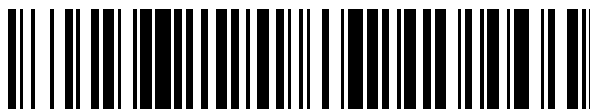


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 728 333**

51 Int. Cl.:

F23C 10/28 (2006.01)

F23J 7/00 (2006.01)

F23C 10/18 (2006.01)

C01B 33/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.10.2009** **PCT/US2009/005805**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.05.2010** **WO10051018**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2009** **E 09823927 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2019** **EP 2361135**

54 Título: **Métodos para operar un horno**

30 Prioridad:

27.10.2008 US 108700 P
03.11.2008 US 263705

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
23.10.2019

73 Titular/es:

KENTUCKY-TENNESSEE CLAY CO. (100.0%)
100 Mansell Court East, Suite 300
Roswell, Georgia 30076, US

72 Inventor/es:

LEACH, BILLIE, E. y
LANDON, THOMAS, E.

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 728 333 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

Métodos para operar un horno

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a métodos para operar hornos, y más particularmente, a métodos para operar hornos tales como, por ejemplo, reactores de lecho fluidizado, incluyendo la introducción de arcilla hidratada en el horno.

Antecedentes

10 Los procesos de combustión se pueden usar en hornos de plantas motrices para generar calor para operar una caldera o un generador de vapor, que genera energía eléctrica. El combustible utilizado para tales procesos puede incluir carbón, coque de petróleo y/o biocombustible derivado de biomasa. El combustible puede incluir un material que contenga un álcali. Se pueden usar otros materiales que contienen álcali conocidos por los expertos en la técnica en los procesos para, por ejemplo, capturar contaminantes ambientales.

15 Algunas plantas de energía pueden incluir sistemas que operan utilizando, por ejemplo, un proceso que a veces se denomina proceso de "combustión en lecho fluidizado". Un ejemplo de tal proceso es un proceso de combustión en lecho fluidizado circulante, que puede usarse para la generación de energía eléctrica. Algunos ejemplos de reactores de lecho fluidizado circulante pueden incluir gasificadores, combustores y generadores de vapor, y típicamente, los reactores de lecho fluidizado circulantes tienen un horno vertical o caldera.

20 Durante la operación, se introduce combustible, por ejemplo, combustible particulado, en la parte inferior de un horno, y se pueden suministrar gases primarios y secundarios, por ejemplo, aire a través de algunas partes inferiores y/o paredes laterales del horno. La combustión del combustible tiene lugar en un lecho de partículas de combustible y otras partículas sólidas, tales como, por ejemplo, carbonato de calcio, que puede incluirse para la captura de dióxido de azufre, y/o material inerte. Por ejemplo, el reactor de lecho fluidizado (es decir, horno) puede configurarse para suspender el lecho de partículas de combustible y otros materiales en chorros de soplado ascendentes de los gases primarios y/o secundarios durante el proceso de combustión. Los chorros de soplado ascendentes facilitan la mezcla de las partículas de fluido y otros materiales, lo que sirve para mejorar la combustión, por ejemplo, reduciendo las emisiones no deseadas y aumentando la combustión y la eficiencia de transferencia de calor.

25 El gas de escape y/o las partículas sólidas arrastradas en el lecho pueden salir del horno a través de un puerto de escape en, por ejemplo, una parte superior del horno y pueden pasar a un separador de partículas. En el separador de partículas, la mayoría o sustancialmente todas las partículas sólidas pueden separarse del gas de escape. Típicamente, uno o más ciclones, que usan fuerzas tangenciales para separar partículas del gas de escape, están acoplados con el horno. Durante la operación normal, los ciclones pueden ser capaces de separar aproximadamente el 99.9% de las partículas del gas de escape.

30 El gas de escape y cualquier partícula sólida remanente, o ceniza volante, pueden pasarse entonces a través de unidades de procesamiento adicionales antes de liberarse finalmente a la atmósfera. Por ejemplo, en un sistema atmosférico de lecho fluidizado circulante, el gas de escape fluye a través de una caldera y pasa por los tubos de la caldera que contienen un suministro de agua, proporcionando calor para convertir el agua en vapor. El vapor puede usarse entonces para impulsar una turbina de vapor, generando electricidad. El gas de escape puede pasarse a través de un intercambiador de calor para recuperar al menos una parte del calor generado durante el proceso de combustión, y el gas de escape puede pasar a través de unidades de procesamiento ambiental para reducir los niveles de emisiones indeseables, tales como contaminantes, por ejemplo, óxidos de nitrógeno ("NOx"), óxidos de azufre ("SOx") y/o material particulado ("PM").

35 Las partículas sólidas recuperadas en el separador de partículas, tales como las cenizas del fondo, pueden devolverse al lecho en el reactor de lecho fluidizado circulante para la posterior reacción y/o eliminación del lecho. La energía acumulada en la ceniza calentada del fondo puede recuperarse al menos parcialmente, por ejemplo, en un intercambiador de calor de lecho fluidizado integrado, antes de que la ceniza se recicle al reactor de lecho fluidizado circulante.

