

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 871 002**

51 Int. Cl.:

F28D 9/00 (2006.01)

F28D 21/00 (2006.01)

C01B 17/00 (2006.01)

B01D 53/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.09.2017 PCT/IB2017/055666**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.04.2018 WO18060810**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.09.2017 E 17778358 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.03.2021 EP 3519752**

54 Título: **Intercambiador de calor de flujo cruzado**

30 Prioridad:

28.09.2016 IT 201600097320

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

28.10.2021

73 Titular/es:

**SAIPEM S.P.A. (100.0%)
Via Martiri di Cefalonia, 67
Via Martiri di Cefalonia, 67, IT**

72 Inventor/es:

**BRUNO, LORENZO;
GALATI, ROSARIO y
CARLESSI, LINO**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 871 002 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

Intercambiador de calor de flujo cruzado

5 Campo técnico de la invención

La presente invención se refiere al campo de la purificación de gases con el fin de reducir la emisión de contaminantes al medio ambiente.

10 Antecedentes de la técnica

Una refinería es un sistema altamente complejo, donde se sitúan los sistemas para el tratamiento de petróleos crudos pesados para la producción de hidrocarburos y subproductos importantes para la industria petroquímica, así como varias estructuras que proporcionan servicios auxiliares.

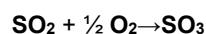
En particular, pueden mencionarse sistemas de tratamiento de aguas residuales, planta termoeléctrica, un sistema para la purificación de los gases de combustión emitidos por las calderas (SNOX/WSA) y un sistema para la producción de azufre líquido a partir de ácido sulfhídrico (sistema Claus).

Entre ellos, el sistema SNOX/WSA se usa para eliminar el dióxido de azufre contenido en los gases de combustión que proceden de las calderas o de gases de escape que proceden de los procedimientos de combustión de ácido sulfhídrico, del FCC (craqueado con catalizador fluido), de la incineración de ácido sulfhídrico exhausto, etc.

El sistema comprende esencialmente una sección de reacción, una sección de refrigeración de gases y una sección de condensación, tal como se muestra esquemáticamente en la figura 1.

1) sección de reacción

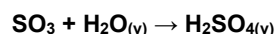
En esta sección, el dióxido de azufre reacciona catalíticamente con el oxígeno para producir trióxido de azufre. La reacción, que se lleva a cabo a aproximadamente 400°C, es tal como sigue:



Un reactor para la eliminación de NOx puede asociarse con el reactor.

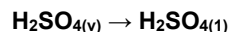
2) sección de refrigeración

Los gases que proceden de la sección de reacción catalítica se refrigeran hasta una temperatura de aproximadamente 260°C. Parte del trióxido de azufre se combina con vapor de agua, produciendo ácido sulfúrico en fase de vapor, tal como se indica a continuación:



3) sección de condensación

Dentro de un intercambiador de calor de tubo de vidrio, el gas se refrigera con aire, completando así la condensación del ácido sulfúrico:



Una vez refrigerado, el ácido sulfúrico así condensado se almacena para usarse entonces como subproducto.

Entre las secciones de reacción y de condensación de un sistema SNOX/WSA, se inserta un GGHE (intercambiador de calor gas-gas, también abreviado como GGH), que tiene el fin de calentar los gases de combustión que contienen SO₂ refrigerando los gases de combustión ricos en trióxido de azufre que salen de la zona de reacción.

Los intercambiadores de calor gas-gas conocidos que se usan en los sistemas SNOX/WSA tienen grandes dimensiones y son capaces de alojar caudales de hasta 1 MNm³/hora, alcanzar valores de rendimiento de aproximadamente 50 Gcal/hora y tienen un área de superficie de intercambio de hasta 100.000 m².

En los primeros sistemas SNOX de gran caudal (900.000-1.200.000 Nm³/hora), se usaban intercambiadores de calor gas-gas Ljungström.

Este tipo de intercambiadores consiste en un cilindro giratorio dentro del cual láminas de metal onduladas forman tabiques.

Los dos fluidos (caliente y frío) pasan en cada sector en tiempos sucesivos.

5 Estos intercambiadores se caracterizan por un bajo coste de inversión y por la facilidad de limpieza y lavado, así como por la posibilidad de reemplazar fácilmente las partes oxidadas debido a la división de la superficie en cestas de llenado extraíbles.

10 Sin embargo, la propia construcción y funcionamiento de un intercambiador de calor Ljungström da como resultado la desventaja de una mezcla parcial entre los dos gases; solo con medidas particulares puede reducirse el denominado "escape" de un 5% a un 2%.

Por tanto, el rendimiento del sistema SNOX se ve afectado, reduciendo de manera considerable la eliminación de dióxido de azufre de un 98% a un 94%.

15 El documento de la técnica anterior JP 2001317885 A describe un intercambiador para refrigerar gases de combustión que proceden de un incinerador y calentar el aire, que funciona con una LMTD de aproximadamente 100-150°C. Este documento da a conocer las características de construcción técnicas definidas en el preámbulo de la reivindicación 1.

20 El documento US 2016/054071 describe una configuración particular de un intercambiador de calor para maximizar la transferencia de calor y minimizar la pérdida de presión; por ejemplo, se sugieren trayectorias helicoidales para fluidos.

25 Por tanto, es evidente que hay una necesidad de desarrollar un intercambiador de calor para gases que pueda emplearse en un sistema SNOX/WSA sin reducir su rendimiento.

Objeto de la invención

30 Un primer objeto de la presente invención es proporcionar un intercambiador de calor de flujo cruzado.

Según un objeto adicional, se describe un método para llevar a cabo un intercambio de calor entre dos fluidos gaseosos mediante el uso de dicho intercambiador.

35 Según un objeto adicional, la presente invención describe un sistema SNOX/WSA que comprende un intercambiador de calor de flujo cruzado.

Se representan objetos adicionales de la invención mediante aspectos particulares del intercambiador y del sistema descritos en el presente documento.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra el diagrama de un sistema SNOX/WSA tradicional;

45 la figura 2 muestra la trayectoria de los dos flujos dentro de uno de los módulos del intercambiador de la invención;

la figura 3 muestra un diagrama de las trayectorias de los dos flujos dentro del intercambiador de la invención;

50 la figura 4 muestra un diagrama de las trayectorias de los dos flujos dentro del intercambiador de la invención dotado de una derivación en el tercer módulo (A) y en el segundo módulo (B);

la figura 5 muestra una realización del intercambiador de la invención que comprende un bastidor;

55 la figura 6 es una representación esquemática del sistema de la invención que comprende dos intercambiadores integrados;

la figura 7 muestra esquemáticamente un SNOX/WSA con el sistema de intercambiadores de la presente invención;

60 la figura 8 es una representación esquemática del sistema de la invención en la que el sistema de intercambiadores integrados comprende el sistema de derivación del primer módulo (A) y del segundo módulo (B);

la figura 9 representa el sistema de la invención, en la que el intercambiador comprende el bastidor de soporte;

65 la figura 10 muestra esquemáticamente un sistema según la presente invención.

