

CALDERA DE COMBUSTIÓN CON CONDUCTO DE COMBUSTIBLE DE SECADO PREVIO

[0001] La presente solicitud reivindica prioridad de la Solicitud Provisional de EE.UU. 61/925,063, presentada el 8 de enero de 2014, la cual se incorpora por referencia.

Campo técnico de la Invención

[0002] La presente invención hace referencia a calderas que emplean la combustión de biomasa y otros combustibles sólidos y, de manera más específica, a la utilización de conductos de combustible para calentar y secar combustibles sólidos.

Antecedente de la Invención

[0003] Las calderas de combustión utilizan combustibles sólidos, tales como carbón, corteza, recortes de biomasa, madera u otros pellets de biomasa, aserrín, combustible derivado de neumáticos, basura, paja, bagazo, o combinaciones de éstos, a veces acompañados de combustibles fósiles. En muchos casos, estos combustibles poseen ya sea un alto contenido de humedad inicial o se quedan a la intemperie expuestos a la lluvia y nieve. En estos casos, los combustibles pueden contener contenido de agua (o incluso de hielo) que es demasiado alto para la quema adecuada en una caldera de combustión, tal como se utilizan comúnmente por la industria y empresas de servicios públicos para la

generación de vapor para llevar a cabo procesos químicos y/o generar electricidad.

[0004] Con el fin de reducir el contenido de humedad de combustibles secos antes de su introducción en las cámaras de combustión de las calderas, se emplean comúnmente diversos tipos de secadores de combustibles. La mayoría de secadores de combustibles pueden clasificarse como un secador directo o un secador indirecto. Los secadores directos calientan y secan el combustible mediante contacto directo con el fluido que proporciona calor, que puede ser vapor y/o aire caliente. Los secadores indirectos separan el combustible húmedo de la fuente de calor con una superficie de intercambio de calor.

[0005] La elección del tipo de secador depende de las características de biomasa y la economía de la aplicación específica de la caldera que se suministra por el combustible. Las ventajas de los combustibles secos incluyen mayor eficiencia, menor emisión al ambiente y mejor funcionamiento de la caldera. Se emplean varios tipos de secadores, los principales tipos son los secadores rotatorios, secadores flash y secadores de vapor sobrecalentados. Cada tipo de secador tiene ventajas en función del tamaño del material, el espacio que se permite para el secador, el uso de energía, la reducción del riesgo de incendios, las consideraciones ambientales (emisiones de aire y generación de aguas residuales), la posibilidad de integrar el secador al proceso y, finalmente, los costos añadidos.

[0006] El principal beneficio de la quema de combustibles secos es aumentar la eficiencia térmica de la caldera, lo que permite un menor consumo de combustible para la cantidad de vapor producido. Este aumento en la eficiencia se produce a través de las temperaturas más altas posibles de la llama cuando se queman combustibles secos. Este beneficio surge ya que con combustible húmedo una parte del calor de combustión se utiliza necesariamente para evaporar el agua (y, posiblemente, derretir el hielo) del combustible antes de su quema. Las temperaturas más altas de la llama tienen múltiples beneficios, incluyendo gradientes térmicos más grandes para la transferencia de calor radiante (que va como la cuarta potencia de la temperatura, donde la temperatura se mide a partir del cero absoluto); por tanto, para la misma cantidad de transferencia de calor, se pueden emplear bancos más pequeños de tubos generadores de vapor. Las temperaturas más altas de la llama mejoran la combustión, produciendo niveles más bajos de monóxido de carbono y reduciendo las cenizas que salen de la caldera. Además, un mayor porcentaje del contenido total de energía del combustible se libera a temperaturas más altas de combustión, lo que permite el uso de cajas más pequeñas de fuego y sistemas de manipulación de ceniza de menor capacidad. Otras ventajas de las temperaturas más altas de combustión incluyen una menor necesidad de exceso de aire de combustión, mientras se mantiene opacidad de escape aceptable y niveles de CO. Menos necesidad de aire de combustión puede permitir el uso de

tiro forzado más pequeño o ventiladores de tiro inducido.

[0007] Sin embargo, hay algunas preocupaciones válidas con el uso de combustible seco. Las temperaturas más altas de combustión que ofrecen la utilización de combustible previamente secado pueden llevar a la formación de escoria (fusión de ceniza). En el arte previo, los problemas con el secador (que hacían que el combustible se secara de forma inadecuada o no se secara del todo) tenían el potencial de que a la caldera se le podían introducir combustibles más húmedos, a pesar de que fue diseñada con otros propósitos. Las temperaturas más altas de combustión también pueden acelerar la corrosión a través de la formación de ácido sulfúrico.

Resumen de la Invención

[0008] Un objeto de la invención es el de proporcionar un método para secar combustibles sólidos húmedos.

[0009] Un conducto de combustible de secado previo se ubica en la cámara de combustión de una caldera. Los gases de combustión calientes calientan la superficie externa del conducto de combustible mediante una radiación y, en algunas configuraciones, también por convección.

[0010] En términos generales, lo anterior ha esbozado más bien en las características y ventajas técnicas de la presente invención con el fin de que la descripción detallada de las formas de realización que siguen a continuación se puedan entender mejor. Las características y ventajas adicionales de las formas de realización se describirán a continuación. Se debe

apreciar por los expertos en la materia que la concepción y las formas de realización específicas descritas se pueden utilizar fácilmente como base para modificar o diseñar otras estructuras que lleven a cabo los mismos fines de la presente invención. También debe tenerse en cuenta por los expertos en la materia que, como se expone en las reivindicaciones adjuntas, tales construcciones equivalentes no se apartan del espíritu y alcance de la invención.

Breve descripción de los dibujos:

- [0011] La FIG. 1 es una vista esquemática lateral en sección transversal de una caldera que incorpora la presente invención;
- [0012] La FIG. 2 es una vista esquemática superior en sección transversal de la caldera que se muestra en la FIG. 1;
- [0013] La FIG. 3 es una vista esquemática lateral en sección transversal de una caldera que emplea un conducto de combustible de secado previo de carga en la parte superior;
- [0014] La FIG. 4 es una vista esquemática lateral en sección transversal de una caldera que emplea un conducto de combustible de secado previo de carga en la parte lateral;
- [0015] La FIG. 5 es una vista esquemática lateral en sección transversal de una caldera que emplea un conducto de combustible de secado previo inclinado de forma erguida;

- [0016]** La FIG. 6 es una vista esquemática superior en sección transversal de una primera forma de realización de un conducto de combustible de secado previo que emplea un mecanismo de agitación y de secado de combustible;
- [0017]** La FIG. 7 es una vista esquemática lateral en sección transversal del conducto de combustible de secado previo de la FIG. 6;
- [0018]** La FIG. 8 es una vista esquemática superior en sección transversal de una segunda forma de realización de un conducto de combustible de secado previo que emplea un mecanismo de agitación y de secado de combustible;
- [0019]** La FIG. 9 es una vista esquemática lateral en sección transversal del conducto de combustible de secado previo de la FIG. 8;
- [0020]** La FIG. 10 es una vista esquemática superior en sección transversal de una tercera forma de realización de un conducto de combustible de secado previo que emplea un mecanismo de agitación y de secado de combustible;
- [0021]** La FIG. 11 es una vista esquemática lateral en sección transversal del conducto de combustible de secado previo de la FIG. 10;
- [0022]** La FIG. 12 es una vista esquemática superior en sección transversal de una cuarta forma de realización de un conducto de combustible de secado previo que emplea un mecanismo de agitación y de secado de combustible;

- [0023]** La FIG. 13 es una vista esquemática lateral en sección transversal del conducto de combustible de secado previo de la FIG. 12;
- [0024]** La FIG. 14 es una vista esquemática superior en sección transversal de una quinta forma de realización de un conducto de combustible de secado previo que emplea una estructura de agitación y de secado de combustible;
- [0025]** La FIG. 15 es una vista esquemática lateral en sección transversal del conducto de combustible de secado previo de la FIG. 14;
- [0026]** La FIG. 16 es una vista esquemática superior en sección transversal de una sexta forma de realización de un conducto de combustible de secado previo que emplea una estructura de agitación y de secado de combustible;
- [0027]** La FIG. 17 es una vista esquemática lateral en sección transversal del conducto de combustible de secado previo de la FIG. 16;
- [0028]** La FIG. 18 es una vista esquemática superior en sección transversal de una sexta forma de realización de un conducto de combustible de secado previo que emplea un mecanismo de agitación y de secado de combustible;
- [0029]** La FIG. 19 es una vista esquemática lateral en sección transversal del conducto de combustible de secado previo de la FIG. 18;
- [0030]** La FIG. 20 es una vista esquemática superior en sección transversal de una sexta forma de realización de un conducto de combustible de secado previo que emplea un mecanismo de agitación y de secado de combustible;

[0031] La FIG. 21 es una vista esquemática lateral en sección transversal del conducto de combustible de secado previo de la FIG. 20;

[0032] La FIG. 22 es un diagrama esquemático superior de flujos de calor con un conducto de combustible de secado previo;

[0033] La FIG. 23 es un diagrama de flujo de las etapas en un proceso de secado de combustible del arte previo;

[0034] La FIG. 24 es un diagrama de flujo de las etapas preferidas en un proceso de secado previo de combustible que incorpora la presente invención.

Descripción detallada de formas de realización alternativas

[0035] Los solicitantes han determinado que hay varias etapas de secado para combustibles sólidos húmedos.

