

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 915 580**

51 Int. Cl.:

D21C 11/08 (2006.01)

D21C 11/12 (2006.01)

F23C 6/04 (2006.01)

F23C 7/06 (2006.01)

F23G 7/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.12.2018** **PCT/FI2018/050911**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.06.2019** **WO19122510**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.12.2018** **E 18829891 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.04.2022** **EP 3728732**

54 Título: **Método y aparato para quemar gas de olor**

30 Prioridad:

22.12.2017 FI 20176148

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

23.06.2022

73 Titular/es:

VALMET TECHNOLOGIES OY (100.0%)

Keilasatama 5

02150 Espoo, FI

72 Inventor/es:

KYTÖ, MATTI

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 915 580 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

Método y aparato para quemar gas de olor

Campo de la invención

La invención se refiere a un método y un sistema para quemar combustible que comprende nitrógeno y azufre de manera que solo se forma una pequeña cantidad de óxidos de nitrógeno y el azufre se oxida. El combustible puede comprender gases olorosos concentrados de una planta de pulpa química. Así, la invención se refiere a un método y un aparato para tratar gases olorosos concentrados de una planta de pulpa química y/o sus condensados, y para mejorar el control de las emisiones de óxido de nitrógeno. Además, la invención se refiere a una planta de pulpa configurada para tratar los gases olorosos producidos en ella.

Antecedentes

En la fabricación de pulpa química, la madera se trata con licor de cocción, por lo que se hidroliza la lignina. Los procesos de fabricación de pulpa incluyen procesos de sulfito y sulfato. En el proceso se forman varios compuestos orgánicos de azufre, como el ácido sulfídrico, el metilmercaptano, el sulfuro de dimetilo y el disulfuro de dimetilo. Estos compuestos provocan el olor desagradable de los gases de ventilación de las plantas de pulpa química. Estos gases se forman en varias etapas de un proceso de fabricación de pulpa química, como en la planta digestora y la evaporación del licor de desecho. Los compuestos de azufre malolientes generalmente se eliminan recogiendo los gases malolientes de diversas fuentes y quemándolos en un horno de cal, una caldera de recuperación química o un incinerador separado. Un propósito de la combustión es oxidar sustancias que contienen azufre a dióxido de azufre y/o trióxido de azufre.

Además de los compuestos de azufre, la digestión genera también hidrocarburos orgánicos, como la trementina, además de metanol y amoníaco. Los vapores que contienen compuestos de azufre, amoníaco y metanol se liberan, por ejemplo, en licores residuales, p. ej. licor negro, área de evaporación, donde dichos compuestos pueden ser destilados y condensados en condensados. Parte de los compuestos no son condensables. Los gases no condensables (GNC) pueden quemarse junto con el flujo de otros gases olorosos de la planta.

Los gases olorosos se dividen típicamente en gases de olor fuerte (BVAC, Bajo Volumen Alta Concentración) y gases olorosos diluidos (AVBC, Alto Volumen Baja Concentración). Los gases olorosos diluidos a veces se denominan DNCG (es decir, gas diluido no condensable). Los gases diluidos se recogen típicamente de partes atmosféricas, es decir, no presurizadas, del proceso de pulpa. Los gases olorosos diluidos se recogen de contenedores y dispositivos de la línea de fibra, la planta de evaporación, la planta de talloil y la planta de caustificación. Los gases olorosos diluidos contienen los mismos componentes que los gases olorosos fuertes, pero también contienen tanto aire que las concentraciones son notablemente más bajas.

Los gases con olor fuerte generalmente se recogen de algunas partes presurizadas del proceso de pulpa. Los gases de olor fuerte se originan principalmente en una planta de digestión, en una planta de evaporación, en un separador, en un tanque de condensado sucio y en un tanque de licor de cocción presurizado. Los gases de olor fuerte pueden clasificarse por su origen. CNCG se refiere al gas no condensable concentrado recogido de los procesos que no sean un separador, como un área de evaporador y/o un área de digestor. SOG se refiere al gas de escape recogido de un separador. SOG se puede condensar para obtener metanol. La presente invención se refiere en particular a la combustión de gases de olor fuerte y/o su condensado, es decir, metanol contaminado.

Un propósito de la combustión de gas oloroso o metanol contaminado es oxidar los compuestos de azufre contenidos en el gas o líquido, formando así compuestos menos olorosos, tales como dióxido de azufre y/o trióxido de azufre. Así, la combustión tiene lugar en presencia de exceso de aire. Sin embargo, se ha observado que, en tales condiciones, el amoníaco tiende a reaccionar con el oxígeno del exceso de aire, formando así óxidos de nitrógeno (NOx). Sin embargo, por razones ambientales, el contenido de óxidos de nitrógeno debe ser bajo. En la mayoría de los países, el contenido máximo permitido de NOx está regulado. Se divulga un método para quemar gases olorosos con bajas emisiones de NOx, p. ej. en el documento WO2010/01 9079, en el que se basa la forma en dos partes de las reivindicaciones independientes. Un quemador particularmente factible para quemar dichos gases con bajas emisiones de NOx se ha divulgado en el documento WO99/19668.

En el quemador de la técnica anterior, las bajas emisiones de NOx se consiguen por etapas de la combustión. En una primera etapa, solo se utiliza una cantidad de aire subestequiométrica, lo que reduce la formación de NOx. Sin embargo, se ha observado que, para llevar a cabo dicho proceso, la temperatura dentro del horno debe permanecer razonablemente estable. Esto ha llevado a grandes incineradores con paredes de ladrillos macizos para almacenar calor y de esta manera regular la temperatura en el incinerador.

En el campo de la combustión de bajo NOx, el documento US 5823760 divulga un generador de vapor, en el que se utilizan gases de combustión de motores diésel y aire como gases de combustión.

Un objeto de la presente invención es proporcionar un método que pueda realizarse en un sistema más pequeño en el que los gases y líquidos olorosos fuertes puedan quemarse de manera que las emisiones de NOx permanezcan

bajas. Un objeto de la invención es proporcionar un sistema de este tipo. Puede ser posible reducir aún más las emisiones de óxido de nitrógeno de los gases de combustión de la combustión de gases olorosos.

- 5 Para lograr estos objetivos, la presente invención se refiere a un método y un aparato para quemar combustible primario, en donde el combustible primario comprende al menos un compuesto que contiene nitrógeno, de tal manera que se reduce la formación de óxidos de nitrógeno, en comparación con algunos métodos de combustión de la técnica anterior. métodos. El combustible principal puede comprender, p. ej. gas oloroso y/o metanol contaminado. Más específicamente, un objeto de la presente invención es reducir el tamaño del incinerador utilizado para quemar los gases olorosos de manera que las emisiones de NOx permanezcan bajas y puedan reducirse aún más.

Compendio

- 10 Se ha descubierto que, quemando el combustible principal con un gas de combustión primario, en donde el gas de combustión primario se ha precalentado a al menos 450 °C, el combustible primario puede quemarse en un entorno con una cantidad muy baja de oxígeno. La cantidad de oxígeno está determinada por el contenido de oxígeno del gas de combustión primario y la cantidad de gas de combustión primario. Durante la combustión, el nitrógeno ligado al combustible se libera como un radical libre y finalmente forma N₂ libre, o no. Cuando la cantidad de oxígeno es baja, el nitrógeno elemental o el nitrógeno radical tiende a formar nitrógeno gaseoso (N₂) en lugar de óxidos de nitrógeno (NOx). Además, en condiciones de poco oxígeno, algunos de los óxidos de nitrógeno formados en el proceso pueden ser nitrógeno gaseoso reducido. En el método, se utiliza aire de combustión terciaria para proporcionar una transición desde la etapa baja en oxígeno a una etapa rica en oxígeno. Además, el aire de combustión terciaria se puede usar para dar forma a la llama de modo que se forme menos NOx y/o se reduzca más NOx a nitrógeno gaseoso. Además, para asegurar una combustión suficientemente completa, en una etapa posterior, se alimenta al proceso gas de combustión cuaternario que comprende oxígeno para completar la combustión, en particular para oxidar azufre y otros compuestos oxidables del combustible primario. En algunas realizaciones, el combustible primario se refiere en particular a gases de olor fuerte y/o gas de escape condensado, es decir, metanol contaminado.

- 25 La invención se divulga en términos más específicos en las reivindicaciones independientes 1 y 10. Las reivindicaciones dependientes divulgan realizaciones preferibles. La descripción y las figuras revelan estas y otras realizaciones.

Breve descripción de los dibujos

- La Fig. 1 muestra, en una vista lateral, una realización de un método para quemar combustibles que contienen nitrógeno, y un aparato correspondiente,
- 30 La Fig. 2 muestra, en una vista lateral, una realización de un método para quemar combustibles que contienen nitrógeno, y un aparato correspondiente,
- La Fig. 3 muestra, en una vista lateral, una realización de un método para quemar combustibles que contienen nitrógeno, y un aparato correspondiente,
- 35 La Fig. 4a muestra, en una vista lateral, una realización de un método para quemar combustibles que contienen nitrógeno, y un aparato correspondiente,
- La Fig. 4b muestra, en una vista de extremo, la sección IVb de la Fig. 4a,
- La Fig. 4c muestra, en una vista de extremo, la sección IVc de la Fig. 4a,
- La Fig. 5a muestra, en una vista lateral, una realización de un método para quemar combustibles que contienen nitrógeno, y un aparato correspondiente,
- 40 La Fig. 5b muestra, en una vista de frente, la sección Vb de la Fig. 5a,
- La Fig. 5c muestra, en una vista de frente, la sección Vc de la Fig. 5a,
- La Fig. 6a muestra, en una vista lateral, una realización de un método para quemar combustibles que contienen nitrógeno, y un aparato correspondiente,
- La Fig. 6b muestra, en una vista de extremo, la sección VIb de la Fig. 6a según una realización,
- 45 La Fig. 6c muestra, en una vista de extremo, la sección VIb de la Fig. 6a según otra realización,
- La Fig. 7 muestra una planta de pulpa que tiene un aparato para quemar combustible primario, y
- La Fig. 8 muestra en una vista lateral, una realización de un método para quemar combustibles que contienen nitrógeno, y un aparato correspondiente.

- 50 En las figuras, SZ indica una dirección longitudinal, y SR y SC indican una dirección radial y circunferencial, respectivamente, todas las cuales son perpendiculares entre sí.

Descripción

La presente invención se refiere a un método para quemar combustible F1 primario, en donde el combustible F1 primario comprende al menos un primer compuesto que contiene nitrógeno y un segundo compuesto que comprende azufre. Por ejemplo, los gases de olor fuerte comprenden un primer compuesto que contiene nitrógeno y un segundo compuesto que contiene azufre. Como se indica en los antecedentes, se producen gases de olor fuerte en la pulpa al sulfato y/o al sulfito. Estos gases comprenden compuestos que comprenden azufre, que es el principal responsable de los olores. Además de los gases, se produce metanol y, cuando se recoge y condensa, el metanol líquido también contiene azufre. Tal metanol contaminado también es oloroso. Aún más, estos gases o líquidos olorosos normalmente comprenden nitrógeno en forma de amoníaco (NH₃). Así, el combustible F1 primario puede ser gaseoso, líquido o una mezcla de compuestos gaseosos y líquidos. El combustible F1 primario puede comprender gas de olor fuerte y/o un condensado de gas de olor fuerte. La Tabla 1 indica tres composiciones típicas de gases de olor fuerte en términos de los componentes principales que comprenden azufre y el componente principal que comprende nitrógeno.

Tabla 1: composición de tres muestras de gases de olor fuerte.

