

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 377 909**

51 Int. Cl.:

F01K 7/24 (2006.01)

F01K 7/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09735086 .2**

96 Fecha de presentación: **21.04.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2300692**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **30.03.2011**

54 Título: **Sistema de caldera de combustión oxi-gas y procedimiento de generación de energía con el uso de dicho sistema**

30 Prioridad:
22.04.2008 US 107198

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
03.04.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
03.04.2012

73 Titular/es:
**Foster Wheeler Energy Corporation
Perryville Corporate Park
Clinton, New Jersey 08809-4000, US**

72 Inventor/es:
**HACK, Horst;
SELTZER, Andrew;
FAN, Zhen;
ROBERTSON, Archibald;
ERIKSSON, Timo y
SIPPU, Ossi**

74 Agente/Representante:
López Marchena, Juan Luis

ES 2 377 909 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 caldera de combustión oxi-gas y procedimiento de generación de energía con el uso de dicho sistema.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere a un sistema de caldera de combustión oxi-gas y un procedimiento de generación de energía utilizándose dicho sistema. La invención se refiere específicamente a un sistema de caldera de doble carga, es decir, un sistema de caldera que puede funcionar utilizándose aire o una mezcla de oxígeno prácticamente puro y gases de escape reciclados como gas oxidante, es decir, como gas transportador de oxígeno.

Descripción de la Técnica Relacionada

- 10 La combustión oxi-gas es uno de los procedimientos sugeridos para extraer el CO₂ de los gases de escape de una caldera de generación de energía, por **ejemplo**, una caldera de carbón pulverizado (CP) o una caldera de lecho fluidificado en circulación (LFC). La combustión oxi-gas se basa en la combustión de combustible carbonáceo con oxígeno prácticamente puro, normalmente de un 95% de pureza, a fin de que el dióxido de carbono y el agua sean los componentes principales de los gases de escape descargados de la caldera. Por lo tanto, el dióxido de carbono puede captarse con relativa facilidad de los gases de escape, sin tener que separarlo de la corriente de gases que tienen nitrógeno como su componente principal, por **ejemplo**, cuando la combustión del combustible se realiza con aire.

- 20 La generación de energía mediante la combustión oxi-gas es más complicada que la combustión clásica por aire, debido a la necesidad de un suministro de oxígeno, por **ejemplo**, una unidad de separación del aire (USA), criogénica o de membrana, donde el oxígeno se separa de otros componentes del aire, principalmente nitrógeno. Los gases de escape producidos están a continuación listos para la extracción del CO₂, cuando se retira el agua de los mismos y, posiblemente, se purifican los gases de escape a fin de reducir los gases inertes que se originan del oxidante, el combustible o una fuga de aire. Esta purificación se realiza normalmente mediante la condensación del CO₂ a baja temperatura y/o a elevada presión. El CO₂ puede separarse de los gases de escape, por **ejemplo**, enfriándolo a una temperatura relativamente baja, comprimiéndolo a su vez a una presión mayor de 110 bares. Tanto la producción de oxígeno como la compresión y purificación del dióxido de carbono aumentan los costes totales de producción del proceso de generación de energía, por **ejemplo**, disminuyendo la energía neta producida en el proceso.

- 30 La combustión que utiliza oxígeno difiere de la combustión que utiliza aire, principalmente tener una temperatura más elevada y un menor volumen de combustión. Dado que la combustión oxi-gas es aún una tecnología en desarrollo, se considera conveniente diseñar las denominadas calderas de combustión oxi-gas de primera generación, donde las condiciones de combustión están dispuestas para ser más cercanas a las de la combustión por carga de aire. Esto puede realizarse reciclando los gases de regreso al horno, a fin de proporcionar un contenido medio de O₂ del oxidante de, por **ejemplo**, un 20 a un 28%. Dichas calderas de combustión oxi-gas de primera generación pueden construirse ventajosamente modificándose las calderas de carga de aire existentes. Debido a muchas incertidumbres referentes a la combustión oxi-gas con captura y almacenamiento del dióxido de carbono, existe también la necesidad de calderas de doble carga, es decir, calderas que pueden cambiarse de carga de aire a la combustión oxi-gas, y viceversa, lo más fácilmente posible, y preferentemente sin introducir ningún cambio en la construcción real. Con dicha caldera de doble carga, es posible también tener una salida máxima de energía, utilizándose la combustión con carga de aire, durante una elevada demanda de carga, por **ejemplo** en verano o durante el día, y aplicar la combustión oxi-gas con retirada de CO₂ en otras condiciones. Por otra parte, se puede utilizar una caldera de doble carga en un modo de carga por aire, por **ejemplo**, cuando estén averiadas la unidad de separación del aire o la unidad de extracción de CO₂.

- 45 La patente de los Estados Unidos número 6.418.865 describe una caldera para la combustión de combustible con aire oxigenado, pudiendo realizarse dicha caldera mediante la modificación de una caldera de carga de aire, en la que se hacen recircular los gases de escape hasta el horno a fin de tener una temperatura de llama y flujo total de masa aproximadamente iguales a los de la combustión con aire.