40 Un intercambiador de calor de lecho fluidizado integrado a modo de ejemplo es un supercalentador de vapor INTREX™ (Foster Wheeler Ltd., Clinton, NJ, EE. UU.). En un intercambiador de calor de este tipo, las cenizas del fondo separadas en un ciclón pueden pasar sobre el supercalentador de vapor INTREX™ antes de volver al reactor de lecho fluidizado circulante. Se contempla el uso de otros intercambiadores de calor de lecho fluidizado conocidos por los expertos en la técnica.

45 La combustión de las partículas de combustible y/o el calentamiento de otros materiales (por ejemplo, carbonato de calcio) pueden dar como resultado el calentamiento de materiales que contienen álcali, de manera que se liberan compuestos alcalinos contenidos en el mismo. Los compuestos alcalinos liberados pueden reaccionar con ceniza u otros componentes inorgánicos, como, por ejemplo, azufre, cloro y/o silicio, lo que puede dar lugar a depósitos indeseables, acumulación de cenizas y/o corrosión en las áreas expuestas de la superficie de los componentes de lecho fluidizado, por ejemplo, en paredes de horno y/o tubos de caldera. Dichos depósitos y la corrosión pueden

conducir a una operación menos eficiente y/o pérdida de producción debido a un mayor tiempo de inactividad relacionado con el mantenimiento. Sin estar limitados por la teoría, los compuestos alcalinos pueden liberarse en una forma líquida o de vapor, que puede ser arrastrada en el lecho fluidizado o con las partículas que constituyen el lecho fluidizado. Los compuestos alcalinos pueden hacer que las partículas de ceniza se peguen entre sí, lo que conduce a una acumulación indeseable de cenizas (por ejemplo, en los tubos de la caldera) y al ensuciamiento de las superficies del sistema del reactor. Sin estar limitados por la teoría, los componentes alcalinos y el componente silíceo de la ceniza pueden formar una mezcla eutéctica que forma depósitos cristalinos/amorfos en las superficies del reactor.

Como resultado, puede ser deseable eliminar al menos una porción de los compuestos alcalinos del horno antes de que reaccionen con la ceniza y/u otros componentes inorgánicos, por ejemplo, para reducir o evitar depósitos indeseables y/o corrosión.

Davidsson et al., En un artículo titulado, "Adición de caolín durante la combustión de biomasa en una caldera de lecho fluidizado circulante de 35 MW", Energy & Fuels 2007, 21, 1959-1966, describe la adición de caolín a una caldera de lecho fluidizado circulante. Davidsson et al. especifica el uso de caolín producto vendido con el nombre de Intrafil C® y obtenido de Imerys Minerals Ltd., y establece que la adición de este caolín altamente procesado da como resultado la eliminación del álcali del horno. En particular, el caolín utilizado por Davidsson et al. es altamente procesado y puede tener un contenido muy bajo de humedad y/o hierro.

Aunque el caolín añadido por Davidsson et al. a la caldera de lecho fluidizado circulante puede dar como resultado la eliminación del álcali del horno, el método descrito por Davidsson et al. puede sufrir una serie de posibles inconvenientes. Por ejemplo, el caolín añadido es un caolín de polvo fino altamente procesado, y una porción indeseablemente grande del caolín fue transportada desde el reactor de lecho fluidizado circulante por los gases de combustión, y por lo tanto solo quedó una fracción relativamente pequeña del caolín en el horno. Esto puede resultar de, por ejemplo, la finura del caolín, el 36% del caolín que tiene una distribución de tamaño de partícula de menos de 1 µm, y el 55% que tiene una distribución del tamaño de partícula de menos de 2 µm. Davidsson et al. indican que una cantidad indeseablemente alta de caolín terminó en las cenizas volante. Además, el caolín utilizado por Davidsson et al. puede no ser lo suficientemente rentable debido a los costes a veces asociados con dicho caolín altamente procesado.

A la luz de estos posibles inconvenientes, puede ser deseable identificar un método menos costoso para eliminar álcali de un horno, por ejemplo, el horno de un reactor de lecho fluidizado.

La publicación de solicitud U.S. No. 2006/0210463 A1 divulga procesos para disminuir las emisiones de azufre en la combustión del carbón. Una composición sorbente de azufre en forma de una solución acuosa comprende arcilla de caolín y puede agregarse al carbón o inyectarse en el horno.

La Patente U.S. No. 5,298,473 divulga sorbentes de azufre preparados sobre la base de compuestos de base/arcilla que se hidratan antes de introducirse en una caldera alimentada a carbón.

Resumen

La presente invención se define en y mediante las reivindicaciones adjuntas. La invención se refiere a un método para quemar combustible en presencia de carbonato de calcio. El método incluye introducir combustible, carbonato de calcio y arcilla hidratada en un horno configurado para quemar el combustible, en el que la arcilla hidratada comprende caolinita y tiene un contenido de humedad de al menos 5% en peso a 15% en peso. El método incluye además calentar al menos una parte del combustible, carbonato de calcio, y arcilla hidratada de tal manera que al menos una porción de la arcilla hidratada se calcina al menos parcialmente y la arcilla al menos parcialmente calcinada adsorbe al menos una porción del álcali presente en el horno, en donde dicha porción de álcali se libera como resultado del calentamiento de la porción de combustible y/o carbonato de calcio.

