

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 383 362**

51 Int. Cl.:

F23D 1/00 (2006.01)

F23C 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04704070 .4**

96 Fecha de presentación: **21.01.2004**

97 Número de publicación de la solicitud: **1588097**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **26.10.2005**

54 Título: **Sistema de quemador y método para mezclar una pluralidad de combustibles sólidos**

30 Prioridad:
22.01.2003 US 348624

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
20.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
20.06.2012

73 Titular/es:
**Siemens Energy, Inc.
4400 Alafaya Trail
Orlando, FL 32826, US**

72 Inventor/es:
**VATSKY, Joel y
CONN, Richard, E.**

74 Agente/Representante:
Zuazo Araluze, Alexander

ES 2 383 362 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

Sistema de quemador y método para mezclar una pluralidad de combustibles sólidos.

Campo técnico

5 Esta invención se refiere en general a sistemas de quemador de combustible sólido y, más particularmente, a sistemas de quemador que queman y coencenden una pluralidad de tipos de combustibles sólidos.

Antecedentes de la técnica

10 Un método de coencendido implica el uso de un combustible de biomasa – una fuente renovable - para proporcionar una solución de bajo coste para generar electricidad. Este método implica el coencendido de un combustible de biomasa (por ejemplo, serrín) como combustible secundario con carbón pulverizado (el combustible primario) en una caldera de carbón. Ventajosamente, las emisiones de CO₂ a partir del quemado de un combustible de biomasa se consideran medioambientalmente benignas. Además, el encendido de combustibles de biomasa da como resultado una reducción de emisiones de SO₂ debido al inferior contenido de azufre del combustible en comparación con el carbón. Finalmente, también puede conseguirse una reducción de las emisiones de NO_x debido al inferior contenido de nitrógeno del combustible de biomasa, a lo que se añaden los efectos beneficiosos de las sustancias volátiles del combustible de biomasa durante las primeras fases de la combustión.

15 La reducción potencial de NO_x a partir del coencendido de un combustible de biomasa con carbón pulverizado se debe a varios mecanismos. En primer lugar, el combustible de biomasa tiene un inferior contenido de nitrógeno combustible que el carbón pulverizado lo que da como resultado la formación de menos NO_x a partir del nitrógeno unido al combustible. En segundo lugar, en una llama un combustible de biomasa libera sustancias volátiles a temperaturas inferiores que el carbón pulverizado. Una vez liberadas, estas sustancias volátiles pueden reaccionar entonces con oxígeno, inhibiendo así la oxidación del nitrógeno unido al combustible liberado a partir del carbón pulverizado. Finalmente, las sustancias volátiles también pueden forzar la reducción de NO formada en la llama a nitrógeno elemental.

20 Desgraciadamente, en calderas de carbón pulverizado, se han encontrado limitaciones relativas a la eficacia de usar un combustible de biomasa como medio para reducir las emisiones de NO_x. Estas limitaciones son resultado de la técnica usada para coencender el combustible de biomasa con el carbón pulverizado.

25 Una técnica se define por ejemplo en el documento WO-01/25689, se inyecta por separado el combustible de biomasa y el carbón pulverizado en la zona de combustión. Por ejemplo, suele usarse una tubería para inyectar el combustible de biomasa usando aire de transporte en el centro del quemador rodeado por el carbón pulverizado. Suele colocarse un desviador a poca distancia de la cara de quemador con el fin de forzar el flujo de combustible de biomasa radialmente hacia fuera en un intento de crear una zona de recirculación en esta región. Como tal, el combustible de biomasa y el carbón pulverizado se mezclan en la zona de combustión, externa al inyector de combustible. Sin embargo, este método de coencendido es sólo parcialmente eficaz y no proporciona el medio más eficaz de utilizar los beneficios de la reducción de NO_x de las sustancias volátiles en el combustible de biomasa. En particular, dado que el carbón pulverizado se inyecta por separado, las sustancias volátiles liberadas del combustible de biomasa en el núcleo de la llama pueden no ser capaces de eliminar el oxígeno y reducir de manera eficaz el NO_x formado a partir del carbón pulverizado.

30 Otra técnica de coencendido, tal como se da a conocer en el documento WO-94/24486, implica moler la biomasa junto con carbón en un molino antes de que entren en la tubería de carbón para su distribución al quemador. En otras palabras, el combustible de biomasa se mezcla con el combustible primario en el molino. Sin embargo, el nivel de coencendido de biomasa se limita en gran medida por esta técnica de inyección debido al rendimiento del molino. Normalmente, sólo puede molerse aproximadamente el 5 por ciento de combustible de biomasa (en peso) en el molino junto con carbón sin provocar un grave deterioro en el rendimiento del molino.

35 Como tal, aunque pueden obtenerse algunos beneficios de reducción de NO_x a partir del coencendido de un combustible de biomasa con carbón pulverizado en quemadores de pared, las técnicas existentes no parecen conseguir el nivel máximo posible de reducción de NO_x.

40 Debe observarse que, hasta la fecha, la mayoría del combustible de biomasa coencendido en calderas de pared se ha conducido con quemadores de turbulencia que no estaban diseñados para funcionamiento con bajo NO_x. Estos quemadores requieren estequiometrías controladas de manera precisa en el núcleo de la llama para conseguir emisiones de NO_x bajas. Sin embargo, los combustibles de biomasa generalmente tienen un contenido de oxígeno significativamente más alto que los de carbón pulverizado y cuando se transportan al quemador con aire pueden provocar un aumento en la estequiometría en el núcleo de la llama y pueden aumentar la formación de NO_x, negando así los efectos beneficiosos de la reducción de NO_x del contenido muy volátil del combustible de biomasa.

45 Además, no se ha demostrado ninguna experiencia de campo hasta la fecha que implique el coencendido de un combustible de biomasa con carbón pulverizado en quemadores de bajo NO_x actuales. Sin embargo, modelos informáticos predictivos de quemadores de bajo NO_x actuales indican que el NO_x de hecho puede aumentar en una

llama de quemador de NO_x bajo de escala completa cuando se coencenden, por ejemplo, serrín y carbón. Por tanto, las aplicaciones de quemador de NO_x bajo actuales no maximizan los efectos beneficiosos del contenido muy volátil de combustibles de biomasa para la reducción de NO_x, al tiempo que inhiben los efectos de su alto contenido de oxígeno en la formación de NO_x.