Compuesto		peso molar	contenido (ppm)		
			muestra 1	muestra 2	muestra 3
ácido sulfhídrico	H ₂ S	34		50000	81300
metilmercaptano	CH ₃ SH	48	80900	110000	185300
sulfuro de dimetilo	(CH ₃) ₂ SH	64	22000	50000	116000
disulfuro de dimetilo	(CH ₃) ₂ S ₂ (CH ₃) ₂ S ₂	94	800	30000	3000
trementina	C ₁₀ H ₂₅	132	1900		
metanol	CH ₃ OH	32			
amoníaco	NH ₃	17	2000	2000	2000

Como se motivó anteriormente, para eliminar los compuestos olorosos, se queman gases de olor fuerte (es decir, gases olorosos) o líquidos para oxidar el azufre. Los gases o líquidos de olor fuerte pueden comprender al menos gas de extracción, gas no condensable y metanol. Dado que estos compuestos se queman, en esta descripción se denominan combustible F1 primario. El método y el aparato también pueden ser aplicables a otros combustibles que contengan nitrógeno y azufre. El combustible que se se quema se denomina combustible primario. Haciendo referencia a la Tabla 1, en una realización, el combustible F1 primario comprende un primer compuesto que comprende nitrógeno y un segundo compuesto que comprende azufre. El primer compuesto es distinto del nitrógeno gaseoso N₂. Sin embargo, el combustible F1 primario puede comprender, además de nitrógeno gaseoso, el primer compuesto que comprende nitrógeno. El primer compuesto puede ser, p. ej. amoníaco (NH₃). El segundo compuesto puede ser, p. ej. ácido sulfhídrico, metil mercaptano, sulfuro de dimetilo o disulfuro de dimetilo. En una realización, el combustible F1 primario comprende al menos 1000 ppm de amoníaco (en base seca). En lo sucesivo en el presente documento, la unidad ppm se refiere a partes por millón en masa, p. ej. miligramos por kilogramos. Además, cuando se mide en seco, el agua se excluye de la medición. En esta realización, el combustible primario puede comprender al menos gas de extracción y/o metanol.

En una realización, el combustible principal comprende al menos 20000 ppm de metilmercaptano. En esta realización, el combustible primario puede comprender gas no condensable concentrado recogido de los procesos que no sean el separador y/o el separador de gas o su condensado.

En una realización, el combustible F1 primario comprende al menos 1000 ppm de amoníaco (en base seca) y al menos 20000 ppm de metilmercaptano. En esta realización, el combustible primario puede comprender gas de escape o su condensado. Como se indicó anteriormente, el gas de escape del tímpano se puede condensar en metanol.

En general, la combustión implica altas temperaturas y presencia de oxígeno. La alta temperatura, p. ej. disocia los compuestos, que luego pueden reaccionar con el oxígeno. Sin embargo, cuando múltiples moléculas que contienen nitrógeno se disocian en átomos o radicales de nitrógeno, los átomos o radicales de nitrógeno pueden, como

alternativa, reaccionar entre sí. Así, a una temperatura razonablemente alta y con un contenido de oxígeno razonablemente bajo, los combustibles tienden a formar nitrógeno gaseoso N_2 en lugar de óxidos (NO_x). Por el contrario, en presencia de exceso de oxígeno, existe una tendencia del combustible a formar NO_x . Sin embargo, en una combustión regular, el oxígeno debe estar presente en cantidades tales que la temperatura permanezca lo suficientemente alta para la oxidación. En general, la combustión de combustible tiene lugar con un gas de combustión, tal como aire, el gas de combustión que comprende oxígeno. Se ha encontrado que, en presencia de una cantidad baja de oxígeno, en particular el compuesto reactivo intermedio NH_2 tiende a reaccionar con otros compuestos, reduciendo así los NO_x : s. Por ejemplo, NH_2 puede reaccionar con NO produciendo así nitrógeno gaseoso N_2 y agua.

Un aparato para este fin se indica con el número de referencia 405. Haciendo referencia a la FIG. 1, un aparato 405 comprende un horno 200. El horno está limitado por al menos una pared 210. La sección transversal del horno 200 puede ser cilíndrica, por lo que el horno 200 está limitado únicamente por la pared 210. La sección transversal del horno 200 puede tener otra forma, por lo que el horno estaría limitado por las paredes 210. El horno 200 tiene una zona Z1 de proceso primario, una zona Z2 de proceso secundario y zona Z3 de proceso terciario. La zona Z2 de proceso secundario está dispuesta entre la zona Z1 de proceso primario y la zona Z3 de proceso terciario. El combustible F1 primario y el gas G1 de combustión primario se alimentan a la zona Z1 de proceso primario. Con referencia a la Fig. 3, en una realización, el combustible F1 primario y el gas G1 de combustión primario se alimentan a un extremo 202 primario del horno 200. Los compuestos viajarán desde la zona Z1 de proceso primario a la zona Z2 de proceso secundario, y luego a la zona Z3 de proceso terciario. Por tanto, la zona Z2 de proceso secundario está dispuesta entre la zona Z1 de proceso primario y la zona Z3 de proceso terciario en la dirección del flujo del combustible F1 primario o sus productos de combustión dentro del horno 200. La zona Z3 de proceso terciario puede extenderse en una dirección SZ longitudinal a un comienzo de un canal 206 de gases de combustión configurado para dejar salir los productos de combustión del horno. El canal 206 de gases de combustión puede estar dispuesto en un extremo 204 secundario del horno 200. El horno 200 tiene una longitud L200 en su dirección SZ longitudinal. Normalmente, en uso, la dirección SZ longitudinal está dispuesta sustancialmente horizontal (p. ej., formando un ángulo de al menos 60 grados con la dirección de la gravedad de la Tierra). Sin embargo, el horno puede disponerse alternativamente en otra posición.

Haciendo referencia a la Fig. 1, una de las características de la invención es precalentar el gas G1 de combustión primario a una temperatura alta antes de introducirlo en la zona Z1 de proceso primario. Así, la invención comprende producir un gas G1 de combustión primario que tenga una temperatura de al menos 450 °C y que comprenda oxígeno. Además, la invención comprende un calentador 100 de gas de combustión configurado para formar gas G1 de combustión primario que tiene una temperatura de al menos 450 °C. Aún más, el gas G1 de combustión primario que tiene una temperatura de al menos 450 °C se produce antes de que se introduzca en la zona Z1 de proceso primario. El aparato 405 también comprende una tubería 220 primaria para transportar el gas G1 de combustión primario desde el calentador 100 de gas de combustión a la zona Z1 de proceso primario y una primera tubería para transportar el combustible F1 primario a la zona Z1 de proceso primario. En particular, en una realización, el gas G1 de combustión primario se alimenta a la zona Z1 de proceso primario a través de una boquilla 221 primaria de modo que la temperatura del gas G1 de combustión primario en la boquilla 221 primaria sea de al menos 450 °C. Al menos una parte de la boquilla 221 primaria está dispuesta en la zona Z1 de proceso primario.

La temperatura del gas G1 de combustión primario no necesita ser extremadamente alta. Por lo tanto, una posibilidad comprende producir gas G1 de combustión primario que tiene una temperatura de 700 °C como máximo (p. ej., 650 °C como máximo) y que comprende oxígeno. Además, una realización comprende un calentador 100 de gas de combustión configurado para formar gas G1 de combustión primario que tiene una temperatura de 700 °C como máximo (p. ej., 650 °C como máximo).

Sin embargo, la disociación térmica de los compuestos que contienen nitrógeno se puede mejorar cuando la temperatura del gas G1 de combustión primario es superior al límite inferior mencionado anteriormente. Así, una posibilidad comprende producir gas G1 de combustión primario que comprende oxígeno y que tiene una temperatura de al menos 500 °C o al menos 550 °C. Una posibilidad comprende un calentador 100 de gas de combustión configurado para formar gas G1 de combustión primario que tiene una temperatura de al menos 500 °C o al menos 550 °C. Por lo tanto, los ejemplos de intervalos de temperatura adecuados incluyen de 450 °C a 700 °C, de 500 °C a 650 °C y de 550 °C a 600 °C. Como se indicó anteriormente, estas temperaturas se refieren en particular a una temperatura en la boquilla 221 primaria.

Sin entrar en detalles, parece que tal temperatura es suficientemente alta para disociar el combustible F1 primario dentro de la zona Z1 de proceso primario. Por lo tanto, el contenido de oxígeno del gas G1 de combustión primario puede ser bajo y/o la cantidad de gas G1 de combustión primario puede ser baja de modo que se reduzca la formación de NO_x dentro de la zona Z1 de proceso primario y, en consecuencia, la formación de N_2 ha mejorado. Según la invención, el contenido de oxígeno del gas G1 de combustión primario es del 7 % en volumen al 19 % en volumen, por ejemplo, del 15 % en volumen al 19 % en volumen. Esto tiene el efecto de que el caudal volumétrico del gas G1 de combustión primario puede aumentarse de modo que la cantidad de oxígeno permanezca baja, por lo que se mejora el calentamiento del combustible F1 primario sin añadir demasiado oxígeno. Estos valores de contenido de oxígeno se refieren, en particular, al contenido de oxígeno del gas G1 en la boquilla 221 primaria. Así, el contenido de oxígeno del gas G1 de combustión primario está dentro de los límites antes mencionados antes de que se alimente a la zona Z1 de proceso primario.

Para producir solo una pequeña cantidad de óxidos de nitrógeno, el combustible F1 primario y el gas G1 de combustión primario se alimentan al horno 200 de tal manera que el gas G1 de combustión primario contenga menos oxígeno que una combustión completa del combustible F1 primario requeriría. Los valores típicos de una relación λ de equivalencia aire-combustible se dan a continuación.

- 5 El gas G1 de combustión primario puede comprender aire y/o gases olorosos diluidos (AVBC, Alto Volumen Baja Concentración). Si el gas G1 de combustión primario se calienta quemando algún combustible F3 terciario, p. ej. se puede utilizar otro combustible, aire y/o gases olorosos diluidos para quemar el combustible F3 terciario. Tal realización se muestra en las Figs. 2, 3 y 4a.

- 10 Para iniciar el proceso de combustión, se puede proporcionar un encendedor, es decir, un arrancador, en el horno 200 (no mostrado). El encendedor puede proporcionarse en el primer extremo 202. El encendedor puede funcionar, p. ej. con combustible gaseoso adecuado, como gas natural o gas propano licuado.

- 15 Para controlar el proceso de combustión en el horno 200, una realización comprende alimentar gas G3 de combustión terciario a la zona Z2 de proceso secundario del horno 200. El gas G3 de combustión terciario puede usarse para dar forma a la llama de modo que se forme menos NOx y/o más NOx se reduce a nitrógeno gaseoso. El gas G3 de combustión terciario puede comprender aire y/o gases olorosos diluidos (AVBC, Alto Volumen Baja Concentración). En consecuencia, una realización comprende una tubería 260 terciaria para transportar gas G3 de combustión terciario a la zona Z2 de proceso secundario.

- 20 Como gas G3 de combustión terciario se puede utilizar aire y/o gases olorosos diluidos. En una realización, el contenido de oxígeno del gas G3 de combustión terciario es superior al 20 % en volumen. En una posibilidad, el contenido de oxígeno del gas G3 de combustión terciario es mayor que el contenido de oxígeno del gas G1 de combustión primario. El contenido de oxígeno del gas G3 de combustión terciario se refiere a un contenido de oxígeno dentro de la tubería 260 terciaria. El contenido de oxígeno del gas G1 de combustión primario se refiere a un contenido de oxígeno en una boquilla 221 primaria. En una posibilidad, un contenido de oxígeno del gas G3 de combustión terciario, antes de que (es decir, G3) se alimente a la zona Z2 de proceso secundario, es mayor que el contenido de oxígeno del gas G1 de combustión primario, antes de que (es decir, G1) se alimente a la zona Z1 de proceso primario.