Descripción detallada de la invención

Según un primer objeto, la presente invención describe un intercambiador de calor de flujo cruzado en contracorriente.

- 5 Debe entenderse que el término "flujo cruzado" se refiere a la trayectoria de los dos fluidos de intercambio, que se mueven con direcciones que están mutuamente inclinadas, y preferiblemente perpendiculares.

10 Tal como se describirá a continuación, según la presente invención, cada uno de los dos fluidos entre los que se consigue el intercambio de calor se mueve a lo largo de una trayectoria que comprende partes que son perpendiculares a la dirección del otro fluido.

El término "contracorriente", en cambio, significa que los dos fluidos se mueven en su totalidad siguiendo direcciones opuestas.

- 15 Para los fines de la presente invención, los dos fluidos están en fase gaseosa y, por tanto, debe hacerse referencia a un intercambiador de calor gas-gas de flujo cruzado (GGHE o GGH).

En particular, se representa un primer gas mediante un gas rico en dióxido de azufre (SO_2), por ejemplo, contenido en los gases de humo de las calderas.

20 Para los presentes fines, dicho gas es el gas que va a calentarse (por simplicidad, se hará referencia al mismo como dióxido de azufre o SO_2 o "primer gas").

25 En lo que respecta al segundo gas, es un gas rico en trióxido de azufre (SO_3 , que se produce en una sección de reacción catalítica de un sistema SNOW/WSA, por ejemplo).

Para los presentes fines, dicho gas es el gas que va a refrigerarse (por simplicidad, se hará referencia al mismo como trióxido de azufre o SO_3 o "segundo gas").

30 El intercambiador de la invención, en particular, es de tipo placa.

Tal como se muestra en las figuras 2 y 3 con más detalle, se organiza una pluralidad de placas 2 en módulos (o paneles) 3, 4, 5, 6 dentro de los que se disponen las placas 2 ortogonal o subortogonalmente con respecto a un plano del módulo α , α' , α'' , α''' con caras mutuamente paralelas.

35 En particular, en cada placa 2 se reconocen una primera cara de calentamiento (o superficie) 2a y una segunda cara de refrigeración (o superficie) 2b.

40 Las placas 2 están dispuestas en cada módulo 3, 4, 5, 6 de manera que las caras de calentamiento 2a de dos placas colocadas una al lado de la otra son mutuamente opuestas, delimitando, por tanto, un espacio de calentamiento 7.

De manera similar, las dos caras de refrigeración 2b de dos placas colocadas una al lado de la otra delimitan un espacio de refrigeración 8 entre las mismas.

45 Los espacios de calentamiento 7 y los espacios de refrigeración 8, por tanto, se alternan entre sí.

De manera ventajosa, los espacios de calentamiento 7 y los espacios de refrigeración 8 dentro de cada módulo están aislados de manera que no haya mezcla entre los dos gases o su dispersión en la atmósfera, por ejemplo, sellados mediante soldaduras apropiadas (no mostradas) (intercambiador de calor de placa soldada por completo).

50 Dentro de cada módulo 3, 4, 5, 6, el dióxido de azufre cruza los espacios de calentamiento 7 horizontalmente según una dirección x, mientras que el trióxido de azufre cruza los espacios de refrigeración 8 verticalmente desde la parte superior hacia la parte inferior, según una dirección y, perpendicular a la dirección x.

55 Para los fines de la presente invención, entonces, el flujo de dióxido de azufre cruza los espacios de calentamiento 7 de cada módulo 3, 4, 5, 6 siguiendo una dirección horizontal o subhorizontal (dirección x), sustancialmente paralela al plano α , α' , α'' , α''' ; el trióxido de azufre, en cambio, cruza los espacios de refrigeración 8 siguiendo una dirección vertical o subvertical (dirección y), sustancialmente ortogonal a los planos α , α' , α'' , α''' .

60 Por tanto, dentro de cada módulo, los flujos de los dos gases tienen trayectorias mutuamente perpendiculares.

El intercambiador 1 de la invención comprende en particular una pluralidad de módulos 3, 4, 5, 6 (o paneles), preferiblemente tres o cuatro, colocados en planos mutuamente superpuestos α , α' , α'' , α''' ; entonces, de manera ventajosa, el intercambiador 1 tiene un desarrollo total vertical (véase la figura 3).

Con el fin de garantizar su funcionamiento, los módulos 3, 4, 5, 6 del intercambiador están en comunicación fluida entre sí.

En particular, los espacios de refrigeración 8 de los módulos 3, 4, 5, 6 están en conexión fluida directa entre sí; es decir, el trióxido de azufre pasa directamente de un módulo al siguiente (subyacente/en el plano inferior) debido a la correspondencia entre los respectivos espacios de refrigeración 8 de los módulos.

Por el contrario, la comunicación fluida entre los espacios de calentamiento 7 es indirecta; para este fin, el intercambiador 1 comprende transportadores 9, 9', 9" (que también pueden ser en forma de conductos) capaces de recoger el flujo de SO₂ que sale de un módulo y enviarlo al siguiente módulo (superior/en el plano superior).

Por tanto, en general, el flujo del trióxido de azufre sigue una trayectoria vertical hacia abajo (es decir, desde el plano α''' hasta el plano α), mientras que el flujo del dióxido de azufre sigue una trayectoria "serpentina" desde la parte inferior hacia la parte superior (es decir, desde el plano α hasta el plano α'''), tal como se representa en la figura 3, consiguiendo, por tanto, un intercambio de calor en contracorriente total entre los dos fluidos.

Para los fines de la presente invención, una trayectoria "serpentina" debe entenderse como una trayectoria que comprende segmentos horizontales que se alternan con segmentos verticales en los que, preferiblemente, los sucesivos segmentos horizontales están en planos paralelos y superpuestos.

El intercambiador 1 comprende, además, conductos para la entrada de los gases que van a calentarse 11 y que van a refrigerarse 12 y conductos para la salida de los gases calentados 13 y de los gases refrigerados 14.

Para facilitar la explicación, se hace referencia en el presente documento al primer módulo de calentamiento 3 como el módulo situado más abajo en el intercambiador 1 (correspondiente al último módulo para refrigerar el trióxido de azufre) sobre el que se colocan el módulo segundo 4, el tercero 5 y posiblemente el cuarto 6; el último módulo de calentamiento, situado más arriba, corresponde, por tanto, al primer módulo de refrigeración, y viceversa.

Según una realización particular del intercambiador 1 de la invención, en el conducto para la entrada del dióxido de azufre 11 al intercambiador 1, se proporciona un sistema capaz de reducir el flujo de dióxido de azufre al primer módulo de calentamiento 3 y/o desviar al menos una parte de ese flujo a un módulo posterior (superior), por ejemplo, al módulo de calentamiento segundo 4, tercero 5 o cuarto 6.