Etapas de secado

En general, existen varias etapas de secado para combustibles sólidos húmedos:

- 1) Calentamiento hasta la temperatura de bulbo húmedo - esto lleva al combustible húmedo hasta una temperatura a la que el agua superficial comienza a evaporarse,
- 2) Evaporación del agua superficial - este proceso puede ocurrir tan rápido que la superficie del combustible puede secarse lo suficiente para convertirse en un riesgo de incendio, a pesar que el interior del combustible puede permanecer tanto frío como húmedo,
- 3) Llevar el agua desde el interior del combustible - este proceso claramente se verá potenciado en cualquier diseño de secador que facilite la separación de

aglomeraciones de combustible, de modo que todos los puntos interiores se acerquen a una superficie,

- 4) Eliminación de la mayor parte o toda el agua restante - en general, se prefiere no secar completamente el combustible para evitar exceso de fuego y riesgo de explosión,
- 5) Enfriamiento del combustible después del secado - una vez que el combustible sale del secador, se puede almacenar por lo general en un depósito de combustible antes de ser introducido en la cámara de combustión de la caldera. Se pierde por lo tanto cualquier calor contenido por el combustible y debe ser reabastecido por el proceso de combustión - esto es una desventaja de cualquier proceso en el que el combustible no está directamente pre-seco durante la introducción a la caldera y representa una ventaja económica de calderas configuradas de acuerdo con formas de realización en las que el combustible puede entrar directamente en la caja de combustión inmediatamente después del paso por el conducto de combustible de secado previo.

[0036] Las formas de realización de conductos de combustible de secado previo funcionan normalmente como secadores indirectos, ya que los gases de combustión calientes se utilizan normalmente para calentar la pared del conducto de combustible, que luego calienta de manera radiante el combustible dentro. Sin embargo, en algunas formas de realización, los conductos de combustible de secado previo pueden también funcionar como secadores directos, ya que el vapor y/o gas o aire

caliente pueden introducirse al interior del conducto de combustible, por ejemplo, por medio de mecanismos agitadores (véase FIGS. 6-22) o por la caída de combustible que arrastra gas caliente de combustión dentro del conducto de combustible, o forzando gas o aire caliente a través del conducto. Así, los diversos beneficios y desventajas de los dos tipos de secadores básicos se pueden encontrar en calderas configuradas con conductos de combustible de secado previo. Un ejemplo de una caldera de combustión que funciona con un conducto de combustible que seca combustible se da en la patente de Estados Unidos No. 8,590,463 para "Método y Aparato para Secar Combustible Sólido", emitida el 26 de noviembre de 2013, en donde los conductos de combustible están configurados como parte de las paredes laterales de la caldera y proporcionan algo de secado previo del combustible que cae hacia abajo dentro de ellas.

[0037] Algunas formas de realización proporcionan un método y una estructura para aumentar la eficiencia térmica de calderas de combustible sólido, lo que permite el uso de menos combustible para generar la misma cantidad de vapor.

[0038] Algunas formas de realización proporcionan un método y una estructura para el secado de combustible sólido húmedo utilizando los gases de combustión calientes en la caldera en un proceso de secado indirecto donde la pared del conducto de combustible sirve en la superficie de transferencia de calor.

[0039] En algunas formas de realización, el combustible se calentará y secará al menos parcialmente en los

conductos, pero una parte importante de la humedad puede vaporizarse después de que el combustible se deposita en el depósito de combustible. El depósito de combustible entonces se ventila para liberar el vapor. Los gases volátiles también pueden estar presentes y puede que se quiera incinerar los gases o condensar la humedad para separarla y luego incinerar los volátiles.

[0040] Algunas formas de realización proporcionan un método y una estructura para la ventilación de vapor evaporado y gases volátiles desde uno o más depósitos de almacenamiento de combustible, en los que los combustibles sólidos húmedos que se secan previamente han sido cargados desde uno o más conductos de combustible de secado previo. Posteriormente, los gases ventilados pueden ser incinerados y la humedad ventilada condensada. Si es seguro hacerlo, en algunas formas de realización, los depósitos de almacenamiento de combustible pueden ser ventilados hacia el aire.

[0041] Algunas formas de realización evitan la caída libre de combustible sólido húmedo a través del conducto de combustible, por lo que ralentizan el paso del combustible para permitir un calentamiento y secado adecuado del combustible antes de cargarse en la cámara de combustión de la caldera.

[0042] Algunas formas de realización proporcionan estructuras y métodos para separar aglomeraciones de combustible sólido húmedo durante el tránsito del combustible a través de un conducto de combustible de secado previo. La aglomeraciones de combustible pueden separarse mediante el impacto de aglomeraciones con

estructuras dentro del conducto de combustible a medida que caen por el conducto de combustible, mediante el impacto de diversas estructuras agitadoras que se desplazan dentro del conducto de combustible en contra del combustible o mediante el impacto de chorros de alta velocidad de vapor y/o aire caliente que se pueden inyectar en el combustible por estructuras dentro del conducto de combustible.

[0043] Algunas formas de realización proporcionan calor adicional para el secado de combustibles sólidos húmedos por la introducción de vapor y/o aire caliente en el conducto de combustible por medio de estructuras agitadoras en un proceso de secado directo.

[0044] Algunas formas de realización proporcionan una purga de vapor para limpiar el interior del conducto de combustible y/o para enfriar un conducto de combustible si no está en operación mientras que la caldera está todavía en funcionamiento.

[0045] Para evitar que el material del conducto se sobrecaliente, algunas formas de realización limitan y regulan la cantidad de calentamiento y secado del combustible sólido húmedo inicial mediante el ajuste del tiempo de agitación y/o residencia del combustible a medida que cae hacia abajo a través del conducto de combustible de secado previo. El combustible enfría el conducto, pero el enfriamiento es menos eficiente después de que el combustible se calienta. En algunas formas de realización, el combustible no se seca hasta su sequedad final en el conducto, con el fin de evitar que el conducto se sobrecaliente.

[0046] En algunas formas de realización, uno o más de los siguientes mecanismos de transferencia de calor pueden funcionar para calentar y secar el combustible que pasa hacia abajo a través del conducto de combustible de secado previo: 1) calentamiento radiante indirecto del combustible por las superficies internas de las paredes del conducto; 2) calentamiento por convección del combustible por aire caliente y/o vapor dentro del conducto; y 3) calentamiento por conducción del combustible por contacto directo con las superficies internas de las paredes del conducto.

[0047] En algunas formas de realización, todo el conducto de combustible de secado previo se puede girar para llevar a cabo las funciones de: 1) mover el combustible hacia abajo dentro del conducto; 2) regular la velocidad de caída del combustible que baja para asegurar un secado adecuado, pero no excesivo; 3) separar aglomeraciones de combustible húmedo, facilitando así un calentamiento y secado más uniforme; y 4) mezclar los combustibles dentro del conducto, garantizando así un secado más uniforme.

[0048] En algunas formas de realización, el combustible sólido húmedo se puede cargar en el conducto de combustible de secado previo en la parte superior de la caldera, el combustible cae primero verticalmente hacia abajo y luego en un depósito de combustible o directamente en la cámara de combustión a través de un mecanismo de alimentación.

[0049] En otras formas de realización, el combustible sólido húmedo se puede cargar en el conducto de

combustible de secado previo en el lado superior de la caldera, en el que el conducto de combustible se dirige a la caldera y se conecta con una parte vertical del conducto de combustible, en la parte inferior en la que el combustible ingresa a un depósito de combustible o va directamente a la cámara de combustión a través de un mecanismo de alimentación.

[0050] En otras formas de realización, el conducto de combustible puede estar configurado como un tubo generalmente erguido dirigido a través de la caldera dentro de la corriente ascendente de flujo de gases de combustión.

[0051] En algunas formas de realización, uno o más mecanismos agitadores de combustible están configurados dentro del conducto de combustible para facilitar el flujo de combustible sólido húmedo hacia abajo dentro del conducto de combustible de secado previo.

[0052] En algunas formas de realización, uno o más mecanismos agitadores de combustible están configurados dentro del conducto de combustible para facilitar la separación de aglomeraciones de combustible sólido húmedo que cae hacia abajo dentro del conducto de combustible de secado previo, aumentando así el calentamiento y secado del combustible sólido húmedo.

[0053] En algunas formas de realización, uno o más mecanismos agitadores de combustible están configurados dentro del conducto de combustible para facilitar el calentamiento y secado del combustible sólido húmedo por medio de un proceso de calentamiento directo que

introduce vapor y/o aire caliente en un flujo dirigido al combustible sólido húmedo.

[0054] En algunas formas de realización, uno o más mecanismos agitadores de combustible están configurados dentro del conducto de combustible para facilitar la extinción de incendios mediante la introducción de vapor en un flujo dirigido al combustible sólido húmedo.

[0055] En algunas formas de realización, una parte de la superficie externa del conducto de combustible de secado previo que recibe una mayor cantidad de radiación térmica de los gases de combustión calientes se configura para tener una absorción térmica alta, mejorando así la absorción de energía radiante procedente de los gases de combustión que son más calientes que el conducto de combustible.

[0056] En algunas formas de realización, una parte de la superficie externa del conducto de combustible de secado previo que está orientado generalmente lejos de los gases de combustión calientes y hacia las paredes laterales de la caldera está configurada para tener una emisión térmica baja, reduciendo así la pérdida de energía térmica procedente del conducto de combustible hacia las paredes laterales que están más frías que el conducto de combustible.

[0057] En algunas formas de realización, la pared interna del conducto de combustible de secado previo está configurada para tener emisión alta, mejorando de este modo la emisión de energía térmica hacia el combustible sólido dentro del conducto que es más fría que el conducto de combustible.

[0058] En algunas formas de realización, un flujo de gases de combustión calientes se dirige hacia un extremo del conducto de combustible de secado previo para mejorar el flujo de energía térmica al combustible sólido húmedo dentro del conducto.

[0059] En algunas formas de realización, los gases de combustión calientes dentro del conducto de combustible de secado previo fluyen en el sentido de la corriente hacia abajo junto con el combustible sólido húmedo que cae generalmente hacia abajo.

