

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 381 620**

51 Int. Cl.:
C01B 17/54 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07711494 .0**
96 Fecha de presentación: **09.02.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **1981809**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.10.2008**

54 Título: **Procedimiento y aparato para la combustión de azufre.**

30 Prioridad:
10.02.2006 DE 102006006460

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
30.05.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
30.05.2012

73 Titular/es:
**OUTOTEC OYJ
RIIHITONTUNTIE 7
02200 ESPOO, FI**

72 Inventor/es:
**DAUM, Karl-Heinz;
RAUSER, Wolf-Christoph y
SCHALK, Wolfram**

74 Agente/Representante:
Carpintero López, Mario

ES 2 381 620 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

Procedimiento y aparato para la combustión de azufre

Antecedentes de la invención

5 La presente invención versa acerca de un procedimiento para la combustión de azufre con gases que contienen oxígeno, aire en particular, para producir dióxido de azufre, en el que se suministran azufre y aire de combustión a un horno y en el que se evapora el azufre y se oxida subsiguientemente en una primera porción del horno bajo condiciones subestequiométricas, y acerca de un aparato para llevar a cabo este procedimiento.

10 El dióxido de azufre se utiliza fundamentalmente para producir ácido sulfúrico o trióxido de azufre líquido y, en general, es producido al calcar/fundir minerales que contienen azufre o mediante la combustión de azufre elemental. En general, la combustión se lleva a cabo con aire atmosférico, pero también se utilizan aire enriquecido con oxígeno o incluso oxígeno puro. Sin embargo, por razones de coste, el uso de oxígeno puro para la combustión de azufre no es conveniente en la mayoría de los casos. En la actualidad, el propio azufre es utilizado casi exclusivamente en forma líquida y, en general, es suministrado como un líquido y es almacenado temporalmente. El azufre líquido es suministrado al horno de combustión con temperaturas de 140 a 150 °C, a las que su viscosidad es lo suficientemente baja como para permitir su inyección por medio de boquillas. Para optimizar la combustión, se pulveriza el azufre líquido en el horno y es mezclado completamente con el aire de combustión.

20 La combustión de azufre requiere cantidades molares idénticas de azufre y de oxígeno. Con aire ambiente, que contiene un 20,95% en volumen de O₂, se puede obtener, en teoría, un gas de SO₂ con un máximo de un 20,5% en volumen de SO₂ con una combustión estequiométrica de azufre. Para garantizar una combustión completa del azufre, normalmente se suministra un exceso de aire. De esta manera se pueden evitar problemas resultantes de azufre sin quemar, que se condensa y se deposita en las partes más frías de la planta. Se describe la combustión hiperestequiométrica, por ejemplo, en la Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 5ª edición, 1994, vol. A25, pp. 574s. La combustión se lleva a cabo en un horno cilíndrico dispuesto de forma horizontal, que tiene un revestimiento refractario y en su cara extrema incluye un sistema dispuesto de forma central de quemadores. Se pulveriza y se mezcla el azufre líquido con el aire de combustión y se quema a temperaturas de 600 a 1.600 °C dependiendo de la concentración deseada de dióxido de azufre. Después del horno de azufre, se proporciona una caldera de calor residual, antes de que se suministra el gas a una planta de contacto de ácido sulfúrico. El convertidor de la planta de contacto emplea generalmente concentraciones iniciales de dióxido de azufre entre un 10 y un 12% en volumen, que posiblemente deban ser ajustadas por medio de equipos adicionales.

30 El documento EP 0 762 990 B1 también describe la combustión hiperestequiométrica de azufre.

En el documento US 3.879.530 se describen un procedimiento y un aparato para la combustión de azufre líquido produciendo dióxido de azufre en un horno quemador. El azufre líquido y el aire primario que soporta la combustión son inyectados al mismo tiempo en una primera parte del horno de combustión. Más corriente abajo del horno se introduce un gas secundario de soporte de la combustión en la cámara de combustión antes de la salida de los gases quemados que contienen dióxido de azufre en una caldera contigua.

40 A temperaturas de combustión superiores a 1.100 °C, se aumenta mucho la formación de óxidos de nitrógeno (NO_x), incluso si hay disponible menos oxígeno libre para la formación de óxidos de nitrógeno debido a la mayor concentración de dióxido de azufre. Únicamente por encima de una concentración de dióxido de azufre de un 18% en volumen se reduce de nuevo la formación de NO_x debido a la falta de oxígeno. Por lo tanto, la formación de óxidos de nitrógeno limita el precalentamiento de los gases de combustión en sistemas convencionales de combustión de azufre, según aumenta la temperatura de combustión. Esto perjudica a la economía de las instalaciones.

45 Para producir gases con concentraciones elevadas de dióxido de azufre y un contenido muy bajo de NO_x, se propuso una planta de dos etapas por ejemplo en el documento DE 1 948 754, en la que el azufre elemental era quemado en primer lugar bajo condiciones subestequiométricas (deuda de oxígeno). Después de pasar a través de un intercambiador de calor, los gases producidos que contenían dióxido de azufre y azufre fueron sometidos entonces a una postcombustión con gases que contenían oxígeno en un aparato adicional a aproximadamente 1000 °C. Sin embargo, desde el punto de vista de la construcción de plantas, esta instalación de múltiples etapas es bastante compleja y, por lo tanto, cara.

Descripción de la invención

El objeto subyacente de la invención es producir gases con una concentración elevada de dióxido de azufre con medios sencillos y al mismo tiempo minimizar en gran medida la formación de óxidos de nitrógeno (NO_x).

Según la presente invención se proporciona un procedimiento que comprende las características de la reivindicación 1.

Por lo tanto, como en el documento DE 1 948 754, se lleva a cabo en primer lugar una combustión subestequiométrica de azufre y luego una postcombustión en la porción de entrada de la caldera de calor residual (sistema de termorrecuperación). Sin embargo, según la invención se proporciona esta segunda cámara directamente subsiguiente a la primera cámara de combustión del horno de azufre. Se puede omitir un intercambiador de calor interpuesto, por medio del cual se reduce la temperatura del gas en el documento DE 1 948 754. No obstante, se minimiza la formación de óxidos de nitrógeno, debido a que el enfriamiento rápido en la caldera de calor residual el tiempo de retención a temperaturas elevadas es demasiado altas para la formación de cantidades significativas de óxidos de nitrógeno. En la primera porción del horno, se excluye la formación de NO_x como resultado de la falta de oxígeno. En la segunda porción esto se lleva a cabo por medio de un enfriamiento rápido inmediato del gas en la caldera de calor residual.

Dado que es particularmente importante en la combustión subestequiométrica en la primera porción del horno que los gases estén muy bien mezclados con el azufre, de forma que el oxígeno pueda ser consumido por completo y no se formen óxidos de nitrógeno, se proporciona según un aspecto preferente de la invención que el aire de combustión sea introducido en el horno de forma tangencial. Esto promueve la turbulencia en las cámaras de combustión y, por lo tanto, la mezcla completa de los gases. La corriente de gas pasa entonces a través del horno de forma espiral y en una dirección axial del mismo.

Según la invención, los gases que contienen oxígeno pueden ser introducidos en las porciones primera y segunda del horno con un sentido paralelo de rotación. Sin embargo, de forma alternativa, también es posible introducir los gases en la segunda cámara del horno con el sentido opuesto de rotación. De forma conveniente, esto se lleva a cabo porque el conducto de suministro de aire de combustión que se extiende a la segunda cámara del horno se abre en la pared del horno frente al conducto de suministro que se extiende a la primera cámara del horno.

Según la invención, se ajusta la concentración de dióxido de azufre obtenida en las porciones primera y segunda del horno al controlar la cantidad suministrada de aire y/o de azufre. Preferentemente, los caudales volumétricos son escogidos de forma que en la primera porción del horno se obtenga una concentración de dióxido de azufre de aproximadamente un 20 a un 21% en volumen, preferentemente, de forma aproximada, de un 20,5% en volumen. Por encima de una concentración de dióxido de azufre de un 18% en volumen, la formación de óxidos de nitrógeno se reduce rápidamente debido al contenido bajo de oxígeno libre, mientras que apenas se ve influida por el tiempo de retención.