- 25 Como se indicó anteriormente, para oxidar el Azufre del combustible F1 primario, en algún momento el contenido de oxígeno debe ser alto. Así, de acuerdo con la invención, el combustible F1 primario, el gas G1 de combustión primario o sus productos de reacción se dejan pasar a la zona Z3 de proceso terciario del horno 200. Además, el gas G4 de combustión cuaternario que comprende oxígeno se alimenta a la zona Z3 de proceso terciario del horno 200. Por lo tanto, una posibilidad comprende una tubería 240 cuaternaria para transportar gas G4 de combustión cuaternario a la zona Z3 de proceso terciario.

- 30 El gas G4 de combustión cuaternario se usa principalmente para terminar la combustión, p. ej. oxidando el azufre y otros compuestos combustibles del combustible F1 primario. En una posibilidad, el gas G4 de combustión cuaternario comprende más del 20% en volumen de oxígeno. Preferiblemente, el contenido de oxígeno del gas G4 de combustión cuaternario es mayor que el contenido de oxígeno del gas G1 de combustión primario. El contenido de oxígeno del gas G4 de combustión cuaternario se refiere a un contenido de oxígeno en una boquilla 242 terciaria. El contenido de oxígeno del gas G1 de combustión primario se refiere a un contenido de oxígeno en una boquilla 221 primaria. En una posibilidad, un contenido de oxígeno del gas G4 de combustión cuaternario, antes de que (es decir, G4) se alimente a la zona Z3 de proceso terciario, es mayor que el contenido de oxígeno del gas G1 de combustión primario, antes de que (es decir, G1) se alimente a la zona Z1 de proceso primario. El gas G4 de combustión cuaternario puede comprender aire y/o gases olorosos diluidos (AVBC, Alto Volumen Baja Concentración).

- 35 Haciendo referencia a la Fig. 2, la posibilidad comprende boquillas 242 terciarias conectadas a la tubería 240 cuaternaria de manera que las boquillas 242 terciarias estén configuradas para alimentar el gas G4 de combustión cuaternario a la zona Z3 de proceso terciario. Preferiblemente, las boquillas 242 terciarias están configuradas para alimentar el gas G4 de combustión cuaternario en una dirección que forma un ángulo α (ver Fig. 3) de 15 a 135 grados con la dirección SZ longitudinal, que se dirige desde el extremo 202 primario del horno 200, al que se alimenta el combustible F1 primario, a un extremo 204 secundario del horno 200. Preferiblemente, el ángulo α (ver Fig. 3) es de 30 a 120 grados. La dirección en la que se configuran las boquillas 242 terciarias para alimentar el gas G4 de combustión cuaternario puede ser, p.ej. sustancialmente radial. Se ha encontrado que esto mejora la mezcla del gas G4 de combustión cuaternario con los otros compuestos en la zona Z3 de proceso terciario. Además, no alimentar el gas G4 de combustión cuaternario hacia la zona Z1 de proceso primario tiene el efecto de que el contenido de oxígeno permanece bajo en la zona Z1 de proceso primario.

- 40 Para tener tiempos de reacción adecuados dentro de la zona Z1 de proceso primario y la zona Z3 de proceso terciario, al menos una de las boquillas 242 terciarias está dispuesta, en la dirección SZ longitudinal, sustancialmente en el centro del horno 200. Con referencia a la Fig. 3, una longitud del horno 200, en la dirección SZ longitudinal, se indica con L200. Además, el gas G1 de combustión primario se alimenta a un extremo 202 primario del horno 200. Los productos de combustión fluyen hacia un extremo 204 secundario del horno 200. Además, desde el extremo 204 secundario, los productos de combustión salen a través de un canal 206 de gas de combustión. En consecuencia, la longitud L200 se deja entre el extremo 202 primario y el extremo 204 secundario. Al menos una de las boquillas 242

terciarias configurada para alimentar el gas G4 de combustión cuaternario a la zona Z3 de proceso terciario está dispuesta a una distancia d_{242} desde el extremo 202 primario (ver Fig. 3). Esa boquilla 242 terciaria está cerca del centro del horno 200 en la dirección SZ longitudinal para tener los tiempos de reacción adecuados antes mencionados. Más específicamente, en una posibilidad, la relación d_{242}/L_{200} es de 0,25 a 0,75, preferiblemente de 0,35 a 0,65.

Además, se ha encontrado que el diámetro D_{240} de la tubería 240 cuaternaria afecta la combustión en la zona Z3 de proceso terciario. Haciendo referencia a la Fig. 4c, en una realización, la sección transversal del horno 200 en un plano que tiene una normal en la dirección SZ longitudinal es sustancialmente circular con un diámetro D_{210} interior. Además, la sección transversal de la tubería 240 cuaternaria en un plano que tiene una normal en la dirección SZ longitudinal es sustancialmente circular con un diámetro D_{240} exterior. La tubería 240 cuaternaria está preferiblemente dimensionada de tal manera que una relación D_{240}/D_{210} del diámetro D_{240} exterior de la tubería 240 cuaternaria al diámetro D_{210} interior del horno 200 es de 0,1 a 0,5, tal como de 0,2 a 0,4. Además, en una posibilidad, el horno 200 y la tubería 240 cuaternaria son coaxiales.

En una posibilidad, el gas G4 de combustión cuaternario se alimenta a través de las boquillas 242 terciarias de tal manera que la velocidad de flujo del gas G4 de combustión cuaternario, en una salida de una boquilla 242 terciaria, es de 50 m/s a 80 m/s. Se ha encontrado que esto proporciona una mezcla suficiente del gas G4 de combustión cuaternario con los productos de combustión intermedios.

Haciendo referencia a la Fig. 2, dependiendo del tipo y la cantidad del combustible F1 primario, puede ser necesario utilizar también gas G2 de combustión secundario en la zona Z1 de proceso primario. Como gas G2 de combustión secundario se puede utilizar aire, gases olorosos diluidos o sus mezclas. Una realización comprende alimentar gas G2 de combustión secundario a la zona Z1 de proceso primario del horno 200. Preferiblemente, el contenido de oxígeno del gas G2 de combustión secundario es mayor que el contenido de oxígeno del gas G1 de combustión primario. En consecuencia, una realización comprende una tubería 250 secundaria para transportar gas G2 de combustión secundario a la zona Z1 de proceso primario. El contenido de oxígeno del gas G2 de combustión secundario se refiere al contenido de oxígeno del gas G2 de combustión secundario dentro de la tubería 250 secundaria. El contenido de oxígeno del gas G1 de combustión primario se refiere al contenido de oxígeno en una boquilla 221 primaria. En una realización, un contenido de oxígeno del gas G2 de combustión secundario, antes de que (es decir, G2) se alimente a la zona Z1 de proceso primario, es mayor que el contenido de oxígeno del gas G1 de combustión primario, antes de que (es decir, G1) se alimente a la zona Z1 de proceso primario. Haciendo referencia a la Fig. 1, el gas G2 de combustión secundario puede mezclarse con el gas G1 de combustión primario ya antes del horno 200; al menos siempre que la mezcla tenga una temperatura adecuadamente alta, como se discutió anteriormente. Además, el gas G2 de combustión secundario no es necesariamente necesario.

Quemar el combustible F1 primario en el horno 200 genera calor. Preferiblemente, el calor se recupera para otros fines. Además, la recuperación de calor ayuda a mantener estables las condiciones del proceso dentro del horno 200, lo que ayuda a mantener las condiciones del proceso para una combustión de bajo NOx. Para mantener el aparato pequeño, el calor se recupera preferiblemente de tal manera que el horno 200 forma una caldera de tubo de fuego. Correspondientemente, el horno 200 está rodeado por al menos una pared 210. Además, al menos una parte de la pared 210 está dispuesta en un contenedor 300 lleno al menos parcialmente con un medio 310 de transferencia de calor líquido tal como aceite o agua. Además, la pared 210 comprende metal. En una realización, solo queda metal entre el horno 200 y el medio 310 de transferencia de calor líquido del contenedor 300. Por lo tanto, el calor se transfiere efectivamente a través de la pared 210 desde el horno 200 al medio 310 de transferencia de calor líquido. En consecuencia, una realización comprende un recipiente 300 para almacenar el medio de transferencia de calor líquido, de manera que al menos parte de la pared 210 del horno 200 está dispuesta dentro del recipiente 300. En algunos casos, puede ser suficiente que la pared 210 comprenda metal y la pared 210 se enfríe desde el exterior, p.ej. por convección al aire. Sin embargo, en tales casos, normalmente no se recupera el calor.

Como se indicó anteriormente, el combustible F1 primario se quema en una primera etapa correspondiente a la zona Z1 de proceso primario, en una segunda etapa correspondiente a la segunda Z2 zona de proceso y en una tercera etapa correspondiente a la zona Z3 de proceso terciario.

Normalmente, los gases y líquidos olorosos no son todos del mismo tipo. En general, los gases pueden clasificarse en fuertes o diluidos, como se indica en el antecedente. Además, los gases de olor fuerte incluyen dos tipos de gases de olor fuerte: gas de escape del separador (SOG, opcionalmente condensado en metanol) y gas no condensable concentrado (CNCG). Algunos de los gases olorosos pueden contener más nitrógeno que otros. Por ejemplo, en cuanto a los gases de olor fuerte o sus condensados, SOG contiene más nitrógeno que CNCG. Se ha observado que las emisiones de NOx pueden reducirse particularmente bien si una parte rica en nitrógeno se quema en todas las zonas de proceso, incluida la zona Z1 de proceso primario, y una parte pobre en nitrógeno se quema solo en una segunda y posteriores zonas Z2 y Z3 de proceso. No alimentar la parte pobre en nitrógeno (p. ej., CNCG) a la zona Z1 de proceso primario tiene el efecto de aumentar la capacidad del aparato, lo que ayuda a mantener el aparato pequeño para un rendimiento diseñado.

Por lo tanto, una realización comprende alimentar combustible F2 secundario a la zona Z2 de proceso secundario del horno 200. Como se indica en relación con la Fig. 1, la zona Z2 de proceso secundario está dispuesta entre la zona Z1 de proceso primario y la zona Z3 de proceso terciario. Haciendo referencia a la Fig. 2, una realización

correspondiente comprende una segunda tubería 270 para transportar combustible F2 secundario a la zona Z2 de proceso secundario.

En una realización, también el combustible F2 secundario comprende al menos un compuesto que contiene nitrógeno y otro compuesto que comprende azufre. Como se indicó anteriormente, en una realización preferible, el combustible F2 secundario comprende al menos un compuesto que contiene nitrógeno de manera que el contenido de nitrógeno del combustible F2 secundario es menor que el contenido de nitrógeno del combustible F1 primario. En una posibilidad, el combustible F2 secundario comprende amoníaco. En una posibilidad, tanto el combustible F1 primario como el combustible F2 secundario comprenden amoníaco de manera que el combustible F2 secundario comprende menos amoníaco que el combustible F1 primario (en términos del contenido de los combustibles F1 y F2). Como se indicó anteriormente, el combustible F2 secundario comprende además un compuesto que comprende azufre.