Como se usa en el presente documento, "materiales que contienen álcali" y "compuestos alcalinos" se refieren a materiales que contienen carbonatos y/o hidróxidos de un metal alcalino y/o alcalinotérreo, y/o sales y/o iones de un metal alcalino y/o metal alcalinotérreo.

Además de las disposiciones estructurales y de procedimiento expuestas anteriormente, las realizaciones podrían incluir varias otras disposiciones, tales como las explicadas a continuación. Debe entenderse que tanto la descripción anterior como la siguiente descripción son solo de ejemplo.

Descripción de realizaciones

Ahora se hará referencia en detalle a varias realizaciones a modo de ejemplo. El combustible se quema en un horno para producir calor, y el calor producido puede, a su vez, usarse para generar energía eléctrica, a través, por ejemplo, de un generador de vapor. El calentamiento del combustible y/o carbonato de calcio asociado con un proceso de combustión da como resultado la liberación de álcali en el horno. Se agrega al horno arcilla hidratada que comprende caolinita, y el calor calcina al menos parcialmente la arcilla hidratada, de manera que la arcilla al menos parcialmente calcinada está disponible para actuar como un adsorbente para al menos una porción del álcali dentro del horno.

De acuerdo con algunas realizaciones, un método para operar un sistema de reactor de lecho fluidizado circulante incluye al menos las etapas de introducir un material que contiene álcali en un horno de lecho fluidizado circulante (por ejemplo, un reactor), introduciendo una arcilla hidratada que tiene un contenido de humedad de al menos 5% en peso a aproximadamente 15% en peso en el reactor de lecho fluidizado circulante, y eliminar al menos una porción de la arcilla (por ejemplo, una porción al menos parcialmente calcinada de la arcilla hidratada) del sistema de reactor de lecho fluidizado circulante.

De acuerdo con algunas realizaciones, la arcilla hidratada puede incluir arcilla en terrones, por ejemplo, arcilla hidratada que puede secarse parcialmente hasta un contenido de humedad que varía de 5% en peso a 15% en peso. De acuerdo con algunas realizaciones, la arcilla en terrones puede secarse parcialmente hasta un contenido de humedad que varía de aproximadamente 8% en peso a aproximadamente 12% en peso (por ejemplo, aproximadamente 10% en peso), de aproximadamente 5% en peso a aproximadamente 10% en peso, o de aproximadamente 10% en peso a aproximadamente 15% en peso.

En una realización, la arcilla en terrones puede comprender aglomerados de arcilla hidratada que tienen un tamaño de aproximadamente 2,54 cm (1 pulgada) o menos. En otras realizaciones, la arcilla en terrones puede comprender aglomerados de arcilla hidratada que tienen un tamaño de aproximadamente 1,905 cm (3/4 de pulgada) o menos, por ejemplo, aproximadamente 1,27 cm (1/2 pulgada) o menos. En otras realizaciones, la arcilla en terrones puede comprender aglomerados de arcilla hidratada que tienen un tamaño de aproximadamente 0,635 cm (1/4 pulgada) o menos (por ejemplo, de aproximadamente 0,3175 cm (1/8 pulgada) o menos). En otras realizaciones, la arcilla en terrones puede comprender aglomerados de arcilla hidratada que tienen un tamaño de terrón máximo de no más de aproximadamente 7,62 cm (3 pulgadas), tal como no más de aproximadamente 5,08 cm (2 pulgadas) o no más de aproximadamente 2,54 cm (1 pulgada). En algunas realizaciones, la arcilla en terrones puede comprender aglomerados de arcilla hidratada que tienen un tamaño de terrón máximo que varía de aproximadamente 0,635 cm (0,25 pulgadas) a aproximadamente 5,08 cm (2 pulgadas), tal como, por ejemplo, de aproximadamente 0,635 cm (0,25 pulgadas) a aproximadamente 2,54 cm (1 pulgada).

De acuerdo con algunas realizaciones de ejemplo, la arcilla hidratada puede incluir, además de la caolinita, una o más de arcilla en terrones, arcilla que ha sido fragmentada y/o triturada, arcilla no beneficiada, arcilla esférica (por ejemplo, arcilla que incluye aproximadamente 20-80% de caolinita, 10% -25% de mica, y/o 6% -65% de cuarzo) y arcilla derivada de la sobrecarga de una operación minera de caolinita (por ejemplo, arcilla derivada de material localizado sobre depósitos de donde se extrae caolinita). De acuerdo con algunas realizaciones, la arcilla hidratada puede tener un área superficial BET de al menos aproximadamente 9 m²/g, por ejemplo, al menos aproximadamente 10 m²/g o al menos aproximadamente 15 m²/g.