Según la invención, se suministra suficiente oxígeno en la segunda porción del horno por medio de gases que contienen oxígeno, de forma que se obtiene una concentración de dióxido de azufre de un 6 a un 95%, preferentemente de un 9 a un 35% en volumen, y en particular aproximadamente un 12 a un 18% en volumen al final de la combustión. Si se ajusta una concentración de dióxido de azufre de un 12% en volumen, el dióxido de azufre obtenido puede ser suministrado directamente a una caldera de contacto de la planta de ácido sulfúrico. Si se escoge una concentración de ácido sulfúrico de un 18% en volumen, se garantiza que se consume todo el azufre, y se excluye una deposición en partes subsiguientes de la planta. Debido a la temperatura de entrada sustancialmente más elevada de la caldera de calor residual (1.600 °C en vez de 1.150 °C), el sistema de termorrecuperación requiere una superficie más pequeña de intercambio de calor, de forma que se reducen los costes de capital. Detrás de la caldera de calor residual, se reduce la concentración de SO₂ al suministrar aire, dependiendo del equipo subsiguiente la concentración que ha de ser ajustada.

En la primera porción del horno, la combustión de azufre se efectúa, de forma preferente, entre aproximadamente 1.000 y 1.800 °C, mientras que la postcombustión en la salida de la segunda porción del horno o en la entrada de la caldera de calor residual comienza entre aproximadamente 1.000 y 1.800 °C. Tras la entrada en la caldera de calor residual se efectúa un enfriamiento rápido inmediato de los gases suministrados. En particular, se escoge una temperatura de combustión de aproximadamente 1.000 °C al inicio de la postcombustión en la segunda porción cuando se desea una concentración de óxido de azufre de un 12% en volumen, mientras que para una concentración de dióxido de azufre de un 18% en volumen se establece una temperatura de combustión de aproximadamente 1.600 °C para el inicio de la postcombustión en la segunda porción. Estas temperaturas están basadas en una temperatura de entrada del aire de combustión de aproximadamente 100 °C. La temperatura variará en consecuencia con una temperatura variable del aire. En cualquier caso, debido a la baja concentración del azufre no quemado (vapor de azufre) en la salida de la segunda cámara del horno y debido al breve tiempo de retención en la segunda cámara del horno, se puede escoger una temperatura de combustión, de forma que se minimice la formación de óxidos de nitrógeno debido al enfriamiento inmediato en la caldera de calor residual. El tiempo de retención antes de que el enfriamiento por debajo de los 1.000 °C no sea suficiente para formar una cantidad significativa de azufre (vapor de azufre) en la salida de la segunda cámara del horno y debido al breve tiempo de retención en la segunda cámara del horno, se puede escoger una temperatura de combustión, de forma que se minimice la formación de óxidos de nitrógeno debido al enfriamiento inmediato en la caldera de calor residual. El tiempo de retención antes del enfriamiento por debajo de los 1.000 °C no es suficiente para formar una cantidad significativa de NO_x. El tiempo de retención en la segunda porción del horno es menor que 0,5 s, preferentemente menor que 0,3 s. En la caldera de calor residual se efectúa un enfriamiento por debajo de 800 °C, preferentemente

por debajo de 700 °C, y lo más preferentemente por debajo de 600 °C. El tiempo de retención hasta que se alcanza una temperatura de aproximadamente 1.000 °C es menor que 1 s, preferentemente menor que 0,7 s.

5 Para fomentar la mezcla completa de azufre con los gases de combustión, se introduce el azufre, de forma preferente, en la primera porción del horno en forma líquida y es pulverizado por medio de aire cuando entre en el horno. Según la invención, esto puede llevarse a cabo por medio de pulverizadores giratorios, pulverizadores ultrasónicos, o al suministrar azufre por medio de lanzas.

10 Se consigue una mayor turbulencia y, por lo tanto, una mezcla aún mejor de los gases en la primera porción del horno en un desarrollo de la invención porque la corriente de aire suministrada a la primera porción del horno es suministrada al horno en una o más, en particular dos posiciones ubicadas una detrás de la otra en una dirección axial del horno.

La invención también es aplicable a un aparato para la combustión de azufre según la reivindicación 14.

Los conductos para suministrar el aire de combustión se abren, preferentemente, de forma tangencial a las porciones primera y segunda, para soportar la mezcla completa de azufre y de aire de combustión por medio de turbulencias.

15 Según un aspecto particularmente preferente de la invención, las porciones primera y segunda están separadas entre sí por un orificio. El orificio soporta la turbulencia cuando el gas que sale de la primera porción entra en la segunda porción y no obstante proporciona una cierta separación de las regiones, de forma que se pueden ajustar las concentraciones de forma selectiva. Sin embargo, en una realización preferente alternativa el orificio también puede ser omitido, efectuándose entonces la delimitación de las cámaras del horno al controlar las corrientes de aire
20 suministradas a las porciones.

También pueden ser tomados los desarrollos, las ventajas y las aplicaciones posibles de la invención a partir de la siguiente descripción de las realizaciones y de los dibujos. Todas las características descritas y/o ilustradas en los dibujos forman el contenido de la invención *per se* o en cualquier combinación, de forma independiente de su inclusión en las reivindicaciones o de su referencia a los antecedentes.

25 **Breve descripción de los dibujos**

La Fig. 1 muestra de forma esquemática un corte transversal a través de un horno de combustión de azufre según una primera realización de la invención con un orificio,

la Fig. 2a muestra de forma esquemática el horno de la Fig. 1 con una ilustración del sistema de suministro para el aire de combustión,

la Fig. 2b muestra una vista del horno con aberturas de quemadores,

la Fig. 3a muestra de forma esquemática un horno de combustión de azufre según una segunda realización de la invención sin un orificio,

la Fig. 3b muestra una vista del horno con aberturas de quemadores,

la Fig. 4a muestra de forma esquemática un horno de combustión de azufre según una tercera realización de la invención con un orificio,

la Fig. 4b muestra una vista del horno con aberturas de quemadores,

la Fig. 4c muestra una vista del horno con aberturas de quemadores y un suministro de gas a la segunda cámara,

la Fig. 5a muestra de forma esquemática un horno de combustión de azufre según una cuarta realización de la invención sin un orificio,

la Fig. 5b muestra una vista del horno sin aberturas de quemadores,

la Fig. 5c muestra una vista del horno con aberturas de quemadores y un suministro de gas a la segunda cámara,

la Fig. 6 muestra una vista en corte transversal del horno similar a la Fig. 1 con una caldera corriente abajo de calor residual,

la Fig. 7 muestra una vista del horno con la caldera de calor residual en el que se introduce el aire de combustión en la porción de entrada de la caldera de calor residual,

la Fig. 8 muestra una vista del horno con la caldera de calor residual en el que se introduce el aire de combustión en la porción de entrada de la caldera de calor residual y en el que el horno no comprende un orificio,

la Fig. 9 muestra el diagrama de flujo del procedimiento de la invención según el Ejemplo 1, y

la Fig. 10 muestra el diagrama de flujo del procedimiento de la invención según el Ejemplo 2.

Descripción de las realizaciones preferentes

La Fig. 1 muestra de forma esquemática un horno 1 para la combustión de azufre para producir dióxido de azufre según una primera realización de la presente invención. El horno 1 tiene una pared 2 del horno con un revestimiento refractario y está diseñado como un horno cilíndrico dispuesto de forma horizontal. Sin embargo, con un espacio reducido el horno también puede estar dispuesto de forma vertical.

En la pared extrema 3 del horno 1, se proporcionan uno o más pulverizadores 4 no ilustrados, por medio de los cuales se pulveriza azufre líquido, que es suministrado por medio de un conducto no ilustrado, para formar pequeñas gotitas que están mezcladas con los gases de combustión en el horno, son evaporadas y quemadas (oxidadas). Los pulverizadores 4 pueden constituir pulverizadores giratorios, por ejemplo en forma del quemador Luro desarrollado por Lurgi, según se ilustra en la Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 5ª edición, 1994, vol. A25, p. 575.