- 5 En vista de lo anterior, existe la necesidad de mejorar las disposiciones de coencendido existentes que utilizan un combustible de biomasa para maximizar los efectos beneficiosos de la reducción de NO_x.

Sin embargo, además de los combustibles de biomasa, también pueden usarse otros combustibles secundarios en un quemador de coencendido. El coque de petróleo es un residuo de refinería con un alto poder calorífico que es considerablemente inferior en precio al carbón para su uso como combustible en una caldera de vapor. El coque de petróleo, a diferencia del carbón, tiene un contenido volátil muy bajo lo que lo hace muy difícil de inflamar y quemar cuando se enciende en calderas no específicamente diseñadas para este combustible. Normalmente, el coque de petróleo se muele en un molino junto con el carbón y se alimenta al quemador a través de una tubería de carbón. El porcentaje de coque de petróleo que puede encenderse con el carbón se limita habitualmente a aproximadamente el 20 por ciento en peso, dado que niveles más altos darán como resultado problemas de estabilidad de llama debidos al bajo contenido volátil del coque de petróleo. Esta limitación se debe parcialmente al hecho de que el coque de petróleo es difícil de moler y generalmente no puede obtenerse una distribución de tamaños suficientemente finos cuando se mezcla con carbón y se muele en un molino diseñado para carbón. El coque de petróleo grueso no sólo da como resultado problemas de estabilidad de llama, sino que también conduce a un nivel alto de carbono no quemado (UBC) en la ceniza volante. De manera ideal, el coencendido de coque de petróleo con un carbón muy reactivo, muy volátil, tal como subbituminoso o lignito debería proporcionar una mejor estabilidad de llama que con un carbón bituminoso menos reactivo. Desgraciadamente, estos carbones normalmente también son difíciles de moler, por lo que suelen limitar por tanto el porcentaje de coque de petróleo que puede molerse con ellos en un molino.

Alternativamente, en lugar de moler el coque de petróleo junto con el combustible primario en un molino, la patente estadounidense n.º 6.101.959 publicada el 15 de agosto de 2000 de Bronicki *et al.* describe el uso de un mezclador para combinar un combustible secundario con un poder calorífico más alto que el combustible primario. Sin embargo, no hay ninguna descripción en esta patente de la estructura del mezclador o su efecto en los problemas de estabilidad de llama y UBC con respecto al coque de petróleo.

Como tal, aunque el coque de petróleo puede coencenderse con carbón en quemadores de pared, no se ha desarrollado un método de coencendido de coque de petróleo que proporcione máxima estabilidad de llama y mínimo UBC de ceniza volante al tiempo que mantiene mínimas emisiones de NO_x.

Sumario de la invención

Según un aspecto de la invención, un inyector de combustible comprende un elemento de mezclado para mezclar un combustible sólido primario y un combustible sólido secundario antes de la inyección a una zona de combustión. En particular, el inyector de combustible incluye un orificio de entrada primario para recibir un combustible sólido primario, un orificio de entrada secundario para recibir un combustible sólido secundario, una cámara de mezclado que incluye un elemento de mezclado acoplado al orificio de entrada primario y el orificio de entrada secundario para mezclar el combustible sólido primario y el combustible sólido secundario para proporcionar un combustible sólido mezclado; y una boquilla para proporcionar el combustible sólido mezclado a una cámara de combustión.

En una realización ilustrativa, un sistema de quemador de coencendido comprende un conjunto de quemador que incluye, un inyector de combustible de tipo voluta. El inyector de combustible de tipo voluta incluye un orificio de combustible sólido primario, o entrada, para recibir un combustible sólido primario, un orificio de combustible sólido secundario, o entrada, para recibir un combustible sólido secundario, un cilindro exterior y un elemento difusor. El combustible sólido primario y el combustible sólido secundario entran en el inyector de combustible de manera tangencial, aunque alternativamente el combustible secundario puede entrar en el inyector de combustible de manera axial, y se mezclan en el cilindro exterior. El elemento difusor se ubica en el cilindro exterior para mejorar adicionalmente el mezclado del combustible sólido secundario con el combustible sólido primario dentro del inyector de combustible antes de la inyección en la zona de combustión.

En otra realización, un sistema de quemador de coencendido comprende un conjunto de quemador que incluye un inyector de combustible de tipo codo. El inyector de combustible de tipo codo incluye un orificio de combustible sólido primario, o entrada, para recibir un combustible sólido primario, un orificio de combustible sólido secundario, o entrada, para recibir un combustible sólido secundario, un cilindro y un rotor u otro dispositivo de dispersión. El combustible sólido primario y el combustible sólido secundario entran en el inyector de combustible de manera axial y se mezclan en el cilindro. El rotor se ubica dentro de un cilindro del inyector de combustible acoplado al orificio de entrada secundario para mejorar adicionalmente el mezclado del combustible sólido secundario con el combustible sólido primario dentro del inyector de combustible antes de la inyección en la zona de combustión.

En una aplicación ilustrativa de un sistema de quemador de coencendido que comprende un inyector de combustible que mezcla un combustible sólido primario con un combustible sólido secundario, el combustible sólido primario es

carbón pulverizado, y el combustible sólido secundario es un combustible altamente volátil, tal como un combustible de biomasa.

5 En otra aplicación ilustrativa de un sistema de quemador de coencendido que comprende un inyector de combustible que mezcla un combustible sólido primario con un combustible sólido secundario, el combustible sólido primario es un combustible poco volátil, tal como un coque de petróleo, y el combustible sólido secundario es un combustible altamente volátil, tal como un combustible de biomasa.

10 En otra aplicación ilustrativa de un sistema de quemador de coencendido que comprende un inyector de combustible que mezcla un combustible sólido primario con un combustible sólido secundario, el combustible sólido primario es carbón pulverizado, y el combustible sólido secundario es un combustible poco volátil, tal como un coque de petróleo.