- 50 La publicación de patente número WO 2006/131283 describe una caldera adaptada de doble carga, donde el aire fresco que sale del calentador de aire se traspasa directamente, en el modo de carga de aire, a la cámara de combustión o, en el modo de combustión oxi-gas, se enfría mediante agua de alimentación de la caldera, se comprime utilizándose vapor extraído de una turbina de vapor a presión elevada y se transporta a una unidad de separación del aire para producir oxígeno. La energía neta generada en el modo de combustión oxi-gas con captura del CO₂ del proceso descrito en WO 2006/131283 es considerablemente reducida en comparación con la del modo de carga de aire.

- 55 La publicación de patente número EP-1473442 describe un sistema de caldera que comprende medios para extraer una primera parte de vapor de una turbina de vapor de alta presión para precalentar el producto de alimentación, y

medios para transportar una segunda parte de vapor de dicha turbina de vapor a presión elevada para recalentar las superficies de intercambio térmico.

5 A fin de generar energía más económicamente mediante un sistema de caldera de combustión oxi-gas, existe la necesidad de un procedimiento y sistema de caldera mejorados, que minimicen la pérdida de la energía producida, especialmente en una caldera de doble carga.

RESUMEN DE LA INVENCION

Un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de caldera de combustión oxi-gas y un procedimiento de uso de dicho sistema, a fin de minimizar la pérdida de energía producida.

10 En un aspecto, la presente invención proporciona un procedimiento de generación de energía mediante la quema de combustible carbonáceo con un gas oxidante en un horno de un sistema de caldera, el cual comprende los pasos de introducir en el horno combustible carbonáceo a la velocidad de introducción de combustible; introducir en el horno gas oxidante para quemar combustible a fin de producir gases de escape, descargar los gases de escape del horno a través de un canal para dichos gases, transportar una corriente de agua de alimentación a la velocidad de transporte de la misma desde un economizador final dispuesto en el canal para gases de escape hasta unas superficies de intercambio térmico para su evaporación y calentamiento, dispuestas en el horno y en el canal para gases de escape a fin de convertir el agua de alimentación en vapor calentado, expandir el vapor calentado en una turbina de vapor a presión elevada para generar energía, extraer una primera parte del vapor de la turbina de vapor a presión elevada para precalentar el agua de alimentación, transportar una segunda parte del vapor desde la turbina de vapor a presión elevada para recalentar unas superficies de intercambio térmico de calentamiento dispuestas en el canal para gases de escape a fin de generar vapor calentado; y expandir el vapor calentado en una turbina de vapor a presión intermedia para generar energía; caracterizado porque, en unas primeras condiciones de funcionamiento, el gas oxidante es una mezcla de oxígeno prácticamente puro y gases de escape reciclados, y porque se controla la proporción entre las primeras y segundas partes del vapor a fin de obtener la temperatura deseada de los gases de escape en el canal para dichos gases, aguas abajo del economizador final.

25 En otro aspecto, la presente invención proporciona un sistema de caldera para la generación de energía mediante la quema de combustible carbonáceo en el horno de un sistema de caldera, el cual comprende medios para introducir en el horno combustible carbonáceo, medios para introducir en el horno oxígeno prácticamente puro y gases de escape reciclados como gas oxidante para quemar el combustible a fin de producir gases de escape, un canal para los gases de escape a fin de descargar tales gases del horno, medios para transportar una corriente de agua de alimentación desde un economizador final dispuesto en el canal para gases de escape hasta unas superficies de intercambio térmico para evaporación y calentamiento, dispuestas en el horno y en el canal para gases de escape a fin de convertir el agua de alimentación en vapor calentado, una turbina de vapor a presión elevada para expandir el vapor calentado a fin de generar energía, medios para extraer una primera parte del vapor de la turbina de vapor a presión elevada para precalentar el agua de alimentación, medios para transportar una segunda parte del vapor desde la turbina de vapor a presión elevada para recalentar unas superficies de intercambio térmico de calentamiento dispuestas en el canal para gases de escape a fin de generar vapor calentado; y una turbina de vapor a presión intermedia para expandir el vapor calentado a fin de generar energía, y medios para controlar la proporción de las partes primera y segunda del vapor, a fin de obtener una temperatura deseada de gases de escape en el canal para dichos gases, aguas abajo del economizador final.

40 La disminución de la cantidad de vapor extraído de la turbina de vapor a presión elevada para precalentar el agua de alimentación disminuye naturalmente la temperatura del agua de alimentación que entra en el economizador final del canal para gases de escape. Así pues, la disminución de esta extracción de vapor aumenta en el economizador final la diferencia de temperatura entre el agua de alimentación y los gases de escape. En consecuencia, la disminución de la extracción de vapor aumenta indirectamente la velocidad de intercambio térmico que tiene lugar en el economizador final. De igual manera, el aumento de la cantidad de vapor transportado desde la turbina de vapor a presión elevada hasta las superficies de intercambio térmico de calentamiento aumenta la velocidad de intercambio térmico que tiene lugar en las superficies de calentamiento. En algunos casos, puede ser útil aumentar la superficie de transferencia térmica de las superficies de calentamiento a fin de obtener el aumento deseado de la velocidad de transferencia térmica. Ambas medidas anteriormente descritas mejoran el enfriamiento de los gases de escape en el canal para tales gases, y proporcionan conjuntamente un procedimiento especialmente eficiente para controlar la temperatura de los gases de escape.

