen del horno. Tal como se utiliza en este ejemplo, el volumen de las llamas se define como las zonas de nivel de monóxido de carbono (CO) con por lo menos 1000 partes por millón en una base molar húmeda (ppm húmedo). Para un reformador con nueve filas de quemadores y 14 quemadores en cada fila, hay una reducción prevista del 8 % en el volumen de las llamas a pesar de afectar sólo aproximadamente al 3 % de la entrada total de combustible.

10 Aunque el procedimiento y/o el horno se han descrito haciendo referencia a una realización preferente, los expertos en la materia comprenderán que se pueden realizar diversos cambios sin apartarse del alcance de la invención, tal como se define mediante las reivindicaciones adjuntas. Por lo tanto, se pretende que la invención no se limite a la realización particular dada a conocer como el mejor modo contemplado para llevar a cabo esta invención, sino que la invención incluya todas las realizaciones comprendidas en el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de combustión, comprendiendo el procedimiento:

5 quemar un combustible en una zona de combustión (102) de un reformador (100) de llama ascendente o de llama descendente, estando rodeada la zona de combustión (102), por lo menos parcialmente, por una o varias paredes (104), realizándose la combustión mediante una serie de quemadores, en el que por lo menos uno de la serie de quemadores es un quemador (106) unido a la pared y por lo menos uno de la serie de quemadores es un quemador (108) no unido a la pared; y

10 formar propiedades de inyección no uniformes con el quemador (106) unido a la pared,

en el que una o varias propiedades de inyección del quemador (106) unido a la pared son diferentes de una o varias propiedades de inyección del quemador (108) no unido a la pared, y en el que las propiedades de inyección no uniformes del quemador (106) unido a la pared se forman mediante una o varias propiedades de inyección del quemador (106) unido a la pared, seleccionándose dichas una o varias propiedades de inyección del quemador (106) unido a la pared y del quemador (108) no unido a la pared a partir del grupo que consiste en el ángulo de uno o varios inyectores, el flujo a través de uno o varios inyectores, la cantidad y/o la posición de los inyectores de oxidante, la cantidad y/o la posición de los inyectores de combustible, y combinaciones de los mismos,

20 caracterizado por que

las propiedades de inyección no uniformes generan un perfil de calor, proporcionando el perfil de calor una primera densidad de calor proximal a dichas una o varias paredes y una segunda densidad de calor distal de dichas una o varias paredes, siendo la segunda densidad de calor mayor que la primera densidad de calor.

2. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que las propiedades de inyección no uniformes se forman mediante el flujo a través de uno o varios inyectores, comprendiendo el flujo a través de uno o varios inyectores un primer flujo de fluido procedente de un primer conjunto de inyectores del quemador (106) unido a la pared y un segundo flujo de fluido procedente de un segundo conjunto de inyectores del quemador (106) unido a la pared, siendo el primer conjunto de inyectores proximal a dichas una o varias paredes (104) y siendo el segundo conjunto de inyectores distal de dichas una o varias paredes (104).

3. Procedimiento, según la reivindicación 2, en el que la composición del primer flujo de fluido es diferente de la del segundo flujo de fluido.

4. Procedimiento, según la reivindicación 3, en el que el primer flujo de fluido comprende un combustible.

5. Procedimiento, según la reivindicación 4, en el que el primer flujo de fluido tiene una primera relación combustible/oxidante y el segundo flujo de fluido tiene una segunda relación combustible/oxidante, siendo la primera relación combustible/oxidante menor que la segunda relación combustible/oxidante.

6. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que el primer flujo de fluido comprende un oxidante.

7. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, en el que el primer flujo de fluido tiene un primer caudal y el segundo flujo de fluido tiene un segundo caudal, siendo el primer caudal diferente del segundo caudal.

8. Procedimiento, según la reivindicación 7, en el que el primer caudal es cero.

9. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que las propiedades de inyección no uniformes se forman mediante el ángulo de uno o varios inyectores, comprendiendo el ángulo de uno o varios inyectores un primer ángulo de los inyectores para un primer conjunto de inyectores y un segundo ángulo de los inyectores para un segundo conjunto de inyectores, siendo el primer ángulo de los inyectores diferente del segundo ángulo de los inyectores.

10. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que la serie de quemadores están dispuestos en una serie de filas.

11. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la formación de las propiedades de inyección no uniformes reduce la generación de NOx en el reformador (100) de llama ascendente o de llama descendente y reduce el volumen de la llama en la zona de combustión (102).

12. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que la cantidad de inyectores de oxidante y/o de inyectores de combustible en el quemador (106) unido a la pared es diferente de una segunda cantidad de inyectores de oxidante y/o de inyectores de combustible en los quemadores (108) no unidos a la pared.

13. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que el quemador (106) unido a la pared incluye una posición girada con respecto al quemador (108) no unido a la pared.