La invención se entenderá mejor a partir de la breve descripción del dibujo, descripción detallada y reivindicaciones siguientes.

Breve descripción de los dibujos

15 La figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de quemador de coencendido según los principios de la invención;

la figura 2 es una vista en sección de un conjunto de quemador según los principios de la invención; y

la figura 3 es una vista en sección de otro conjunto de quemador según los principios de la invención.

Mejor modo de llevar a cabo la invención

20 Aparte del concepto de la invención, el aparato y los métodos para un sistema de quemador de coencendido se conocen ampliamente y no se describen adicionalmente en el presente documento. Por ejemplo, aparte del concepto de la invención, un inyector de combustible es una parte del equipo de combustión que inyecta los combustibles y el gas portador a una zona de combustión. Asimismo, números similares en diferentes figuras representan elementos similares.

25 Un sistema de quemador de coencendido ilustrativo según los principios de la invención se muestra en la figura 1. El sistema 10 de quemador de coencendido comprende un molino 50 de carbón (planta de preparación de combustible), varias tuberías 103-1 a 103-N de alimentación, (tuberías de alimentación primarias), y 107 (representativas de tuberías de alimentación secundarias), un inyector 100 de combustible y un hogar de caldera, del que se muestra una parte 60 (en adelante hogar 60 de caldera) que tiene una zona 65 de combustión. De manera ilustrativa se proporcionan un combustible primario, por ejemplo, carbón, y un medio de transporte (o gas portador) (por ejemplo, aire) a una planta de preparación de combustible tal como se representa por el molino 50 de carbón, que pulveriza el carbón para su distribución a través del gas portador a varios quemadores a través de las tuberías 103-1 a 103-N de alimentación. Tal como se usa en el presente documento, un combustible primario es un combustible que representa más del 50 por ciento del consumo de calor de combustible total a través del proceso de combustión. Pueden usarse otros combustibles primarios, por ejemplo, coque de petróleo o una mezcla de carbón y coque de petróleo. Un combustible secundario (que se describe más adelante) también se pulveriza mediante una planta de preparación de combustible (que no se muestra por motivos de simplicidad) y se proporciona para su distribución a los quemadores usando un gas portador a través de varias tuberías de alimentación tal como se representa mediante la tubería 107 de alimentación secundaria (de nuevo, otras tuberías de alimentación secundarias no se ilustran por motivos de simplicidad).

40 Un conjunto de quemador representativo según los principios de la invención se ilustra mediante el inyector 100 de combustible de la figura 1. Tal como se describe a continuación, el inyector 100 de combustible recibe el combustible secundario, a través de la tubería 107 de alimentación, y el combustible primario, a través de la tubería 103-1 de alimentación, y mezcla los combustibles primario y secundario para proporcionar una mezcla de combustible compuesto a la zona 65 de combustión del hogar 60 de caldera. Según un aspecto de la invención, el inyector 100 de combustible proporciona el mezclado íntimo de dos o más combustibles sólidos antes de que los combustibles sólidos entren en la zona de combustión de un hogar. De manera ilustrativa, el inyector 100 de combustible es un componente de un quemador de bajo NO_x que se enciende en una caldera para generación de vapor. El inyector 100 de combustible es la parte del conjunto de quemador de bajo NO_x que inyecta los combustibles y el medio de transporte (por ejemplo, aire) en la zona de combustión; rodeando al inyector 100 de combustible hay un conjunto de registro (no mostrado) que suministra aire secundario que ayuda a anclar la llama y completar la combustión. El inyector 100 de combustible es contiguo a la zona 65 de combustión.

55 Volviendo ahora a la figura 2, se muestra una vista más detallada del inyector 100 de combustible. De manera ilustrativa, el inyector 100 de combustible es un inyector de tipo voluta. El inyector 100 de combustible inyecta los combustibles sólidos primario y secundario en la zona 65 de combustión del hogar 60 de caldera de la figura 1. Las tuberías 103-1 y 107 de alimentación alimentan de manera tangencial el combustible sólido primario y el combustible sólido secundario a orificios primario y secundario respectivos, o entradas, del inyector 100 de combustible.

Alternativamente, el combustible sólido primario y/o el combustible sólido secundario pueden entrar en el inyector de combustible de manera axial. La entrada primaria del inyector 100 de combustible es la voluta 102 de combustible primario. El flujo del combustible primario pulverizado se cambia de una dirección tangencial en la voluta 102 a una dirección axial que sale de la sección 104 transición mediante dispositivos de distribución de combustible en la voluta y la sección de transición. (Aparte del concepto de la invención, se conocen los dispositivos de distribución de combustible en la voluta y la sección de transición de un inyector de combustible de tipo voluta en la técnica y no se describen en el presente documento.) El combustible primario pulverizado entra entonces en el cilindro 105 exterior del inyector de combustible a una velocidad preferible en el intervalo de 15,24 m/s a 30,48 m/s (50 a 100 pies por segundo). El movimiento del combustible primario en el inyector 100 de combustible hacia el cilindro 105 exterior se representa de manera ilustrativa en la figura 2 mediante la línea 1 discontinua.

La entrada secundaria del inyector 100 de combustible es la voluta 106 de combustible secundario en el extremo del inyector 100 de combustible. El diseño de la voluta 106 proporciona de manera ilustrativa una velocidad tangencial preferible en el intervalo de 24,4 m/s a 45,7 m/s (80 a 150 pies por segundo) y una velocidad axial preferible en el intervalo de 6,1 m/s a 12,2 m/s (20 a 40 pies por segundo).