Preferiblemente, el desvío es hacia el tercer módulo de calentamiento 5.

Esta configuración del intercambiador 1 se representa, por ejemplo, en la figura 4A, en la que ese sistema (sistema de derivación) se indica generalmente con el número de referencia 15.

Por tanto, la derivación 15 es capaz de reducir el caudal de dióxido de azufre al primer módulo de calentamiento 3.

En particular, la derivación 15 puede obtenerse por medio de tabiques u obturadores, que pueden estar provistos de un accionador externo (no mostrado), capaz de modificar el caudal de dióxido de azufre al primer módulo 3 o, según un aspecto preferido de la invención, a favor del tercer módulo 5 del intercambiador.

Esta realización tiene la ventaja de permitir la reducción o incluso la eliminación del intercambio de calor dentro del primer módulo 3, manteniendo, por tanto, constante la temperatura del trióxido de azufre.

El uso de la derivación 15 es especialmente ventajoso en condiciones de baja carga de trióxido de azufre (cuando el caudal se reduce al 30% del caudal en estado estacionario), en las que en la región fría del intercambiador 1, representada en particular por el último módulo de refrigeración 3, la temperatura del gas puede alcanzar temperaturas cercanas al punto de condensación.

Estas condiciones pueden determinar un aumento considerable en el riesgo de corrosión en el último módulo de refrigeración y, por tanto, de la sección de condensación del sistema SNOX/WSA.

Además, de manera ventajosa, es posible evitar el seguimiento eléctrico de los conductos para la salida del dióxido de azufre, es decir, el calentamiento de las paredes de los conductos por medio de resistencias eléctricas, ya que no hay puntos fríos capaces de provocar la condensación del ácido sulfúrico.

En una realización preferida del intercambiador de calor 1 de la invención, este se sitúa aguas abajo en relación con un electrofiltro, que es capaz de reducir la concentración de polvos hasta un valor de $< 2 \text{ mg/Nm}^3$.

En particular, este electrofiltro se coloca a lo largo de los conductos 11 que transportan el dióxido de azufre al primer módulo 3 (véase la figura 1).

Según la presente invención, el intercambiador 1 de la invención comprende, además, una estructura de soporte (véase la figura 5).

5 Esta estructura está representada por un bastidor 16 que comprende una estructura de soporte de carga fijada al suelo para enganchar y suspender el módulo inferior 3 (que es el primer módulo de calentamiento/último módulo de refrigeración) a dicho bastidor.

Además, los otros módulos superiores 4, 5, 6 se apoyan, preferiblemente, en el bastidor 16.

10 Esta configuración del intercambiador 1 es capaz de hacer que el primer módulo de calentamiento 3 sea independiente de los módulos superpuestos 4, 5, 6.

15 Por tanto, de manera ventajosa, es posible desenganchar el primer módulo 3 del bastidor 16, por ejemplo, para llevar a cabo trabajos de mantenimiento en el mismo si resulta necesario para sustituir una o más de sus placas 2 porque estén corroidas, según procedimientos mucho más rápidos y sencillos con respecto a un intercambiador sin el bastidor.

20 Según un objeto adicional de la presente invención, se describe un sistema 100, que comprende dos intercambiadores de calor 101, 101' según las descripciones anteriores, integrados entre sí.

La realización que comprende dos intercambiadores de calor encuentra su aplicación principalmente cuando el caudal de los fluidos que van a procesarse es superior a 500.000 Nm³.

25 El sistema se representa en la figura 6, por ejemplo.

En particular, en el sistema 100 descrito, cada intercambiador 101, 101' comprende módulos primeros 103, 103', segundos 103, 104', terceros 105, 105' y posiblemente también cuartos 106, 106' (la figura 6 representa el diagrama de un intercambiador de calor con tres módulos).

30 El dióxido de azufre entra en cada uno de los primeros módulos 103, 103' a través de un conducto compartido adecuado 107 que transporta el dióxido de azufre de los gases de combustión de las calderas y se divide en dos conductos secundarios 108, 108' que entran en los módulos individuales 103, 103'.

35 En la salida, el gas se transporta por medio de conductos/transportadores adecuados 109, 109' hasta los respectivos segundos módulos 104, 104'.

40 En la salida, el dióxido de azufre se recoge y se transporta hasta los terceros módulos de calentamiento 105, 105' por medio de un conducto/transportador compartido adecuado 110 que se divide en dos conductos secundarios 111, 111'.

45 El dióxido de azufre calentado sale de los terceros módulos 105, 105' a través de distintos conductos/transportadores 112, 112' que transportan el gas calentado a la sección de conversión del sistema SNOX/WSA.

Según la presente invención, con modificaciones estructurales apropiadas, también es posible obtener un sistema de dos intercambiadores integrados mutuamente, comprendiendo cada uno cuatro módulos.

50 Por tanto, de manera similar al intercambiador 1 descrito anteriormente, la comunicación fluida entre los espacios de calentamiento 7 de los módulos 103, 104, 105, 103', 104', 105' es indirecta.

55 En lo que respecta al trióxido de azufre, este se transporta al sistema a través de un conducto 120 que se ramifica en dos conductos laterales 121, 121', cada uno de los cuales entra en el respectivo tercer módulo 105, 105' (véase la figura 7).

El trióxido de azufre que sale de los terceros módulos 105, 105' pasa a través de los sucesivos segundos módulos 104, 104' y primeros módulos 103, 103' debido a la conexión fluida directa entre los espacios de refrigeración 8, que coinciden entre los módulos superiores y los módulos inferiores.

60 Entonces, más en particular, el sistema de la invención 100 comprende dos intercambiadores de calor 101, 101' en contracorriente y flujo cruzado para calentar un primer gas y refrigerar un segundo gas, comprendiendo cada intercambiador: una pluralidad de módulos 103, 104, 105 y 103', 104', 105' en comunicación fluida entre sí, estando colocado cada módulo 103, 104, 105 y 103', 104', 105' sobre un plano α_1 , α_2 , α_3 y α_1' , α_2' , α_3' , respectivamente, estando dicho plano mutuamente superpuesto, comprendiendo cada módulo 103, 104, 105 y 103', 104', 105' una pluralidad de placas de intercambio de calor 2 cada una teniendo una cara de calentamiento 2a y una placa de refrigeración 2b, estando colocadas dichas placas 2 ortogonales o subortogonales al plano del respectivo módulo