[0060] En algunas formas de realización, los gases de combustión calientes dentro del conducto de combustible de secado previo fluyen hacia arriba contrario a la dirección del combustible sólido húmedo que cae generalmente hacia abajo.

[0061] En algunas formas de realización, un mecanismo agitador de combustible está configurado para realizar una o más de las funciones de:

- a) mover el combustible hacia abajo dentro del conducto de combustible,
- b) evitar adherencia de combustible a las superficies internas del conducto de combustible,
- c) asegurar la mezcla del combustible de modo que el combustible que está cerca de, o en contacto con, las paredes del conducto es transportado al interior del conducto, mientras que el combustible procedente del interior del conducto se mueve hacia, o en contacto con, las paredes del conducto en un proceso continuo de mezcla hacia el interior

- y exterior a medida que el combustible se mueve hacia abajo dentro del conducto,
- d) separar la aglomeraciones de combustible sólido húmedo para asegurar un calentamiento y secado más minucioso,
 - e) calentar y secar de forma indirecta el combustible por calentamiento radiante desde la pared interna del conducto de combustible,
 - f) calentar y secar de forma directa el combustible mediante el contacto con las superficies internas calientes del conducto, en donde este contacto con las paredes será intermitente a medida que el combustible se agita dentro del conducto, de acuerdo con la función c, arriba,
 - g) calentar y secar de forma directa el combustible mediante inyección de vapor y/o aire caliente al interior del conducto de combustible,
 - h) extinción de incendios mediante inyección de vapor en el conducto de combustible,
 - i) eliminar el vapor de agua que se evapora desde el combustible sólido húmedo procedente del interior del conducto de combustible, y
 - j) eliminar gases volátiles emitidos por el combustible de secado procedente del interior del conducto de combustible para reducir el riesgo de incendio dentro del conducto.

La función de agitación de combustible permite un proceso de transferencia de calor más uniforme al combustible para asegurar que no ninguna porción del combustible se

sobrecaliente, lo que podría dar como resultado uno o más de los siguientes resultados perjudiciales:

- 1) cantidades excesivas de emisión de gases volátiles,
- 2) mayor riesgo de incendio dentro del conducto,
- 3) formación de barnices en las paredes internas del conducto y/o en el mecanismo agitador,

y

- 4) reducción general de la eficiencia del calentamiento y secado del combustible.

Configuraciones preferidas de calderas

[0062] La FIG. 1 es una vista esquemática lateral en sección transversal de una caldera de combustión 100 que incluye una cámara de combustión 102 que tiene en su interior dos conductos de combustible para el secado de combustible. En el lado izquierdo, se ilustra un conducto de combustible de secado previo de carga en la parte superior 106 (véase también FIG. 3), mientras que en el lado derecho, se muestra un conducto de carga en la parte lateral 123 (véase también FIG. 4). La caldera 100 puede utilizar un solo tipo de conducto de combustible de secado previo, tal como se muestra en las FIGS. 3-5, o una combinación de dos o más. La flecha 112 ilustra esquemáticamente la carga de combustible sólido húmedo a través de la abertura 108 en la parte superior del conducto de combustible 106. El conducto 106 puede comprender normalmente múltiples secciones con uniones 110 para la expansión y permitir el uso de secciones del conducto, de preferencia en el rango de 20 a 30 pies de largo para un envío y montaje in situ más sencillos. Las

monturas 134 acoplan el conducto 106 a la pared lateral 104. En el extremo inferior del conducto 106, un conducto inclinado hacia abajo 114 transporta combustible 116 al depósito de combustible 118. El combustible 122 se desliza a través del conducto 120 a una zona de combustión 146. La zona de combustión 146 tiene paredes 147 que rodean una sola cámara o múltiples cámaras de combustión separadas (no se muestra), cada una alimenta combustible mediante uno o más conductos de combustible de secado previo. La zona de combustión 146 en la cámara de combustión contiene el combustible de combustión 149. A la derecha, se muestra un segundo conducto de combustible de secado previo. Se muestra un conducto superior inclinado 126 que se carga con el combustible sólido húmedo 124 a través de la abertura 152. El combustible 124 se desliza entonces hacia abajo en el conducto vertical 128. En la parte inferior del conducto vertical 128, un conducto inclinado hacia abajo 138 transporta combustible 136 al depósito de combustible 140. El combustible 144 se desliza entonces a través del conducto 142 a la zona de combustión 146. Las monturas 132 acoplan el conducto 128 a la pared lateral 104.

[0063] La flecha sombreada 148 representa los gases de combustión calientes que salen hacia arriba procedentes de la zona de combustión 146. El calor radiante 150 de la zona de gas caliente 148 calienta los dos conductos de combustible de secado previo mediante una combinación de calentamiento radiante y, en algunos casos, también con calentamiento por convección, dependiendo del grado

de contacto directo entre los gases calientes 148 y los conductos de combustible.

[0064] Un primer plano de la región 130 que se muestra en la vista 170 muestra detalles de la unión de expansión 188. Dos vistas en primer plano 190 adicionales ilustran dos diseños alternativos de uniones de expansión, pero se pueden utilizar otros diseños de unión de expansión. La sección superior 172 encaja en la sección inferior 174 con un espacio 176 para permitir la expansión térmica de las secciones. Cada sección está unido preferiblemente mediante una montura separada 132 o 134 a las paredes laterales 104. La sección superior 182 encaja en la sección inferior 184 con un espacio 186. Una parte inclinada interior de la sección inferior 184 evita la acumulación de combustible sólido húmedo en la parte interior del espacio 186, que podría tender a inhibir la expansión de la sección 184 en la sección 186, tras el calentamiento y expansión térmica resultante.

[0065] Aunque el combustible sólido inicialmente húmedo puede calentarse y secarse parcialmente durante su paso hacia abajo a través del conducto de combustible de secado previo a cualquiera de los depósitos de combustible 118 y 140, debido a que el combustible se calienta cuando sale de los conductos al depósito de combustible, normalmente continuará a la evaporación de la humedad y desgasificación de los gases volátiles después de que entra en los depósitos de combustible, antes de alimentarse a la zona de combustión a través de los conductos 120 y 142. Por lo tanto, los depósitos de

combustible 118 y 140 pueden normalmente estar configurados con ventilación (ya sea pasiva o con bombeo activo) a uno o más incineradores (para los gases volátiles) y/o condensadores (para la humedad evaporada). Como alternativa, si es seguro hacerlo, los depósitos de combustible 118 y 140 se pueden ventilar al aire.

[0066] La FIG. 2 es una vista esquemática superior en sección transversal 200 de la caldera de la FIG. 1.

Las referencias aquí corresponden a aquellas de la FIG. 1.

Configuraciones alternativas del conducto de combustible de secado previo

[0067] Las FIGS. 3-5 ilustran esquemáticamente tres configuraciones alternativas para formas de realización de un conducto de combustible de secado previo - una o más de estas configuraciones se pueden emplear dentro de una sola caldera. Cada una de estas configuraciones puede emplear uno o más de los mecanismos de agitación y de secado de combustible que se ilustran en las FIGS. 6-22, pero otros mecanismos de agitación y de secado de combustible se pueden emplear en cualquiera de las tres configuraciones del conducto de combustible de secado previo que se ilustran en las FIGS. 3-5 dentro del alcance de la invención. El conducto de combustible de secado previo preferido emplea los gases de combustión calientes en un método de calentamiento indirecto para calentar y secar combustibles sólidos húmedos antes de su carga en la cámara de combustión de la caldera. Las tres configuraciones del conducto de combustible que se

muestran en la FIGS. 3-5 están expuestos a la energía de calor radiante emitida por los gases de combustión. En algunos casos, los conductos de combustible también están en contacto directo con los gases de combustión (especialmente en la FIG. 5), y por lo tanto también se calientan por convección. En contraste con las paredes laterales de la caldera y el techo, que contienen agua y/o vapor que mantienen sus temperaturas más constantes y por lo general en el rango de -500 a 600 F, las paredes del conducto pueden alcanzar normalmente temperaturas más altas ya que el combustible sólido, incluso con contenidos de humedad iniciales relativamente altos, proporcionará enfriamiento menos eficiente de las paredes de los conductos, que pueden alcanzar por consiguiente temperaturas más altas que el rango de -500 a 600 F. Dado que el rango de transferencia de calor aumenta con la temperatura diferencial, la transferencia de calor a los conductos se verá de ese modo reducida (por unidad de área), en relación con la transferencia de calor que se produce entre los gases de combustión calientes y las paredes laterales y el techo de la caldera. Por lo tanto, aunque los conductos de combustible pueden alcanzar temperaturas más altas que las paredes laterales y el techo, el rango de equilibrio de transferencia de calor por unidad de área puede ser menor. Debido a que los conductos de combustible pueden estar más calientes que las paredes laterales, los conductos de combustible pueden someterse a una mayor expansión térmica, lo que exige que el conducto de combustible (el cual puede

estar sostenido por las paredes laterales) se configure para acomodar esta expansión térmica diferencial. Este tipo de alojamiento puede emplear estructuras telescópicas o uniones de expansión, como es conocido en el arte. Para fines de mantenimiento, las distintas secciones del conducto de combustible pueden extenderse por lo general de 20 a 30 pies. Una caldera normal puede comprender una multiplicidad de conductos de combustible de secado previo, preferiblemente hasta cuatro o más por caldera.