De forma alterna, el pulverizador puede constituir un pulverizador ultrasónico, un pulverizador de aire comprimido o un quemador binario, como son utilizados convencionalmente en la combustión de azufre para pulverizar finamente el azufre y mezclar completamente el mismo con el aire de combustión. En la realización ilustrada, se proporcionan dos pulverizadores 4 en la pared extrema 3 del horno 1, pero también es posible proporcionar simplemente un pulverizador 4 dispuesto de forma central o tres o más pulverizadores distribuidos en torno al centro de la pared extrema 3.

El interior del horno 1 está dividido en una primera porción 5 (cámara frontal) y en una segunda porción 6 (cámara de postcombustión). En general, el volumen de la segunda porción 6 es de aproximadamente un tercio o menos del volumen del horno 1, pero la invención no está limitada a esto. En la realización ilustrada, se proporciona un orificio (rebosadero) 7 entre las porciones 5, 6, que separa las porciones 5, 6 entre sí, pero incluye un paso 8 lo suficientemente grande, a través del cual puede pasar la mezcla de gas desde la primera porción 5 a la segunda porción 6. El diámetro del paso 8 es, por ejemplo, de aproximadamente un 80% del diámetro interior del horno en la porción primera o segunda 5, 6. Por medio de una abertura 9 de salida, el horno 1 está conectado a una caldera de calor residual (no mostrada en la Fig. 1) o a algún otro equipo, a través de los cuales se suministra la mezcla de gas que contiene dióxido de azufre, por ejemplo, a una planta de contacto para la producción de ácido sulfúrico.

Los conductos 10a, 10b de suministro, a través de los cuales se suministra aire de combustión, se abren a la primera porción 5. Un conducto 11 de suministro, también para suministrar aire de combustión, se abre a la segunda porción 6. Cada uno de los conductos 10a, 10b y 11 de suministro se abre de forma tangencial a la primera porción 5 y a la segunda porción 6, respectivamente, abriéndose el conducto 11 de suministro para la segunda porción 6 al horno 1 en la pared del horno frente a los conductos 10a, 10b de suministro, como puede verse en particular en la Fig. 2b. Se suministra conjuntamente a los conductos 10a, 10b y 11 de suministro aire de combustión por medio de un tubo común 12 de suministro, estando controlado por medio de válvulas 13 y 14 de control cada uno de los flujos volumétricos que entran en el horno, que se proporcionan cada uno en los conductos 10, 11 de suministro. Los conductos 10a, 10b de suministro se extienden por detrás de la válvula 13 de control, de forma que se suministra sustancialmente el mismo flujo volumétrico a cada uno de ellos y se introduce en la primera porción 5 del horno 1 en puntos ubicados de forma axial uno detrás de otro.

El horno 1 de combustión de azufre según la primera realización de la presente invención está diseñado sustancialmente como se ha descrito anteriormente. Se explicará a continuación su operación.

Se suministra azufre líquido al horno 1 por medio de los pulverizadores 4 con una temperatura de, por ejemplo, 140 a 150 °C y es pulverizado con aire primario. Por medio de las aberturas 10a, 10b de suministro se introduce de forma tangencial, por ejemplo, aire ambiente seco en la primera porción 5. El aire debería proporcionar el oxígeno necesario para la combustión. En vez de aire ambiente, por supuesto también se puede utilizar aire enriquecido con oxígeno o incluso oxígeno puro, en la medida en que esto sea económicamente razonable. Cuando la presente solicitud hace referencia a aire que es introducido en el horno, en principio están incluidos, por lo tanto, todos los gases que contienen oxígeno.

Dado que la corriente de azufre es suministrada en dirección axial y, cuando se utiliza un pulverizador giratorio, incluye además un componente radial, el azufre y el aire de combustión suministrado de forma tangencial son mezclados muy bien y se mueven de forma espiral en una dirección axial del horno 1.

5 Por medio de los conductos 10a, 10b de suministro, se suministra aire ambiente en tal cantidad que se obtiene en la primera porción 5 una condición ligeramente subestequiométrica (deuda de oxígeno), preferentemente con una relación molar $O_2:S$ de 0,95 a 0,99. Como resultado, el azufre reacciona con todo el oxígeno disponible, de forma que incluso a temperaturas elevadas de 1600 a 1800 °C, que existen durante la combustión, no se formarán óxidos de nitrógeno (NO_x).

10 En la primera porción 5, se obtiene un gas que contiene dióxido de azufre con una concentración de dióxido de azufre de aproximadamente un 20,5% en volumen. Junto con el azufre aún sin quemar (vapor de azufre), este gas fluye a través del paso 8 a la segunda porción 6, en la que se suministra una cantidad suficiente de aire ambiente secado a través del conducto 11 de suministro antes de dejar la segunda porción 6 a través de la abertura 9 de salida, para convertir por completo el vapor de azufre restante en dióxido de azufre. El tiempo total de retención del gas en el horno 1 es menor que 2 s, preferentemente menor que 1 s y en particular menor que 0,8 s.

15 La Fig. 6 muestra que corriente abajo del horno 1 se proporciona una caldera 15 de calor residual directamente adyacente a la segunda porción 6 del horno 1. El gas que sale de la segunda porción 6 entra en la caldera 15 de calor residual en la que es enfriado mientras que calienta agua que fluye a través de conductos 16 para crear una corriente de alta presión en un sistema estándar de termorrecovery. Entonces, la corriente enfriada de gas sale de la caldera 15 de calor residual a través de aberturas 17 y, opcionalmente 18 para ser suministrada a la caldera de contacto de una planta de ácido sulfúrico u otro equipo adecuado.

20 Dado que la caldera de calor residual está proporcionada directamente corriente abajo del horno 1 la temperatura de la corriente del gas caerá rápidamente por debajo de los 1.000 °C debido a la radiación térmica en la caldera 15 de calor residual que tiene temperaturas de pared en el intervalo de aproximadamente 300 a 350 °C. Debido al tiempo reducido de retención de la corriente de gas en la segunda porción 6 del horno 1 a una temperatura superior a 1.000 °C se elimina la formación de cantidades considerables de óxidos de nitrógeno. Se debería alcanzar una temperatura inferior a 1.000 °C en la caldera de calor residual en menos de 0,5 s.

25 Se puede ajustar la concentración resultante de dióxido de azufre dependiendo del equipo que venga después del horno 1. En el caso de una combustión a aproximadamente 1.000 °C en la segunda porción 6, se puede ajustar la concentración de dióxido de azufre, por ejemplo, a aproximadamente un 12% en volumen, de forma que el gas que fluye fuera ya tiene una concentración adecuada para la caldera de contacto de la planta de ácido sulfúrico. Debido a la baja temperatura de combustión y al enfriamiento simultáneo en la caldera subsiguiente de calor residual, se minimiza la formación de óxidos de nitrógeno.

30 En el caso de un comenzar una postcombustión en la salida de la segunda porción con temperaturas de aproximadamente 1.600 °C, se puede conseguir una concentración de gas de aproximadamente un 18% en volumen de dióxido de azufre en el gas de salida del horno, por lo que se garantiza que se ha consumido todo el azufre en la caldera 15 de calor residual. Detrás de la caldera 15 de calor residual, se puede ajustar una concentración adecuada de dióxido de azufre para la planta de ácido sulfúrico al suministrar aire adicionalmente.

35 En las Figuras 3 a 5, se muestran realizaciones adicionales de la presente invención. La operación de estas realizaciones se corresponde sustancialmente con la realización según se muestra en las Figuras 1 y 2, de forma que en este extremo se hace referencia a la anterior descripción. Además, se utilizan los mismos números de referencia para los mismos componentes, y subsiguientemente simplemente se explicarán las diferencias de estas realizaciones con respecto a la primera realización según se muestra en las Figuras 1 y 2.

40 Las Figuras 3a y 3b muestran una realización sin el orificio 7 proporcionado en la primera realización. La primera porción 5 y la segunda porción 6 están definidas por el control del suministro de aire de combustión por medio de las válvulas 13, 14 de control. La operación restante de la segunda realización se corresponde con la de la primera realización.