Los materiales que contienen álcali de acuerdo con algunas realizaciones pueden servir como combustible para la combustión. Por ejemplo, los materiales que contienen álcali pueden incluir uno o más de carbón, coque de petróleo y biocombustible (por ejemplo, combustible obtenido a partir de biomasa). Fuentes de ejemplo de carbón incluyen, sin limitación, carbón marrón, lignito y carbón bituminoso, como, por ejemplo, carbón bituminoso oriental, carbón de coque, carbón jurásico, carbón triásico, carbón pérmico y carbón carbonífero. En otras realizaciones, los materiales que contienen álcali están sustancialmente ausentes del combustible usado para la combustión.

De acuerdo con algunas realizaciones, los materiales que contienen álcali pueden incluir carbonato de calcio. En algunas realizaciones, el carbonato de calcio puede proporcionarse en forma de caliza particulada, mármol, tiza, dolomita, arena aragonítica, conchas de mar, coral y/o mezclas de estos. En una realización, el material que contiene álcali puede incluir un carbonato de calcio que se origina a partir de un depósito de origen marino, por ejemplo, en el que el álcali puede incluir sal residual del agua de mar.

De acuerdo con algunas realizaciones, el combustible y/o el (los) material (es) que contiene el álcali y la arcilla hidratada pueden combinarse antes de ser suministrados a un horno. Por ejemplo, el combustible y/o el material que contiene álcali y la arcilla hidratada se pueden mezclar y/o combinar antes de la combustión. En algunas realizaciones, al menos uno de carbón y coque de petróleo puede mezclarse y/o combinarse con la arcilla hidratada. En otras realizaciones, el carbonato de calcio se puede mezclar y/o combinar con la arcilla hidratada. En aún otras realizaciones, la arcilla hidratada se puede agregar directamente a un sistema de reactor de lecho fluidizado. Por ejemplo, la arcilla hidratada se puede agregar al horno o la arcilla hidratada se puede agregar a la corriente de ceniza del fondo que se alimenta por gravedad al horno.

De acuerdo con algunas realizaciones, la combustión puede ocurrir en un horno que es parte de un sistema de reactor de lecho fluidizado para generar energía eléctrica mediante, por ejemplo, un generador de vapor. Por ejemplo, el horno puede ser parte de un sistema de reactor de lecho fluidizado circulante. El horno puede ser parte de otros sistemas para la combustión de materiales que contienen álcali conocidos por los expertos en la técnica.

La arcilla hidratada se convierte al menos parcialmente en una arcilla calcinada en el reactor de lecho fluidizado circulante. La arcilla al menos parcialmente calcinada sirve para adsorber al menos una porción de álcali presente en el reactor de lecho fluidizado.

La arcilla hidratada se puede introducir, en algunas realizaciones, al menos dos veces en el reactor de lecho fluidizado circulante. En algunas realizaciones, al menos una porción del material que contiene álcali puede mezclarse con al menos una porción de la arcilla hidratada antes de que el material que contiene álcali mezclado y la arcilla hidratada se introduzca en el reactor de lecho fluidizado circulante. De acuerdo con algunas realizaciones, al menos una porción de la arcilla hidratada se puede introducir en una porción inferior del reactor de lecho fluidizado circulante. En algunas realizaciones, al menos una porción de la arcilla hidratada se puede introducir en la parte trasera del reactor de lecho fluidizado circulante. En algunas realizaciones, al menos una porción de la arcilla hidratada se puede introducir en una porción superior del reactor de lecho fluidizado circulante. De acuerdo con algunas realizaciones, al menos una porción de la arcilla hidratada se puede introducir en un lado de lechada de cenizas de un intercambiador de calor de lecho fluidizado integrado.

Antes de que el (los) material (es) que contiene álcali y la arcilla hidratada se introduzcan en el horno, el tamaño de al menos uno de los materiales que contiene álcali y arcilla hidratada puede, en algunas realizaciones, someterse a al menos a un proceso de modificación física. Por ejemplo, el o los procesos de modificación física pueden servir para reducir el tamaño de al menos uno de los materiales que contiene álcali y la arcilla hidratada a, por ejemplo, aproximadamente 2,54 cm (1 pulgada) o menos. En algunas realizaciones, un proceso de modificación física de ejemplo puede reducir el tamaño de al menos uno de los materiales que contiene álcali y la arcilla hidratada a aproximadamente 1.905 cm (3/4 pulgadas) o menos, por ejemplo, a aproximadamente 1.27 cm (1/2 pulgadas) o menos. En algunas realizaciones, el proceso de modificación física de ejemplo puede reducir el tamaño de al menos uno de los materiales que contiene álcali y la arcilla hidratada a aproximadamente 0,635 cm (1/4 pulgada) o menos (por ejemplo, a aproximadamente 0,3175 cm (1/8) pulgada) o menos). En otras realizaciones, el al menos uno de los materiales que contiene álcali y la arcilla hidratada puede comprender aglomerados de arcilla hidratada que tienen un tamaño de terrón máximo de no más de aproximadamente 7,62 cm (3 pulgadas), tal como no más de aproximadamente 5,08 cm (2 pulgadas) o no más de aproximadamente 2.54 cm (1 pulgada). Los procesos de modificación física de ejemplo pueden incluir al menos uno de molienda, martilleo, triturado por rodillos, secado, molienda, cribado, extrusión, separación triboeléctrica, clasificación de líquido y clasificación de aire.