[0068] La FIG. 3 es una vista esquemática lateral en sección transversal 300 de una caldera 322 que emplea un conducto de combustible de secado previo de carga en la parte superior. El conducto de combustible de secado previo comprende un tubo vertical 302 con una abertura de carga de combustible 301 en la parte superior y un tubo inferior que se inclina hacia abajo 304 con una abertura de salida 306 al depósito de combustible 308. El combustible sólido húmedo que se va a secar previamente antes de ser alimentado a la cámara de combustión 303 se carga primero en la abertura 301 mediante un mecanismo de carga (no se muestra), tal como es familiar para los expertos en el arte. El combustible inicialmente húmedo cae por el tubo vertical 302 del conducto de combustible de secado previo debido a la gravedad y, opcionalmente, también debido a las fuerzas de agitación inducida por uno o más mecanismos de agitación y de secado de combustible. En la parte inferior del tubo vertical 302, el combustible que cae se desvía en el tubo inclinado hacia abajo 304, el cual

pasa hacia el exterior a través de la pared lateral 424 de la caldera 422. El combustible secado luego entra en el depósito de combustible 308 a través de la abertura de salida 306 del tubo inclinado 304. Dado que el combustible pasa a través de los tubos 302 y 304 del conducto de combustible de secado previo, las paredes del conducto se calientan a su vez por radiación, y en algunos casos también por convección, a partir de los gases de combustión calientes 320. Las paredes calentadas del conducto calientan entonces el combustible de manera radiante (véase FIG. 22). Los gases calientes que fluyen a través del tubo (ya sea a contracorriente hacia arriba o con la corriente hacia abajo) se calientan por las paredes del conducto de combustible y, posteriormente, también calientan el combustible. Una tercera fuente (opcional) de calentamiento del combustible puede ser vapor y/o aire caliente admitido en el interior del conducto de combustible de secado previo de un mecanismo de agitación y de calentamiento de combustible, tales como los ilustrados en las FIGS. 6-22.

[0069] La FIG. 4 es una vista esquemática lateral en sección transversal 400 de una caldera 422 que emplea otra forma de realización de un conducto de combustible de secado previo de carga en la parte lateral. El conducto de combustible de secado previo comprende tres partes: un primer tubo inclinado hacia abajo 404, un tubo vertical 406 y un tubo inclinado hacia abajo 408. El combustible sólido húmedo que se va a secar previamente antes de ser alimentado a la cámara de

combustión 403 se carga primero en la abertura 402 mediante un mecanismo de carga (no se muestra), tal como es familiar para los expertos en el arte. El combustible húmedo cae a la parte del tubo inclinado hacia abajo 404, el cual pasa hacia adentro a través de la pared lateral 424 de la caldera 422. A continuación, el combustible se mueve al tubo vertical 406 y luego al tubo inclinado hacia abajo 408, el cual pasa hacia el exterior a través de la pared lateral 424 de la caldera 422. El combustible secado luego pasa a través de la salida 410 del tubo 408 al depósito de combustible 412. En todos los tubos 404, 406 y 408, el combustible se mueve hacia abajo por la gravedad. En uno o más de los tubos 404, 406 y 408, el combustible también se puede mover hacia abajo mediante fuerzas de agitación inducidas por uno o más mecanismos de agitación y de secado de combustible. Dado que el combustible pasa a través de los tubos 404, 406 y 408 del conducto de combustible de secado previo, las paredes del conducto se calientan a su vez por radiación, y en algunos casos también por convección, a partir de los gases de combustión calientes 420. Las paredes calentadas del conducto calientan entonces el combustible de manera radiante (véase FIG. 22). Los gases calientes que fluyen a través del tubo (ya sea a contracorriente hacia arriba o con la corriente hacia abajo) se calientan por las paredes del conducto de combustible y, posteriormente, también calientan el combustible. Una tercera fuente (opcional) de calentamiento del combustible puede ser vapor y/o aire caliente admitido en el interior del

conducto de combustible de secado previo de un mecanismo de agitación y de calentamiento de combustible, tales como los ilustrados en las FIGS. 6-22.

[0070] La FIG. 5 es una vista esquemática lateral en sección transversal 400 de una caldera 522 que emplea aún otra forma de realización de un conducto de combustible de secado previo de carga en la parte lateral. El conducto de combustible de secado previo comprende un único tubo inclinado hacia abajo 506. El combustible húmedo que se va a secar previamente antes de ser alimentado a la cámara de combustión 503 se carga primero en la abertura 504 mediante un mecanismo de carga (no se muestra), tal como es familiar para los expertos en el arte. El combustible húmedo cae al tubo inclinado hacia abajo 506, el cual pasa hacia adentro a través de la parte superior de la caldera 522 y luego hacia el exterior a través de la pared lateral 524 de la caldera 522. El combustible secado luego pasa a través de la salida 502 del tubo 506 al depósito de combustible 508. En el tubo 506, el combustible se mueve hacia abajo por la gravedad. En el tubo 506, el combustible también se puede mover hacia abajo mediante fuerzas de agitación inducidas por uno o más mecanismos de agitación y de secado de combustible, tal como se muestra en las FIGS. 6-22. Dado que el combustible pasa a través del tubo 506 del conducto de combustible de secado previo, las paredes del conducto se calientan a su vez por radiación y por convección, a partir de los gases de combustión calientes 520. Las paredes calentadas del conducto calientan entonces el combustible de manera radiante

(véase FIG. 22). Los gases calientes que fluyen a través del tubo (ya sea a contracorriente hacia arriba o con la corriente hacia abajo) se calientan por las paredes del conducto de combustible y, posteriormente, también calientan el combustible. Una tercera fuente (opcional) de calentamiento del combustible puede ser vapor y/o aire caliente admitido en el interior del conducto de combustible de secado previo de un mecanismo de agitación y de calentamiento de combustible, tales como los ilustrados en las FIGS. 6-22. Una ventaja del conducto erguido en al FIG. 5 es la falta de curvas (véase FIGS. 3 y 4), que normalmente representan las regiones de mayor desgaste en los conductos de combustible.

[0071] En algunas formas de realización, por ejemplo en la FIG. 3, la parte vertical 302 del conducto de combustible de secado previo puede estar configurada para pasar a través de una etapa horizontal en la pared lateral 324, permitiendo así que el codo (curva) en el conducto entre la parte vertical 302 y el conducto 304 se encuentre fuera de la caldera. Esta configuración permite que el conducto sea sostenido desde la parte inferior. En la FIG. 4, se puede emplear una configuración similar con la parte vertical 406 y la pared lateral 424.

[0072] En las dos configuraciones de las FIGS. 3 y 4 que se acaban de describir con etapas en las paredes laterales, se pueden configurar las partes verticales 302 y 406, así como el conducto 506 en la FIG. 5, para que giren. La rotación del conducto de combustible

podría permitir un calentamiento más uniforme circunferencialmente alrededor del conducto de combustible, lo que garantiza un calentamiento y secado más uniforme del combustible en el interior, así como evitar cualquier posible inclinación del conducto debido a la expansión térmica desigual. Después de que el conducto gira aproximadamente a la mitad, el calor absorbido por esa parte de la pared del conducto cuando se encuentra de cara a los gases de combustión calientes puede re-radiarse hacia la pared del tubo (que se encuentra más fría), reduciendo de este modo las diferencias de temperatura dentro de la pared del tubo entre esos tubos expuestos directamente a los gases de combustión y esos tubos protegidos por el conducto de combustible. Por lo tanto, es probable que se elimine cualquier posible necesidad de modificación de los circuitos de circulación de la caldera (para dar cabida al calentamiento desigual de la pared del tubo).

[0073] Como es familiar para los expertos en el arte, se requieren normalmente varias líneas de drenaje y ventilación para los conductos de combustible de secado previo que se ilustran en las FIGS. 3-5. Por ejemplo, los desagües serían necesarios para eliminar líquidos desde el fondo de los depósitos de combustible 308, 412 y 508. Las rejillas de ventilación para eliminar gases volátiles están normalmente configurados en las partes superiores de los depósitos de combustible 308, 413 y 508. Del mismo modo, los desagües y rejillas de ventilación, respectivamente, estarían normalmente configurados en las partes inferiores y superiores de

los conductos de combustible de secado previo en las FIGS. 3-5. Como es conocido en el arte, los gases no condensables que salen de estos orificios de ventilación podrían ser incinerados y otros gases condensados a líquidos mediante un enfriador. Como alternativa, si es seguro hacerlo, los depósitos de combustible 308, 413 y/o 508 se pueden ventilar al aire.

Primer forma de realización de un mecanismo de agitación y de calentamiento de combustible