$\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 1'$, $\alpha 2'$, $\alpha 3'$ y siendo mutuamente paralelas, con el fin de definir espacios de calentamiento 7 en los que dicho primer gas fluye en una dirección x (tal como se describió anteriormente, dicha dirección es sustancialmente paralela a los planos $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 1'$, $\alpha 2'$, $\alpha 3'$ de cada módulo), y espacios de refrigeración 8 en los que dicho segundo gas fluye en una dirección y, perpendicular a la dirección x (tal como se describió anteriormente, esta dirección es sustancialmente ortogonal a los planos $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\alpha 3$, $\alpha 1'$, $\alpha 2'$, $\alpha 3'$ de cada módulo), alternándose dichos espacios 7, 8 entre sí, y estando cada intercambiador 101, 101' caracterizado porque dentro de cada uno de ellos los espacios de refrigeración 7 de los módulos 103, 104, 105 y 103', 104' y 105', respectivamente, están en comunicación fluida directa entre sí y porque los conductos/transportadores adecuados 109, 109', 110 sitúan en comunicación fluida los espacios de calentamiento 7 de los primeros módulos 103, 103' con los de los segundos módulos 104, 104' y los espacios de calentamiento 7 de los segundos módulos 104, 104' con los de los terceros módulos 105, 105', respectivamente, comprendiendo dicho sistema 100, además, conductos 107 para la entrada del gas que va a calentarse en los primeros módulos 103, 103', conductos 112, 112' para la salida de dicho gas (calentado) desde los terceros módulos 105, 105', conductos para la entrada 120 del gas que va a refrigerarse en los terceros módulos 105, 105' y conductos 114, 114' para la salida de dicho gas (refrigerado) desde los primeros módulos 103, 103'.

Por tanto, la integración de los dos intercambiadores 101, 101' comprende el uso de conductos comunes 107 para la entrada al sistema, es decir, a los primeros módulos 103, 103', del gas que va a calentarse, y/o de un conducto/transportador común 110 que transporta dicho primer gas desde los segundos módulos 104, 104' y terceros módulos 105, 105'.

Además, el conducto 120 para la entrada del gas que va a refrigerarse en el sistema de intercambiadores 100 puede ser común a los dos intercambiadores 101, 101'.

El gas refrigerado y el gas calentado, en cambio, salen de cada intercambiador 101, 101' por medio de conductos independientes, no comunes 112, 112' y 114, 114'.

El sistema 100 descrito anteriormente que comprende dos intercambiadores integrados mutuamente 101, 101' puede comprender también un sistema para reducir el flujo de dióxido de azufre a los primeros módulos 103, 103' y/o para desviar al menos una parte de dicho flujo a un módulo sucesivo (superpuesto): el segundo módulo 104, 104' (figura 8A) o el tercer módulo 104, 105' (figura 8B).

El sistema de derivación 115, 115' puede obtenerse por medio de tabiques u obturadores, que pueden estar provistos de un accionador externo (no mostrado) según la descripción anterior.

El sistema integrado de intercambiadores 100 puede comprender también una estructura, por ejemplo, en forma de un bastidor 116, que comprende elementos para enganchar los primeros módulos 103, 103' a dicho bastidor 116 (tal como se representa en la figura 9).

Debido a la configuración independiente del primer módulo 103, 103', se facilita el mantenimiento del sistema, siendo para ello más fácil desmontar dicho módulo 103, 103' y sustituir el mismo sin necesidad de quitar los módulos restantes 104, 104', 105, 105', 106, 106'.

En un aspecto preferido de la invención, también en la configuración doble, el sistema de intercambiadores de calor 100 puede colocarse aguas abajo de un electrofiltro.

En particular, dicho electrofiltro (no mostrado en la figura) se coloca en el conducto 107 que transporta el dióxido de azufre para entrar en los primeros módulos 103, 103' del sistema de intercambiadores de calor 100 de la presente invención.

De manera ventajosa, el electrofiltro es capaz de reducir la concentración de polvos hasta un valor de $< 2 \text{ mg/Nm}^3$.

Por tanto, debido a su uso, es posible mantener el intercambiador más limpio, reduciendo sus costes y tiempos de mantenimiento.

Según un objeto adicional, la presente invención describe un sistema SNOX/WSA 200 que comprende:

- una sección para la reacción/conversión catalítica del dióxido de azufre 210,
- una sección de refrigeración 220,
- una sección de condensación 230,

y, posiblemente, una o más secciones para la eliminación del NOx (DeNOx) 240,

en el que la sección de refrigeración 220 comprende el intercambiador de calor 1 o el sistema de intercambiadores

de calor 100 de la presente invención.

En particular, en este sistema 200, la sección de reacción catalítica 210 y la(s) sección/secciones DeNOx 240 están integradas de manera funcional con el intercambiador de calor 1 o con el sistema de intercambiadores de calor 100 de la invención.

Para este fin, tal como se muestra en las figuras 8 y 9, el conducto para la salida del dióxido de azufre calentado 112, 112' está conectado de manera funcional con la sección de reacción catalítica del sistema SNOX/WSA 210.

El término "conectado de manera funcional" significa que el dióxido de azufre que sale del último módulo de calentamiento 5, 6, 105, 105' se transporta a la sección de reacción catalítica 210 del sistema 200.

Por tanto, la presente invención permite situar las secciones del SNOX por encima del intercambiador de calor, permitiendo así un desarrollo vertical, más que horizontal, del sistema 200.

La configuración del sistema SNOX/WSA descrito anteriormente también permite obtener la salida de los gases de combustión fríos que contienen trióxido de azufre en la parte inferior del sistema, minimizando por tanto los conductos que unen el intercambiador 1, 100 y la sección de condensación 230 y, por tanto, los posibles riesgos de corrosión.

Este aspecto también contribuye a un diseño vertical, en general más compacto que un sistema SNOX/WSA.

Por tanto, la presente invención proporciona un método para llevar a cabo el intercambio de calor entre un primer gas y un segundo gas usando el intercambiador de calor 1 o el sistema de intercambiadores 100 descritos anteriormente.

Preferiblemente, dicho primer gas se representa por el dióxido de azufre (SO₂), mientras que dicho segundo gas es trióxido de azufre (SO₃).

Más en general, el método de la invención para calentar un primer gas y refrigerar un segundo gas comprende las etapas de:

- crear un flujo serpentino de dicho primer gas desde la parte inferior hasta la parte superior, comprendiendo dicho flujo segmentos horizontales que se alternan con segmentos verticales, en los que dichos segmentos horizontales están en planos superpuestos;
- crear un flujo vertical de dicho segundo gas desde la parte superior hasta la parte inferior verticalmente, donde el flujo vertical cruza los segmentos horizontales del flujo del primer gas,

comprendiendo la etapa de llevar a cabo el intercambio de calor entre dichos primeros y dichos segundos gases en los segmentos horizontales del flujo serpentino de dicho primer gas.

Más en particular, dicho método comprende la etapa de alimentar el intercambiador o el sistema de intercambiadores 3, 4, 5, 6, 103, 104, 105, 103', 104', 105' de manera que dicho primer gas fluye a través del intercambiador desde la parte inferior hasta la parte superior cruzando espacios de calentamiento 7 de módulos sucesivos y superpuestos que no están en conexión fluida directa mutua y de manera que dicho segundo gas fluye a través del intercambiador desde la parte superior hasta la parte inferior cruzando espacios de refrigeración 8 de módulos sucesivos y subyacentes que están en conexión fluida directa mutua.