45 Las Figuras 4a a 4c muestran una tercera realización de la invención, el suministro de aire de combustión que se lleva a cabo por medio de los conductos 10a, 10b, 11 de suministro a las porciones primera y segunda 5, 6, respectivamente, pero no por medio de las paredes laterales opuestas del horno 1. Más bien, cada uno de los conductos 10a, 10b y 11 de suministro se abren en el mismo lado del horno 1, de forma que la corriente de aire que entra de forma tangencial en el horno, que se mueve hacia delante de forma espiral en la dirección axial del horno 1, se extiende en las porciones primera y segunda 5, 6 con una dirección paralela de rotación. En lo restante, la tercera realización se corresponde con la primera realización.

50 En la cuarta realización de la invención como se muestra en las Figuras 5a a 5c, se introduce el aire de combustión en las porciones primera y segunda 5, 6, respectivamente, en el mismo lado del horno 1 de forma similar a la tercera realización. Sin embargo, de forma similar a la segunda realización, el horno 1 no incluye el orificio 7 proporcionado en las realizaciones primera y tercera. En lo restante, la cuarta realización según se muestra en las Figuras 5a a 5c también se corresponde con las realizaciones descritas anteriormente.

En una realización preferente según se muestra en la Fig. 7, se introduce directamente el aire de combustión en la porción de entrada de la caldera 15 de calor residual por medio del conducto 11. De ese modo, se reduce aún más el tiempo de retención de la corriente de gas a una temperatura superior a 1.000 °C y, por consiguiente, se elimina adicionalmente la formación de óxidos de nitrógeno. Como en las realizaciones de las Figuras 1 y 4, el horno 1 puede comprender un orificio 7 entre las porciones primera y segunda 5, 6 (Fig. 7). De forma alternativa, las porciones 5, 6 no están separadas por un orificio (Fig. 8), de forma similar a las realizaciones de las Figuras 3 y 5.

Como resultado de la configuración de dos etapas de la combustión de azufre con una combustión subestequiométrica en la primera porción 5 y una postcombustión inicial subsiguiente en la salida de la segunda porción 6 (o incluso en la porción de entrada de la caldera 15 de calor residual únicamente) o el azufre no quemado aún en la primera porción 5, se conseguirá un gas con una concentración elevada de dióxido de azufre por medio de la invención, evitándose en gran parte la formación de óxidos de nitrógeno por medio del enfriamiento inmediato en la caldera de calor residual y, por lo tanto, un tiempo insuficiente de retención a temperaturas elevadas.

Ejemplo 1

La Fig. 9 muestra un diagrama de flujo del procedimiento de la invención, por medio del cual se obtendrá un gas que contiene dióxido de azufre con una concentración de un 12% en volumen de dióxido de azufre. Para el procedimiento, se puede utilizar cada una de las realizaciones primera a cuarta de un horno de combustión de azufre descrito con referencia a las Figuras 1 a 5.

Se suministraron al horno 1 de combustión 60,04 t/h de azufre, que fueron introducidos en el horno en forma pulverizada por medio de 14.030 Nm³/h de aire primario con una temperatura de 120 °C. Se cargó en la primera porción 5 del horno, 175.000 Nm³/h de aire ambiente con una temperatura de 120 °C, mientras que se suministraron a la segunda porción 6 del horno 152.518 Nm³/h de aire ambiente con una temperatura de 120 °C. El tiempo total de retención en el horno 1 fue menor que 0,6 s, en la segunda porción menor que 0,2 s.

En la primera porción 5, se obtuvo una concentración de dióxido de azufre de un 20,5% con una temperatura de combustión de 1.700 a 1.800 °C, mientras que se consiguió en la salida de la segunda porción 6 o en la entrada de la caldera 15 de calor residual una concentración de dióxido de azufre de un 12% en volumen, que se corresponde con la concentración inicial del convertidor de la planta de ácido sulfúrico, de forma que se puede suministrar directamente el gas de salida del horno a la planta de ácido sulfúrico tras el ajuste de la temperatura deseada. Debido al tiempo reducido de retención menor que 0,2 s en la segunda porción 9 del horno y al enfriamiento rápido hasta aproximadamente 500 °C en la caldera de calor residual se puede evitar de forma eficaz la formación de óxidos de nitrógeno.

Ejemplo 2

En el diagrama de flujo de un segundo experimento, que es mostrado en la Fig. 10, las condiciones en la primera porción 5 del horno 1 se corresponden a aquellas del primer ejemplo. Sin embargo, se redujo el suministro de aire de combustión en la salida de la segunda porción 6 a 38.669 Nm³/h, de forma que se obtuvo una concentración de dióxido de azufre de un 18% en la salida de la porción 6. Esto garantiza que se consume todo el vapor de azufre, que ha pasado desde la primera porción 5 a la segunda porción 6, en la salida de la segunda porción 6 o en la entrada de la caldera 15 de calor residual. La temperatura de la corriente de gas cuando entra en la caldera 15 de calor residual es de aproximadamente 1.600 °C. En la caldera 15 de calor residual la temperatura cae rápidamente y se alcanza una temperatura inferior a 1.000 °C en menos de 0,5 s. En consecuencia, el tiempo de retención a temperaturas elevadas es demasiado breve como para formar cantidades significativas de óxidos de nitrógeno.

Dado que una concentración de dióxido de azufre de un 18% en volumen no es adecuada para entrar en una planta convencional de contacto de ácido sulfúrico, se reduce de nuevo la concentración de dióxido de azufre a un 12% en volumen al añadir, por ejemplo, 113.849 Nm³/h de aire ambiente con una temperatura de 120 °C. Entonces, se puede suministrar esta mezcla de gas a la planta de contacto de azufre.

Lista de números de referencia

1	horno
2	pared del horno
3	pared extrema
4	pulverizador
5	primera porción
6	segunda porción

ES 2 381 620 T3

7	orificio
8	paso
9	abertura de salida
10a, 10b	conducto de suministro
11	conducto de suministro
12	tubo de suministro
13	válvula de control
14	válvula de control
15	caldera de calor residual
16	conductos
17	abertura
18	abertura

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un procedimiento para la combustión de azufre con gases que contienen oxígeno, aire en particular, para producir dióxido de azufre, en el que se suministran el azufre y el aire de combustión a un horno y en el que se evapora el azufre y se oxida subsiguientemente en una primera porción del horno bajo condiciones subestequiométricas, **caracterizado porque** se suministran el dióxido de azufre formado en la primera porción y el azufre no oxidado a una segunda porción del horno que es contigua a la primera porción y están sometidos a una postcombustión con gases que contienen oxígeno, aire en particular, en la entrada de una caldera corriente abajo de calor residual.
- 10 2. El procedimiento como se reivindica en la reivindicación 1, **caracterizado porque** se introducen adicionalmente los gases que contienen oxígeno en la región de la salida de la segunda porción del horno.
3. El procedimiento como se reivindica en la reivindicación 1, **caracterizado porque** se introducen los gases que contienen oxígeno en las porciones primera y segunda del horno de forma tangencial.
- 15 4. El procedimiento como se reivindica en la reivindicación 3, **caracterizado porque** se introducen los gases que contienen oxígeno en las porciones primera y segunda del horno en paralelo.
5. El procedimiento como se reivindica en la reivindicación 3, **caracterizado porque** se introducen los gases que contienen oxígeno en las porciones primera y segunda del horno en direcciones opuestas.
- 20 6. El procedimiento como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** se introducen directamente los gases que contienen oxígeno directamente en la entrada de la caldera de calor residual.
7. El procedimiento como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** se ajusta la concentración de dióxido de azufre obtenida en las porciones primera y segunda del horno al controlar la cantidad suministrada de aire y/o de azufre.
- 25 8. El procedimiento como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** se obtiene en la primera porción del horno una concentración de dióxido de azufre de aproximadamente un 20 a un 21% en volumen.
9. El procedimiento como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** se obtiene en la segunda porción del horno una concentración de dióxido de azufre de un 6 a un 95% en volumen, preferentemente, de forma aproximada, de un 9 a un 35% en volumen.
- 30 10. El procedimiento como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la combustión en la primera porción del horno se lleva a cabo entre aproximadamente 1.000 y 1.800 °C.
11. El procedimiento como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la combustión en la segunda porción del horno se lleva a cabo entre aproximadamente 1.000 y 1.800 °C.
- 35 12. El procedimiento como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** se suministra el azufre a la primera porción del horno en forma líquida y es pulverizado por medio de aire cuando entra en el horno.
13. El procedimiento como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la corriente de aire suministrada a la primera porción del horno es suministrada al horno en una o más posiciones ubicadas una detrás de otra en una dirección axial del horno.
- 40 14. Un aparato para la combustión de azufre, en particular para llevar a cabo un procedimiento como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende un horno (1) alineado, preferentemente, de forma horizontal, en cuya cara extrema se proporciona un sistema de quemadores, y que comprende conductos (10a, 10b, 11) para suministrar azufre al igual que gases que contienen oxígeno, aire en particular, **caracterizado porque** el horno (1) incluye una primera porción y una segunda porción contigua (5, 6), a cada una de las cuales se suministran gases que contienen oxígeno para la combustión de azufre y porque se proporciona corriente abajo del horno una caldera (15) de calor residual y porque se suministran gases que contienen oxígeno a la región (9) de entrada de la caldera (15) de calor residual.
- 45 15. El aparato como se reivindica en la reivindicación 13, **caracterizado porque** se suministran los gases que contienen oxígeno a la región (9) de salida de la segunda porción (6).
- 50 16. El aparato como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 14 o 15, **caracterizado porque** los conductos (10a, 10b, 11) de entrada para suministrar aire de combustión se abren a las porciones primera y segunda (5, 6) de forma tangencial.