De acuerdo con algunas realizaciones, los métodos de ejemplo pueden incluir una etapa de eliminación de una porción de la arcilla al menos parcialmente calcinada del horno. Por ejemplo, una porción de la arcilla al menos parcialmente calcinada se puede eliminar periódicamente. En algunas realizaciones, por ejemplo, al menos una parte de un lecho fluidizado se puede eliminar (por ejemplo, mediante bombeo) una vez que el lecho alcanza una altura predeterminada en un reactor de lecho fluidizado. En algunas realizaciones, la eliminación de arcilla al menos parcialmente calcinada del reactor de lecho fluidizado circulante puede ser sustancialmente continua. En algunas realizaciones, una porción de la arcilla al menos parcialmente calcinada se puede eliminar en un punto externo al reactor de lecho fluidizado. Por ejemplo, al menos una porción de la arcilla al menos parcialmente calcinada puede eliminarse en una salida de un separador de partículas del sistema de reactor de lecho fluidizado. En algunas realizaciones, al menos una porción de la arcilla al menos parcialmente calcinada puede eliminarse después de pasar a través de un intercambiador de calor de lecho fluidizado integrado. En algunas realizaciones, al menos una porción de la arcilla al menos parcialmente calcinada se puede eliminar de una salida superior de un ciclón, y dicha porción se puede eliminar a través de al menos uno de entre un filtro de tela y un depurador de filtros.

De acuerdo con algunas realizaciones, el material inerte se puede introducir en el horno. Los materiales inertes a modo de ejemplo pueden incluir, por ejemplo y sin limitación, arena, residuos de combustible y/o yeso. En algunas realizaciones, se puede seleccionar un material inerte fino para mejorar la eficacia de separación en uno o más ciclones que pueden estar asociados con el horno. En algunas realizaciones, se puede seleccionar un material inerte grueso para aumentar la masa de un lecho de fluidización.

La cantidad de arcilla hidratada introducida en el horno puede seleccionarse basándose, por ejemplo, en una cantidad suficiente para mantener la eficiencia de la caldera. Una medida de la eficiencia de la caldera se relaciona con la temperatura del vapor de la caldera. En algunas realizaciones, la arcilla hidratada se puede agregar en una cantidad suficiente para mantener una temperatura del vapor de la caldera que varía de aproximadamente 930°C a aproximadamente 1010°C, por ejemplo, en una cantidad suficiente para mantener una temperatura del vapor de la caldera de aproximadamente 950°C. a aproximadamente 1010 ° C. En algunas realizaciones, la arcilla hidratada se puede agregar en una cantidad suficiente para mantener una temperatura del vapor de la caldera que varía de aproximadamente 970°C a aproximadamente 1010°C, por ejemplo, en una cantidad suficiente para mantener una temperatura del vapor de la caldera de aproximadamente 1000°C. a aproximadamente 1010 ° C. Por ejemplo, para algunos reactores de lecho fluidizado, puede añadirse una cantidad de arcilla hidratada (por ejemplo, caolín semiseco en terrones) que varía de aproximadamente 25 a aproximadamente 85 toneladas por día, por ejemplo, una cantidad que varía de aproximadamente 40 a aproximadamente 50 toneladas por día puede ser agregada. Por ejemplo, para combustible relativamente bajo en azufre, se pueden agregar aproximadamente 35 toneladas por día de arcilla hidratada, y para combustible relativamente alto en azufre, se pueden agregar aproximadamente 50 toneladas por día de arcilla hidratada. El combustible puede incluir, por ejemplo, una combinación de aproximadamente 85% de coque de petróleo y aproximadamente 15% de carbón, que suman aproximadamente 100 toneladas por hora de combustible.

La arcilla hidratada utilizada en los métodos de ejemplo divulgados tiene un contenido de humedad medible. De acuerdo con la invención, el contenido de humedad de la arcilla hidratada está en un intervalo de aproximadamente 5% en peso a aproximadamente 15% en peso, por ejemplo, de aproximadamente 8% en peso a aproximadamente

12% en peso. En algunas realizaciones, la arcilla hidratada puede tener un contenido de humedad que varía de aproximadamente 9% en peso a aproximadamente 11% en peso, por ejemplo, aproximadamente 10% en peso (por ejemplo, arcilla grumosa que tiene un contenido de humedad de aproximadamente 10%).