El combustible secundario se alimenta a la voluta 106 a través de la tubería 107 de alimentación secundaria y sale de la voluta 106 a través de un anillo 108 que rodea un cilindro 109 interior del inyector 100 de combustible. El cilindro 109 interior puede alojar el dispositivo de encendido del quemador (no mostrado). El combustible secundario entra entonces en un cilindro 105 exterior del inyector 100 de combustible. El movimiento del combustible secundario en el inyector 100 de combustible hacia el cilindro 105 exterior se representa de manera ilustrativa en la figura 2 mediante la línea 2 discontinua. Puede colocarse un difusor 111 en la salida del anillo para dirigir el flujo del combustible secundario hacia fuera hacia el combustible primario que sale de la sección 104 de transición. Como resultado, y según un aspecto de la invención, el combustible primario y el combustible secundario se mezclan íntimamente en una cámara, por ejemplo, el cilindro 105 exterior, del inyector 100 de combustible. Los combustibles primario y secundario íntimamente mezclados salen entonces por la punta 110 del inyector de combustible (o boquilla) con una distribución casi igual, o uniforme, alrededor de la circunferencia de la punta. Con referencia a la figura 2, la punta 110 se dispone en un extremo distal del conjunto de quemador aguas debajo de la cámara de mezclado tal como se representa mediante el cilindro 105 exterior.

Según un aspecto de la invención, el mezclado íntimo del combustible sólido primario y el combustible sólido secundario dentro del inyector de combustible del conjunto de quemador proporciona un combustible sólido mezclado más homogéneo para la combustión en una cámara de combustión de un hogar de caldera. Tal como se describe a continuación, esto permite además una reducción de las emisiones de NO_x. Además, esto permite además el uso de plantas de preparación independientes para cada tipo de combustible sólido, pudiendo estar cada planta de preparación configurada particularmente para pulverizar de manera más eficaz un tipo de combustible sólido particular. Además, las cantidades del combustible sólido primario y el combustible sólido secundario en el combustible sólido mezclado resultante pueden ajustarse fácilmente a través de las tuberías de alimentación a partir de cada planta de preparación.

Una aplicación del inyector 100 de combustible de la figura 2 es cuando el combustible secundario es un combustible utilizado muy volátil, por ejemplo, un combustible de biomasa (tal como serrín o similar) o un combustible derivado de residuos (RDF) que libera sustancias volátiles a una temperatura inferior que el combustible primario. El combustible primario es de manera ilustrativa carbón pulverizado. Alternativamente, el combustible primario también puede ser coque de petróleo pulverizado o una mezcla de carbón y coque de petróleo. A medida que la mezcla de combustible sale de la punta del quemador, el combustible secundario más reactivo actuará como agente de eliminación de oxígeno, proporcionando de este modo una región de reducción durante las fases iniciales de combustión y una reducción mejorada de NO_x, maximizando el efecto de liberación de sustancias volátiles del combustible secundario y sus interacciones posteriores durante las fases tempranas de combustión. Además de reaccionar con el oxígeno, estas sustancias volátiles también pueden reducir el NO_x formado a partir del carbón a nitrógeno elemental.

En esta aplicación, el gas portador usado para transportar el combustible utilizado al quemador es aire. Sin embargo, puede usarse gas de combustión reciclado o gas de combustión reciclado con aire de modo que el medio tenga un contenido inferior de oxígeno que de aire. El reciclaje de gas de combustión también se conoce como "recirculación de gas de combustión" (FGR). En el contexto de la figura 1, el combustible de biomasa se transporta en la tubería 107 de alimentación desde una planta de preparación de combustible (no mostrada) mediante un gas portador que comprende aire, o un gas de combustión que se recicla después del calentador de aire (no mostrado) desde la caldera o mediante un gas portador que comprende una mezcla de gas de combustión y aire.

En la planta de preparación de combustible, el combustible utilizado o bien se muele o se desmenuza y a continuación se tamiza para retirar el material grande antes del transporte. La cantidad de gas portador usada está en el intervalo de 0,5 a 2 kg por kg de combustible utilizado. De manera ilustrativa un ventilador acelerador (no mostrado) se usa preferiblemente para el aire o gas de combustión con el fin de superar la caída de presión asociada con el transporte del combustible utilizado al inyector de combustible y la voluta de alimentación utilizada. El aire para el transporte se toma tanto de un ventilador en la planta de preparación de combustible como de aire precalentado.

Un aspecto de la invención proporciona un mecanismo para controlar la estequiometría en el núcleo de la llama, lo que es crítico en términos de reducción de NO_x. La cantidad de aire usada en el medio de transporte puede ajustarse para controlar la estequiometría en el núcleo de la llama dependiendo del contenido de oxígeno del combustible secundario. En términos prácticos, para un quemador de bajo NO_x que enciende el 100 por cien de carbón bituminoso típico, la estequiometría de núcleo sería aproximadamente el 21 por ciento de la teórica cuando el carbón se transporta con 2 kg de aire por kg de carbón. Un quemador coencendido el 30 por ciento (en peso) de biomasa (tal como serrín) y el 70 por ciento de carbón bituminoso tendría una estequiometría de núcleo mucho mayor del 32 por ciento, si el serrín se transporta al inyector 100 de combustible con 1 kg de aire por kg de serrín. La estequiometría de núcleo puede mantenerse en aproximadamente el 21 por ciento usando un gas de transporte) de 0,75 kg de gas de combustión y 0,25 kg de aire por kg de serrín. La razón específica de gas de combustión a aire en el gas de transporte dependerá del oxígeno contenido del combustible utilizado y de las libras de gas de transporte requeridas por libra de combustible utilizado, y el nivel de salida de NO_x deseado. En muchas aplicaciones sólo se requeriría aire como gas portador.

Según otro aspecto de la invención, el secado parcial del combustible secundario antes de entrar en la zona de combustión también puede conseguirse controlando la temperatura del gas de transporte para el combustible utilizado. Tal secado parcial provoca que se produzca la desvolatilización antes en la zona de combustión permitiendo de este modo una reducción de NO_x más eficaz. Los combustibles utilizados tales como un combustible de biomasa pueden contener hasta el 50 por ciento de humedad cuando se reciben. Los resultados de laboratorio muestran que estos combustibles pueden perder la mayor parte de esta humedad cuando se calientan a aproximadamente 93°C (200° Fahrenheit (F)). La temperatura del combustible de biomasa que entra en el inyector 100 de combustible puede controlarse en el intervalo de 65°C a 93°C (150°F a 200°F) usando gas de combustión y aire precalentado, templados con aire frío procedente del ventilador en la planta de preparación de combustible respectiva. El secado parcial del combustible de biomasa antes de entrar en el inyector 100 de combustible acelerará entonces la liberación de sustancias volátiles a partir del combustible de biomasa una vez que entre en la zona de combustión.