17. El aparato como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, **caracterizado porque** los conductos (10a, 10b, 11) para suministrar aire a las porciones primera y segunda (5, 6) se abren al horno (1) en lados opuestos.
- 5 18. El aparato como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, **caracterizado porque** el conducto (10a, 10b) para suministrar aire de combustión a la primera porción (5) se abre al horno (1) en el mismo lado que el conducto (11) para suministrar aire de combustión a la segunda porción (6).
19. El aparato como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 14 a 18, **caracterizado porque** se proporcionan válvulas (13, 14) de control en los conductos (10a, 10b, 11) para suministrar aire de combustión a las porciones primera y segunda (5, 6) para ajustar los caudales volumétricos que han de suministrarse.
- 10 20. El aparato como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 14 a 19, **caracterizado porque** las porciones primera y segunda (5, 6) están separadas entre sí por un orificio (7).
21. El aparato como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 14 a 20, **caracterizado porque** se introduce el azufre en la primera porción (5) por medio de un pulverizador (4), en particular un pulverizador giratorio o ultrasónico.

15

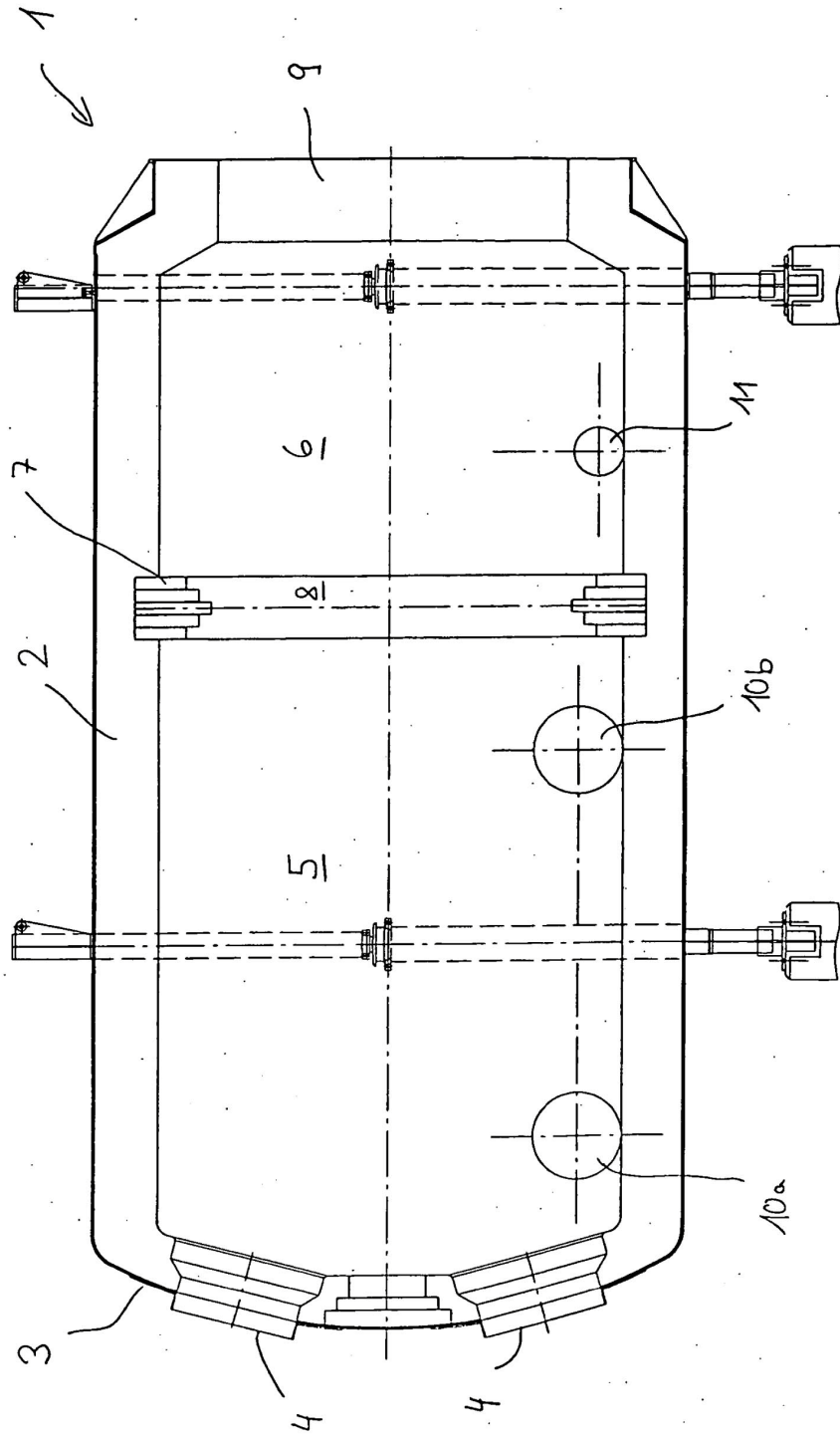


Fig. 1

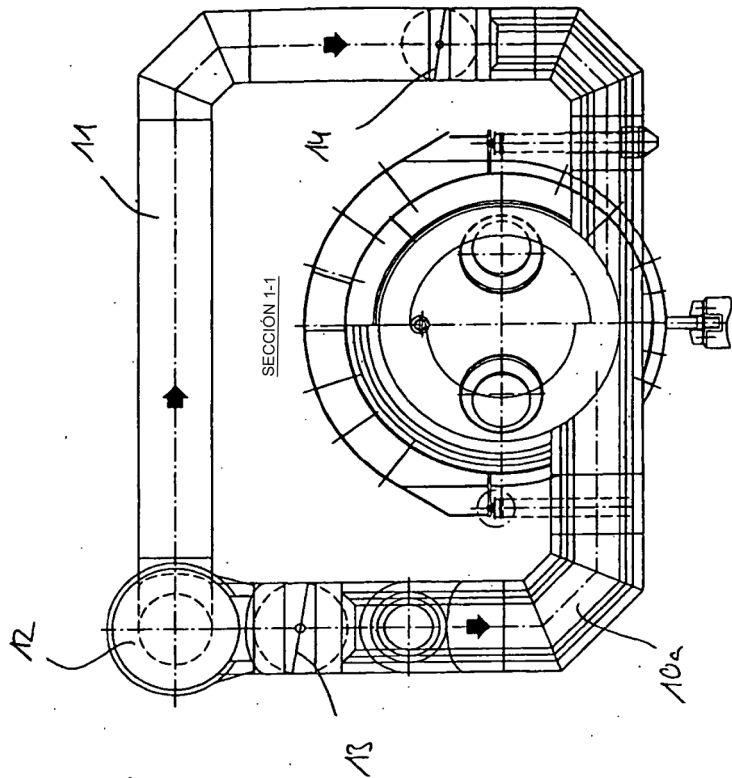


Fig. 2a

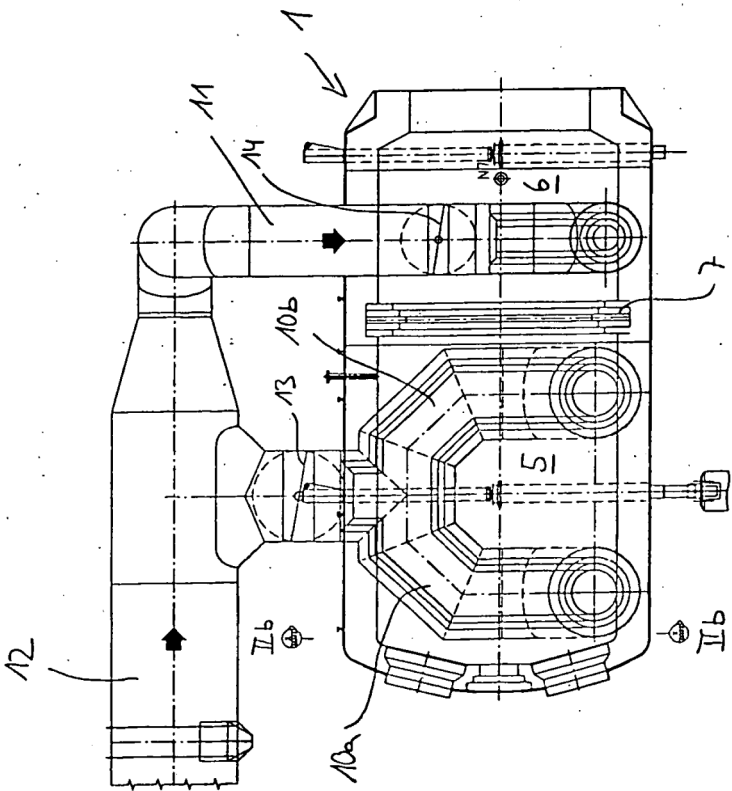


Fig. 2b

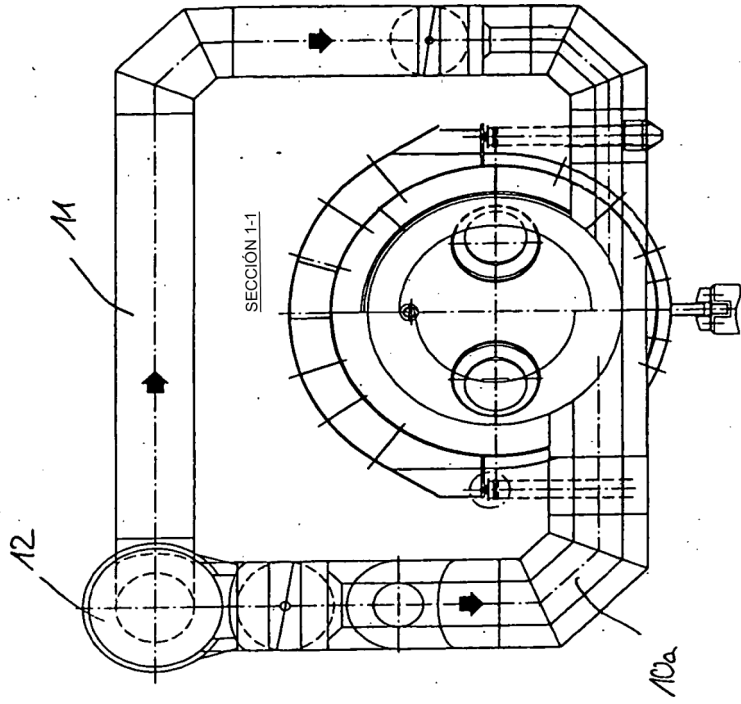


Fig 3b

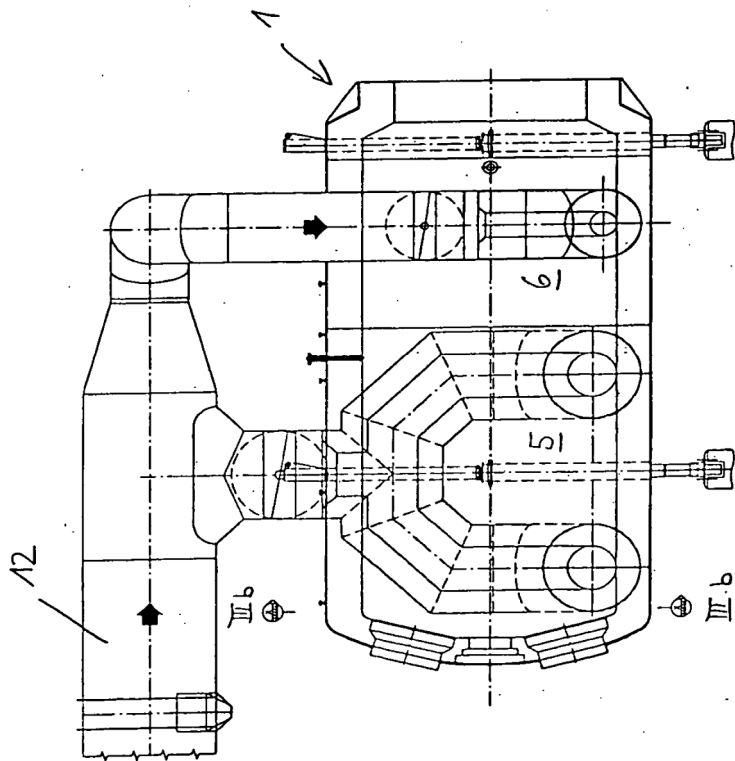


Fig. 3a

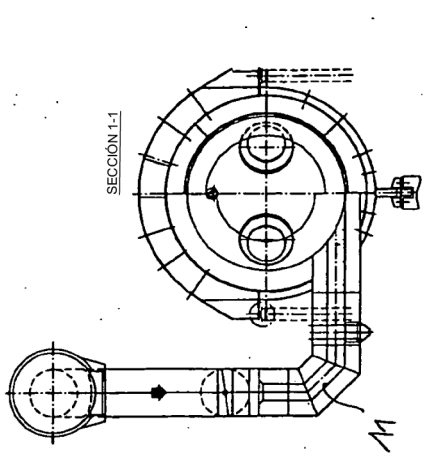