[0074] Las FIGS. 6 y 7 son vistas esquemáticas superiores 600 y laterales 700 de una primera forma de realización de un mecanismo de agitación y de calentamiento de combustible. La pared 602 del conducto de combustible de secado previo se une a la pared lateral 702 de la caldera mediante una pluralidad de soportes 704. De forma preferente, los soportes 704 tendrán conducción térmica mínima entre el conducto de combustible de secado previo y la pared de la caldera 702, con el fin de minimizar la pérdida de calor por conducción para así minimizar el calentamiento de la pared de la caldera 702 y maximizar el calentamiento del combustible que se mueve hacia abajo al interior del conducto de combustible. Además, la pared 602 suele calentar más que la pared de la caldera 702, experimentando así más expansión térmica, por lo que se prefiere que el conducto 602 este configurado con uniones de expansión ubicadas entre soportes sucesivos 704 (véase FIG. 1). Un tubo central 610 puede servir para varias funciones: 1) proporcionar soporte mecánico para el agitador espiral

de combustible 604, 2) suministrar vapor y/o aire caliente al interior del agitador 604, 3) rotar el agitador 604 (véase flecha 608) dentro del conducto 602 para forzar el combustible hacia abajo mientras se separan aglomeraciones de combustible para facilitar el secado minucioso del combustible a medida que pasa hacia abajo en el conducto de combustible de secado previo 602, y 4) mantener una separación 606 entre el borde externo del agitador 604 y la superficie interna del conducto 602 para prevenir el daño abrasivo a cualquiera agitador 604 o pared 602. El vapor y/o aire caliente 716 pasa a través de la abertura central 612 en el tubo 610 y luego fluye 718 hacia fuera desde el interior del agitador 604 a través de las aberturas 614 en las superficies superiores e inferiores del agitador 604. El vapor y/o aire caliente también fluyen hacia fuera a través de las aberturas 714 en el borde externo del agitador 604. En esta forma de realización, el vapor y/o aire caliente fluye hacia fuera de las superficies superiores e inferiores del agitador 604, así como el borde, maximizando así la acción de agitación del vapor y/o aire caliente para separar aglomeraciones de combustible húmedo que de otro modo no se secarían adecuadamente antes de pasar a través de la longitud del conducto de combustible de secado previo. El vapor y/o aire caliente también sirven para mejorar la transferencia de calor por conducción desde las paredes calientes 602 del conducto de combustible de secado previo al combustible. El vapor de agua y/o aire caliente pueden realizar una función adicional de

limpiar el interior del conducto 602 y conducto de enfriamiento 602 cuando este conducto en particular (pero no todos los otros conductos) no se encuentra en operación durante el funcionamiento constante de la caldera. Otra función del agitador 604 es la de evitar que el combustible caiga directamente por el tubo, lo que podría no dar tiempo suficiente al secado dentro del conducto de combustible. Los tiempos de tránsito por el conducto que se prefieren pueden ser normalmente varios minutos por lo menos. Los diámetros normales para el tubo 602 pueden ser de 18 a 24 pulgadas. En algunas formas de realización, el tubo central 610 puede estar configurado (no se muestra) con dos pasos, un paso configurado para inyectar vapor y/o aire caliente, tal como se ilustra en las FIGS. 6 y 7, y el otro paso configurado para ventilar el vapor de agua evaporado y/o gases volátiles emitidos por el combustible de secado.

Segunda forma de realización de un mecanismo de agitación y de calentamiento de combustible

[0075] Las FIGS. 8 y 9 son vistas esquemáticas superiores 800 y laterales 900 de una segunda forma de realización de un mecanismo de agitación y de calentamiento de combustible, que es similar a la que se muestra en las FIGS. 6 y 7, a excepción de la distribución de las aberturas para la introducción de vapor y/o aire caliente al interior del conducto de combustible de secado previo. Las mismas consideraciones se tienen en cuenta aquí para el diseño de los soportes 904 acoplados a la pared lateral 902 de la caldera, tal como en las

FIGS. 6 y 7. Un tubo central 810 cumple las mismas funciones que un tubo central 610 en las FIGS. 6 y 7. El vapor y/o aire caliente 916 pasa a través de la abertura central 812 en el tubo 810 y luego fluye 918 hacia fuera desde el interior del agitador 804 a través de las aberturas 814 en la superficie superior del agitador 804. El vapor y/o aire caliente también fluyen hacia fuera a través de las aberturas 914 en el borde externo del agitador 804. En esta forma de realización, el vapor y/o aire caliente fluye hacia fuera sólo de la superficie superior del agitador 804, así como el borde, separando así las aglomeraciones de combustible húmedo que de otro modo no se secarían antes de pasar a través de la longitud del conducto de combustible de secado previo. El vapor y/o aire caliente también sirven para mejorar la transferencia de calor por conducción desde las paredes calientes 802 del conducto de combustible de secado previo. El vapor de agua y/o aire caliente pueden realizar una función adicional de limpiar el interior del conducto 802 y conducto de enfriamiento 802 cuando este conducto en particular (pero no todos los otros conductos) no se encuentra en operación durante el funcionamiento constante de la caldera. Otra función del agitador 804 es la de evitar que el combustible caiga directamente por el tubo, lo que podría no dar tiempo suficiente al secado dentro del conducto de combustible. Los diámetros normales para el tubo 802 pueden ser de 18 a 24 pulgadas. En algunas formas de realización, el tubo central 810 puede estar configurado (no se muestra) con dos pasos, un paso configurado para inyectar vapor y/o

aire caliente, tal como se ilustra en las FIGS. 8 y 9, y el otro paso configurado para ventilar el vapor de agua evaporado y/o gases volátiles emitidos por el combustible de secado.

Tercera forma de realización de un mecanismo de agitación y de calentamiento de combustible

[0076] Las FIGS. 10 y 11 son vistas esquemáticas superiores 1000 y laterales 1100 de una tercera forma de realización de un mecanismo de agitación y de calentamiento de combustible. El agitador 1004 en esta forma de realización se asemeja a un resorte largo que gira (flecha 1008) dentro de la pared circular 1002 del conducto de combustible de secado previo. Las mismas consideraciones se tienen en cuenta aquí para el diseño de los soportes 1104 acoplados a la pared lateral 1102 de la caldera, tal como en las FIGS. 6-9. El vapor y/o aire caliente fluye dentro del interior del agitador 1004 y fluye 1118 hacia fuera de los orificios 1014 en la superficie superior del agitador 1004, así como los orificios en el borde externo del agitador 1004. La acción de tanto el vapor como el aire caliente, así como la rotación mecánica del agitador 1004, sirve para separar las aglomeraciones de combustible para potenciar el secado a medida que el combustible se mueve hacia abajo dentro del conducto de combustible de secado previo (de acuerdo con las FIGS. 3-5). El agitador 1004 debe estar lo suficientemente rígido, mecánicamente, para realizar varias funciones: 1) conducir vapor y/o aire caliente a lo largo del interior del agitador 1004,

2) rotar el agitador 1004 (véase flecha 1008) dentro del conducto 1002 para forzar el combustible hacia abajo dentro del conducto 1002 mientras se separan aglomeraciones de combustible para facilitar el secado minucioso del combustible a medida que pasa hacia abajo en el conducto de combustible de secado previo 1002, y 3) mantener una separación 1006 entre el borde externo del agitador 1004 y la superficie interna del conducto 1002 para prevenir el daño debido a la abrasión. El vapor de agua y/o aire caliente pueden realizar una función adicional de limpiar el interior del conducto 1002 y conducto de enfriamiento 1002 cuando este conducto en particular (pero no todos los otros conductos) no se encuentra en operación durante el funcionamiento constante de la caldera. Otra función del agitador 1004 es la de evitar que el combustible caiga directamente por el tubo, lo que podría no dar tiempo suficiente al secado dentro del conducto de combustible. Los diámetros normales para el tubo 1002 pueden ser de 18 a 24 pulgadas. En algunas formas de realización, el agitador 1004 puede estar configurado (no se muestra) con dos pasos, un paso configurado para inyectar vapor y/o aire caliente, tal como se ilustra en las FIGS. 10 y 11, y el otro paso configurado para ventilar el vapor de agua evaporado y/o gases volátiles emitidos por el combustible de secado.

Cuarta forma de realización de un mecanismo de agitación y de calentamiento de combustible

[0077] Las FIGS. 12 y 13 son vistas esquemáticas superiores 1200 y laterales 1300 de una cuarta forma de realización de un mecanismo de agitación y de calentamiento de combustible. El agitador 1204 en esta forma de realización comprende una pluralidad de anillos horizontales huecos circulares 1204 montados sobre uno o más (de preferencia al menos dos) tubos de soporte 1210 con aberturas centrales 1208. Las mismas consideraciones se tienen en cuenta aquí para el diseño de los soportes 1304 acoplados a la pared lateral 1302 de la caldera, tal como en las FIGS. 6-11. Los tubos de soporte 1210 sirven para varias funciones: 1) proporcionar soporte mecánico para los anillos del agitador 1204, 2) suministrar vapor y/o aire caliente al interior de los anillos del agitador 1204, 3) mover los anillos del agitador 1204 (véase flecha 1320) hacia arriba y abajo en un movimiento de vaivén dentro del conducto 1202 para forzar el combustible hacia abajo dentro del conducto 1202 mientras se separan aglomeraciones de combustible para facilitar el secado minucioso del combustible a medida que pasa hacia abajo en el conducto de combustible de secado previo 1002, y 4) mantener una separación 1206 entre el borde externo del agitador 1204 y la superficie interna del conducto 1202 para prevenir abrasión. Tenga en cuenta que se prefiere que el movimiento vertical 1320 de los anillos del agitador 1204 sea al menos igual a la separación entre los anillos 1204, con el fin de asegurar la eliminación completa de combustible que puede estar pegado a la superficie interna de la pared 1202. El vapor y/o aire

caliente 1316 pasa a través de las aberturas centrales 1208 en los tubos 1210 y luego fluye 1318 hacia fuera desde los interiores de los anillos del agitador 1204 a través de las aberturas 1214 en las superficies superiores (y, opcionalmente, también inferiores) de los anillos del agitador 1204. El vapor y/o aire caliente también pueden fluir hacia fuera a través de las aberturas en los bordes externos de los anillos del agitador 1204. El vapor o aire caliente que fluye fuera de ambos anillos del agitador 1204 maximiza la acción de agitación del vapor y/o aire caliente para separar aglomeraciones de combustible húmedo que de otro modo no se secarían antes de pasar a través de la longitud del conducto de combustible de secado previo. El vapor y/o aire caliente también sirven para mejorar la transferencia de calor por conducción desde las paredes calientes 1202 del conducto de combustible de secado previo al combustible. El vapor de agua y/o aire caliente pueden realizar una función adicional de limpiar el interior del conducto 1202 y conducto de enfriamiento 1202 cuando este conducto en particular (pero no todos los otros conductos) no se encuentra en operación durante el funcionamiento constante de la caldera. Otra función de los anillos del agitador 1204 es la de evitar que el combustible caiga directamente por el tubo, lo que podría no dar tiempo suficiente al secado dentro del conducto de combustible. Los diámetros normales para el tubo 1202 pueden ser de 18 a 24 pulgadas. En algunas formas de realización, los tubos de soporte 1210 puede estar configurado (no se muestra) con

dos pasos, un paso configurado para inyectar vapor y/o aire caliente, tal como se ilustra en las FIGS. 12 y 13, y el otro paso configurado para ventilar el vapor de agua evaporado y/o gases volátiles emitidos por el combustible de secado.