14. Reformador (100), comprendiendo el reformador:

5 una zona de combustión (102) rodeada, por lo menos parcialmente, por una o varias paredes (104);
una serie de quemadores en una configuración de llama ascendente o de llama descendente, incluyendo cada quemador de la serie de quemadores una serie de inyectores;

10 en el que por lo menos un quemador de la serie de quemadores es un quemador (106) unido a la pared y por lo menos un quemador de la serie de quemadores es un quemador (108) no unido a la pared;

15 en el que el quemador (106) unido a la pared incluye propiedades de inyección no uniformes para generar un perfil de calor,

en el que una o varias propiedades de inyección del quemador (106) unido a la pared son diferentes de una o varias propiedades de inyección del quemador (108) no unido a la pared; y

20 en el que las propiedades de inyección no uniformes del quemador (106) unido a la pared se forman mediante dichas una o varias propiedades de inyección del quemador (106) unido a la pared, seleccionándose dichas una o varias propiedades de inyección del quemador (106) unido a la pared y del quemador (108) no unido a la pared a partir del grupo que consiste en el ángulo de uno o varios inyectores, el flujo a través de uno o varios inyectores, la cantidad y/o la posición de los inyectores de oxidante, la cantidad y/o la posición de los inyectores de combustible, y combinaciones de los mismos,

25 caracterizado por que

30 el perfil de calor proporciona una primera densidad de calor proximal a dichas una o varias paredes y una segunda densidad de calor distal de dichas una o varias paredes, siendo la segunda densidad de calor mayor que la primera densidad de calor.

35 15. Reformador, según la reivindicación 14, en el que las propiedades de inyección no uniformes del quemador (106) unido a la pared se forman mediante el ángulo de uno o varios inyectores del quemador (106) unido a la pared, comprendiendo el ángulo de uno o varios inyectores un primer ángulo de los inyectores para un primer conjunto de inyectores y un segundo ángulo de los inyectores para un segundo conjunto de inyectores, siendo el primer ángulo de los inyectores diferente del segundo ángulo de los inyectores.