Como ejemplo, el combustible F1 primario puede comprender uno de metanol y gas de escape del separador recogido de un proceso de pulpa. Como ejemplo, el combustible F2 secundario puede comprender gas concentrado no condensable recogido de un proceso de pulpa. Como ejemplo, el combustible F1 primario puede consistir en metanol, gas de escape del separador o su mezcla recogida de un proceso de pulpa. Como ejemplo, el combustible F2 secundario puede consistir en gas concentrado no condensable (p. ej., CNCG) tal como se recoge de un proceso de pulpa.

Según la invención, el combustible F1 primario comprende azufre. En una posibilidad, el combustible F2 secundario comprende azufre. En una posibilidad, el combustible F1 primario comprende al menos 1000 ppm de amoníaco (en base seca) y al menos 20000 ppm de metilmercaptano, y el combustible F2 secundario comprende amoníaco y al menos 20000 ppm de metilmercaptano, y el contenido de amoníaco del combustible F2 secundario es menor que el contenido de amoníaco del combustible F1 primario.

Una posibilidad comprende recoger el combustible F1 primario de un proceso de pulpa.

Una posibilidad comprende recoger el combustible F2 secundario de un proceso de pulpa. También es posible utilizar el gas de olor diluido (HVLC) como combustible F2 secundario.

Sin embargo, es posible usar el aparato para quemar solo CNCG como combustible F1 primario. Además, es posible usar el aparato para quemar solo SOG y/o un condensado del mismo como combustible F1 primario.

En general, una condición de proceso de combustión se puede describir mediante una relación de equivalencia aire-combustible, comúnmente denotada por λ . La relación λ de equivalencia aire-combustible describe la cantidad proporcional de oxígeno que se alimenta al proceso de combustión. La proporción se normaliza de manera que la relación λ de equivalencia aire-combustible sea igual a 1, cuando la cantidad de oxígeno que se alimenta al proceso con los gases de combustión (p. ej., G1, G2) es igual a la cantidad estequiométrica de oxígeno requerida por el combustible (p. ej., F1) para quemarla completamente. Por lo tanto, cuando la relación λ de equivalencia aire-combustible es igual a 1, la combustión se denomina combustión estequiométrica. La combustión estequiométrica ocurre cuando todo el oxígeno se consume en la reacción y no hay oxígeno (O₂) molecular en los productos.

Por las razones indicadas anteriormente, el contenido de oxígeno en la zona Z1 de proceso primario es preferiblemente bajo. Por lo tanto, en una realización, la relación λ de equivalencia de aire-combustible en la zona Z1 de proceso primario es baja. Una realización comprende controlar una cantidad de gas G1 de combustión primario y combustible F1 primario de tal manera que la relación λ de equivalencia aire-combustible en la zona Z1 de proceso primario sea como máximo 0,95, como de 0,4 a 0,95, como de 0,5 a 0,95; preferiblemente, la relación λ de equivalencia aire-combustible en la zona Z1 de proceso primario es inferior a 0,8, como al menos 0,4 pero inferior a 0,8, o al menos 0,5 pero inferior a 0,8. Se ha observado que con tan poca cantidad de oxígeno, el nitrógeno tiende a no formar NO_x, sino que prefiere la formación de N₂ en cambio. Además, las reacciones químicas en una cantidad tan baja de oxígeno también ayudan a reducir al menos algunos de los NO_x: s, que se forman en cierta medida, a nitrógeno gaseoso N₂.

Como se indicó anteriormente, un propósito de las etapas de combustión posteriores es oxidar el azufre. Otro propósito es quemar hidrocarburos del combustible F1 primario (y, opcionalmente, del combustible F2 secundario). Por lo tanto, la relación λ de equivalencia de aire-combustible en la zona Z3 de proceso terciario es preferiblemente alta. Por estas razones, una realización comprende controlar una cantidad de gas G4 de combustión cuaternario de tal manera que una relación λ de equivalencia de aire-combustible en la zona Z3 de proceso terciario sea superior a 1,1, como de 1,1 a 2, como de 1,2 a 1,5.

Como se indicó anteriormente, también se alimenta al proceso algo de gas G3 de combustión terciario. Así, una posibilidad comprende controlar una cantidad de gas G3 de combustión terciario de tal manera que una relación λ de equivalencia aire-combustible en la zona Z2 de proceso secundario sea de 0,7 a 1,05.

El gas G4 de combustión cuaternario puede suministrarse en tal cantidad que el gas de combustión expulsado del horno 200 comprenda oxígeno (O₂). El contenido de oxígeno del gas de combustión se puede medir, p. ej. del canal 206 de gases de combustión, p. ej. después de un ventilador o una bomba 407, si se usa tal. El contenido de oxígeno del gas de combustión puede ser, p. ej. al menos 1 % en volumen, tal como al menos 2 % en volumen.

Algunas etapas posteriores del proceso pueden requerir una cantidad más significativa de oxígeno. Por lo tanto, el gas G4 de combustión cuaternario puede suministrarse en una cantidad tal que el gas de combustión expulsado del horno 200 comprenda más del 5% en volumen de oxígeno (O₂). Los ejemplos de procesos que requieren oxígeno incluyen la conversión catalítica de un compuesto del gas de combustión, p. ej. oxidación catalítica de SO₂ a SO₃.

- 5 Como es claro, la relación de equivalencia aire-combustible no es espacialmente constante. Por lo tanto, los valores dados anteriormente se aplican en promedio. Por ejemplo, cuando la pared 210 limita el horno y los productos de la combustión se mueven en una determinada dirección en el horno, se conoce la cantidad de combustible (o combustibles) y gases de combustión alimentados al proceso antes de cualquier punto de observación. En consecuencia, la relación de equivalencia aire-combustible se puede calcular para cualquier punto de observación.
- 10 El gas G1 de combustión primario puede calentarse con medios adecuados. Por ejemplo, se podría usar un ventilador 110 y un intercambiador de calor para producir gas G1 de combustión primaria caliente. Por ejemplo, se podría usar un ventilador 110 y un calentador eléctrico para producir gas G1 de combustión primaria caliente. Sin embargo, se ha encontrado que un generador de gas caliente basado en la combustión de combustible F3 terciario es particularmente adecuado para este propósito. Tal generador de gas se muestra en las Figs. 4a y 5a. El calentador 100 de gas de
- 15 combustión (es decir, el generador de gas) comprende un compresor 110 (o un ventilador 110). El compresor 110 alimenta aire y/o gases olorosos diluidos a un horno 120 secundario, en donde se quema una pequeña cantidad de combustible F3 terciario. La pequeña cantidad se refiere a condiciones de proceso superestequiométricas, en las que el gas generado en el horno 120 secundario aún contiene al menos un 15 % en volumen de oxígeno, normalmente de un 16 % en volumen a un 19 % en volumen de oxígeno. El combustible F3 terciario puede comprender, p. ej. gas
- 20 natural, fueloil (pesado o liviano) o gas propano líquido. Estos combustibles son especialmente adecuados si se requieren niveles muy bajos de emisiones de NO_x. El ventilador o el compresor 110 pueden alimentar aire y/o gases olorosos diluidos al horno 120 secundario para quemar el combustible F3 terciario.

- En la Fig. 5a, el compresor 110 o ventilador 110 está conectado con un eje 115 a una turbina 130. Al quemar el combustible F3 terciario, la turbina 130 proporciona la energía mecánica al compresor 110 a través del eje 115. El
- 25 combustible terciario puede ser alimentado de tal manera que no se queme completamente, por lo que parte del combustible terciario no quemado puede transportarse a la zona Z1 de proceso primario del horno 200 con el gas G1 de combustión primario. En la realización de la Fig. 5a, la tubería 220 primaria está configurada para transportar al menos el gas de combustión primario desde la turbina 130 a la zona Z1 de proceso primario.

- Como sustituto del gas natural o del fueloil, el combustible F3 terciario puede comprender metanol, tal como se recoge de un proceso de pulpa, p. ej. condensando el gas de escape del separador, SOG. Como se indicó anteriormente, dicho metanol puede comprender una cantidad considerable de nitrógeno en forma de amoníaco. Por lo tanto, cuando se usa como combustible F3 terciario, se produciría algo de NO_x en el horno 120 secundario. Sin embargo, como se
- 30 indicó anteriormente, las condiciones de bajo oxígeno en la zona Z1 primaria del horno 200 pueden proporcionar una reducción suficiente de esos NO_x: s al nitrógeno gaseoso, por lo que las emisiones de NO_x del horno 200 podrían estar aún en un nivel aceptable.

- Al usar el compresor 110 o el ventilador 110 para gas (aire y/o gases olorosos diluidos), también el gas G1 de combustión primario antes de las boquillas 221 (ver Fig. 1), p. ej. después de la turbina 130, puede estar ligeramente presurizado. Por ejemplo, la sobrepresión del gas G1 de combustión primario dentro de la tubería 220 primaria puede ser de 0,01 bar a 0,5 bar. Esto tiene el efecto de que el proceso de combustión, en particular la relación de equivalencia
- 40 aire-combustible, puede controlarse más fácilmente. En una realización, la presión en la tubería 220 primaria corresponde a una sobrepresión de 0,01 bar a 0,5 bar. El término sobrepresión se refiere a una diferencia de presión relativa al ambiente.

- Como se indicó anteriormente, la invención comprende producir el gas G1 de combustión primario quemando un combustible F3 terciario con aire y/o gases olorosos diluidos produciendo así el gas G1 de combustión primario como
- 45 producto de esa combustión. La invención comprende además entregar el gas G1 de combustión primario a la zona Z1 de proceso primario por medio de un compresor 110 o un ventilador 110. En consecuencia, una posibilidad comprende un horno 120 secundario configurado para quemar combustible F3 terciario para producir el gas G1 de combustión primario, y un compresor 110 o un ventilador 110 configurado para impulsar el gas G1 de combustión primario al horno 200. La realización de la Fig. 5a comprende además una turbina 130 configurada para proporcionar
- 50 energía mecánica al compresor 110 o al ventilador 110.

- Haciendo referencia a las Figs. 4a a 4c, en una posibilidad, la pared 210 del horno 200 tiene forma de cilindro. Correspondientemente, una sección transversal del horno en un plano que tiene una normal que es paralela a la dirección SZ de la longitud es circular. Tal sección transversal se muestra en la Fig. 4c. En general, un punto P que no está sobre el eje central AX del horno 200 define una dirección SR radial, como se indica en la Fig. 4b.

- 55 Haciendo referencia a la Fig. 4b, en una posibilidad, el aparato 405 comprende un elemento 222 de guía configurado para guiar un flujo de gas hacia la zona Z1 de proceso primario de manera que la dirección del flujo de gas dentro de la zona de proceso primaria tenga un valor distinto de cero (es decir, positiva o negativa) en una dirección perpendicular a la dirección SZ longitudinal y perpendicular a la dirección SR radial. Más precisamente, el elemento 222 de guía está configurado para guiar el flujo de gas de manera que la dirección del flujo de gas dentro de la zona de proceso primaria

en un punto P tiene un componente que es perpendicular a la dirección SZ longitudinal y perpendicular a la dirección SR radial en el punto P.