- 5 La arcilla hidratada utilizada en los métodos de ejemplo divulgados en este documento puede tomar diversas formas y/o puede haber experimentado diversos procesos. Por ejemplo, la arcilla hidratada puede incluir arcilla fragmentada y/o triturada. En algunas realizaciones, la arcilla hidratada puede ser arcilla no beneficiada. Como se usa en este documento, la arcilla no beneficiada puede incluir arcilla que no ha sido sometida a al menos un proceso elegido entre dispersión, limpieza, floculación selectiva, decoloración de ozono, clasificación, separación magnética, lixiviación química, flotación por espuma y deshidratación de la arcilla.
- 10 En algunas realizaciones, al menos una porción de la arcilla hidratada puede ser caolinita, por ejemplo, un aluminosilicato hidratado que tiene una fórmula, $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$. En algunas realizaciones, la arcilla hidratada puede incluir bolas de arcilla. En algunas realizaciones, la arcilla hidratada puede incluir arcilla derivada de sobrecarga de una operación de extracción de caolín. En algunas realizaciones, la arcilla hidratada puede ser arcilla derivada de arcilla cruda que tiene un contenido de humedad de al menos aproximadamente 15%. Por ejemplo, la arcilla hidratada puede incluir caolín montmorillonítico.
- 15 La arcilla hidratada utilizada en los métodos de ejemplo divulgados en la presente memoria puede ser una combinación de arcillas hidratadas. Por ejemplo, se puede seleccionar al menos una arcilla hidratada para proporcionar resistencia de unión a la combinación de arcillas hidratadas. En algunas realizaciones, se puede seleccionar al menos una arcilla hidratada para aumentar la rugosidad de la combinación de arcilla hidratada.

- 20 De acuerdo con algunas realizaciones, la arcilla hidratada utilizada en los métodos de ejemplo divulgados en este documento puede tener un área superficial BET medible. Por ejemplo, el área superficial BET puede ser de al menos aproximadamente $9 \text{ m}^2/\text{g}$, por ejemplo, el área superficial BET puede ser al menos aproximadamente $10 \text{ m}^2/\text{g}$ o al menos aproximadamente $15 \text{ m}^2/\text{g}$.

- 25 La arcilla hidratada utilizada en los métodos de ejemplo divulgados en este documento puede tener un tamaño de partícula medible. Los tamaños de partícula y otras propiedades de tamaño de partícula a las que se hace referencia en la presente memoria, tales como la distribución del tamaño de partícula ("psd"), se pueden medir usando un instrumento SEDIGRAPH 5100 suministrado por Micromeritics Corporation. Por ejemplo, el tamaño de una partícula dada se puede expresar en términos del diámetro de una esfera de diámetro equivalente que sedimenta a través de la suspensión, es decir, un diámetro esférico equivalente o "esd".

- 30 El tamaño de partícula medible puede indicar la tosquedad relativa de la arcilla hidratada. En algunas realizaciones, aproximadamente 30% a aproximadamente 50% de la arcilla hidratada tiene un tamaño de partícula inferior a aproximadamente $1 \mu\text{m}$. En algunas realizaciones, aproximadamente 35% a aproximadamente 45% de la arcilla hidratada tiene un tamaño de partícula inferior a aproximadamente $1 \mu\text{m}$. En algunas realizaciones, aproximadamente 30% a aproximadamente 40% de la arcilla hidratada tiene un tamaño de partícula inferior a aproximadamente $1 \mu\text{m}$. En algunas realizaciones, aproximadamente 40% a aproximadamente 50% de la arcilla hidratada tiene un tamaño de
- 35 partícula inferior a aproximadamente $1 \mu\text{m}$.

- En algunas realizaciones, aproximadamente 60% a aproximadamente 80% de la arcilla hidratada tiene un tamaño de partícula inferior a aproximadamente $2 \mu\text{m}$. En algunas realizaciones, aproximadamente del 65% a aproximadamente el 75% de la arcilla hidratada tiene un tamaño de partícula inferior a aproximadamente $2 \mu\text{m}$. En algunas realizaciones, aproximadamente 60% a aproximadamente 70% de la arcilla hidratada tiene un tamaño de partícula inferior a
- 40 aproximadamente $2 \mu\text{m}$. En algunas realizaciones, aproximadamente 70% a aproximadamente 80% de la arcilla hidratada tiene un tamaño de partícula inferior a aproximadamente $2 \mu\text{m}$.

- La arcilla hidratada utilizada en los métodos de ejemplo divulgados en este documento puede tener un residuo de pantalla lavable medible, por ejemplo, una retención de pantalla lavada medible +325. Por ejemplo, la retención de la
- 45 pantalla de lavado con malla +325 puede ser de aproximadamente 0,5% a aproximadamente 9%. En algunas realizaciones, la retención de la pantalla de lavado con malla +325 puede ser de aproximadamente 0,5% a aproximadamente 9%. En algunas realizaciones, la retención de la pantalla de lavado con malla +325 puede ser de aproximadamente 0,5% a aproximadamente 8%. En algunas realizaciones, la retención de la pantalla de lavado con malla +325 puede ser de aproximadamente 0,5% a aproximadamente 5%. En algunas realizaciones, la retención de la pantalla de lavado con malla +325 puede ser de aproximadamente 0,5% a aproximadamente 1,5%. En algunas
- 50 realizaciones, la retención de la pantalla de lavado con malla +325 puede ser de aproximadamente 4% a aproximadamente 5%. En algunas realizaciones, la retención de la pantalla de lavado con malla +325 puede ser de aproximadamente 1% a aproximadamente 4,5%. En algunas realizaciones, la retención de la pantalla de lavado con malla +325 puede ser de aproximadamente 4,5% a aproximadamente 9%.