Las pruebas de laboratorio muestran además que algunos combustibles de biomasa liberan sustancias volátiles simultáneamente con humedad a medida que se calientan. Por consiguiente, también puede ser posible liberar algunas de las sustancias volátiles a partir del combustible de biomasa junto con humedad mediante un método de precalentamiento según esta invención. La liberación de sustancias volátiles a partir del combustible de biomasa antes de entrar en la zona de combustión mejorará su reducción del efecto de NO_x, en comparación con la liberación de las sustancias volátiles en la zona de combustión del hogar.

Un ejemplo de secado parcial de un combustible secundario se da para un combustible de biomasa que se transporta al inyector 100 de combustible con 0,34 kg (0,75 libras) de gas de combustión reciclado y 0,11 kg (0,25 libras) de aire. El aire precalentado a 93°C (200°F) y el gas de combustión a 137°C (280°F) proporcionan un gas de transporte con una temperatura de 126°C (260°F). Con el combustible de biomasa a 21°C (70°F), la temperatura de la biomasa/gas de transporte que entra en el inyector 100 de combustible será aproximadamente 65°C (150°F), lo que proporcionará un secado significativo del combustible de biomasa. La temperatura precisa requerida y la extensión del secado dependerán del tipo de combustible de biomasa y su contenido de humedad. Esta temperatura puede controlarse variando la cantidad de aire de templado usada para el gas de transporte. La temperatura del combustible utilizado que entra en el inyector de combustible debe mantenerse por debajo de su temperatura de encendido y dependerá de la reactividad del combustible específico. El uso de aire o gas de combustión más aire calentados para transportar la biomasa al quemador al tiempo que se desvolatiliza parcialmente mejora adicionalmente la capacidad de combustión de la biomasa.

Alternativamente, o además de lo anterior, el combustible de biomasa puede secarse antes del transporte al sistema de quemador, es decir, presecado, para permitir la emisión de la humedad a la atmósfera aumentando de ese modo el poder calorífico de la biomasa a medida que se enciende, es decir, minimizando las pérdidas de eficacia de la caldera. Por ejemplo, el uso de FGR con aire de templado para ajustar la temperatura de secado elimina la humedad sin a su vez desvolatilizar la biomasa.

Otra aplicación del sistema de quemador de coencendido de la figura 1 es cuando el combustible secundario es un combustible poco volátil, difícil de quemar tal como coque de petróleo. Este combustible también es difícil de moler, haciendo así que sea incluso más difícil de encender y quemar que el carbón. El combustible primario es de manera ilustrativa un combustible reactivo, muy volátil tal como una forma de lignito o carbón subbituminoso de carbón pulverizado. En esta aplicación el coque de petróleo se muele por separado en un aparato diseñado especialmente para obtener la fineza requerida para mejorar la estabilidad de llama y obtener un mejor quemado del coque de petróleo. El coque de petróleo se transporta por aire a partir de una planta de preparación tal como un molino de bolas (no mostrado en la figura 1) que está específicamente diseñado para pulverizar combustibles difíciles de moler. Normalmente, la cantidad de aire de transporte (aire primario) requerido oscila desde aproximadamente 1,2 hasta 1,5 kg por kg de coque de petróleo pulverizado. Con el fin de mantener una buena estabilidad de llama, el coque de petróleo debe molerse de modo que el 99,5 por ciento del material pase un tamiz de malla de 50.

El combustible primario en esta aplicación es un carbón de rango inferior reactivo muy volátil tal como un subbituminoso o lignito. Tal como se observó anteriormente, el inyector 100 de combustible proporciona el mezclado

íntimo de los combustibles primario y secundario. Como tal, se mantiene una buena estabilidad de llama. El porcentaje de coque de petróleo que se coenciende con el carbón por tanto puede aumentarse, en comparación con los métodos de coencendido anteriores. Además, esto reduce el UBC de la ceniza volante.

5 En otra aplicación ilustrativa de un sistema de quemador de coencendido que comprende un inyector de combustible que mezcla un combustible sólido primario con un combustible sólido secundario, el combustible sólido primario es un combustible poco volátil, tal como un coque de petróleo, y el combustible sólido secundario es un combustible altamente volátil, tal como un combustible de biomasa.

10 Volviendo ahora a la figura 3, se muestra otra realización ilustrativa de un inyector de combustible según los principios de la invención. El inyector 200 de combustible también puede usarse en el sistema 10 de quemador de coencendido de la figura 1 y en cualquiera de las aplicaciones descritas anteriormente. El inyector 200 de combustible es un inyector de combustible de tipo codo. El combustible primario (por ejemplo, carbón pulverizado) se alimenta junto con aire primario a partir de un molino a través de una tubería 203 de alimentación a un orificio primario, o entrada 200 de inyector de combustible. En este ejemplo, la entrada primaria del inyector 200 de combustible es el codo 212. Los distribuidores 213 de combustible se usan para proporcionar flujo casi axial del combustible primario a medida que sale del codo de carbón. El combustible primario entra entonces en el cilindro 216. El movimiento del combustible primario en el inyector 200 de combustible hacia el cilindro 216 se representa de manera ilustrativa en la figura 3 mediante la línea 1 discontinua.