En la Fig. 4b, la tubería 220 primaria está dispuesta concéntrica con el horno 200. Además, la tubería 250 secundaria está dispuesta concéntrica con el horno 200. La tubería 250 secundaria rodea lateralmente a la tubería 220 primaria. Entre estas tuberías, el gas G2 de combustión secundario está configurado para fluir (ver Fig. 4a). Dos elementos 222 de guía están dispuestos entre las tuberías 220, 250. Como es evidente, un elemento 222 de guía podría ser suficiente, o se podrían usar más elementos de guía. Los elementos 222 de guía forman una rosca dentro del espacio limitado por las tuberías 220, 250. Al tener tales elementos 222 de guía, la dirección del flujo del gas G2 de combustión secundario no es longitudinal (paralelo a SZ), radial (paralelo a SR), ni paralelo a ninguna de sus combinaciones lineales. En consecuencia, la dirección del flujo del gas G2 de combustión secundario dentro de la zona de proceso primario tiene una componente que es perpendicular a la dirección SZ longitudinal y perpendicular a la dirección SR radial, como se detalla anteriormente. En general, una dirección que es perpendicular a la dirección SZ longitudinal y perpendicular a la dirección SR radial se denomina dirección SC circunferencial (ver Fig. 4b). Por ejemplo, los elementos 222 de guía de las Figs. 4a y 5a están configuradas para guiar el flujo en una dirección SC circunferencial en el sentido de las agujas del reloj, como se indica en la figura 6b mediante una línea de puntos. Como alternativa, los elementos 222 de guía podrían configurarse para guiar el flujo en una dirección -SC circunferencial en sentido antihorario, como se indica en la Fig. 6c mediante una línea de puntos.

Se podría lograr un efecto similar si el gas G2 de combustión secundario se alimentara dentro de la tubería más interna y el gas de combustión primario se alimentará por una tubería que lo rodea (no mostrada). Además, el gas G2 de combustión secundario no es necesariamente necesario. Haciendo referencia a las Figs. 5a y 5b, se puede proporcionar un elemento 222 de guía (o elementos) dentro de la tubería 220 primaria o en un extremo de la tubería 220 primaria, para guiar el flujo del gas G1 de combustión primario. El elemento 222 de guía puede ser una placa deflectora configurada para guiar el flujo del gas G1, G2 de combustión como se indica en la Fig. 4b. El elemento 222 de guía puede ser una boquilla configurada para guiar el flujo del gas G1, G2 de combustión como se indica en la Fig. 5b. Por ejemplo, la boquilla 221 (FIG. 1) puede servir como elemento 222 de guía (Fig. 5b).

Preferiblemente, se proporciona un elemento 222 de guía en la tubería 250 secundaria, que está configurado para transportar el gas G2 de combustión secundario, porque la temperatura del gas de combustión secundario es baja. Por lo tanto, los requisitos de material, en términos de resistencia al calor, para el elemento 222 de guía no son tan altos como lo serían si el elemento 222 de guía se colocara en la tubería 220 primaria.

Se ha observado que tener tal flujo dentro de la zona Z1 de proceso primario tiene el efecto de que, en algún punto longitudinal, el flujo gira. El flujo gira de tal manera que después de fluir en una parte exterior del horno 200 en una dirección +SZ longitudinal positiva, el flujo gira hacia una parte interior del horno 200 de modo que, a partir de entonces, en la parte interior del horno 200 la dirección del flujo tiene una componente en la dirección -SZ longitudinal negativa. Dicho giro se indica mediante líneas de puntos en las Figs. 4a, 5a y 6a. Se ha observado que tal perfil del flujo aumenta el tiempo de reacción disponible para el combustible F1 primario dentro de la zona Z1 de proceso primaria (y/o secundaria) (y/o Z2). Esto dado que la relación de equivalencia aire-combustible dentro de las zonas Z1 y Z2 de proceso primaria y secundaria es subestequiométrica, esto aumenta la producción de N2 en lugar de NOx.

Si el combustible F2 secundario y/o el gas G3 de combustión terciario se alimentan a la zona Z2 de proceso secundario, este fenómeno puede mejorarse alimentando el combustible F2 secundario y/o el gas G3 de combustión terciario a la zona Z2 de proceso secundario de manera que se inyectan en una dirección que tiene un componente en la misma dirección circunferencial que el flujo en la zona Z1 de proceso primario. Sin embargo, dependiendo de los detalles del caso, puede ser factible alimentar el combustible F2 secundario y/o el gas G3 de combustión terciario a la zona Z2 de proceso secundario de manera que la componente tangencial del flujo de este/estos materiales en una salida de la tubería (260, 270) está orientada o inversa a la componente tangencial de los productos de combustión intermedios en la zona de proceso secundario. Como alternativa adicional, el combustible F2 secundario y/o el gas G3 de combustión terciario pueden alimentarse a la zona Z2 de proceso secundario en una dirección radial.

Haciendo referencia a la Fig. 6b, el combustible F2 secundario puede alimentarse a la zona Z2 de proceso secundario a través de múltiples segundas tuberías 270a, 270b, 270c. Las segundas tuberías 270a, 270b, 270c pueden estar equipadas con boquillas. El gas G3 de combustión terciario puede alimentarse a la zona Z2 de proceso secundario a través de múltiples tuberías 260a, 260b, 260c terciarias. Las tuberías 260a, 260b, 260c terciarias pueden estar equipadas con boquillas. En una realización, la segunda tubería 270 (o 270a, 270b, 270c) está configurada para alimentar el segundo combustible F2 a la segunda Z2 zona de proceso en una dirección que tiene un componente en una dirección SC circunferencial. En una realización, la tubería 260 (o 260a, 260b, 260c) terciaria está configurada para alimentar el gas G3 de combustión terciario a la segunda Z2 zona de proceso en una dirección que tiene un componente en una dirección SC circunferencial. Incluso si no se muestra en la Fig. 6b, las segundas tuberías 270a, 270b, 270c pueden ser coaxiales con las tuberías 260a, 260b, 260c terciarias, como se indica en la Fig. 5c, incluso si la dirección de las tuberías no es radial.

Haciendo referencia a la Fig. 6b, en una posibilidad, [A] el aparato 405 comprende un elemento 222 de guía configurado para guiar un flujo de gas hacia la zona Z1 de proceso primario de modo que la dirección del flujo de gas dentro de la zona de proceso principal tenga un componente positivo en una dirección SC circunferencial y [B,i] la

segunda tubería 270 (o 270a, 270b, 270c) está configurada para alimentar el segundo combustible F2 a la segunda Z2 zona de proceso en una dirección que tiene un componente positivo en la dirección SC circunferencial y/o [B,ii] la tubería 260 (o 260a, 260b, 260c) terciaria está configurada para alimentar el gas G3 de combustión terciario a la segunda Z2 zona de proceso en una dirección que tiene un componente positivo en la dirección SC circunferencial. Tal posibilidad se representa en la Fig. 6b, en donde la línea DZ1 de puntos indica la dirección del flujo dentro de la zona Z1 primaria como se puede obtener, p. ej. con la realización de la Fig. 4b o la Fig. 5b.

Haciendo referencia a la Fig. 6c, en una posibilidad alternativa, [A] el aparato 405 comprende un elemento 222 de guía configurado para guiar un flujo de gas hacia la zona Z1 de proceso primario de modo que la dirección del flujo de gas dentro de la zona de proceso principal tenga una componente negativa en una dirección SC circunferencial y [B,i] la segunda tubería 270 (o 270a, 270b, 270c) está configurada para alimentar el segundo combustible F2 a la segunda Z2 zona de proceso en una dirección que tiene un componente positivo en la dirección SC circunferencial y/o [B,ii] la tubería 260 (o 260a, 260b, 260c) terciaria está configurada para alimentar el gas G3 de combustión terciario a la segunda Z2 zona de proceso en una dirección que tiene un componente positivo en la dirección SC circunferencial. Tal posibilidad se representa en la Fig. 6c, en la que la línea DZ1 de puntos indica la dirección del flujo dentro de la zona Z1 primaria como se puede obtener, p. ej. con la realización de la Fig. 4b o la Fig. 5b.

Haciendo referencia a la Fig. 5c, cuando se alimentan tanto el gas G3 de combustión terciario como el segundo combustible F2, se pueden alimentar usando tuberías coaxiales. La figura 5c ilustra una realización en la que el segundo combustible F2 se alimenta con tuberías 270a, 270b y 270c internas. Además, el gas G3 de combustión terciario se alimenta con tuberías 260a, 260b y 260c exteriores. Como se indica en la figura, cada una de las tuberías 260a, 260b y 260c exteriores rodea lateralmente una tubería 270a, 270b y 270c interior. Además, como se indica en la Fig. 5c, en una posibilidad, el gas G3 de combustión terciario y el segundo combustible F2 se alimentan en una dirección radial (es decir, una dirección paralela a SR). El gas G3 de combustión terciario puede alimentarse en la dirección radial incluso si no se utiliza en absoluto el combustible F2 secundario. El gas G3 de combustión terciario y/o el combustible F2 secundario pueden alimentarse en dirección radial incluso si no se utilizan tuberías coaxiales. Se pueden utilizar tuberías coaxiales en las posibilidades antes mencionadas, en las que se alimentan el gas G3 de combustión terciario y el combustible F2 secundario, pero no se alimentan en la dirección SR radial.

Haciendo referencia a las Figs. 5a, 7 y 8, una posibilidad comprende un ventilador o una bomba 407 colocados en un canal 206 de gas de combustión. El ventilador o la bomba 407 está configurado para generar una presión negativa en el horno 200. La presión negativa es menor que la presión del ambiente. La presión en el horno 200 puede ser, p. ej. 1 kPa - 2 kPa inferior a la presión ambiente. Esto tiene el efecto de que, en caso de mal funcionamiento, el combustible F1 primario y/o el combustible F2 secundario son aspirados al interior del horno 200 por la depresión. Esto asegura que el(los) combustible(s) F1 y/o F2 no sean expulsados a la atmósfera sin oxidarlos.

Los beneficios de las realizaciones como se divulga anteriormente incluyen:

Tamaño. El aparato es pequeño, porque no necesita paredes gruesas masivas para almacenar calor. El calor es producido por un calentador 100 de gas de combustión.

Tamaño. El aparato es barato de fabricar, porque no necesita paredes gruesas masivas para almacenar calor. El calentador 100 de gas de combustión es un componente razonablemente simple y económico.

Sencillez. El proceso presentado es fácil de controlar.

Corto tiempo de preparación. El calentador de gas de combustión puede producir gas G1 de combustión primario suficientemente caliente con una rapidez razonable.

Costes de mantenimiento. Dado que el aparato es simple y pequeño, también su mantenimiento es más fácil y, por lo tanto, más económico.

Fiabilidad en cuanto a carga térmica y choques térmicos. Dado que la pared 210 es una pared metálica, de la cual al menos una parte está sumergida en un medio de transferencia de calor líquido, se mejora la resistencia al calor del horno.

Posibilidad de optimizar λ . Dado que la pared 210 se enfría, no se necesitan cantidades excesivas de gases de combustión para enfriar el aparato. Así, las cantidades de gases de combustión pueden optimizarse en vista de bajas emisiones de NOx y oxidación de Azufre.

Eliminación de hollín. Debido a la estructura simple del aparato, el hollín se puede eliminar fácilmente de las superficies del horno 200.

El aparato 405 se instala preferiblemente como parte de una planta 400 de pulpa. Con referencia a la Fig. 7, una planta 400 de pulpa comprende el aparato 405. Como es evidente, cualquier realización del aparato 405 como se ha discutido anteriormente o a continuación, es adecuada para usar con combinación de otras partes de la planta 400 de pulpa. En general, una planta de pulpa comprende, además, p. ej. un dispositivo 450 de recuperación de productos químicos, un área 455 de evaporador, un área 465 de digestor y un separador 470. Uno o más evaporadores están dispuestos

en el área 455 de evaporador. Uno o más digestores están dispuestos en el área 465 de digestor. El separador 470 está típicamente configurado para eliminar los condensados sucios resultantes de los evaporadores (es decir, del área 455 del evaporador) y/o del digestor (es decir, del área 465 del digestor). Como se indicó anteriormente, el gas de escape del separador se produce en el separador 470, y dicho gas puede condensarse para obtener metanol. Por lo tanto, un sistema puede comprender un condensador 475 para condensar el gas de escape del separador para producir metanol. El dispositivo 450 de recuperación de productos químicos puede ser, p. ej.

una caldera de recuperación de un proceso al sulfito, configurada para quemar licor pardo concentrado o

una caldera de recuperación química de un proceso Kraft, configurada para quemar licor negro concentrado.