En particular, dentro de cada módulo, dicho primer gas cruza cada espacio de calentamiento 7 según una dirección x (tal como se ha definido anteriormente) y dicho segundo gas cruza cada espacio de refrigeración 8 según una dirección y (tal como se ha definido anteriormente), perpendicular a dicha dirección x, consiguiendo de ese modo un flujo cruzado y en contracorriente y un intercambio de calor entre dichos gases primero y segundo.

Por tanto, tal como se representa en las figuras, el primer gas entra en el primer módulo del intercambiador (3, 103, 103'), entonces pasa al segundo módulo (4, 104, 104'), al tercer módulo (5, 105, 105') y, posiblemente, al cuarto módulo (6); por el contrario, el segundo gas entra en el cuarto módulo (si está presente) (6) o en el tercer módulo (5, 105, 105'), pasa al segundo módulo (4, 104, 104') y, entonces, al primer módulo (3, 103, 103').

Según un aspecto particular, el método puede comprender, además, una etapa de filtrar el primer gas (dióxido de azufre) para reducir la concentración de polvos, preferiblemente hasta un valor de <2 mg/Nm³, antes de la primera etapa de intercambio de calor y, en particular, antes de la entrada al primer módulo 3, 103, 103'.

Según otro aspecto de la invención, la alimentación del primer gas puede, al menos parcialmente, excluir uno de los módulos del intercambiador 1 o del sistema de intercambiadores de la invención 100.

Por tanto, es posible que en al menos un módulo 3, 4, 5, 6, 103, 104, 105, 103', 104', 105', el intercambio de calor entre los dos gases se consiga solo parcialmente o no se consiga en absoluto.

En un aspecto preferido de la invención representado en las figuras 4 y 8, el primer gas puede entrar en el intercambiador completamente o solo parcialmente a través del segundo módulo (4, 104, 104'); por tanto, el primer módulo (3, 103, 103') puede excluirse parcial o completamente del intercambio de calor.

A partir de la descripción anterior, las ventajas que ofrece el intercambiador de la invención serán fácilmente evidentes para los expertos habituales en la técnica.

En primer lugar, se evitan las contaminaciones entre los dos flujos de gas, lo que permite al SNOX/WSA mantener su rendimiento aproximadamente al 98%, por tanto, muy alto.

Además, es posible cambiar las condiciones de funcionamiento con el fin de reducir los denominados "puntos muertos" del gas, que, de otro modo, podrían provocar condensación en ácido sulfúrico y la consiguiente corrosión progresiva de sus placas.

La posibilidad de introducir una derivación permite, además, evitar el descenso de la temperatura de la región fría del intercambiador o del sistema de intercambiadores en condiciones de baja carga.

Con el fin de evitar el riesgo de corrosión, la superficie de intercambio se redujo previamente produciendo un aumento de la temperatura del trióxido de azufre en aproximadamente 320-350°C, después se redujo por medio de una caldera de calor residual (WHB), que es capaz de cambiar la temperatura realizando un cambio de la presión del producto, antes de entrar en la sección de condensación del sistema SNOX.

El sistema según la presente invención es, por tanto, mucho más flexible, permitiendo que funcione incluso en condiciones de baja carga.

Además, no es estrictamente necesario trazar eléctricamente los conductos de salida para el trióxido de azufre.

Por tanto, en virtud de la presente invención, la presencia de la WHB entre la sección del intercambiador de calor y la sección de condensación WSA ya no es necesaria, contribuyendo a una simplificación del sistema y a una reducción de los costes de construcción.

En su conjunto, el intercambiador es muy compacto, permitiendo, por tanto, la inserción de la sección de conversión de SO₂ y la(s) sección/secciones DeNO_x en la zona superior, integradas con el propio intercambiador.

Por tanto, el sistema tiene un desarrollo prevalentemente vertical con un tamaño total más pequeño.

Las soluciones sugeridas por la técnica anterior para otra aplicación darían como resultado, en el caso del intercambiador de la presente invención, un aumento de las dimensiones del intercambiador (con el fin de aumentar el área de superficie de intercambio de calor) no compatible con los requisitos y produciendo, entre otros, una reducción en los valores de LMTD (el intercambiador de la presente invención funciona con una LMTD de 30°C).

Por último, el mantenimiento del intercambiador y, por tanto, del SNOX/WSA que lo comprende, es en general más sencillo, porque los módulos de la región fría del intercambiador (representados por el último módulo para refrigerar el trióxido de azufre) pueden soportarse independientemente de los módulos superiores; por tanto, pueden desmontarse de una manera fácil e independiente para llevar a cabo su mantenimiento o para sustituirlos en caso de corrosión, sin la necesidad de trabajar en otras partes del intercambiador y/o del sistema SNOX.

Además, esta configuración no impide una expansión adecuada del primer módulo, el cual, al estar enganchado y suspendido en el bastidor, puede expandirse hacia abajo, dando libertad a los otros módulos superpuestos para que se expandan hacia arriba.