55 Cuando se utiliza la presente invención, la velocidad de alimentación de combustible y la velocidad de transporte del agua de alimentación se ajustan convenientemente a fin de obtener la temperatura deseada del horno. Esto, junto con el procedimiento anteriormente descrito para controlar la temperatura de los gases de escape, proporciona un procedimiento eficiente para ajustar el perfil de temperatura de una caldera de combustión oxi-gas modificada a partir de una caldera de carga de aire, para que sea prácticamente igual que el de la combustión con carga de aire, y evitar, por **ejemplo**, problemas de corrosión o resistencia de materiales de las paredes de la caldera. Según una realización preferida de la presente invención, la velocidad de introducción de combustible a plena carga, cuando se modifica una caldera de carga de aire para la combustión oxi-gas, se aumenta en un 20% y, en consecuencia, al

mismo tiempo se aumenta en un 10% la velocidad de introducción del agua de alimentación. Así pues, como consecuencia del procedimiento de la presente invención, gracias a la mayor velocidad de carga, puede liberarse más energía del combustible cuando se utiliza la combustión oxi-gas y, en consecuencia, se minimiza la pérdida neta de energía provocada por el proceso de oxicomustión en su totalidad.

5 Según una realización especialmente ventajosa de la presente invención, la caldera de combustión oxi-gas es una caldera de doble carga, es decir, una caldera de combustión oxi-gas que, en condiciones especiales de funcionamiento, por **ejemplo**, cuando no funciona el suministro de oxígeno, puede utilizarse para la combustión con aire. Cuando se compara la combustión, a plena carga, en condiciones normales de funcionamiento, es decir, en las denominadas condiciones primeras de funcionamiento, con una mezcla de oxígeno y gases de escape reciclados como oxidante, con las denominadas condiciones segundas de funcionamiento, utilizando aire como oxidante, la velocidad de introducción del combustible en las condiciones primeras de funcionamiento es convenientemente superior que en las segundas. La velocidad de alimentación del combustible en la combustión oxi-gas es preferentemente al menos un 10% superior, e incluso más preferentemente al menos un 15% superior que en la combustión por carga de aire. Debido a la velocidad superior de alimentación de combustible, se aumenta la velocidad total de carga de la caldera y se disminuye la pérdida de energía producida.

10 El uso de una mayor velocidad de introducción de combustible en la combustión oxi-gas, manteniéndose a su vez la temperatura del horno, se basa parcialmente y de modo ventajoso en el aumento del intercambio térmico en las superficies de evaporación, gracias a la disminución de la temperatura y posiblemente también al aumento de la velocidad de flujo del agua de alimentación. Como se discutió anteriormente, puede disminuirse convenientemente la temperatura del agua de alimentación, especialmente antes del economizador final pero, en alguna medida, también después del economizador final en la combustión oxi-gas, disminuyéndose la extracción de vapor para precalentar el agua de alimentación, en comparación con la combustión con carga de aire.

15 La temperatura del horno está también determinada naturalmente, y en gran medida, por la velocidad del ciclo de gases de escape, lo que afecta a la velocidad de introducción en el horno de gases de entrada relativamente fríos y a la velocidad del flujo de calor convector, por los gases de escape, desde el horno. La velocidad de reciclaje de los gases de escape, en el modo de combustión oxi-gas, puede determinarse convenientemente de modo que el contenido medio de oxígeno, en volumen, del gas oxidante, esté en un nivel deseado, normalmente de un 18% a un 28%. Como variante, puede determinarse la velocidad de reciclaje de los gases de escape en el modo de combustión oxi-gas a fin de que se mantenga en el horno la velocidad de flujo de gases deseada, normalmente la misma que en la de carga de aire.

20 El aumento del flujo de calor convector desde el horno se basa parcialmente en el hecho de que la masa y capacidad térmica de los gases de escape de la combustión oxi-gas, que tienen el dióxido de carbono como componente principal, son mayores que las de los gases de escape de la combustión con carga de aire, que tienen el nitrógeno como componente principal. El elevado flujo de calor elevado consigue que los gases de escape transporten una cantidad mayor de calor al canal para dichos gases, donde el calor se recupera convenientemente por un aumento en la velocidad de intercambio térmico en las superficies de recalentamiento y en el economizador final, tal como se describió anteriormente.

25 Según una realización preferida de la presente invención, el sistema comprende un termointercambiador gas/gas, en el que el calor se transfiere desde los gases de escape en el canal para ellos hasta al menos una parte del gas oxidante. Así pues, el mismo termointercambiador gas/gas se utiliza convenientemente en la combustión por carga de aire para transferir calor desde los gases de escape al aire de combustión, y en la combustión oxi-gas para transferir calor desde los gases de escape hasta al menos una parte del gas oxidante.