La planta 400 de pulpa comprende además un primer colector 410 configurado para recoger SOG (gas de escape del separador) del separador 470 y, opcionalmente, condensarlo en metanol. Por lo tanto, el condensador 475 puede formar parte del primer colector 410. Una realización de la planta 400 de pulpa comprende además un segundo colector 420 configurado para recoger, de otras partes de la planta de pulpa, como el área 455 del evaporador y/o la zona 465 digestor gas oloroso concentrado no condensable (CNCG).

En una posibilidad, la primera tubería 230 se extiende desde el aparato 405 hasta el primer colector 410 o el segundo colector 420. En consecuencia, la primera tubería 230 está configurada para transportar el combustible F1 primario desde el primer colector 410 o el segundo colector 420 hasta la zona Z1 de proceso primario (no mostrada en la Fig. 7). En tal posibilidad, el combustible primario comprende gas de fuerte olor y/o su condensado. Preferiblemente, la primera tubería 230 se extiende desde el aparato 405 hasta el primer colector 410, como se indica en la Fig. 7. En consecuencia, la primera tubería 230 está configurada para transportar el combustible F1 primario desde el primer colector 410 hasta la zona Z1 de proceso primario. En tal posibilidad, el combustible F1 primario comprende SOG y/o su condensado. En una realización, la segunda tubería 270 se extiende desde el aparato 405 hasta el segundo colector 420. En consecuencia, la segunda tubería 270 está configurada para transportar el combustible F2 secundario desde el segundo colector 420 hasta la zona Z2 de proceso secundario. En tal posibilidad, el combustible F2 secundario comprende CNCG.

Por lo tanto, una realización comprende recoger el combustible F1 primario de un proceso de pulpa. Una realización comprende recoger el combustible F1 primario de al menos el separador 470. Una realización comprende recoger el combustible F1 primario de al menos uno de (i) el área 455 de evaporador, en la que se ha dispuesto al menos un evaporador y (ii) el área 465 de digestor, en la que se ha dispuesto al menos un digestor. El combustible F1 primario puede recogerse de las tres ubicaciones antes mencionadas. Una realización comprende recoger el combustible F1 primario del separador 470 y recoger el combustible F2 secundario de al menos uno de (i) el área 455 de evaporador, en el que se ha dispuesto al menos un evaporador y (ii) el área 465 de digestor, para el que se ha dispuesto al menos un digestor.

Como se indicó anteriormente, en el método, el azufre se oxida a SO_2 y/o SO_3 . Haciendo referencia a la Fig. 8, en una posibilidad, los gases de combustión del horno 200 se transportan al humidificador 430. El humidificador 430 está configurado para poner en contacto los gases de combustión del horno 200 con una solución acuosa. El humidificador 430 comprende una bomba 434 configurada para hacer circular una solución acuosa. El humidificador 430 comprende además boquillas 432 para rociar la solución acuosa a los gases de combustión expulsados del horno 200.

Como primer ejemplo, el humidificador 430 puede ser un lavador 430 para lavar los óxidos de azufre de los gases de combustión. En tal caso, la solución acuosa rociada a los gases de combustión puede ser alcalina. Tener una solución de lavado alcalina mejora el lavado de los óxidos de sodio. El humidificador 430 puede comprender además un almacenamiento para almacenar alcalinos, p. ej. algo de hidróxido (NaOH , KOH).

Como segundo ejemplo, el humidificador 430 puede ser una torre 430 de condensación para producir ácido sulfúrico. En tal caso, se puede usar un convertidor catalítico (no se muestra) para oxidar SO_2 de los gases de combustión a SO_3 , que, al entrar en contacto con la solución acuosa, reaccionará con el agua y formará ácido sulfúrico. En tal posibilidad, la solución acuosa puede ser ácido sulfúrico diluido.

REIVINDICACIONES

1. Un método para quemar combustible (F1) primario, en donde el combustible (F1) primario comprende al menos un primer compuesto que contiene nitrógeno y un segundo compuesto que comprende azufre, el método que comprende
 - 5 alimentar el combustible (F1) primario y el gas (G1) de combustión primario a una zona (Z1) de proceso primario de un horno (200),
 alimentar gas (G3) de combustión terciaria a una zona (Z2) de proceso secundario del horno (200),
 permitir que el combustible (F1) primario, el gas (G1) de combustión primario y/o sus productos de reacción se muevan desde la zona (Z1) de proceso primario a través de la zona (Z2) de proceso secundario a una zona
 - 10 (Z3) de proceso terciario del horno (200),
 alimentar gas (G4) de combustión cuaternario que comprende oxígeno a la zona (Z3) de proceso terciario del horno (200), caracterizado por
 quemar combustible (F3) terciario para producir el gas (G1) de combustión primario que tiene un contenido de oxígeno de 7 % volumen a 19 % volumen y una temperatura de al menos 450 °C y
 - 15 entregar gas (G1) de combustión primario a la zona (Z1) de proceso primario por medio de un compresor (110) o un ventilador (110).
2. El método de la reivindicación 1, en donde
 un contenido de oxígeno del gas (G4) de combustión cuaternario es superior al contenido de oxígeno del gas (G1) de combustión primario.
- 20 3. El método de la reivindicación 1 o 2, que comprende
 alimentar gas (G2) de combustión secundario a la zona (Z1) de proceso primario del horno (200);
 preferiblemente,
 un contenido de oxígeno del gas (G2) de combustión secundario es mayor que el contenido de oxígeno del gas (G1) de combustión primario.
- 25 4. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende
 alimentar combustible (F2) secundario a la zona (Z2) de proceso secundario del horno (200);
 preferiblemente
 el combustible (F2) secundario comprende al menos un compuesto que contiene nitrógeno; más preferiblemente,
 el combustible (F2) secundario comprende al menos un compuesto que contiene nitrógeno tal que el contenido
 - 30 de nitrógeno del combustible (F2) secundario es menor que el contenido de nitrógeno del combustible (F1) primario.
5. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde
 el combustible (F1) primario comprende amoníaco (NH₃) y metilmercaptano (CH₃SH); o
 - 35 el combustible (F1) primario comprende al menos 20000 ppm de metilmercaptano (CH₃SH) y además comprende amoníaco (NH₃); o
 el combustible (F1) primario comprende al menos 20000 ppm de metilmercaptano (CH₃SH) y comprende además al menos 1000 ppm de amoníaco (NH₃) en base seca.
6. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende
 controlar una cantidad de gas (G1) de combustión primario y una cantidad de combustible (F1) primario de tal
 - 40 manera que una relación (λ) de equivalencia aire-combustible en la zona (Z1) de proceso primario sea como máximo 0,95, tal como de 0,5 a 0,95, preferiblemente menos de 0,8.
7. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende
 controlar una cantidad de gas (G4) de combustión cuaternario de tal manera que una relación (λ) de
 - 45 equivalencia aire-combustible en la zona (Z3) de proceso terciario sea superior a 1,1.

8. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende recoger el combustible (F1) primario de un proceso de pulpa; preferiblemente el método comprende recoger el combustible (F1) primario y uno o el combustible (F2) secundario de un proceso de pulpa, en donde el combustible (F2) secundario se alimenta a la zona (Z2) de proceso secundario del horno (200).
- 5 9. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende proporcionar energía mecánica al compresor (110) o al ventilador (110) por medio de una turbina (130).
10. Un aparato (405) para quemar combustible (F1) primario, el aparato que comprende un horno (200) limitado por al menos una pared (210), el horno (200) que tiene una zona (Z1) de proceso primario, una zona (Z3) de proceso terciario y una zona (Z2) de proceso secundario dispuestas entre la zona (Z1) de proceso primario y la zona (Z3) de proceso terciario,
10 una tubería (220) principal para transportar el gas (G1) de combustión primario a la zona (Z1) de proceso primario,
una primera tubería (230) para transportar combustible (F1) primario que comprende al menos un primer compuesto que contiene nitrógeno y un segundo compuesto que comprende azufre a la zona (Z1) de proceso primario,
15 una tubería (260) terciaria para transportar gas (G3) de combustión terciaria a la zona (Z2) de proceso secundario, y
una tubería (240) cuaternaria para transportar gas (G4) de combustión cuaternario a la zona (Z3) de proceso terciario, caracterizado por
20 un calentador (100) de gas de combustión que comprende un horno (120) secundario configurado para quemar combustible (F3) terciario para producir gas (G1) de combustión primario que tiene una temperatura de al menos 450 °C y un contenido de oxígeno de 7 volumen % a 19 % en volumen, en donde
la tubería (220) principal es para transportar el gas (G1) de combustión primario desde el calentador (100) de gas de combustión hasta la zona (Z1) de proceso primario, y
25 el calentador (100) de gas de combustión comprende un compresor (110) o un ventilador (110) configurado para impulsar el gas (G1) de combustión primario al horno (200),
11. El aparato (405) de la reivindicación 10, que comprende una tubería (250) secundaria para transportar gas (G2) de combustión secundario a la zona (Z1) de proceso primario.
- 30 12. El aparato (405) de la reivindicación 10 u 11, que comprende una segunda tubería (270) para transportar combustible (F2) secundario a la zona (Z2) de proceso secundario.
13. El aparato (405) de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, que comprende un recipiente (300) para almacenar un medio (310) de transferencia de calor líquido, en donde al menos una parte de la pared (210) del horno (200) está dispuesta en el interior del recipiente (300).
- 35 14. El aparato (405) de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, que comprende una turbina (130) configurada para generar energía mecánica a partir del gas (G1) de combustión primario y un eje (115) configurado para transferir energía mecánica desde la turbina (130) al compresor (110) o al ventilador (110).
15. Un sistema de planta (400) de pulpa que comprende
40 al menos uno de
un área (455) de evaporador en la que se ha dispuesto al menos un evaporador,
un área (465) de digestor en la que se ha dispuesto al menos un digestor, y
un separador (470),

el aparato (405) de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, y

un colector (410, 420) configurado para recoger gas oloroso fuerte, tal como gas de escape del separador (470) y/o gas oloroso no condensable concentrado del área (455) de evaporador y/o el área (465) de digestor, en donde

5 la primera tubería (230) se extiende desde el aparato (405) hasta el colector (410, 420);
preferiblemente,