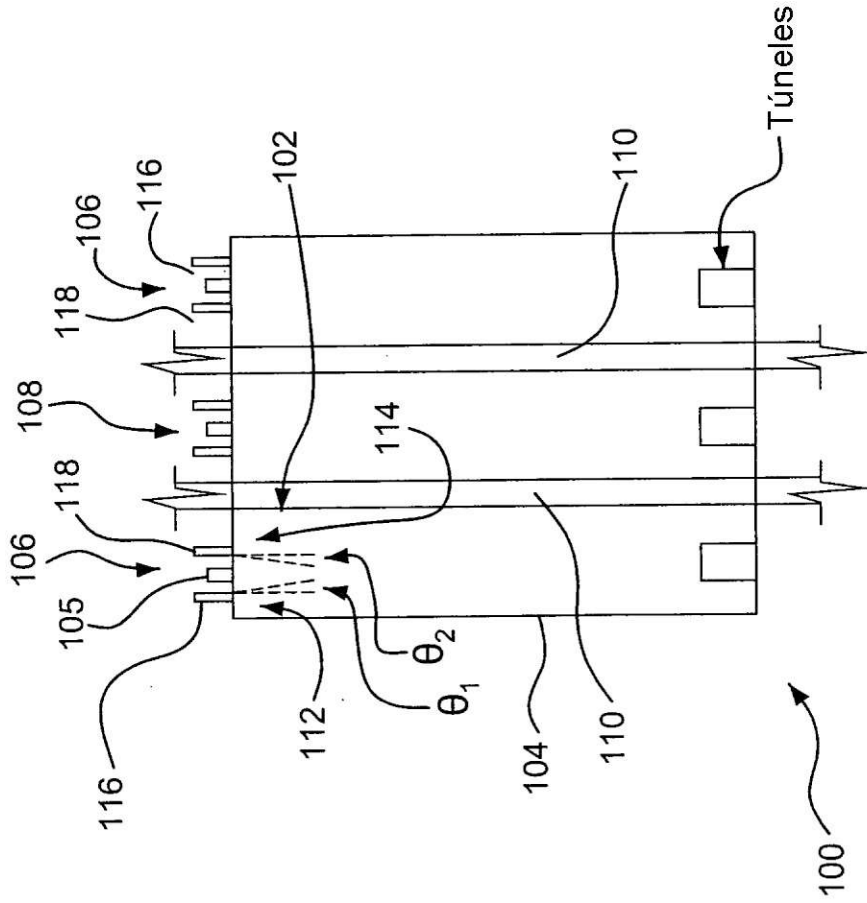


FIG. 1

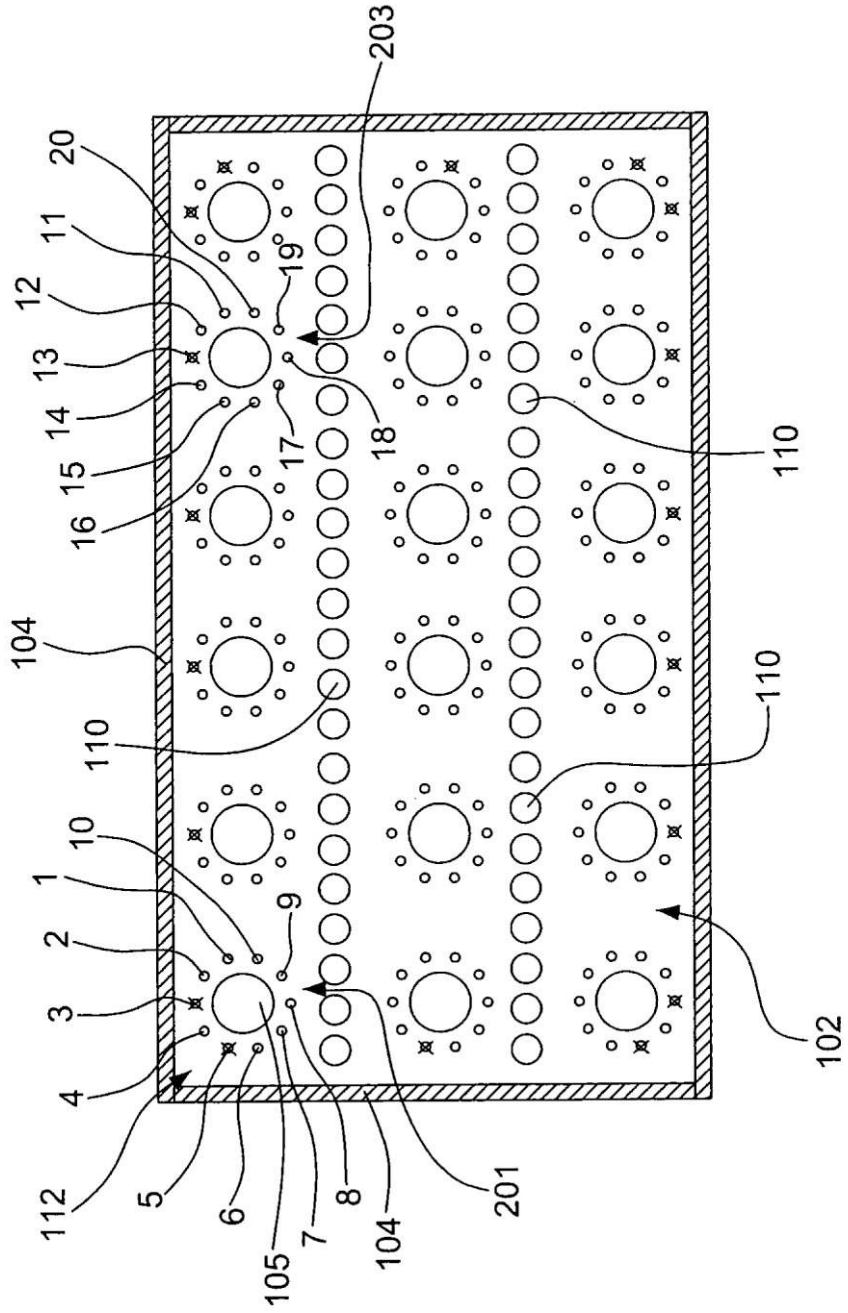


FIG. 2

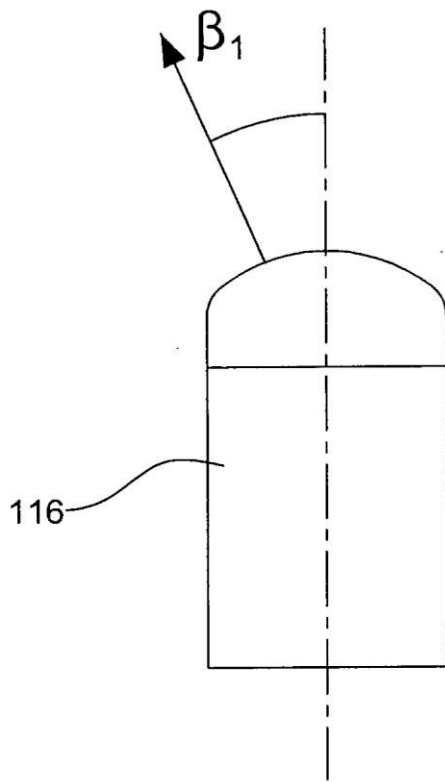


FIG. 3A

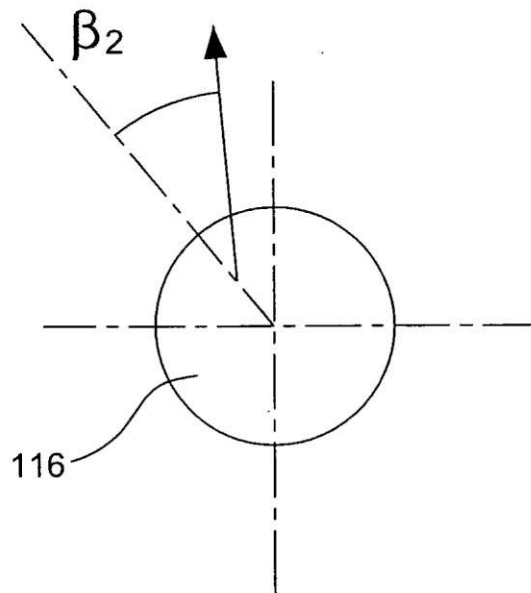


FIG. 3B