15 El combustible secundario entra en un orificio, o entrada, secundaria del inyector 200 de combustible de manera axial. La entrada secundaria se representa mediante la tubería 214 de alimentación en el extremo del inyector 200 de combustible. La tubería 214 de alimentación de combustible secundario está dimensionada preferiblemente para proporcionar una velocidad de entre 15,2 m/s y 30,5 m/s (50 y 100 pies por segundo) para el combustible secundario a medida que sale de la tubería 214 de alimentación en el cilindro 216. El movimiento del combustible secundario en el inyector 200 de combustible hacia el cilindro 216 se representa de manera ilustrativa en la figura 3 mediante la línea 2 discontinua. El cilindro 216 es de manera ilustrativa una cámara de mezclado del inyector 200 de combustible. Un rotor, u otro dispositivo 215 de dispersión, se usa para obtener una mezcla íntima del combustible secundario con el combustible primario a medida que entran en el cilindro 216, del inyector 200 de combustible. El rotor 215 se ubica de manera ilustrativa dentro de un cilindro 219 acoplado a la tubería 214 de alimentación de combustible secundario. El combustible íntimamente mezclado sale entonces por la punta 217 del quemador (o boquilla) en una distribución casi uniforme alrededor de la circunferencia de la punta. Como alternativa al rotor 215, puede insertarse un difusor en la corriente de carbón pulverizado que rodea la tubería 214 de inyección de combustible secundario para proporcionar el mezclado íntimo de los dos combustibles.

20 En la aplicación en la que el combustible secundario es un combustible utilizado muy volátil, preferiblemente se transporta desde una planta de preparación de combustible mediante un gas de combustión que se recicla después del calentador de aire desde la caldera o una mezcla de gas de combustión y aire. La cantidad de aire usada en el medio de transporte puede ajustarse para controlar la estequiometría en el núcleo de la llama dependiendo del contenido de oxígeno del combustible secundario, las libras de gas de transporte usadas por libra de combustible utilizado y el nivel de NO_x deseado. Tal como con la realización de la figura 2 comentada anteriormente, la temperatura del medio de transporte puede controlarse en el intervalo de 65°C a 93°C (150°F a 200°F) con el fin de proporcionar el secado parcial del combustible secundario antes de entrar en la zona de combustión. En la aplicación en la que el combustible secundario es coque de petróleo, el coque de petróleo se transporta por aire desde una planta de preparación tal como un molino de bolas que está específicamente diseñado para pulverizar combustibles difíciles de moler con un tamaño constante de manera que el 99,5 por ciento del material pasa un tamiz de malla de 50.

25 Tal como se ha descrito anteriormente, el concepto de la invención proporciona un método y aparato para mezclar dos o más combustibles sólidos antes de su inyección en una zona de combustión de un hogar. De manera ilustrativa, y según un aspecto de la invención, un sistema de hogar comprende un conjunto de quemador que tiene un dispositivo de mezclado en el que un combustible primario y un combustible secundario se mezclan íntimamente para formar una nueva corriente de combustible homogéneo antes de inyectarse en una zona de combustión de un hogar. Un sistema de este tipo permite coencender un mayor porcentaje de un combustible secundario con carbón para mantener la estabilidad de llama y reducir la formación de NO_x. Esto es especialmente ventajoso porque permite quemar combustibles baratos que tienen baja capacidad de combustión (tal como coque de petróleo), que anteriormente se consideraba como producto de desecho, junto con un combustible que tiene alta capacidad de combustión, tal como serrín. Alternativamente, pueden mezclarse carbón pulverizado y serrín, u otro combustible de biomasa. En una realización de este tipo, la cantidad de carbón usada en el sistema puede reducirse en proporción a la cantidad de combustible de biomasa introducida en el sistema. De hecho, un combustible de biomasa es más barato que el carbón, haciendo que un método y aparato de este tipo sean no sólo medioambientalmente seguros, sino también económicos. Además, la cantidad de un combustible secundario de biomasa introducido en un sistema de hogar puede aumentarse, al tiempo que se reduce significativamente la formación de NO_x. En otras palabras, y según un aspecto de la invención, el mezclado íntimo de un combustible secundario muy volátil, con un combustible primario antes de entrar en la zona de combustión mejorará la reducción de emisiones de NO_x.

Aunque la invención en el presente documento se ha descrito con referencia a realizaciones particulares, debe entenderse que estas realizaciones son meramente ilustrativas de los principios y aplicaciones de la presente invención. Por ejemplo, el concepto de la invención se aplica a cualquier quemador usado en un proceso de combustión y es aplicable a diferentes tipos de inyectores de combustible que encienden en un hogar. Asimismo, aunque el concepto de la invención se ha descrito en el contexto de un inyector de combustible de tipo voluta y un inyector de combustible de tipo codo, no se requiere que un inyector de combustible que realiza los principios de la invención sea sólo de un tipo o del otro. Además, aunque se ilustra en el contexto de un combustible primario y un combustible secundario, el concepto de la invención es aplicable al mezclado de dos polvos. Por tanto debe entenderse que pueden realizarse numerosas modificaciones a las realizaciones ilustrativas y que pueden concebirse otras disposiciones sin alejarse del alcance de la presente invención tal como se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Inyector (100) de combustible que comprende: un orificio (103-1) de entrada primario para recibir un combustible sólido primario; un orificio (107) de entrada secundario para recibir un combustible sólido secundario; una cámara (105) de mezclado dispuesta aguas abajo de los orificios de entrada primarios y secundarios para mezclar el combustible sólido primario y el combustible sólido secundario para proporcionar un combustible sólido mezclado; y una boquilla (110) dispuesta aguas abajo de la cámara de mezclado en un extremo distal del conjunto de quemador para proporcionar el combustible sólido mezclado a una cámara de combustión, y caracterizado porque la cámara de mezclado incluye un elemento (111) de mezclado
2. Inyector de combustible según la reivindicación 1, en el que el elemento de mezclado es un elemento difusor.
3. Inyector de combustible según la reivindicación 1, en el que el elemento de mezclado es un rotor.
4. Inyector de combustible según la reivindicación 1, en el que la cámara de mezclado es una parte de un inyector de combustible.
5. Inyector de combustible según la reivindicación 4, en el que el inyector de combustible es de tipo voluta.
6. Inyector de combustible según la reivindicación 4, en el que el inyector de combustible es de tipo codo.
7. Inyector de combustible según la reivindicación 4, en el que el inyector de combustible incluye un rotor para mezclar íntimamente el combustible sólido primario y el combustible sólido secundario.
8. Inyector de combustible según la reivindicación 4, en el que el inyector de combustible incluye un elemento difusor para mezclar íntimamente el combustible sólido primario y el combustible sólido secundario.
9. Uso del inyector de combustible según la reivindicación 1, en el que el combustible sólido primario es carbón pulverizado.
10. Uso del inyector de combustible según la reivindicación 1, en el que el combustible sólido primario es coque de petróleo.
11. Uso del inyector de combustible según la reivindicación 1, en el que el combustible sólido primario es coque de petróleo.
12. Uso del inyector de combustible según la reivindicación 1, en el que el combustible sólido secundario es un combustible de biomasa.
13. Uso del inyector de combustible según la reivindicación 11, en el que el combustible de biomasa es coque presecado.
14. Inyector de combustible según la reivindicación 1, que comprende además al menos un cilindro alargado conectado al orificio de entrada primario o al orificio de entrada secundario; estando conectada la cámara de mezclado a el al menos un cilindro alargado.
15. Inyector de combustible según la reivindicación 14, en el que al menos una de la primera entrada y la segunda entrada es una entrada de tipo voluta.
16. Inyector de combustible según la reivindicación 14, en el que al menos una de la primera entrada y la segunda entrada son entradas de tipo codo.
17. Inyector de combustible según la reivindicación 14, en el que el elemento de mezclado es un elemento difusor.
18. Inyector de combustible según la reivindicación 14, en el que el elemento de mezclado es un rotor.
19. Uso del inyector de combustible según la reivindicación 14, en el que el combustible sólido primario es carbón pulverizado.
20. Uso del inyector de combustible según la reivindicación 14, en el que el combustible sólido primario es coque de petróleo.
21. Uso del inyector de combustible según la reivindicación 14, en el que el combustible sólido secundario es coque de petróleo.
22. Uso del inyector de combustible según la reivindicación 21, en el que el combustible de biomasa está presecado.