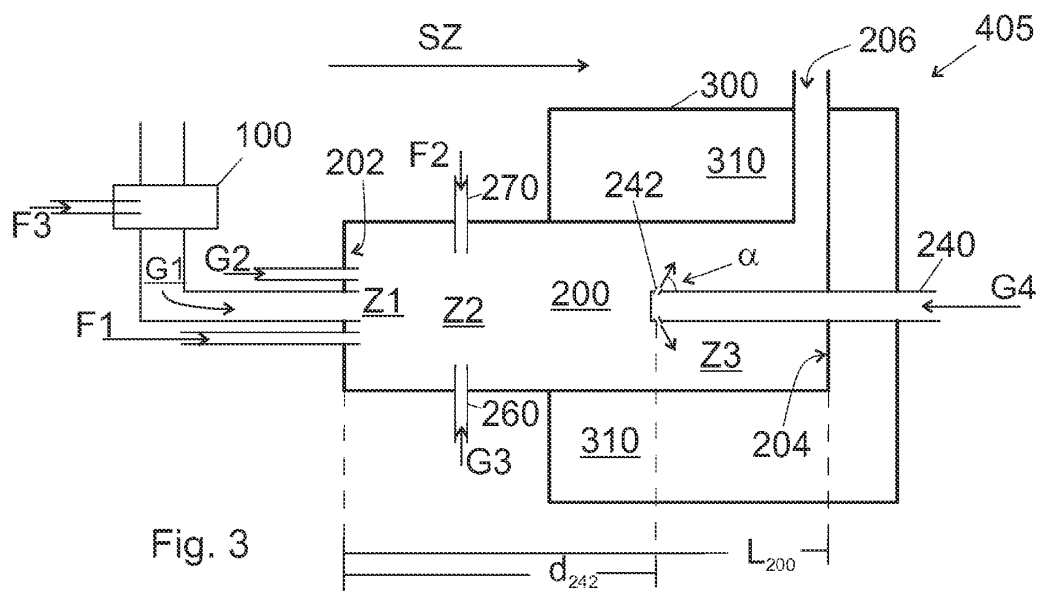
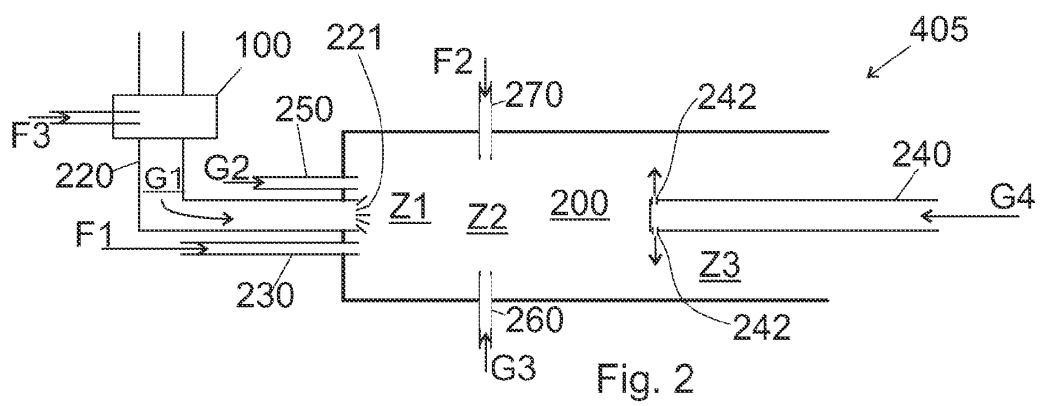
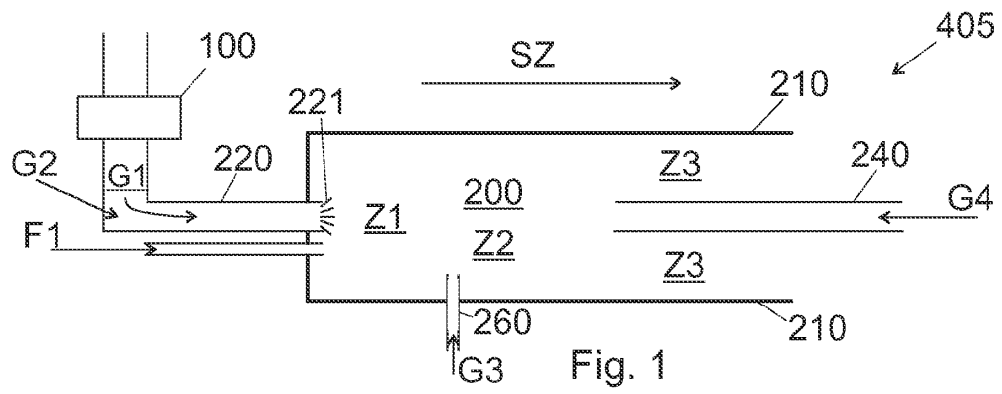
el colector (410) es un primer colector (410) configurado para recoger el gas de escape del separador (470) y la primera tubería (230) se extiende desde el aparato (405) hasta el primer colector (410); y el sistema comprende

10 un segundo colector (420) configurado para recoger gas oloroso no condensable concentrado del área (455) del evaporador y/o del área (465) de digestor, en donde

una o la segunda tubería (270) se extiende desde el aparato (405) hasta el segundo colector (420) y

la segunda tubería (270) está configurada para transportar combustible (F2) secundario a la zona (Z2) de proceso secundario.

15



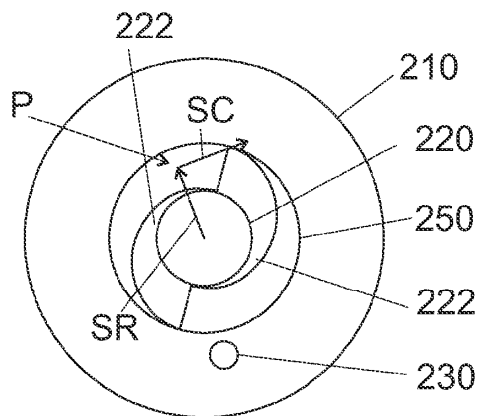
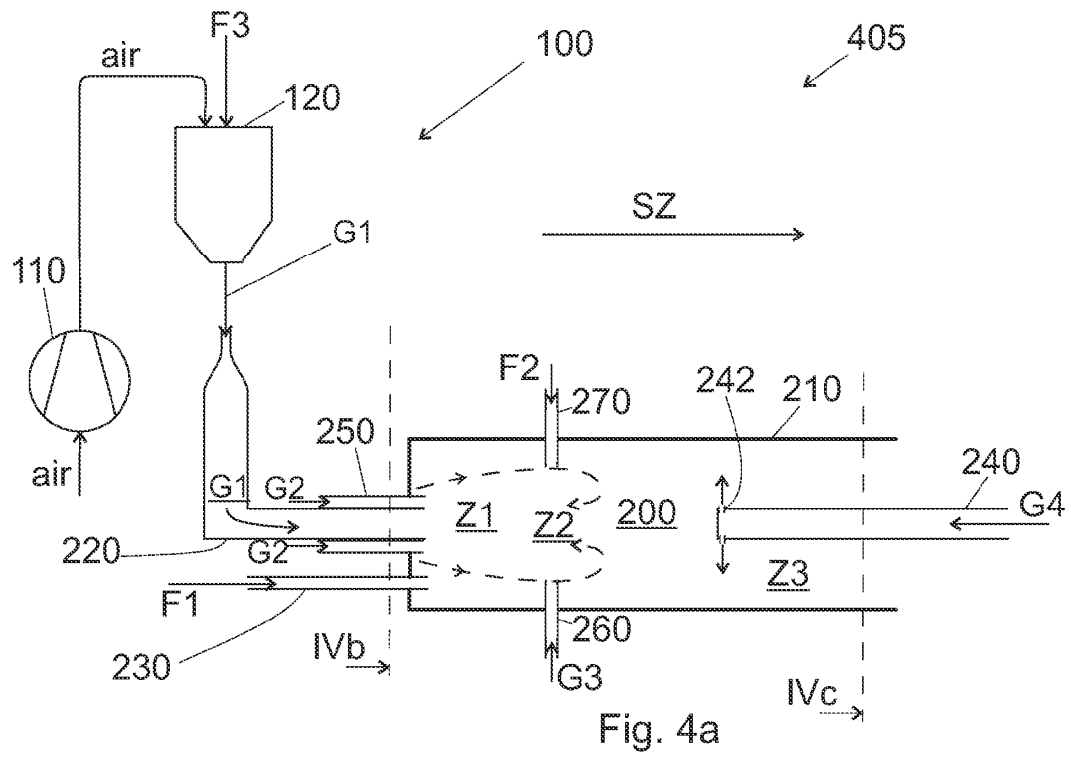