30 Como es común en la combustión oxi-gas, el oxígeno prácticamente puro se produce convenientemente en una unidad de separación del aire (USA), por **ejemplo**, una unidad de separación del aire criogénica o de membrana. De igual manera, una parte de los gases de escape se enfrían convenientemente y se presuriza en varios compresores de gases de escape, a fin de extraer el dióxido de carbono líquido o supercrítico. Gracias a este equipo auxiliar, la energía neta producida por una caldera de combustión oxi-gas tiende a ser significativamente inferior que la de una caldera correspondiente de carga de aire. Según una realización ventajosa de la presente invención, al menos una parte de los compresores de escape se accionan directamente mediante energía mecánica de turbinas auxiliares de vapor que utilizan el valor extraído del sistema de turbina de vapor. Este vapor se genera ventajosamente cargando más, y se ahorra por la disminución de la extracción de vapor utilizado para el calentamiento del agua de alimentación. De ese modo se disminuye la necesidad de energía auxiliar para la compresión del dióxido de carbono. De igual manera, en caso de que el suministro de oxígeno comprenda una unidad criogénica de separación del aire que tiene compresores para presurizar el aire, uno o más de estos compresores puede ser también accionados directamente por las turbinas auxiliares de vapor, a fin de disminuir la necesidad de energía auxiliar.

35 Según la presente invención, el oxígeno prácticamente puro y los gases de escape reciclados pueden introducirse en la caldera como corrientes separadas, o como una mezcla de ambas corrientes. Es posible también introducir en la caldera varias corrientes, que pueden ser corrientes de la misma mezcla, o corrientes que tienen diferentes temperaturas o composiciones. Las distintas corrientes pueden tener naturalmente diferentes propósitos en el horno,

tales como las corrientes de gases de fluidificación y gases secundarios y de sobrecarga de una caldera de CP, o corrientes de gas de fluidificación y gas secundario de una caldera de LFC.

5 En la práctica, la cantidad de oxígeno introducido se determina siempre de acuerdo con la cantidad de combustible introducido, a fin de permitir una combustión suficientemente completa del combustible. Normalmente, la cantidad de oxígeno introducido se controla supervisándose el contenido de oxígeno residual en los gases de escape, que deberá permanecer a un nivel adecuado, por lo general de un 3%.

10 Una ventaja del proceso de generación de energía de oxicomustión según la presente invención es que puede utilizarse con relativa facilidad, modificándose una caldera clásica de carga de aire, por **ejemplo** una caldera de CP o una caldera de LFC. De modo conveniente, la modificación comprende principalmente la adición de un suministro de oxígeno, por **ejemplo** una unidad criogénica de separación del aire, equipo para extracción del dióxido de carbono, medios para el reciclaje a fondo de los gases de escape y medios para controlar la proporción de los flujos de vapor desde la turbina de vapor a presión elevada hasta los precalentadores de agua de alimentación y las superficies de recalentamiento. En algunos casos, la modificación puede requerir también el uso de turbinas de vapor actualizadas y un condensador de vapor, así como un aumento de las superficies de intercambio térmico en la parte aguas arriba del canal para gases de escape. Cuando se controlan las temperaturas en la caldera, tal como se describe anteriormente, el mismo sistema de combustión puede utilizarse en la combustión oxi-gas y en la combustión por carga de aire, permitiendo así el uso del sistema como generador de vapor de doble carga.

15 La breve descripción anterior, así como otros objetos, características y ventajas de la presente invención se apreciarán con más detalle con referencia a la siguiente descripción detallada de la realización actualmente preferida, aunque solo ilustrativa, de la presente invención, tomada conjuntamente con el dibujo adjunto.

BREVE DESCRIPCIÓN DEL DIBUJO

20 La FIG. 1 es un diagrama esquemático de una planta de energía de combustión oxi-gas según la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

25 La FIG. 1 muestra un diagrama esquemático de un sistema de caldera de oxicomustión 10 según una realización preferida de la presente invención. El sistema de caldera 10 comprende una caldera 12, que puede ser, por **ejemplo**, una caldera de carbón pulverizado (CP) o una caldera de lecho fluidificado en circulación (LFC). La caldera 12 comprende medios clásicos 16 de introducción de combustible, tales como medios de tubería de suministro de combustible para introducir gas oxidante en el horno 14 de la caldera, por **ejemplo** un conducto 18 de suministro de gas, y un canal 20 para gases de escape a fin de descargar los gases de escape producidos por la quema del combustible con el oxígeno del gas oxidante. Los detalles y los tipos de algunos elementos de la caldera 12, tales como los medios 16 de introducción de combustible y los medios 18 de introducción del gas oxidante, dependen, naturalmente, del tipo de caldera. Sin embargo, algunos de dichos detalles, como, por **ejemplo**, quemadores, molinos de carbón, medios para introducir separadamente el gas oxidante primario y secundario, no son importantes para la presente invención y, en consecuencia, no se ilustran en la FIG. 1.