23. Uso del inyector de combustible según la reivindicación 14, en el que el combustible sólido secundario es coque de petróleo.
- 5 24. Sistema de quemador de coencendido que comprende: un hogar; al menos una tubería (103-1) de alimentación primaria para proporcionar un combustible sólido primario; al menos una tubería (107) de alimentación secundaria para proporcionar un combustible sólido secundario; y al menos un inyector (100) de combustible según una cualquiera de las reivindicaciones 1-8, 14-18 que es contiguo al hogar.
25. Sistema de quemador de coencendido según la reivindicación 24, en el que el conjunto de quemador incluye un inyector de combustible para mezclar el combustible sólido primario y el combustible sólido secundario.
- 10 26. Sistema de quemador de coencendido según la reivindicación 25, en el que el inyector de combustible es un inyector de combustible de tipo voluta.
27. Sistema de quemador de coencendido según la reivindicación 25, en el que el inyector de combustible es un inyector de combustible de tipo codo.
- 15 28. Sistema de quemador de coencendido según la reivindicación 24, en el que el elemento de mezclado es un elemento difusor.
29. Sistema de quemador de coencendido según la reivindicación 24, en el que el elemento de mezclado es un rotor.
30. Uso del sistema de quemador de coencendido según la reivindicación 24, en el que el combustible sólido primario es carbón pulverizado.
- 20 31. Uso del sistema de quemador de coencendido según la reivindicación 24, en el que el combustible sólido primario es coque de petróleo.
32. Uso del sistema de quemador de coencendido según la reivindicación 24, en el que el combustible sólido secundario es un combustible de biomasa.
- 25 33. Uso del sistema de quemador de coencendido según la reivindicación 32, en el que el combustible de biomasa está presecado.
34. Uso del sistema de quemador de coencendido según la reivindicación 24, en el que el combustible sólido secundario es coque de petróleo.
- 30 35. Método para quemar una pluralidad de combustibles sólidos, comprendiendo el método: suministrar un combustible sólido primario a un inyector (100) de combustible, suministrar un combustible sólido secundario al inyector de combustible; mezclar el combustible sólido primario y el combustible sólido secundario en el inyector de combustible hasta obtener un combustible mezclado homogéneo; proporcionar el combustible mezclado a un hogar; y hacer arder el combustible mezclado en el hogar, y caracterizado porque la etapa de mezclado incluye la etapa de mezclar el combustible sólido primario y el combustible sólido secundario con un elemento (111) de mezclado.
- 35 36. Método según la reivindicación 35, en el que la etapa de mezclado mezcla íntimamente el combustible sólido primario y el combustible sólido secundario entre sí.
37. Método según la reivindicación 35, en el que la etapa de mezclado incluye la etapa de usar un inyector de combustible para mezclar el combustible sólido primario y el combustible sólido secundario entre sí.
- 40 38. Método según la reivindicación 37, en el que el inyector de combustible es un inyector de combustible de tipo voluta.
39. Método según la reivindicación 37, en el que el inyector de combustible es un inyector de combustible de tipo codo.
40. Método según la reivindicación 35, en el que el combustible sólido primario es carbón pulverizado.
- 45 41. Inyector de combustible según la reivindicación 35, en el que el combustible sólido primario es coque de petróleo.
42. Método según la reivindicación 35, en el que el combustible sólido secundario es un combustible de biomasa.
43. Método según la reivindicación 35, en el que la etapa de suministrar el combustible sólido secundario incluye la etapa de presecar el combustible de biomasa.

44. Método según la reivindicación 43, en el que la etapa de presecar el combustible de biomasa se produce antes del transporte al conjunto de quemador.
45. Método según la reivindicación 42, en el que la etapa de presecar el combustible de biomasa incluye la etapa de usar recirculación de gas de combustión.
- 5 46. Método según la reivindicación 44, en el que la etapa de presecar el combustible de biomasa incluye la etapa de usar recirculación de gas de combustión con aire de templado.
47. Método según la reivindicación 35, en el que el combustible sólido secundario es coque de petróleo.