- 55 Los métodos de ejemplo divulgados en este documento se pueden usar en asociación con una variedad de combustible (s) y/o materiales que contienen álcali. En algunas realizaciones, el combustible puede contener un material alcalino.

De acuerdo con algunas realizaciones, el combustible puede incluir carbón. Fuentes de ejemplo de carbón incluyen, sin limitación, lignito y carbón bituminoso, como, por ejemplo, carbón bituminoso oriental, carbón coquizable, carbón jurásico, carbón triásico, carbón pérmico y carbón carbonífero.

- 5 De acuerdo con algunas realizaciones, el combustible asociado con los métodos de ejemplo divulgados en la presente memoria puede incluir coque de petróleo, por ejemplo, un sólido carbonoso derivado del coquizador de refinería de petróleo y unidades de craqueo. En algunas realizaciones, el combustible puede incluir arena de coque de petróleo. En algunas realizaciones, el combustible puede incluir combinaciones de carbón y coque de petróleo.

- 10 De acuerdo con algunos métodos de ejemplo divulgados en esta memoria, aumentar la cantidad de arcilla hidratada añadida al sistema del reactor puede permitir una reducción en la cantidad de carbón quemado en el reactor de lecho fluidizado circulante. Por ejemplo, para aproximadamente una parte en peso de arcilla hidratada introducida en el sistema, la cantidad de carbón introducida en el sistema puede reducirse en aproximadamente 5 partes en peso de carbón.

- 15 De acuerdo con algunas realizaciones, el combustible asociado con los métodos de ejemplo divulgados en este documento puede incluir biocombustible derivado de, por ejemplo, biomasa. Las fuentes de ejemplo de biomasa pueden incluir, sin limitación, gránulos de madera, gránulos de paja, turba, lignocelulosa, biomasa residual, como bagazo, tallos de trigo, tallos de maíz, tallos de avena y/o biomasa energética, como, por ejemplo, hierbas del género Miscanthus.

- 20 En algunas realizaciones, los materiales que contienen álcali pueden incluir materiales seleccionados para reducir al menos uno de entre SO_x y NO_x. Por ejemplo, los materiales que contienen álcali seleccionados para reducir al menos uno de entre SO_x y NO_x pueden incluir carbonato de calcio. Por ejemplo, el carbonato de calcio puede ser derivado del mar. De acuerdo con algunas realizaciones, el (los) material (es) puede (n) incluir al menos uno de entre un absorbente de SO_x y NO_x.

- 25 En algunas realizaciones, aproximadamente 30% a aproximadamente 50% de la arcilla hidratada tiene un tamaño de partícula inferior a aproximadamente 1 µm. En algunas realizaciones, aproximadamente 35% a aproximadamente 45% de la arcilla hidratada tiene un tamaño de partícula inferior a aproximadamente 1 µm. En algunas realizaciones, aproximadamente 30% a aproximadamente 40% de la arcilla hidratada tiene un tamaño de partícula inferior a aproximadamente 1 µm. En algunas realizaciones, aproximadamente 40% a aproximadamente 50% de la arcilla hidratada tiene un tamaño de partícula inferior a aproximadamente 1 µm.

- 30 En algunas realizaciones, aproximadamente 60% a aproximadamente 80% de la arcilla hidratada tiene un tamaño de partícula inferior a aproximadamente 2 µm. En algunas realizaciones, aproximadamente del 65% a aproximadamente el 75% de la arcilla hidratada tiene un tamaño de partícula inferior a aproximadamente 2 µm. En algunas realizaciones, aproximadamente 60% a aproximadamente 70% de la arcilla hidratada tiene un tamaño de partícula inferior a aproximadamente 2 µm. En algunas realizaciones, aproximadamente 70% a aproximadamente 80% de la arcilla hidratada tiene un tamaño de partícula inferior a aproximadamente 2 µm. La medida del tamaño de partícula puede definirse, por ejemplo, mediante métodos analíticos estándar de "psd" de Sedigraph, como se definió previamente.

- 35 Además de la arcilla hidratada, en algunas realizaciones, las partículas de material sólido pueden incluir al menos uno de entre un absorbente de SO_x y NO_x y/o un material inerte. Un absorbente de SO_x de ejemplo puede incluir, por ejemplo y sin limitación, carbonato de calcio. Ejemplos de materiales inertes pueden incluir, por ejemplo, arena, yeso y/o residuos de combustible.

40 Ejemplo

- 45 Se hizo funcionar un sistema de reactor de lecho fluidizado circulante usando una combinación de coque de petróleo y carbón como combustible. Una muestra de arcilla hidratada, que incluye una arcilla de caolín montmorillonítica de grano fino (véase la Tabla de datos característicos de ejemplo a continuación), se mezcló con carbón. El carbón tenía un contenido de humedad que oscilaba entre aproximadamente 12% a aproximadamente 15%, mientras que la arcilla hidratada tenía un contenido de humedad que oscilaba de 8% a 12%. La mezcla de arcilla hidratada y carbón se alimentó al reactor de lecho fluidizado circulante junto con coque de petróleo. La relación de arcilla hidratada/carbón a coque de petróleo fue de aproximadamente 20% de arcilla/carbón y aproximadamente 80% de coque de petróleo, con una tasa de adición de arcilla hidratada que varía de 25 toneladas por día a 45 toneladas por día.