REIVINDICACIONES

1. Intercambiador de calor de flujo cruzado en contracorriente (1) para calentar un primer gas representado por SO₂ y refrigerar un segundo gas representado por SO₃, que comprende una pluralidad de módulos (3, 4, 5, 6) en comunicación fluida entre sí, estando colocado cada módulo (3, 4, 5, 6) sobre un plano (α , α' , α'' , α'''), estando dichos planos (α , α' , α'' , α''') mutuamente superpuestos, comprendiendo además conductos (11) para la entrada de dicho primer gas, conductos (12) para la entrada de dicho segundo gas y conductos (13) para la salida de dicho primer gas y conductos (14) para la salida de dicho segundo gas dentro y fuera del intercambiador (1), comprendiendo cada módulo (3, 4, 5, 6) una pluralidad de placas de intercambio de calor (2), cada una teniendo una cara de calentamiento (2a) y una cara de refrigeración (2b), estando colocadas dichas placas (2) ortogonales al plano de cada módulo (α , α' , α'' , α''') y paralelas entre sí con el fin de definir espacios de calentamiento (7) entre dichas caras de calentamiento (2a) y espacios de refrigeración (8) entre dichas caras de refrigeración (2b), alternándose dichos espacios de calentamiento (7) y espacios de refrigeración (8) entre sí, en el que dicho primer gas cruza el intercambiador desde el módulo inferior (3) hasta el módulo superior (5 o 6) cruzando cada espacio de calentamiento (7) con una dirección x sustancialmente paralela al plano de cada módulo (α , α' , α'' , α''') y en el que dicho segundo gas cruza el intercambiador (1) desde el módulo superior (5 o 6) hasta el módulo inferior (3) cruzando cada espacio de refrigeración (8) con una dirección y sustancialmente ortogonal al plano de cada módulo (α , α' , α'' , α'''), en el que los espacios de refrigeración (8) entre un módulo y el inmediatamente subyacente (6 y 5, 5 y 4, 4 y 3) están en comunicación fluida directa entre sí, mientras que los espacios de calentamiento (7) entre un módulo y el inmediatamente superpuesto (3 y 4, 4 y 5, 5 y 6) están en comunicación fluida entre sí por medio de conductos/transportadores (9, 9', 9''), creando de ese modo una trayectoria "serpentina" de dicho segundo gas, caracterizado por el hecho de que dicho intercambiador de calor (1) comprende, además, un bastidor (16), comprendiendo dicho bastidor (16) una estructura de soporte de carga que descansa en el suelo para enganchar y suspender el primer módulo (3) del intercambiador a dicho bastidor (16).
2. Intercambiador de calor (1) según la reivindicación anterior, que comprende tres (3, 4, 5) o cuatro módulos (3, 4, 5, 6).
3. Intercambiador de calor (1) según la reivindicación 1 o 2, en el que los conductos para la entrada del primer gas (11) comprenden un sistema de derivación (15) para transportar al menos una parte de dicho primer gas al segundo módulo (4) o al tercer (5) módulo de calentamiento.
4. Sistema (100) que comprende dos intercambiadores de calor de flujo cruzado en contracorriente (101, 101') para calentar un primer gas representado por SO₂ y refrigerar un segundo gas representado por SO₃, comprendiendo cada intercambiador: una pluralidad de módulos (103, 104, 105 y 103', 104', 105') en comunicación fluida entre sí, estando colocado cada módulo (103, 104, 105 y 103', 104', 105') sobre un plano (α_1 , α_2 , α_3 y α_1' , α_2' , α_3'), estando dichos planos (α_1 , α_2 , α_3 y α_1' , α_2' , α_3') mutuamente superpuestos, comprendiendo cada módulo (103, 104, 105 y 103', 104', 105') una pluralidad de placas de intercambio de calor (2) cada una teniendo una cara de calentamiento (2a) y una cara de refrigeración (2b), estando colocadas dichas placas (2) ortogonales al plano del respectivo módulo (α_1 , α_2 , α_3 , α_1' , α_2' , α_3') y paralelas entre sí con el fin de definir espacios de calentamiento (7) entre dos caras de calentamiento (2a) y espacios de refrigeración (8) entre dos caras de refrigeración (2b), alternándose dichos espacios de calentamiento (7) y espacios de refrigeración (8) entre sí, en el que dicho primer gas cruza cada intercambiador (101, 101') desde el módulo inferior (103, 103') hasta el módulo superior (105, 105' o 106, 106') cruzando cada espacio de calentamiento (7) con una dirección x que es sustancialmente paralela al plano del respectivo módulo (α_1 , α_2 , α_3 , α_1' , α_2' , α_3') y en el que dicho segundo gas cruza cada intercambiador (101, 101') desde el módulo superior (106, 106' o 105, 105') hasta el módulo inferior (103, 103') cruzando cada espacio de refrigeración (8) con una dirección y que es sustancialmente ortogonal al plano del respectivo módulo (α_1 , α_2 , α_3 , α_1' , α_2' , α_3'), en el que dentro de cada intercambiador (101, 101') los espacios de refrigeración (8) entre un módulo y el inmediatamente subyacente (106 y 105, 105 y 104, 104 y 103 y 106' y 105', 105' y 104', 104' y 103') están en comunicación fluida directa entre sí, mientras que los espacios de calentamiento (7) entre un módulo y el inmediatamente superpuesto (103 y 104, 104 y 105, 105 y 106, y 103' y 104', 104' y 105', 105' y 106') están en comunicación fluida entre sí por medio de conductos 109, 109', 110 que, por tanto, crean una trayectoria "serpentina" de dicho segundo gas, comprendiendo dicho sistema (100) conductos para la salida (112, 112') de dicho gas desde los módulos superiores (105, 105' o 106, 106'), conductos para la entrada (120) de dicho segundo gas en los módulos superiores (105, 105' o 106, 106'), conductos para la salida (114, 114') desde los primeros módulos (103, 103') y un conducto (107) para la entrada de dicho primer gas en los primeros módulos de cada intercambiador (103, 103'), siendo dicho conducto (107) común a los dos intercambiadores (101, 101'), caracterizado por el hecho de que cada intercambiador de calor comprende, además, un bastidor (16), comprendiendo dicho bastidor (16) una estructura de soporte de carga que descansa en el suelo para enganchar y suspender el primer módulo (3) del intercambiador a dicho bastidor (16).

5. Sistema (100) según la reivindicación anterior, que comprende además un conducto (110) común a los dos intercambiadores (101, 101') para transportar dicho primer gas que sale de los espacios de calentamiento (7) de dichos segundos módulos (104, 104') hacia los espacios de calentamiento (7) de dichos terceros módulos (105, 105').
- 5 6. Sistema (100) según la reivindicación 4 o 5, que comprende además conductos mutuamente independientes (112, 112') para la salida de dicho primer gas calentado desde dichos módulos superiores (105, 105' o 106, 106').
- 10 7. Sistema (100) según una cualquiera de las reivindicaciones de 4 a 6, en el que dicho conducto para la entrada del primer gas (107) en los primeros módulos (103, 103') comprende un sistema de derivación (115, 115') para transportar al menos una parte de dicho primer gas a los segundos módulos (104, 104') o a los terceros módulos (105, 105').
- 15 8. Planta de SNOX/WSA (200) que comprende una sección de reacción catalítica (210), una sección de refrigeración (220) y una sección de condensación (230) y, posiblemente, una o más secciones de eliminación de NOx (240), caracterizada porque dicha sección de refrigeración (220) comprende un intercambiador de calor (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores de 1 a 3 o un sistema de intercambiadores de calor (100) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores de 4 a 7.
- 20 9. Planta de SNOX/WSA (200) que comprende una sección de reacción catalítica (210), una sección de refrigeración (220) y una sección de condensación (230) y, posiblemente, una o más secciones de eliminación de NOx (240), caracterizada porque dicha sección de refrigeración (220) comprende el sistema de intercambiadores de calor (100) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores de 4 a 7.
- 25 10. Planta de SNOX/WSA (200) según la reivindicación anterior, que comprende conductos para la salida del primer gas calentado (112, 112') desde los terceros módulos de calentamiento (105, 105'), los cuales están en conexión fluida con la sección para eliminar el NOx del sistema (240).
- 30 11. Planta de SNOX/WSA (200) según una cualquiera de las reivindicaciones de 8 a 10, en la que los conductos (120, 121, 121') para la entrada del segundo gas que va a refrigerarse están en conexión fluida con la sección de reacción catalítica (210) del sistema SNOX/WSA.
- 35 12. Método para calentar un primer gas representado por SO₂ y refrigerar un segundo gas representado por SO₃ que se lleva a cabo en un intercambiador de calor (1) según una cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 3 o en un sistema (100) según una cualquiera de las reivindicaciones de 4 a 7, que comprende la etapa de alimentar el intercambiador (1) o el sistema de intercambiadores (100) con dicho primer gas y dicho segundo gas, creando un flujo de dicho primer gas desde la parte inferior hacia la parte superior a través de los espacios de calentamiento 7, en sucesión, de dicho módulo primero (3, 103, 103'), segundo (4, 104, 104'), tercero (5, 105, 105') y posiblemente cuarto (6) y un flujo de dicho segundo gas desde la parte superior hacia la parte inferior a través de los espacios de refrigeración 8, en sucesión, de dicho módulo cuarto (6), tercero (5, 105, 105'), segundo (4, 104, 104') y primero (3, 103, 103'), creando de ese modo un flujo cruzado, en contracorriente, entre dichos gases primero y segundo.
- 40 13. Método para calentar un primer gas y refrigerar un segundo gas según la reivindicación 12, que comprende, antes de la entrada de dicho primer gas en dicho primer módulo (3, 103, 103') una etapa de filtrar dicho primer gas para reducir la concentración de polvos.
- 45 14. Método para calentar un primer gas y refrigerar un segundo gas según la reivindicación 12 o 13, en el que al menos una parte del flujo de dicho primer gas entra en el intercambiador (1) o el sistema de intercambiadores (100) a través de dicho segundo módulo (4, 104, 104').
- 50