Fig. 4b

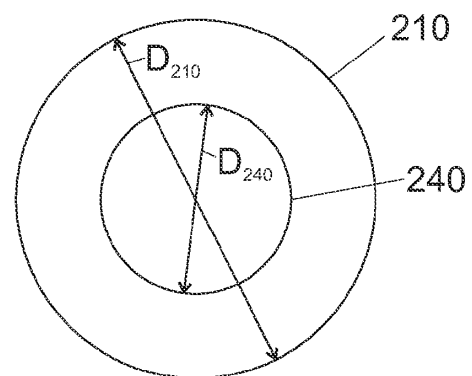
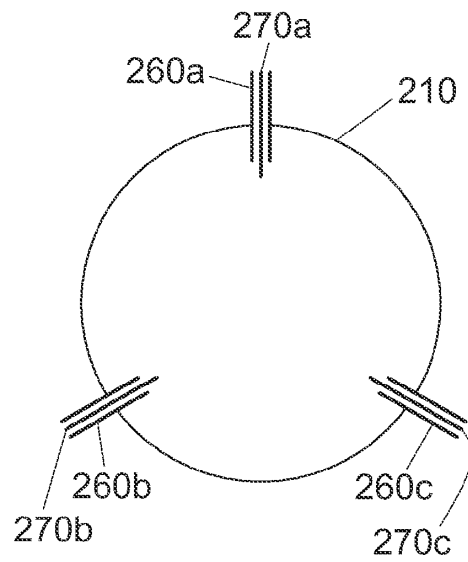
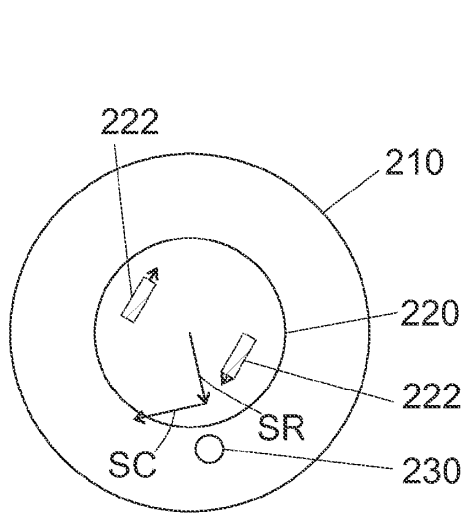
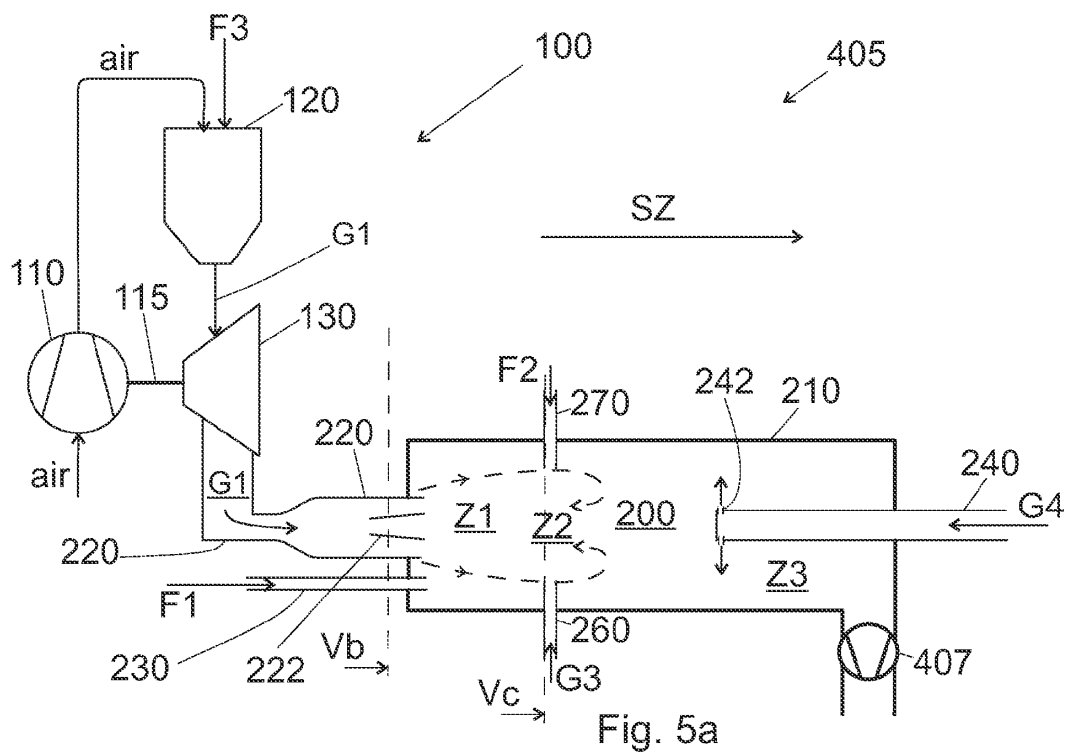
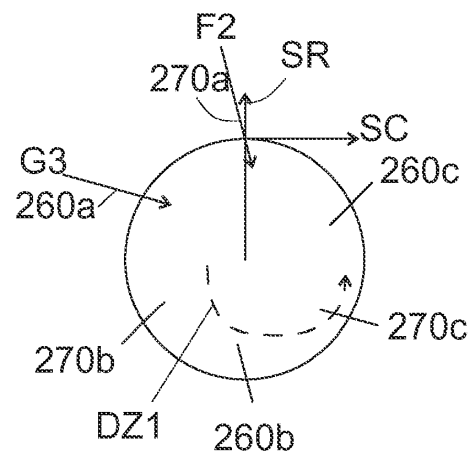
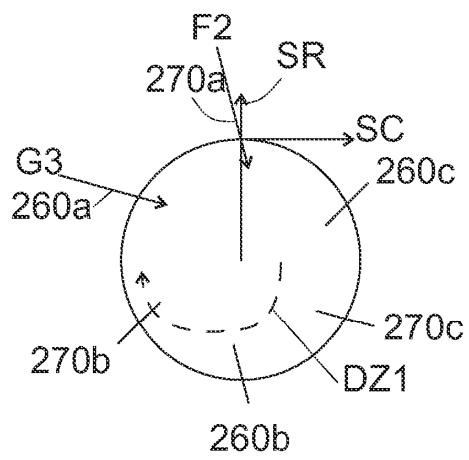
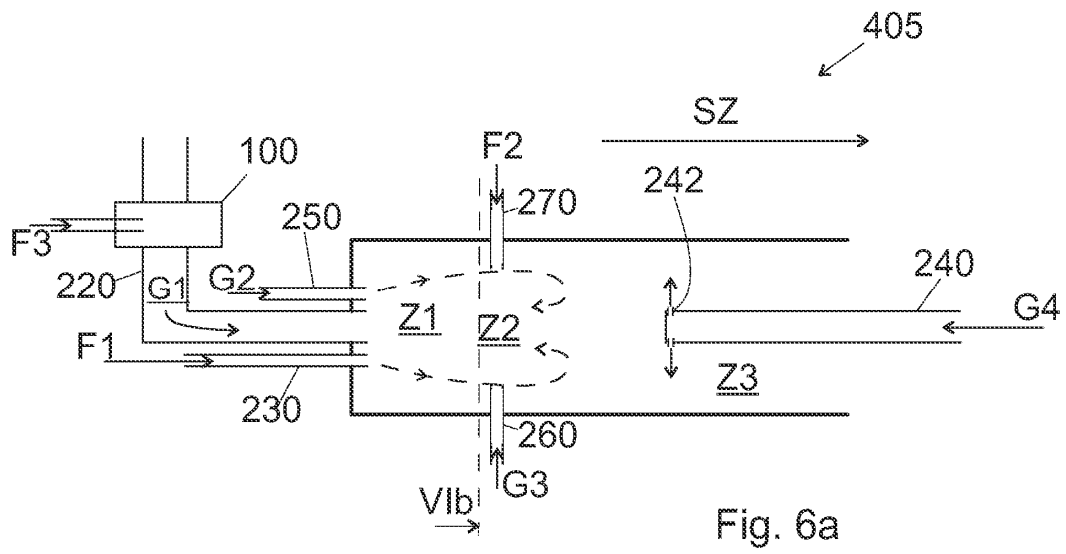


Fig. 4c





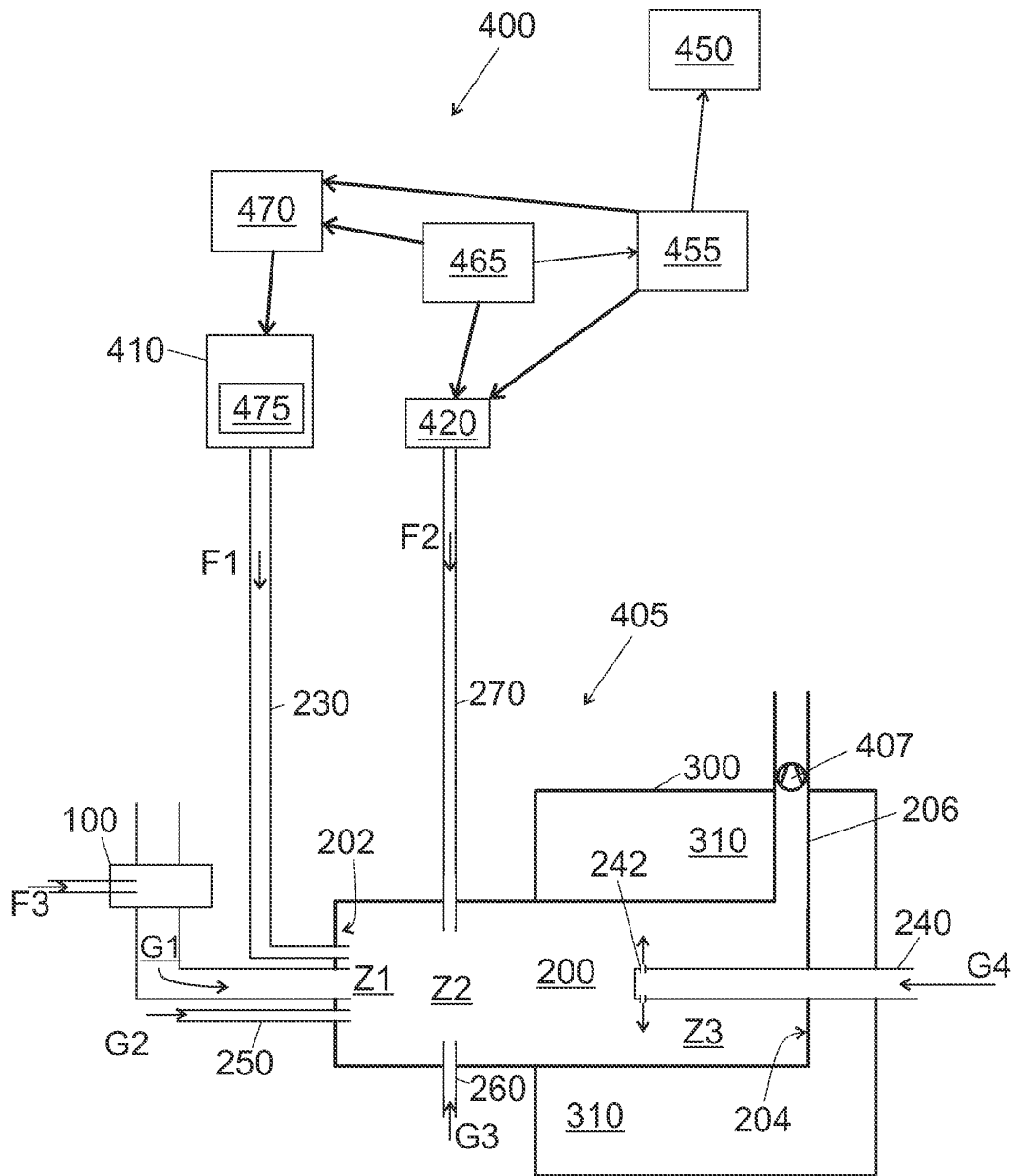


Fig. 7

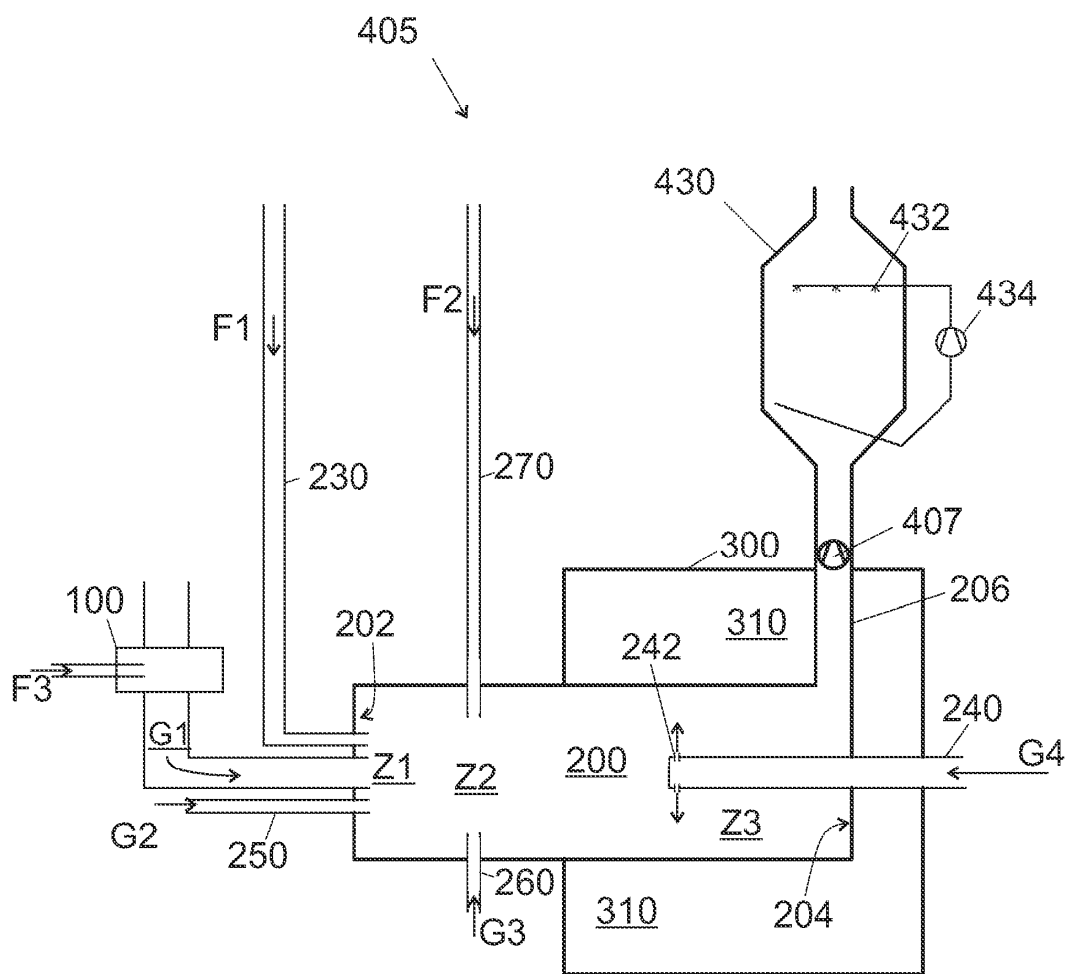


Fig. 8