30 El sistema de caldera de oxicomustión 10 está convenientemente modificado a partir de una caldera existente de carga de aire, principalmente por medio de la adición del equipo 24 para purificar y extraer el dióxido de carbono de los gases de escape, y un suministro 26 de oxígeno, por un **ejemplo** una unidad de separación del aire (USA), criogénica o de membrana, para producir oxígeno prácticamente puro a partir de la corriente 28 de aire. Dado que la combustión con oxígeno puro tiende a crear temperaturas de combustión demasiado elevadas para la construcción de una caldera de carga de aire, el sistema de caldera 10 está diseñado preferentemente de modo que mantenga los perfiles de temperatura en el horno y el canal para gases de escape cercanos a los de una caldera de carga de aire original. El sistema de caldera 10 está diseñado más preferentemente como caldera de doble carga, es decir, una caldera que pueda cambiar fácilmente de combustión de oxi-gas a combustión con carga de aire. Al mismo tiempo, el sistema está diseñado para que la pérdida de energía neta producida en el modo de oxicomustión sea lo más baja posible.

35 Según la presente invención, el gas oxidante, introducido desde el conducto 18 de suministro de gas en el horno 14, está en condiciones normales de funcionamiento, denominadas condiciones de funcionamiento primeras, e incluye una mezcla de oxígeno prácticamente puro y una parte de gases de escape refrigerados, que se reciclan a través del canal 30 de reciclaje de dichos gases. El canal 30 de reciclaje de gases de escape comprende convenientemente medios, tales como un ventilador (no ilustrado en la FIG. 1), para controlar la velocidad de reciclaje de los citados gases. La velocidad de reciclaje de los gases de escape se ajusta convenientemente de modo que el contenido medio de oxígeno del gas oxidante sea cercano al del aire, preferentemente del 18 al 28%. En algunas aplicaciones de la presente invención, es posible también introducir separadamente, en el horno 14, por **ejemplo**, en diferentes partes del horno, corrientes de gases de escape reciclados y oxígeno prácticamente puro, o diferentes composiciones de gas oxidante.

Las paredes del horno 14 se forman preferentemente como una construcción paredes de tubo, que forma una superficie 32 de transferencia térmica de evaporación, para convertir en vapor el agua de alimentación precalentada. Las partes a temperatura elevada de la caldera 12, especialmente el extremo aguas arriba del canal 20 para gases de escape, comprenden superficies 34 de transferencia térmica de recalentamiento para recuperar el vapor de los gases de escape a fin de producir vapor que debe transportarse a la entrada de una turbina 36 de vapor a presión elevada para generar energía en un generador 38. El vapor expandido en el conducto 42 se transporta desde el lado de salida de la turbina 36 de vapor a presión elevada para recalentar las superficies 40 de transferencia térmica a fin de recuperar aún más el calor de los gases de escape. Para algunos casos, las superficies primarias de recalentamiento pueden estar situadas en el canal 20 para gases de escape y superficies adicionales de recalentamiento final, por **ejemplo** en el horno 14.

Otra parte del vapor de la turbina 36 a presión elevada puede convertirse, a través del conducto 42, en un calentador de agua de alimentación 44. El vapor recalentado se transporta desde las superficies 40 de intercambio térmico de recalentamiento del calentador 44 de agua de alimentación hasta la entrada de una turbina 46 de vapor a presión intermedia para generar energía. La turbina 46 de vapor a presión intermedia puede comprender un conducto 48 para extraer el vapor de la turbina 46 para otros fines, sobre todo para generar energía mecánica en una turbina auxiliar de vapor para accionar compresores en la unidad 26 de separación del aire o la unidad 24 de purificación y extracción del dióxido de carbono. En la práctica, el sistema de turbina de vapor comprende también normalmente al menos una turbina de vapor a baja presión que, no obstante, no se ilustra en la FIG. 1. Pueden existir varios calentadores de agua de alimentación en lugar del único calentador 44 de agua de alimentación que se ilustra en la FIG. 1.

El ciclo de vapor de la caldera 12 comprende, como es habitual, un condensador 50 aguas abajo de la turbina 46 de vapor a presión intermedia. El vapor condensado, es decir, el agua de alimentación del siguiente ciclo de vapor, se dirige desde el condensador 50 para su precalentamiento en un sistema economizador que comprende normalmente al menos un primer economizador 52 y un economizador final 54, para ser convertido de nuevo en vapor en las superficies de evaporación 32. En el calentador 40 de agua de alimentación puede realizarse un calentamiento adicional del agua de alimentación por el vapor extraído desde la turbina 36 de vapor a presión elevada.