DIBUJOS

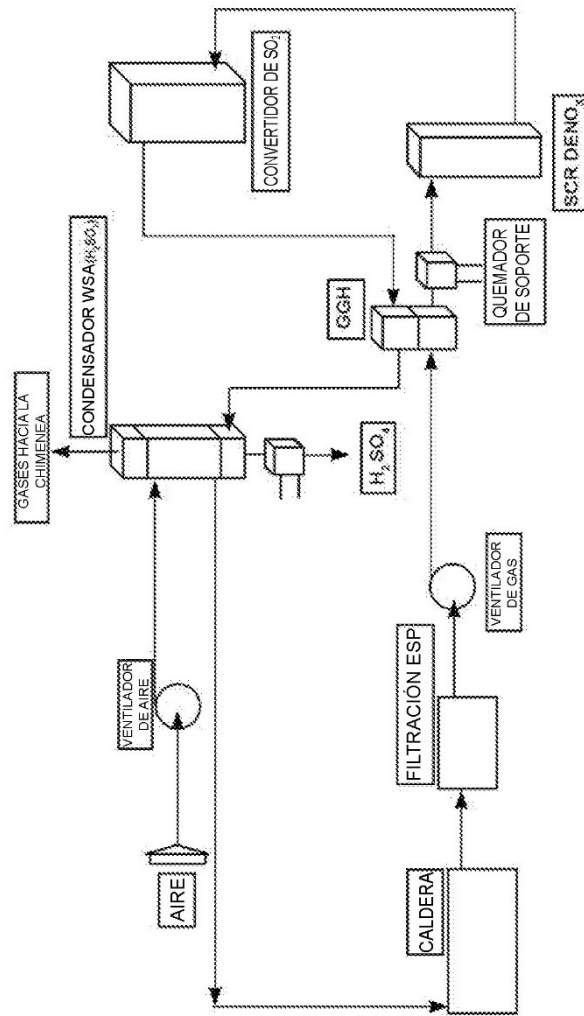


FIG. 1

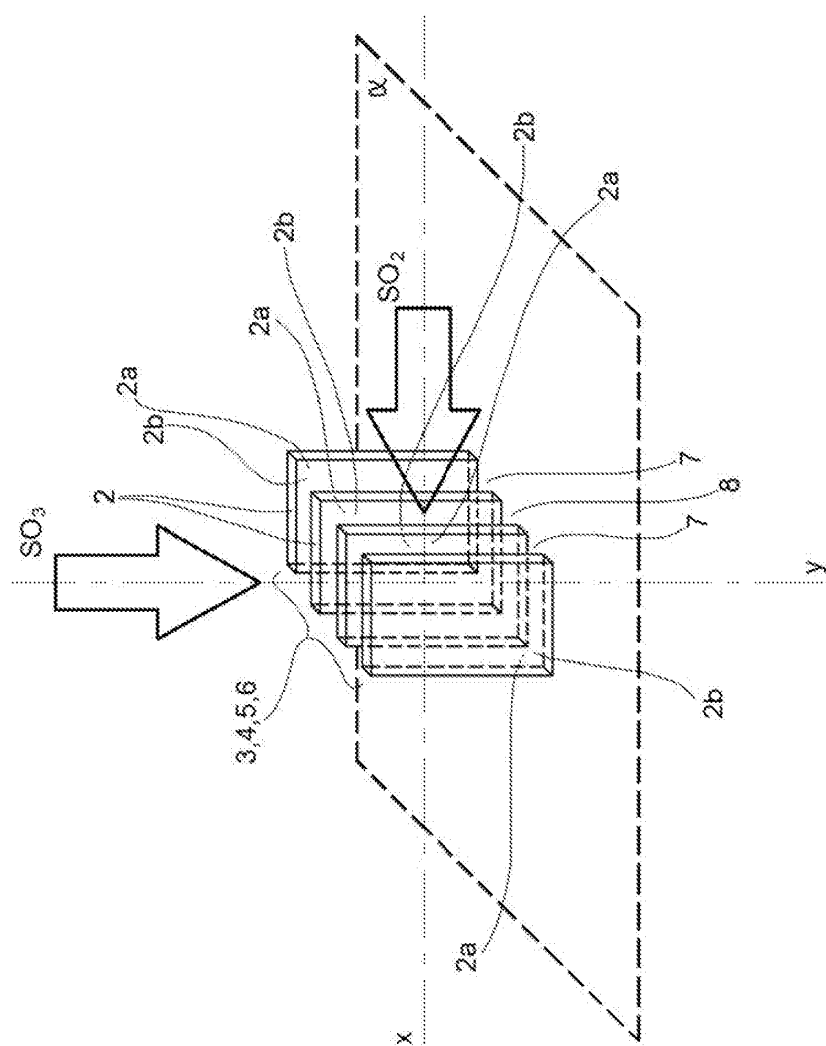