Quinta forma de realización de una estructura de agitación y de calentamiento de combustible

[0078] Las FIGS. 14 y 15 son vistas esquemáticas superiores 1400 y laterales 1500 de una quinta forma de realización de una estructura de agitación y de calentamiento de combustible. El agitador en esta forma de realización puede ser una estructura sin movimiento que comprende una pluralidad de bandejas inclinadas 1404 montadas sobre un tubo central 1408 que tiene una abertura central 1410 o el agitador en esta forma de realización puede estar configurado con un actuador de movimiento rotativo y/u oscilatorio. Las mismas consideraciones se tienen en cuenta aquí para el diseño de los soportes 1504 acoplados a la pared lateral 1502 de la caldera, tal como en las FIGS. 6-13. Los tubos de soporte 1408 pueden servir para dos funciones: 1) proporcionar soporte mecánico para las bandejas del agitador 1404, y 2) suministrar vapor y/o aire caliente al interior de las bandejas del agitador 1404. El vapor y/o aire caliente 1520 pasa a través de la abertura central 1410 en el tubo 1408 y luego fluye hacia fuera desde los interiores de las bandejas del agitador 1404 a través de las aberturas 1414 en las superficies superiores (y, opcionalmente, también inferiores) de las

bandejas del agitador 1404. El vapor y/o aire caliente que fluye fuera de las bandejas del agitador 1404 maximiza la acción de agitación del vapor y/o aire caliente para separar aglomeraciones de combustible húmedo que de otro modo no se secarían antes de pasar a través de la longitud del conducto de combustible de secado previo. El vapor y/o aire caliente también sirven para mejorar la transferencia de calor por conducción desde las paredes calientes 1402 del conducto de combustible de secado previo. En configuraciones de esta forma de realización donde no hay movimiento del agitador, el flujo del vapor y/o aire caliente, acoplados con el movimiento vertical descendente natural debido a la gravedad, son los únicos mecanismos para separar aglomeraciones de combustible húmedo dentro del conducto de combustible de secado previo. El vapor de agua y/o aire caliente pueden realizar una función adicional de limpiar el interior del conducto 1402 y conducto de enfriamiento 1402 cuando este conducto en particular (pero no todos los otros conductos) no se encuentra en operación durante el funcionamiento constante de la caldera. Otra función de las bandejas del agitador 1404 es la de evitar que el combustible caiga directamente por el tubo, lo que podría no dar tiempo suficiente al secado dentro del conducto de combustible. Los diámetros normales para el tubo 1402 pueden ser de 18 a 24 pulgadas. En algunas formas de realización, el tubo central 1408 puede estar configurado (no se muestra) con dos pasos, un paso configurado para inyectar vapor y/o aire caliente, tal

como se ilustra en las FIGS. 14 y 15, y el otro paso configurado para ventilar el vapor de agua evaporado y/o gases volátiles emitidos por el combustible de secado.

Sexta forma de realización de una estructura de agitación y de calentamiento de combustible

[0079] Las FIGS. 16 y 17 son vistas esquemáticas superiores 1600 y laterales 1700 de una sexta forma de realización de una estructura de agitación y de calentamiento de combustible. El agitador en esta forma de realización comprende una estructura en forma de espiral 1604 acoplada a la superficie interna de la pared del conducto de combustible de secado previo 1602. Las mismas consideraciones se tienen en cuenta aquí para el diseño de los soportes 1704 acoplados a la pared lateral 1702 de la caldera, tal como en las FIGS. 6-15. De forma opcional (no se muestra), el vapor y/o aire caliente puede pasar a través de una abertura central en la estructura 1604 y luego fluir hacia fuera desde las aberturas en la estructura 1604. El vapor y/o aire caliente que fluye fuera de la estructura 1604 pueden maximizar entonces la acción de agitación del vapor y/o aire caliente para separar aglomeraciones de combustible húmedo que de otro modo no se secarían antes de pasar a través de la longitud del conducto de combustible de secado previo. El vapor y/o aire caliente también pueden servir para mejorar la transferencia de calor por conducción desde las paredes calientes 1602 del conducto de combustible de secado previo al combustible. Hay que tener en cuenta que para esta forma de realización de

una estructura de agitación y de calentamiento de combustible no hay movimiento mecánico de la estructura 1604 en relación con la pared 1602, de modo que el flujo del vapor y/o aire caliente, acoplados con el movimiento vertical descendente natural debido a la gravedad, serían los únicos mecanismos para separar aglomeraciones de combustible húmedo dentro del conducto de combustible de secado previo. Otra función del agitador 1604 es la de evitar que el combustible caiga directamente por el tubo 1602, lo que podría no dar tiempo suficiente al secado dentro del conducto de combustible. Los diámetros normales para el tubo 1602 pueden ser de 18 a 24 pulgadas.

Séptima forma de realización de un mecanismo de agitación y de calentamiento de combustible

[0080] Las FIGS. 18 y 19 son vistas esquemáticas superiores 1800 y laterales 1900 de una séptima forma de realización de un mecanismo de agitación y de calentamiento de combustible. Las mismas consideraciones se tienen en cuenta aquí para el diseño de los soportes 1704 acoplados a la pared lateral 1702 de la caldera, tal como en las FIGS. 6-15. Un tubo central 1808 sirve para varias funciones: 1) proporcionar soporte mecánico para una multiplicidad de bandejas del agitador 1804, 2) suministrar vapor y/o aire caliente a los interiores de las bandejas del agitador 1804, 3) rotar las bandejas del agitador 1804 (véase flecha 1820) dentro del conducto 1802 para raspar combustible de la superficie interna del conducto 1802 y forzar el combustible hacia

abajo dentro del conducto 1802 mientras se separan aglomeraciones de combustible para facilitar el secado minucioso del combustible a medida que pasa hacia abajo, y 4) mantener una separación 1806 entre el borde externo de las bandejas del agitador 1804 y la superficie interna del conducto 1802 para prevenir abrasión. El vapor y/o aire caliente 1914 pasa a través de la abertura central 1810 en el tubo 1808 y luego fluye 1814 hacia fuera desde los interiores de las bandejas del agitador 1804 a través de las aberturas 1920 en la superficie externa de las bandejas del agitador 1804 que se encuentran sostenidas por postes huecos 1812. El vapor y/o aire caliente también sirven para mejorar la transferencia de calor por conducción desde las paredes calientes 1802 del conducto de combustible de secado previo al combustible. Las ubicaciones y tamaños de las bandejas del agitador 1804 se configuran, de preferencia, para: 1) mezclar y separa minuciosamente las aglomeraciones, impidiendo así el calentamiento y secado, 2) raspar cada parte de la superficie interna del conducto 1802 por al menos una bandeja del agitador 1804 y 3) evitar que el combustible caiga al tubo 1802, lo que podría no dar tiempo suficiente al secado dentro del conducto de combustible. Los diámetros normales para el tubo 1802 pueden ser de 18 a 24 pulgadas. En algunas formas de realización, el tubo central 1808 puede estar configurado (no se muestra) con dos pasos, un paso configurado para inyectar vapor y/o aire caliente, tal como se ilustra en las FIGS. 18 y 19, con el otro paso configurado para ventilar el vapor de agua evaporado y/o

gases volátiles emitidos por el combustible de secado. El vapor de agua y/o aire caliente pueden realizar una función adicional de limpiar el interior del conducto 1802 y conducto de enfriamiento 1802 cuando este conducto en particular (pero no todos los otros conductos) no se encuentra en operación durante el funcionamiento constante de la caldera.

Octava forma de realización de un mecanismo de agitación y de calentamiento de combustible

[0081] Las FIGS. 20 y 21 son vistas esquemáticas superiores 2000 y laterales 2100 de una octava forma de realización de un mecanismo de agitación y de calentamiento de combustible, que es similar a la que se muestra en las FIGS. 18 y 19, a excepción de las formas de las bandejas del agitador 2004, que tienen bordes guía puntiagudos para esta forma de realización. Las mismas consideraciones se tienen en cuenta aquí para el diseño de los soportes 2104 acoplados a la pared lateral 2102 de la caldera, tal como en las FIGS. 6-19. Un tubo central 2008 sirve para varias funciones: 1) proporcionar soporte mecánico para una multiplicidad de bandejas del agitador 2004, 2) suministrar vapor y/o aire caliente a los interiores de las bandejas del agitador 2004, 3) rotar las bandejas del agitador 2004 (véase flecha 2020) dentro del conducto 2002 para raspar combustible de la superficie interna del conducto 2002 y forzar el combustible hacia abajo dentro del conducto 2002 mientras se separan aglomeraciones de combustible para facilitar el secado minucioso del combustible, y 4)

mantener una separación 2006 entre el borde externo de las bandejas del agitador 2004 y la superficie interna del conducto 2002 para prevenir abrasión. El vapor y/o aire caliente 2114 pasa a través de la abertura central 2010 en el tubo 2008 y luego fluye hacia fuera desde los interiores de las bandejas del agitador 2004 a través de las aberturas 2020 en la superficie externa de las bandejas del agitador 2004 que se encuentran sostenidas por postes huecos 2012. El vapor y/o aire caliente también sirven para mejorar la transferencia de calor por conducción desde las paredes calientes 2002 del conducto de combustible de secado previo. Las ubicaciones y tamaños de las bandejas del agitador 2004 se aseguran, preferiblemente, de que cada parte de la superficie interna del conducto 2002 se raspe por al menos una bandeja del agitador 2004. Otra función de las bandejas del agitador 2004 y postes 2012 es la de evitar que el combustible caiga directamente por el tubo, lo que podría no dar tiempo suficiente al secado dentro del conducto de combustible. Los diámetros normales para el tubo 2002 pueden ser de 18 a 24 pulgadas. En algunas formas de realización, el tubo central 2008 puede estar configurado (no se muestra) con dos pasos, un paso configurado para inyectar vapor y/o aire caliente, tal como se ilustra en las FIGS. 20 y 21, con el otro paso configurado para ventilar el vapor de agua evaporado y/o gases volátiles emitidos por el combustible de secado. El vapor de agua y/o aire caliente pueden realizar una función adicional de limpiar el interior del conducto 2002 y conducto de enfriamiento 2002 cuando este

conducto en particular (pero no todos los otros conductos) no se encuentra en operación durante el funcionamiento constante de la caldera.