Según la presente invención, la temperatura de los gases de escape se controla en la combustión oxi-gas ajustándose la velocidad de extracción del vapor de presión intermedia desde la turbina 36 de vapor a presión elevada hasta el precalentador 44 de agua de alimentación, por medios 56, por **ejemplo** una válvula reguladora, dispuesta en el conducto 42 de vapor. Cuando se disminuye esta velocidad, baja la temperatura de agua de alimentación que entra en el economizador final 54, y aumenta la velocidad del intercambio térmico que tiene lugar en el economizador final 54. Al mismo tiempo, una parte mayor del vapor queda para ser transportada a las superficies 40 de intercambio térmico de recalentamiento, lo que aumenta la velocidad de intercambio térmico que tiene lugar en el economizador final 54. Al mismo tiempo, una parte mayor de vapor queda para ser transportada a las superficies 40 de intercambio térmico de recalentamiento, lo que aumenta la velocidad de intercambio térmico que tiene lugar en las superficies 40 de intercambio térmico de recalentamiento. Así pues, estos dos efectos aumentan la refrigeración de los gases de escape y, en consecuencia, pueden utilizarse para controlar eficientemente la temperatura de los gases de escape. El control de la temperatura de los gases de escape puede basarse convenientemente en la medición de la temperatura de dichos gases aguas abajo del economizador final 54, por medio de un termómetro 58.

Según la presente invención, la pérdida de energía neta producida se disminuye disponiéndose las condiciones de modo que pueda quemarse más combustible, sin dejar de mantener las temperaturas en el horno 14 y en el canal 20 de gases de escape. La temperatura en el horno 14 puede mantenerse ajustándose a un nivel adecuado la velocidad de reciclaje de los gases de escape y controlándose la temperatura y velocidad de flujo del agua de alimentación. Cuando se ajusta la velocidad de reciclaje de los gases de escape de modo que el volumen de gas en el horno 14 permanece a un nivel deseado, la temperatura en el horno 14 puede ajustarse aún normalmente a su nivel deseado según las mediciones descritas anteriormente. Como consecuencia del aumento del flujo de masa y la elevada capacidad de calentamiento de los gases de escape, compuestos principalmente de dióxido de carbono, se aumenta el calor convectivo transportado por los gases de escape, incluso si la temperatura en el horno 14 quede sin cambios. Este calor adicional puede entonces recuperarse disminuyéndose la extracción de vapor para el precalentamiento del agua de alimentación, por los medios 56, y aumentándose la velocidad de recalentamiento, tal como se describe anteriormente, así como aumentándose el flujo de agua de alimentación debido al aumento de la generación principal de vapor.

En el canal para gases de escape se dispone un termointercambiador 60 gas/gas recuperativo o regenerativo, aguas abajo del economizador final 54. El termointercambiador 60 gas/gas puede ser del tipo recuperativo o regenerativo, para transferir el calor desde los gases de escape hasta el gas oxidante de la caldera 12. El canal 20 para gases de escape comprende también normalmente diferentes unidades para limpiar tales gases de partículas y contaminantes gaseosos, pero dado que no son importantes para la presente invención, dichas unidades no se ilustran en la FIG. 1.

De acuerdo con el objeto principal de la combustión oxi-gas, a saber, recuperar el dióxido de carbono de los gases de escape, la parte de extremo del canal 20 para gases de escape va equipada con medios 24, por **ejemplo** un separador, para producir dióxido de carbono líquido o supercrítico, normalmente a una presión de unos 110 bares, de modo que pueda transportarse para su uso posterior o almacenarse en un lugar adecuado. El sistema de purificación y extracción del dióxido de carbono comprende medios para secar completamente toda el agua de los gases de escape, y medios para separar el oxígeno y otras posibles impurezas del dióxido de carbono los cuales, no obstante, no se ilustran en la FIG. 1. Dichos medios de secado y separación se conocen individualmente en la técnica.

El contenido de agua de los gases de escape reciclados disminuye convenientemente antes de que se reciclen los gases de escape en el horno 14. Así pues, el conducto 30 de reciclaje de los gases de escape se bifurca ventajosamente a partir del canal 20 para gases de escape, aguas abajo del primer economizador 52, que actúa como enfriador de condensación de los gases de escape. Como consecuencia, se reduce el contenido de agua de los gases reciclados, provocando también una reducción del contenido de agua en el horno 14 y en los gases de escape descargados desde el horno 14. Dado que el contenido de O₂ de los gases de escape debe mantenerse a un nivel adecuado, de aproximadamente un 3% en volumen, a fin de garantizar una quema suficientemente completa del combustible, la reducción del contenido de agua disminuye la proporción O₂/CO₂ en los gases de escape. Como variante, el refrigerador de condensación puede estar aguas abajo del punto de bifurcación de los gases de escape reciclados.

Debido a los procedimientos eficientes para controlar las temperaturas en el horno 14 y en el canal 20 para gases de escape, tal como se describe anteriormente, el sistema de combustión oxi-gas ilustrado en la FIG. 1 puede construirse con relativa facilidad mediante la modificación de una caldera existente de carga de aire. Por esa misma razón, el sistema de caldera puede utilizarse también como caldera de doble carga, que puede intercambiarse entre la combustión oxi-gas y la combustión por carga de aire, sin ninguna modificación física del sistema. Esto se obtiene disponiéndose medios 62, tales como un conducto de suministro de entrada de aire, a fin de introducir aire fresco como gas oxidante, para sustituir la mezcla de oxígeno y gases de escape reciclados, y una pila 64 para liberar los gases de escape al medioambiente. La entrada 62 de aire está dispuesta convenientemente en el canal 30 para gases de reciclaje, de modo que el calentador 60 gas/gas puede utilizarse alternativamente como calentador de aire. En un modo de combustión por carga de aire, los perfiles de temperatura en el horno 14 y en el canal de escape 20 pueden ajustarse a los valores deseados ajustándose la velocidad de introducción del combustible y la velocidad de recalentamiento del vapor a valores adecuados, con el uso de los principios descritos anteriormente.