FIG. 1

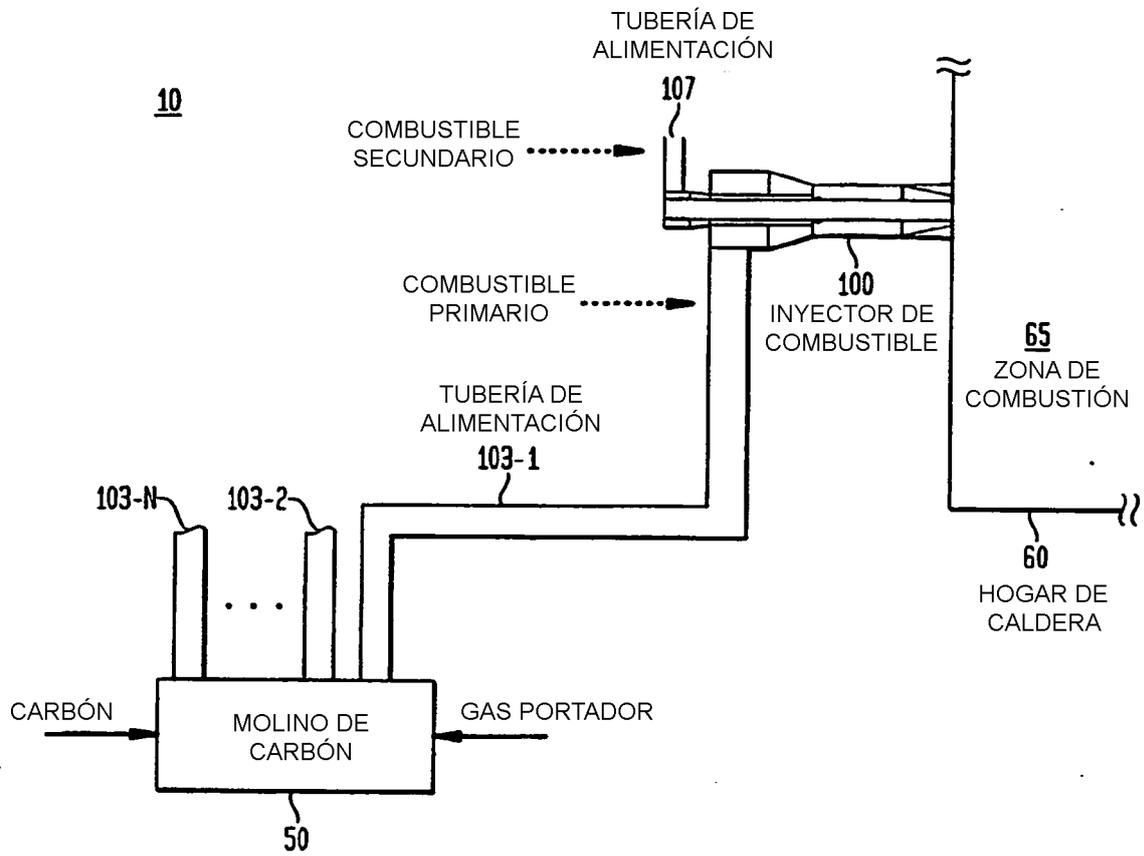


FIG. 2

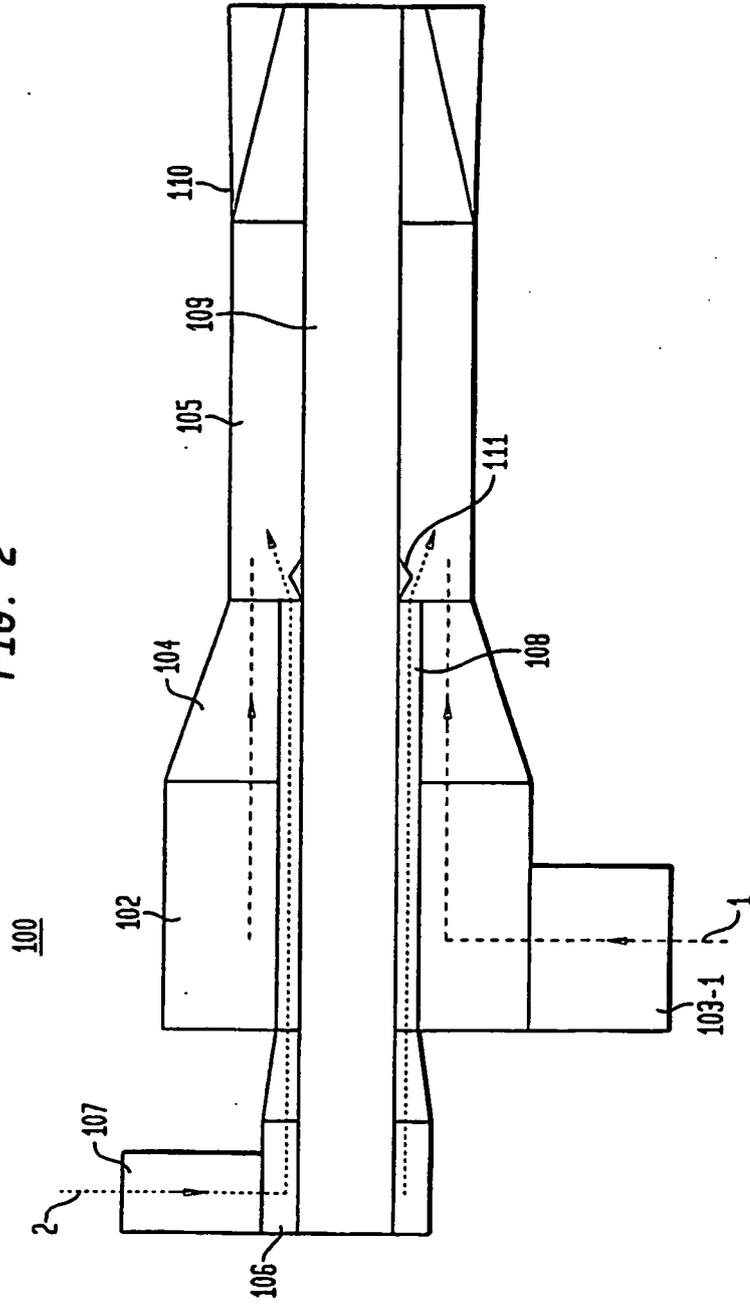


FIG. 3