Tabla

ANÁLISIS QUÍMICO	
SiO ₂ (%)	46.5
Al ₂ O ₃ (%)	37.5
Fe ₂ O ₃ (%)	1.0

TiO ₂ (%)	1.3
K ₂ O (%)	0.3
Na ₂ O (%)	0.1
CaO (%)	0.3
MgO (%)	0.3
L.O.I. (%)	13.2
Carbón (%)	0.10
Azufre (%)	0.13
PROPIEDADES FÍSICAS	
pH	4.5
M.B.I. (meq/100)	10.5
Área Superficial específica (m ² /g)	24.0
TAMAÑO DE PARTÍCULA	
Malla +325 (% retenido)	1.0
% < 20 (μm)	99
% < 10 (μm)	97
% < 5 (μm)	94
% < 2 (μm)	85
% < 1 (μm)	76
% < 0.5 (μm)	65
* Extruido 50/50 arcilla/pedernal	

5 Agregar la arcilla hidratada al sistema mejoró al menos la eficiencia de la caldera. La temperatura del vapor que sale de la caldera, que es una medida de la eficiencia de la caldera, no disminuyó a aproximadamente de 900°C, que es la temperatura de vapor esperada después de unas pocas semanas de servicio y mucho menor que el objetivo óptimo de 1000°C. En cambio, la temperatura del vapor mejoró a aproximadamente 950°C después de la adición inicial de la arcilla hidratada. Después de un aumento de la cantidad de arcilla hidratada alimentada al sistema, la temperatura del vapor mejoró adicionalmente hasta aproximadamente 970°C.

10 Otras realizaciones de la invención serán evidentes para los expertos en la técnica a partir de la consideración de la especificación y la práctica de las realizaciones de ejemplo divulgadas en el presente documento. Se pretende que la especificación y los ejemplos sean considerados solamente como ejemplos, con un alcance de la invención indicado por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método para quemar combustible en presencia de carbonato de calcio, comprendiendo el método:
- introducir combustible y carbonato de calcio en un horno configurado para quemar el combustible;
- 5 introducir arcilla hidratada que tiene un contenido de humedad de al menos 5% en peso a 15% en peso en el horno y en el que la arcilla hidratada comprende caolinita; y
- calentar al menos una porción del combustible, carbonato de calcio y arcilla hidratada, de tal manera que al menos una porción de la arcilla hidratada se calcine al menos parcialmente y la arcilla al menos parcialmente calcinada adsorba al menos una porción de álcali presente en el horno;
- 10 en el que dicha porción de álcali se libera como resultado del calentamiento de la porción de combustible y/o carbonato de calcio.
2. El método de la reivindicación 1, en el que la arcilla hidratada tiene un contenido de humedad que varía de 8% en peso a 12% en peso.
3. El método de la reivindicación 1, en el que la arcilla hidratada comprende arcilla en terrones.
4. El método de la reivindicación 1, en el que la arcilla hidratada comprende arcilla no beneficiada.
- 15 5. El método de la reivindicación 1, en el que la caolinita está comprendida en arcilla esférica.
6. El método de la reivindicación 1, en el que la arcilla hidratada comprende arcilla derivada de una sobrecarga de una operación minera de caolín.
7. El método de la reivindicación 1, en el que la arcilla hidratada tiene un área superficial BET de al menos 9 m²/g.
- 20 8. El método de la reivindicación 1, en el que la arcilla hidratada comprende arcilla derivada de arcilla cruda que tiene un contenido de humedad de al menos el 15%.
9. El método de la reivindicación 1, que comprende además combinar al menos una porción del combustible, el carbonato de calcio y la arcilla hidratada entre sí antes de introducir la porción del combustible, el carbonato de calcio y la arcilla hidratada en el horno.
10. El método de la reivindicación 1, en el que el horno se incorpora en un sistema de reactor de lecho fluidizado.
- 25 11. El método de la reivindicación 10, en el que el sistema de reactor de lecho fluidizado es un sistema de reactor de lecho fluidizado circulante.
12. El método de la reivindicación 1, en el que la etapa de calentamiento da como resultado la calcinación de al menos una porción de la arcilla hidratada, y el método comprende además:
- adsorber al menos una porción de álcali en el horno a través de la arcilla calcinada; y
- 30 retirar al menos una porción de la arcilla calcinada y álcali adsorbido del horno.
13. El método de la reivindicación 1, en el que el combustible es carbón, coque de petróleo o biocombustible, o una combinación de cualquiera de los anteriores.
14. El método de la reivindicación 1, en el que la arcilla hidratada comprende aglomerados de arcilla hidratada que tienen un tamaño de no más de 7,62 cm (3 pulgadas).