Aunque la invención se ha descrito en la presente por medio de **ejemplos** en relación con lo que se considera en la actualidad las realizaciones más preferidas, debe entenderse que la invención no se limita a dichas realizaciones, sino que se pretende que cubra diferentes combinaciones o modificaciones de sus características y varias otras aplicaciones incluidas en el ámbito de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

35 REFERENCIAS CITADAS EN LA MEMORIA DESCRIPTIVA

Esta lista de referencias citadas por el solicitante es para comodidad del lector solamente. No forma parte del documento de la patente europea. Aun cuando se tuvo gran cuidado en cumplir las referencias, no se pueden excluir errores u omisiones y la EPO declina toda responsabilidad a este respecto.

Documentos de patentes citados en la memoria descriptiva

- US 6418865 B [0007]
- WO 2006131283 A [0008]
- EP 1473442 A [0008]

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la generación de energía mediante la quema de combustible carbonáceo con un gas oxidante en un horno (14) de un sistema de caldera (10), el cual comprende los pasos de:
 - (a) introducir en el horno combustible carbonáceo (16) a la velocidad de alimentación de combustible;
 - 5 (b) introducir en el horno gas oxidante (18) para quemar combustible a fin de producir gases de escape;
 - (c) descargar los gases de escape del horno a través de un canal (20) para los gases de escape;
 - (d) transportar una corriente de agua de alimentación a la velocidad de transporte de la misma desde un economizador final (54) dispuesto en el canal para gases de escape hasta unas superficies de intercambio térmico para evaporación (32) y recalentamiento (34), dispuestas en el horno y en el canal para gases de escape a fin de convertir el agua de alimentación en vapor recalentado;
 - 10 (e) expandir el vapor recalentado en una turbina (36) de vapor a presión elevada para generar energía;
 - (f) extraer una primera parte del vapor de la turbina de vapor a presión elevada para precalentar el agua de alimentación;
 - (g) transportar una segunda parte del vapor desde la turbina de vapor a presión elevada para recalentar unas superficies de intercambio térmico dispuestas en el canal para gases de escape a fin de generar vapor recalentado; y
 - 15 (h) expandir el vapor recalentado en una turbina (46) de vapor a presión intermedia para generar energía;

caracterizado porque, en unas primeras condiciones de funcionamiento, el gas oxidante es una mezcla de oxígeno prácticamente puro y gases de escape reciclados, y porque la proporción entre las primeras y segundas partes del vapor se controla a fin de obtener la temperatura deseada de los gases de escape en el canal de dichos gases, aguas abajo del economizador final.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque se ajustan la velocidad de introducción del combustible y la velocidad de transporte del agua de alimentación a fin de obtener la temperatura deseada en el horno.
- 25 3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque, en unas segundas condiciones de funcionamiento, el gas oxidante es aire y, cuando se acciona el sistema de combustión a plena carga en las primeras y segundas condiciones de funcionamiento, el caudal de alimentación de combustible es, en las primeras condiciones de funcionamiento, mayor que en las segundas.
- 30 4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque cuando se acciona el sistema de combustión a plena carga en las condiciones de funcionamiento primera y segunda, la primera parte del vapor en las primeras condiciones de funcionamiento es menor que en las segundas condiciones de funcionamiento, y porque la segunda parte del vapor es, en las primeras condiciones de funcionamiento, mayor que en las segundas condiciones de funcionamiento.
- 35 5. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque el sistema comprende un termointercambiador (60) gas/gas y el calor se transfiere en el termointercambiador gas/gas en las condiciones de funcionamiento primera y segunda desde los gases de escape en el canal de tales gases a al menos una parte del gas oxidante.
6. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el control comprende la medición de la temperatura (58) de los gases de escape.
- 40 7. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque, en las primas condiciones de funcionamiento, la velocidad de transporte del agua de alimentación es mayor que en las segundas.
8. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el procedimiento comprende, en las primeras condiciones de funcionamiento, otro paso de presurización de una parte de los gases de escape en varios compresores de dichos gases a fin de producir dióxido de carbono líquido o supercrítico
- 45 9. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el procedimiento comprende, en las primeras condiciones de funcionamiento, otro paso de extracción de una parte del vapor (48) desde la turbina (46) de vapor a presión intermedia para accionar un compresor.
10. Sistema (10) de caldera para generar energía mediante la combustión de combustible carbonáceo en un horno (14) del sistema de caldera, que comprende:

- medios para introducir el combustible carbonáceo (16) en el horno;
- medios para introducir en el horno oxígeno prácticamente puro y gases de escape reciclados (18) como gas oxidante para la combustión del combustible a fin de producir gases de escape;
- un canal de gases de escape (20) para descargar dichos gases del horno;
- 5 medios para transportar una corriente de agua de alimentación desde un economizador final (54) dispuesto en el canal de gases de escape hasta las superficies de intercambio térmico de evaporación (32) y recalentamiento (34) dispuestas en el horno y en el canal de gases de escape para convertir el agua de alimentación en vapor recalentado;
- una turbina (36) de vapor a presión elevada para generar energía;
- 10 medios para extraer una primera parte del vapor de la turbina de vapor a elevada presión para precalentar el agua de alimentación;
- medios para transportar una segunda parte del vapor de la turbina de vapor a elevada presión a fin de recalentar las superficies de intercambio térmico dispuestas en el canal de gases de escape con el objetivo de generar vapor recalentado; y
- 15 una turbina de vapor a presión intermedia (46) para expandir el vapor recalentado a fin de generar energía, caracterizado porque el sistema de caldera comprende medios para controlar la proporción de las primeras y segundas partes de vapor (56) a fin de obtener una temperatura deseada de los gases de escape en el canal de dichos gases aguas abajo del economizador final.
- 20 11. Sistema de caldera según la reivindicación 10, caracterizado porque el sistema de caldera comprende medios para introducir en el horno aire (62) como gas oxidante para la combustión del combustible, a fin de producir gases de escape.
12. Sistema de caldera según la reivindicación 10, caracterizado porque el sistema de caldera comprende un termointercambiador (60) gas/gas para transferir el calor de los gases de escape del canal para tales gases a una parte al menos del gas oxidante.
- 25 13. Sistema de caldera según la reivindicación 10, caracterizado porque los medios de control comprenden medios para medir la temperatura de los gases de escape (58).
14. Sistema de caldera según la reivindicación 10, caracterizado porque el sistema de caldera comprende varios compresores de gases de escape para presurizar una parte de los gases de escape a fin de producir dióxido de carbono líquido o supercrítico.
- 30 15. Sistema de caldera según la reivindicación 10, caracterizado porque el sistema de caldera comprende medios para extraer una parte del vapor (48) desde la turbina (46) de vapor de presión intermedia a fin de accionar un compresor.

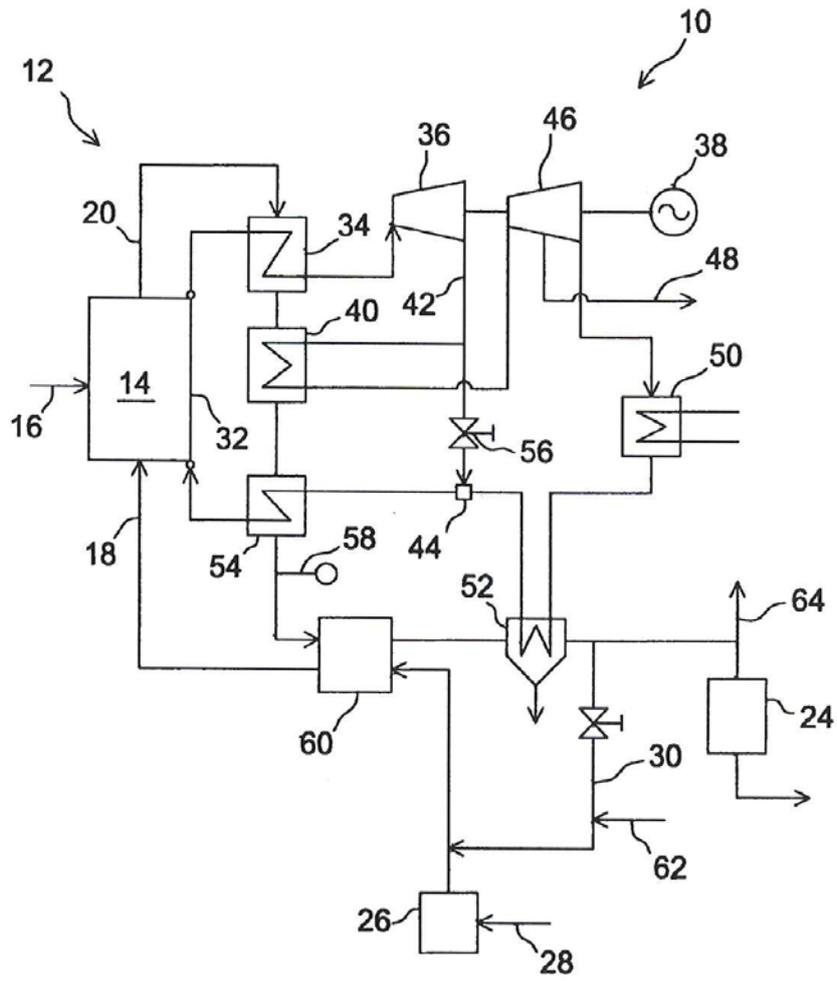


Fig. 1