Materiales preferidos de conductos de combustible

[0082] Hay varios requisitos para los materiales utilizados para fabricar el conducto de combustible de secado previo: 1) alta conductividad térmica, 2) alta resistencia al calor, 3) alta capacidad de absorción/emisión para el lado orientado hacia los gases de combustión calientes, y 4), de ser posible, baja capacidad de absorción/emisión para el lado del conducto orientado hacia las paredes laterales de la caldera. Para consideraciones mecánicas, puede que no sea posible satisfacer el cuarto requisito, ya que esto podría requerir la fabricación del conducto de combustible a partir de dos materiales diferentes que probablemente habrían diferenciado los coeficientes de expansión térmica (o al menos expansión térmica diferente debido a la diferencia de temperatura resultante entre los dos lados del conducto de combustible). Ejemplos de materiales que satisfacen los requisitos 1-3 incluyen acero RA330, acero inoxidable, materiales refractarios o una combinación de estos.

Transferencia de calor para conductos de combustible de secado previo

[0083] La FIG. 22 es una vista esquemática superior en sección transversal 2200 de flujos de calor con un conducto de combustible de secado previo. Se muestra un

conducto de combustible de secado previo 2224 con soportes 2204 (no se muestra) acoplados a una pared lateral 2202 de una caldera. Como se explicó en las FIGS. 6-21 anteriormente, se prefiere que la conductividad térmica de los soportes 2204 sea minimizada para reducir el flujo de calor desde el conducto de combustible 2210 a la pared lateral 2202. Esto tiene la doble ventaja de reducir la temperatura de la pared lateral, mientras aumenta la temperatura del conducto de combustible de secado previo, mejorando así la eficiencia del secado de combustible. Los gases de combustión calientes 2220 irradian calor (flechas 2218) hacia el lado derecho 2212 del conducto 2224. La línea discontinua 2208 representa la división entre las partes de la superficie externa del conducto 2224, que tienden a recibir más calor radiante de lo que irradian (superficie 2212), y aquellas partes del conducto 2224, que irradian más calor de lo que absorben (superficie 2210). Con el fin de maximizar la absorción radiante de calor mediante el conducto de combustible de secado previo, se prefiere entonces configurar la superficie 2212 para tener absorbancia maximizada (y por lo tanto emisividad) de manera que la cantidad mayor de calor radiante 2218 de los gases 2220 será absorbido por el conducto de combustible 2224. Por el contrario, es preferible configurar la superficie 2210 para tener emisividad minimizada (y por lo tanto absorbancia) de modo que la cantidad mínima de calor es radiada (flechas 2216) hacia la pared lateral 2202 de la caldera. Dentro del conducto de combustible de secado previo 2224, se ve

que el combustible sólido húmedo 2222 se irradiada (flechas 2226) mediante la superficie interna del conducto 2224. Es evidente que la eficiencia de este calentamiento radiante se incrementará al maximizar tanto la temperatura como la emisividad de la pared interna del conducto 2224.

[0084] Debido a que los conductos de combustible de secado previo serán funcionales cada vez que la caldera esté en funcionamiento, algunas formas de realización de la invención eliminan muchos de los modos de fallo de calderas del arte previo en las que el secador utilizaba una fuente de calor diferente.

Configuraciones y formas en sección transversal del conducto de combustible de secado previo

[0085] Aunque las FIGS. 6-22 muestran formas circulares en sección transversal para los conductos de combustible de secado previo, también se pueden utilizar otras formas en sección transversal. Ejemplos incluyen secciones transversales cuadradas, rectangulares o poligonales. Pueden emplearse diferentes formas en sección transversal dentro de un único conducto de combustible de secado previo o entre diferentes conductos de combustible dentro de una sola caldera.

[0086] Conductos de combustible configurados pueden comprender varias secciones para permitir: 1) expansión térmica diferencial entre el conducto de combustible y la caldera, 2) expansión térmica diferencial entre las partes del conducto de combustible a diferentes temperaturas, y 3) sustitución de secciones gastadas del

conducto de combustible mientras otras secciones se mantienen sin uso.

[0087] En algunas formas de realización, el extremo superior del conducto de combustible puede estar abierto a la región interior de la caldera, que se llena con el aumento de los gases de combustión calientes - en este ejemplo, el combustible que entra en el conducto de combustible va a crear una corriente de aire baja que se arrastrará en algunos de los gases de combustión calientes, lo que permite un flujo con la corriente del combustible que cae y los gases de combustión calientes.

[0088] En algunas formas de realización, la superficie de pared interna del conducto puede tener una estructura de ánima rayada para: 1) reducir la adherencia de combustible a la superficie de la pared, 2) aumentar el área de superficie de transferencia de calor, 3) mejorar la resistencia al desgaste, y 4) interactuar con los mecanismos de agitación del combustible en movimiento para forzar el combustible sólido hacia abajo dentro del conducto de combustible de secado previo.

Diagrama de flujo para métodos de secado de combustible del arte previo

[0089] La FIG. 23 es un diagrama de flujo 2300 de las etapas en un proceso de secado de combustible del arte previo. El combustible sólido húmedo se almacena inicialmente en un depósito en la etapa 2302. Este combustible puede comprender diversos tipos de material de biomasa, tales como corteza, lodo, basura, neumáticos, carbón, residuos de madera y otros

materiales orgánicos, a menudo combinados y con combustibles fósiles. Normalmente, los materiales orgánicos pueden tener un alto contenido de humedad y se almacenan al aire libre en donde pueden estar expuestos a la lluvia o nieve. Los materiales de lodos se pueden reutilizar a partir de plantas de tratamiento de aguas residuales. El combustible húmedo procedente del depósito se transfiere normalmente a un secador en la etapa 2304, tal como se explicó en la sección de Antecedentes de arriba. Una vez seco, el combustible se carga entonces en un conducto en la etapa 2306 y entra en la etapa de cámara de combustión 2308 de la caldera, donde se enciende y quema, produciendo gases de combustión calientes. Estos gases calientes entonces fluyen hacia arriba más allá de uno o más bancos de tubos para generar la etapa de vapor saturado 2310. Opcionalmente, estos gases pueden entonces fluir a través de uno o más bancos adicionales de tubos que contienen vapor inicialmente saturado que se calienta a continuación para formar la etapa de vapor sobrecalentado 2312. Los gases de combustión calientes entonces salen de la caldera en la etapa 2314. En algunos casos, el combustible seco de la etapa 2304 no se alimenta inmediatamente al conducto de combustible y en su lugar se almacena en un depósito de combustible para su uso posterior.

Diagrama de flujo para métodos de secado de combustible

[0090] La FIG. 24 es un diagrama de flujo 2400 de las etapas en un proceso mejorado de secado previo de

combustible. Tal como en la FIG. 23, el combustible sólido húmedo se almacena inicialmente en un depósito en la etapa 2402. Las mismas consideraciones se aplican a este combustible, tal como en la FIG. 23. El combustible húmedo procedente del depósito se transfiere entonces a un conducto de combustible de secado previo configurado en la etapa 2306. A medida que el combustible inicialmente húmedo pasa a través del conducto de combustible de secado previo, se calienta y seca, tal como se explica en las FIGS. 3-22 anteriormente. El combustible entonces se puede almacenar en un depósito cerrado de combustible, configurado para evitar la exposición a lluvia y nieve, y con ventilación adecuada para evitar la acumulación de gases explosivos del combustible calentado. Ya sea inmediatamente después del paso a través del conducto de combustible de secado previo o después de un tiempo de almacenamiento posterior en el depósito de combustible, el combustible entra en la cámara de combustión en la etapa 2408 de la caldera, donde se enciende y quema, produciendo gases de combustión calientes. Estos gases calientes entonces fluyen hacia arriba más allá de uno o más bancos de tubos para generar la etapa de vapor saturado 2310. En algunas formas de realización, estos gases de combustión calientes también fluyen sobre la superficie externa de uno o más conductos de combustible de secado previo, tal como se ilustra por la flecha 2420. Opcionalmente, estos gases pueden entonces fluir a través de uno o más bancos adicionales de tubos que contienen vapor inicialmente saturado que se calienta a continuación para formar la

etapa de vapor sobrecalentado 2412. Los gases de combustión calientes entonces salen de la caldera en la etapa 2414.

[0091] Los términos "secado previo" y "secado" que se utilizan en aquí se utilizan indistintamente, ya que el combustible se seca ya sea antes de su almacenamiento o inmediatamente antes de la combustión.