Fig. 4c

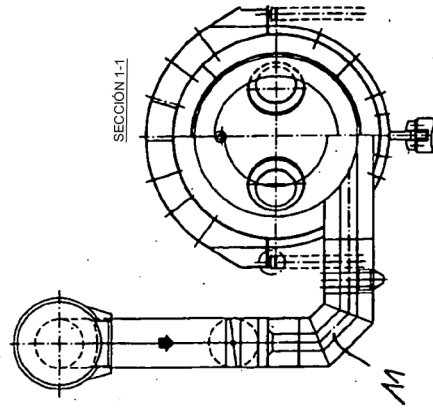


Fig. 5c

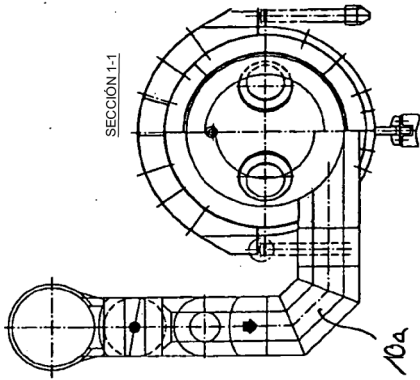


Fig. 4b

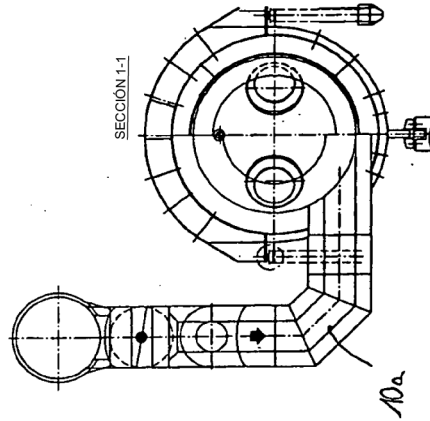


Fig. 5b

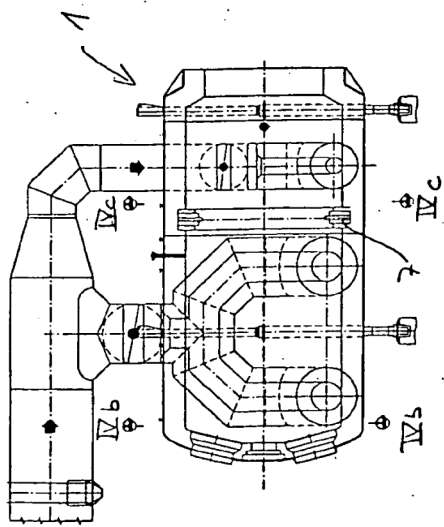


Fig. 4a

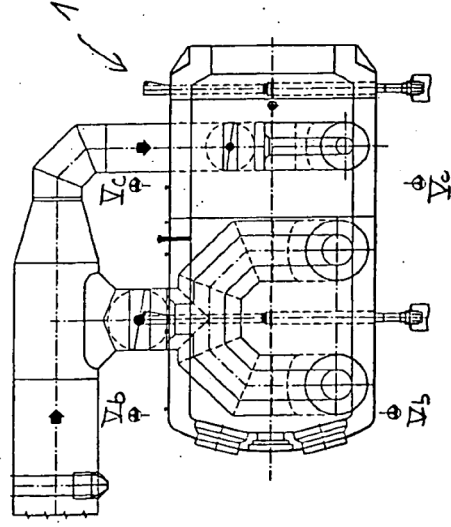


Fig. 5a

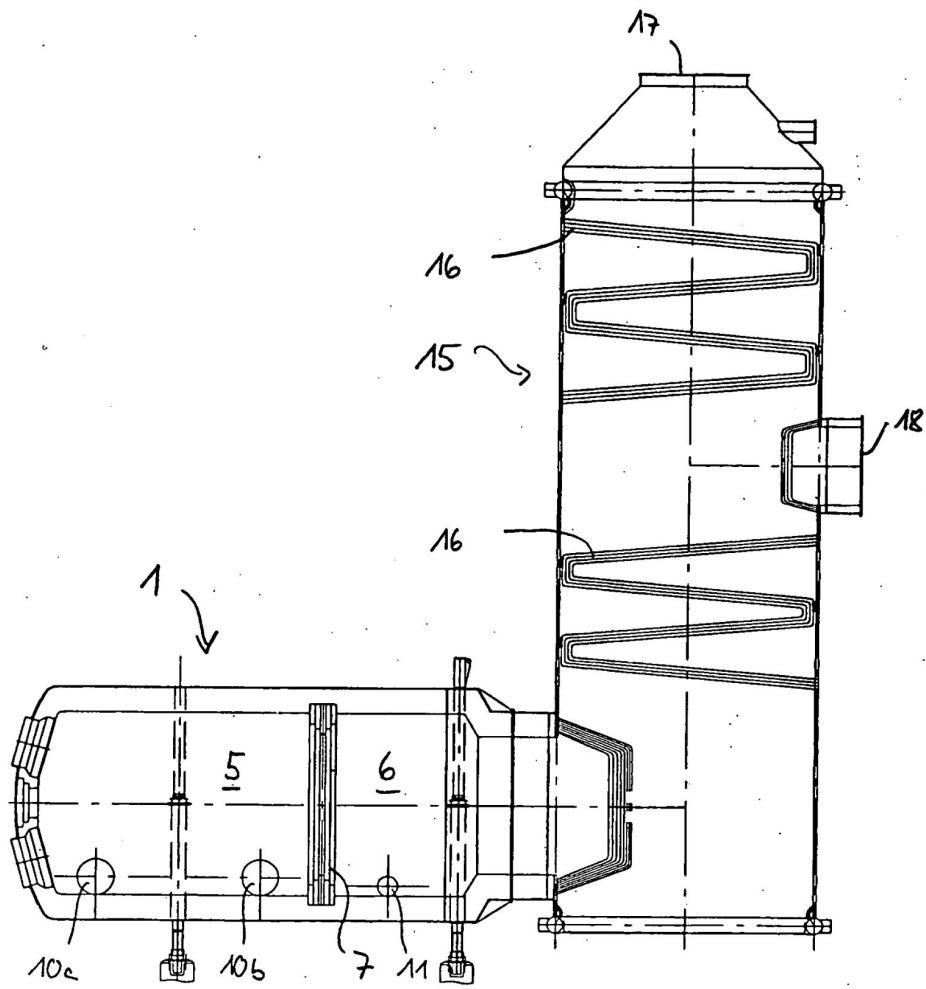


Fig. 6

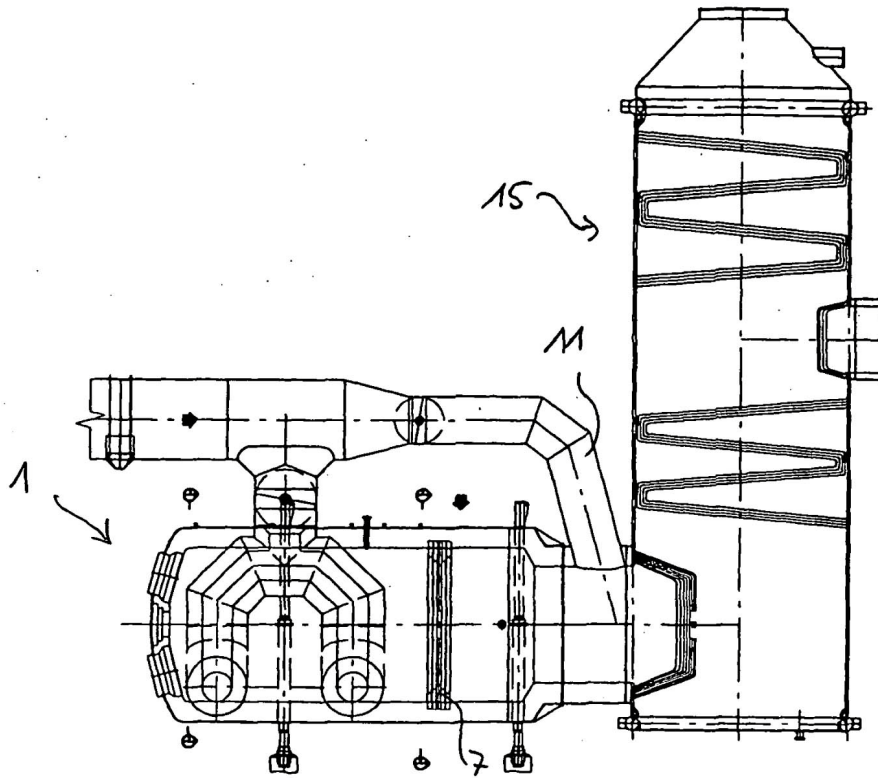


Fig. 7

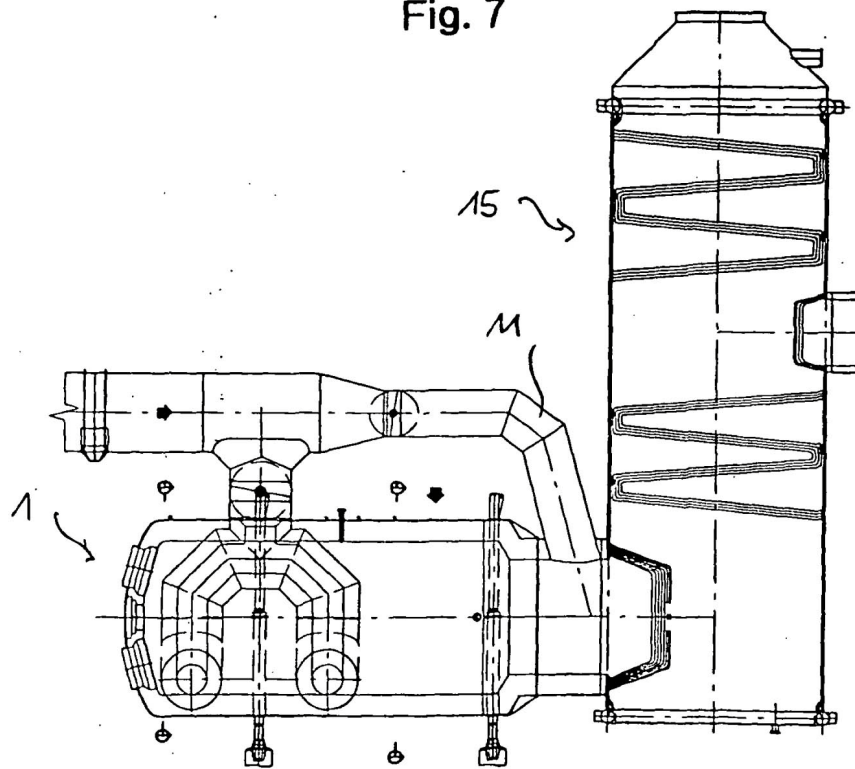


Fig. 8

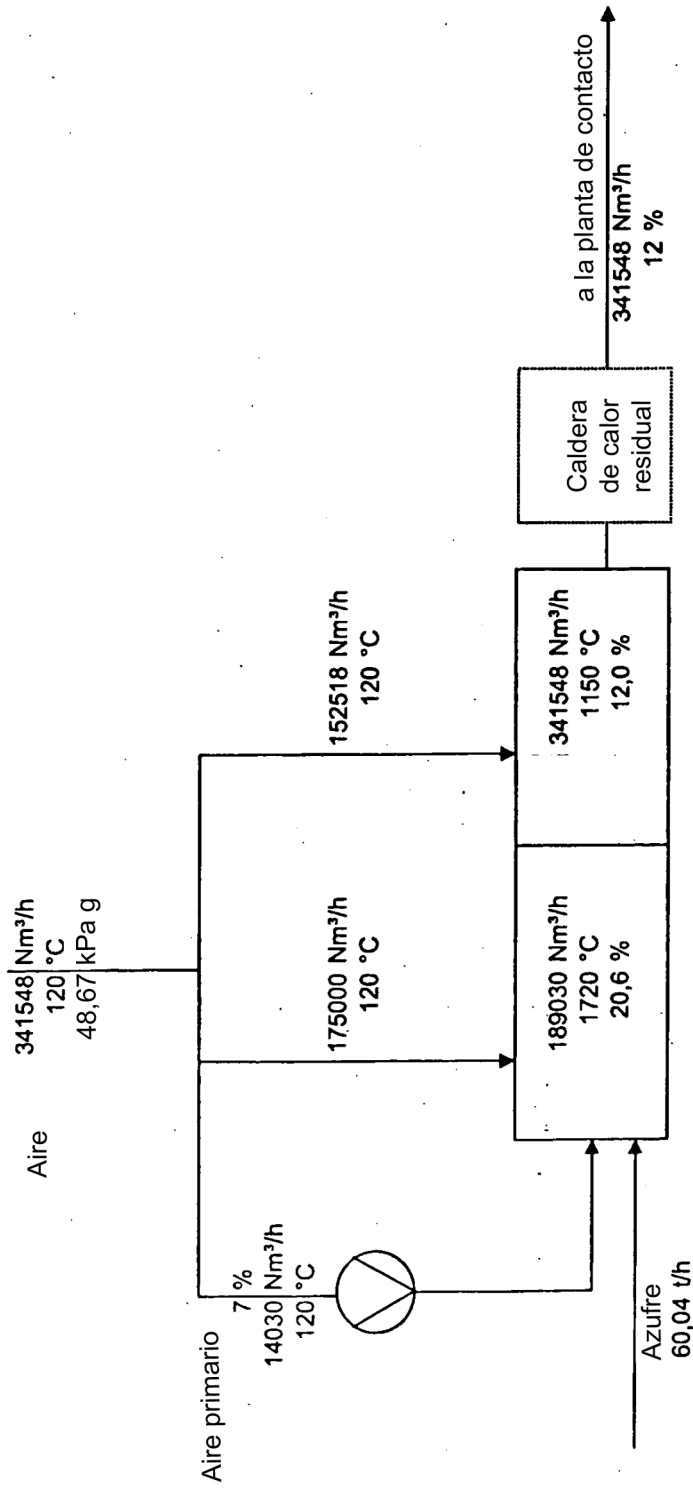


Fig. 9

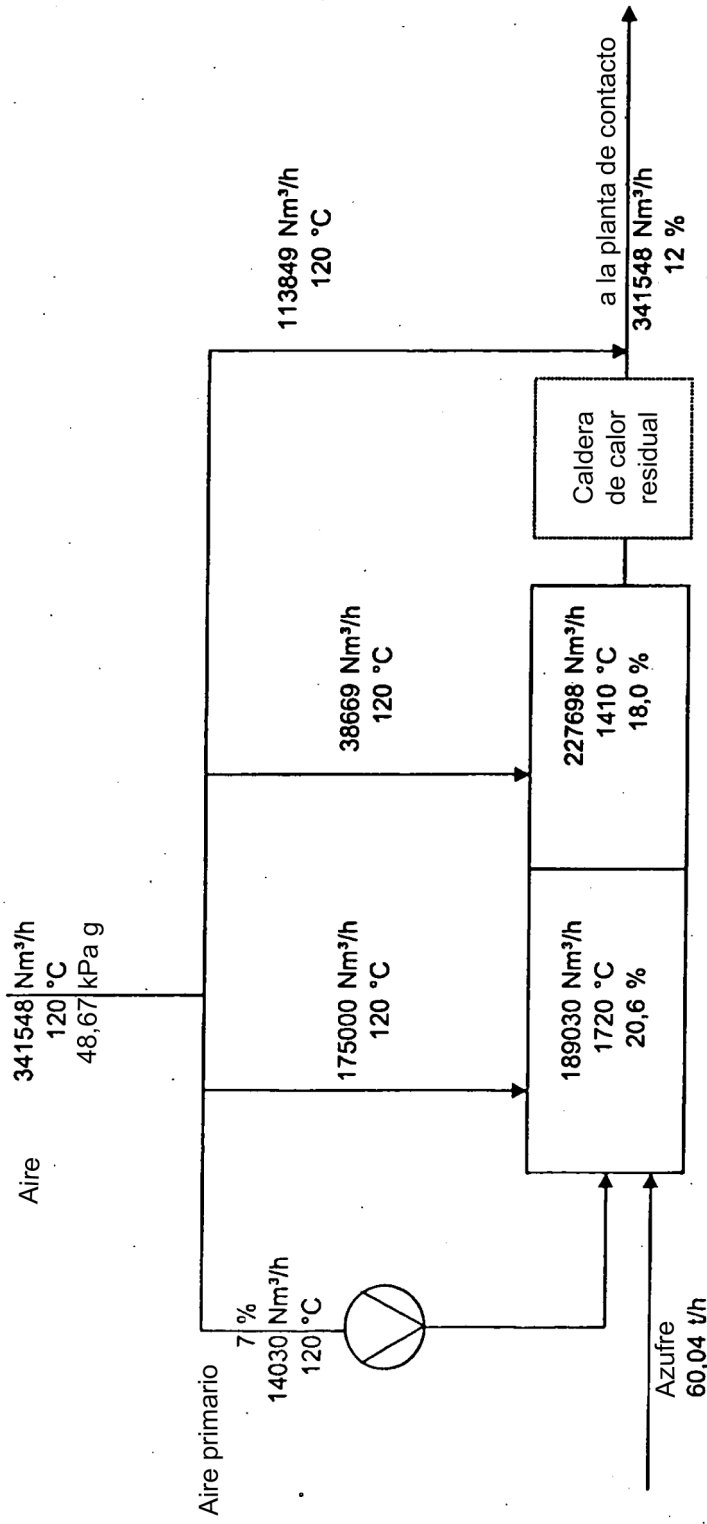


Fig. 10