[0092] Algunas formas de realización proporcionan una caldera de combustible sólido, que comprende:

paredes que definen una cámara de combustión;

una zona de combustión dentro de la cámara de combustión en la que se suministra el combustible sólido para combustión;

una zona calentada dentro de la cámara de combustión y por encima de la zona de combustión a través de la cual pasan los gases calentados en la zona de combustión; y

un conducto de combustible situado dentro de la zona calentada, el conducto de combustible que incluye: paredes que en el conducto separan el combustible del gas en la zona calentada, en donde las paredes se calientan por gases calientes en la zona calentada e irradian calor al combustible dentro del conducto, en donde el combustible dentro del conducto absorbe el calor y de este modo se seca parcialmente;

una primera abertura a través de la cual el combustible sólido entra en el conducto de combustible desde fuera de la cámara de combustión, el combustible sólido que tiene un primer contenido de humedad;

una segunda abertura a través de la cual el combustible sale del conducto, el combustible que sale del conducto que tiene

un segundo contenido de humedad, el segundo contenido de humedad que es inferior al primer contenido de humedad.

[0093] En algunas formas de realización, los gases calientes se encuentran en contacto con el conducto de combustible por más del 75% de la circunferencia del conducto de combustible dentro de la cámara de combustión.

[0094] En algunas formas de realización, la segunda abertura se abre en la cámara de combustión y el combustible que sale del conducto de combustible sale hacia la zona de combustión.

[0095] En algunas formas de realización, la segunda abertura se abre fuera de la cámara de combustión y el combustible que sale del conducto de combustible sale hacia un depósito de almacenamiento de combustible.

[0096] En algunas formas de realización, el conducto de combustible se compone de acero, acero inoxidable o de un material refractario.

[0097] En algunas formas de realización, el conducto de combustible incluye un dispositivo dentro del conducto de combustible para mezclar y agitar el combustible dentro del conducto, garantizando de este modo un calentamiento más uniforme del combustible y facilitando el flujo de combustible en el conducto de combustible.

[0098] En algunas formas de realización, el conducto de combustible incluye un dispositivo dentro del conducto de combustible para ayudar al movimiento descendente del combustible en el conducto de combustible.

[0099] En algunas formas de realización, el dispositivo comprende un dispositivo que mueve el combustible a

través del conducto de combustible a medida que el dispositivo gira.

[00100] En algunas formas de realización, el dispositivo comprende un dispositivo en forma de espiral.

[00101] En algunas formas de realización, el dispositivo comprende un dispositivo que mueve el combustible a través del conducto de combustible a medida que el dispositivo gira, el cual agita el combustible.

[00102] En algunas formas de realización, el dispositivo comprende un mecanismo agitador para facilitar el flujo de combustible en el conducto de combustible.

[00103] En algunas formas de realización, la caldera de combustible sólido comprende un segundo conducto de combustible situado dentro de la zona calentada; el combustible que sale del primer conducto de combustible a la zona de combustión; y el combustible que sale del segundo conducto de combustible a un depósito de combustible fuera de la cámara de combustión.

[00104] En algunas formas de realización, el combustible sale del primer conducto de combustible a la zona de combustión y el combustible sale del segundo conducto de combustible a un depósito de combustible fuera de la cámara de combustión.

[00105] En algunas formas de realización, el conducto de combustible incluye una parte en la que el conducto de combustible está orientado verticalmente y una parte en la que el conducto de combustible está orientado en un ángulo distinto de cero respecto a la vertical.

[00106] En algunas formas de realización, una parte del conducto de combustible diferente a la segunda se abre a

la cámara de combustión de manera que los gases calientes de la cámara de combustión se arrastran en el conducto de combustible para secar el combustible que fluye en el conducto.

[00107] En algunas formas de realización, los gases calientes de la cámara de combustión se arrastran en el conducto de combustible por la caída del combustible.

[00108] En algunas formas de realización, el conducto de combustible entra en la cámara de combustión a través de una primera pared o a través de la parte superior de la cámara de combustión cerca de la primera pared y sale de la cámara de combustión, ya sea en la primera pared o una segunda pared.

[00109] En algunas formas de realización, la primera y segunda pared son la misma pared.

[00110] En algunas formas de realización, los gases calientes o vapor se dirigen a través del combustible en el conducto de combustible para ayudar en el secado del combustible.

[00111] En algunas formas de realización, el conducto de combustible incluye una o más obstrucciones para evitar la caída libre del combustible sólido húmedo a través del conducto de combustible, ralentizando así el paso del combustible para permitir un calentamiento y secado adecuado del combustible.

[00112] En algunas formas de realización, una parte de la superficie externa del conducto de combustible que mira hacia las paredes laterales de la cámara de combustión comprende un material que tiene una emisividad térmica más baja que una segunda parte del conducto de

combustible que mira hacia la cámara de combustión, reduciendo así la pérdida de energía térmica desde el conducto de combustible hacia las paredes laterales.

[00113] En algunas formas de realización, las paredes que en el conducto separan el combustible del gas en la zona calentada están configuradas de modo que el combustible está rodeado en el conducto de combustible dentro de la cámara de combustión durante al menos la mitad de la longitud del conducto de combustible en la cámara de combustión.

[00114] En algunas formas de realización, las superficies internas de las paredes que en el conducto separan el combustible del gas en la zona calentada tienen superficies de ánima rayada.

[00115] En algunas formas de realización, todo, o una parte de, el conducto de combustible está configurado para ser capaz de girar alrededor de un eje paralelo al eje del conducto.

[00116] En algunas formas de realización, la segunda abertura se abre fuera de la cámara de combustión y el combustible que sale del conducto de combustible sale hacia un depósito de almacenamiento de combustible adyacente a la cámara de combustión.

[00117] Algunas formas de realización proporcionan un método de secado de combustible, que comprende:
dirigir el combustible a través de un conducto de combustible que rodea el combustible, en donde una parte del conducto de combustible se ubica dentro de una cámara de combustión de la caldera de combustible sólido; y

proporcionar gas de combustión caliente dentro de la cámara de combustión para contactar y calentar el exterior del conducto de combustible y el conducto de combustible que calienta el combustible dentro del conducto por radiación.

[00118] En algunas formas de realización, el método comprende además dirigir gas de combustión caliente en el conducto de combustible para ayudar en el secado del combustible.

[00119] En algunas formas de realización, el método incluye dirigir el combustible desde el conducto de combustible a un depósito de almacenamiento de combustible fuera de la cámara de combustión.

[00120] En algunas formas de realización, el método incluye dirigir el combustible desde el conducto de combustible a una zona de combustión dentro de la cámara de combustión.

[00121] En algunas formas de realización, dirigir el combustible a través de un conducto de combustible que rodea el combustible incluye dirigir el combustible en un conducto de combustible configurado de manera que al menos la mitad de la distancia recorrida por el combustible en el conducto de combustible está recorrida en una parte rodeada del conducto de combustible dentro de la cámara de combustión.

[00122] En algunas formas de realización, dirigir el combustible a través de un conducto de combustible que rodea el combustible incluye dirigir el combustible a través de múltiples conductos de combustible dentro de la cámara de combustión.

[00123] Algunas formas de realización proporcionan un método para el secado previo de combustible para su uso en una caldera de combustible sólido, que comprende: dirigir el combustible a través de una multiplicidad de conductos de combustible, cada conducto de combustible que rodea el combustible, en donde una parte de cada conducto de combustible se ubica dentro de una cámara de combustión de una caldera de combustible sólido; proporcionar gas de combustión caliente que se pone en contacto con cada conducto de combustible, los gases calientes que calientan el exterior de cada conducto de combustible y cada conducto de combustible calentado que calienta el combustible dentro de cada conducto por radiación, convección o conducción; y dirigir el combustible que sale del conducto de combustible a un depósito de almacenamiento de combustible fuera de la cámara de combustión para su almacenamiento.

[00124] En algunas formas de realización, el método comprende además extraer el combustible del depósito de almacenamiento de combustible y quemar el combustible en una caldera de combustible sólido.

[00125] En algunas formas de realización, el método comprende además la ventilación de humedad evaporada y gases volátiles procedentes del depósito de almacenamiento de combustible.

[00126] En algunas formas de realización, el depósito de almacenamiento de combustible está configurado con una parte inferior en vivo para transferir desde el depósito de combustible.

[00127] En algunas formas de realización, el depósito de almacenamiento de combustible está configurado con un sistema de extinción de incendios que utiliza uno o más medios de: nebulización de agua, vapor, productos químicos u otros medios de extinción de incendios.

[00128] En algunas formas de realización, el depósito de almacenamiento de combustible es un único depósito de almacenamiento en el que se vacían todos los conductos de combustible en la multiplicidad de conductos de combustible.

[00129] En algunas formas de realización, el depósito de almacenamiento de combustible comprende una multiplicidad de depósitos de almacenamiento y en donde uno o más de los conductos de combustible en la multiplicidad de conductos de combustible se vacían en cada depósito de almacenamiento en la multiplicidad de depósitos de almacenamiento.

[00130] Formas de realización alternativas

[00131] Aunque algunas formas de realización y sus ventajas se describen en detalle arriba y abajo, se debe entender que las formas de realización descritas son solamente ejemplos, y que en el presente documento pueden hacerse diversos cambios, sustituciones y alteraciones sin apartarse del espíritu y alcance de la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas. El alcance de la presente solicitud no pretende limitarse a las formas de realización específicas del proceso, la máquina, la fabricación, la composición de materia, los medios, los métodos y las etapas descritos en la especificación. Tal como una persona normalmente versada en la materia

apreciará fácilmente a partir de la descripción de la presente invención, los procesos, las máquinas, la fabricación, las composiciones de materia, los medios, los métodos o las etapas existentes actualmente o que se desarrollarán más adelante, los cuales realizan sustancialmente la misma función o logran sustancialmente el mismo resultado que las formas de realización correspondientes que se describen en el presente documento, pueden utilizarse de acuerdo con la invención.

DPG\DPG\ID-564434\WPC21434