FIG.2

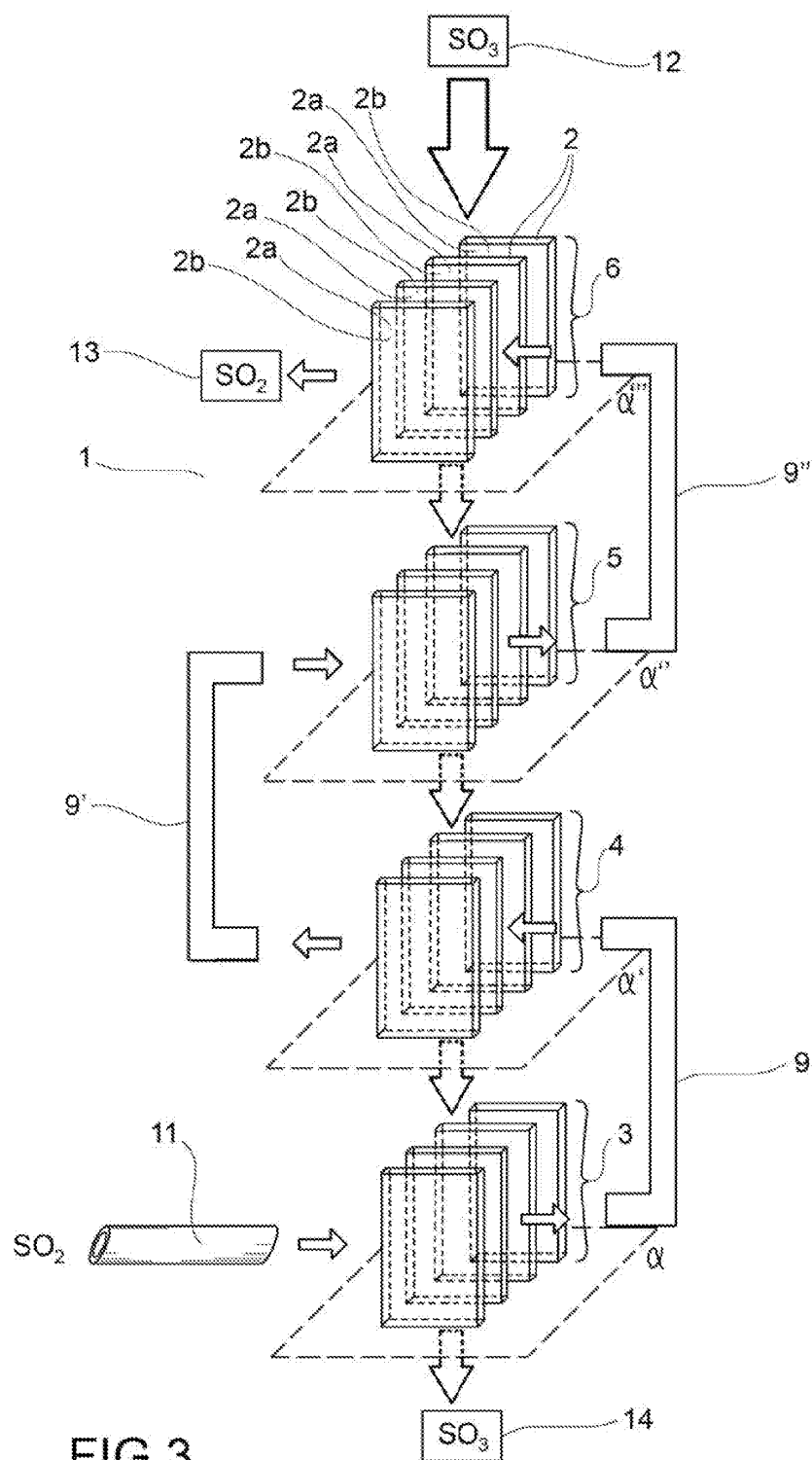
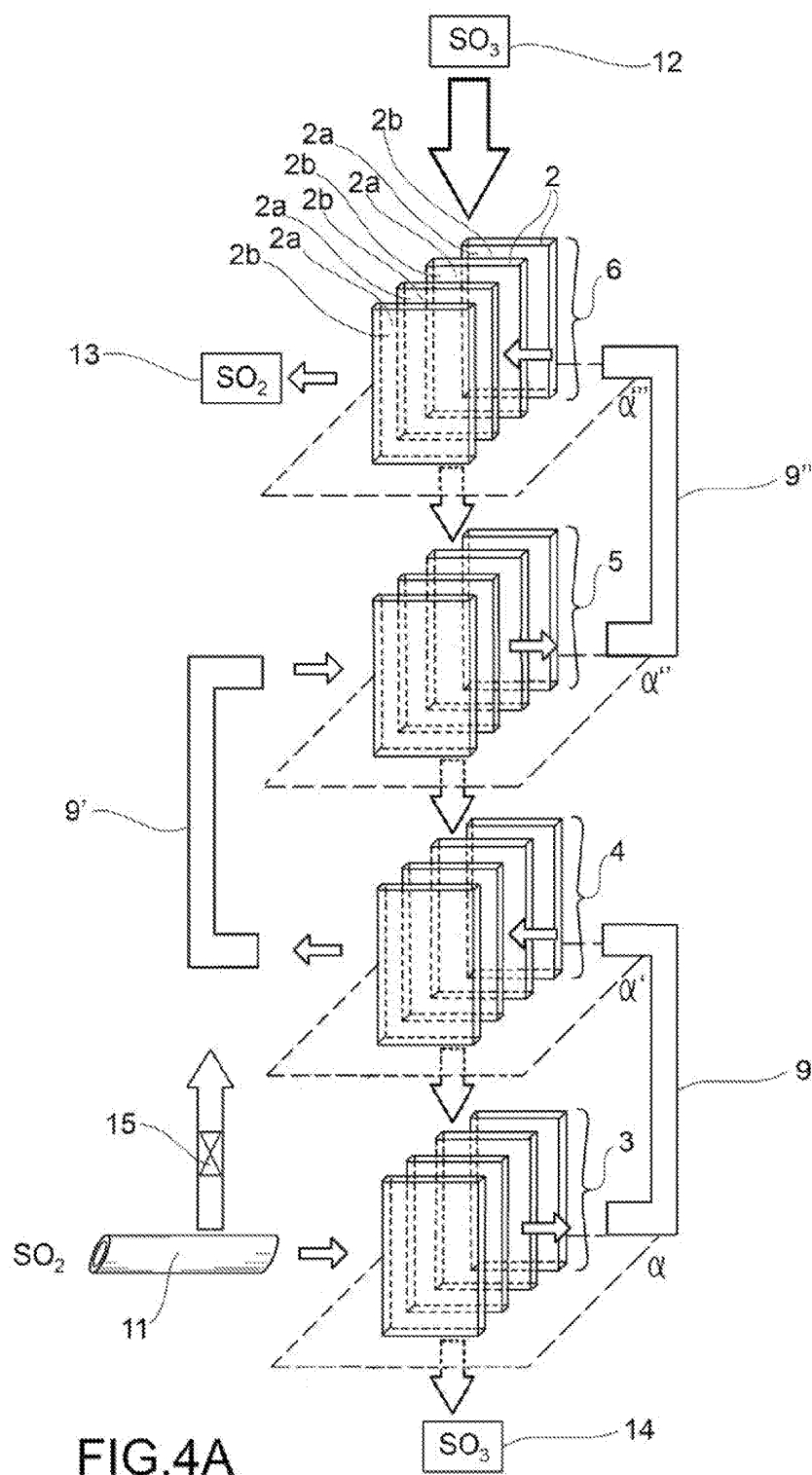
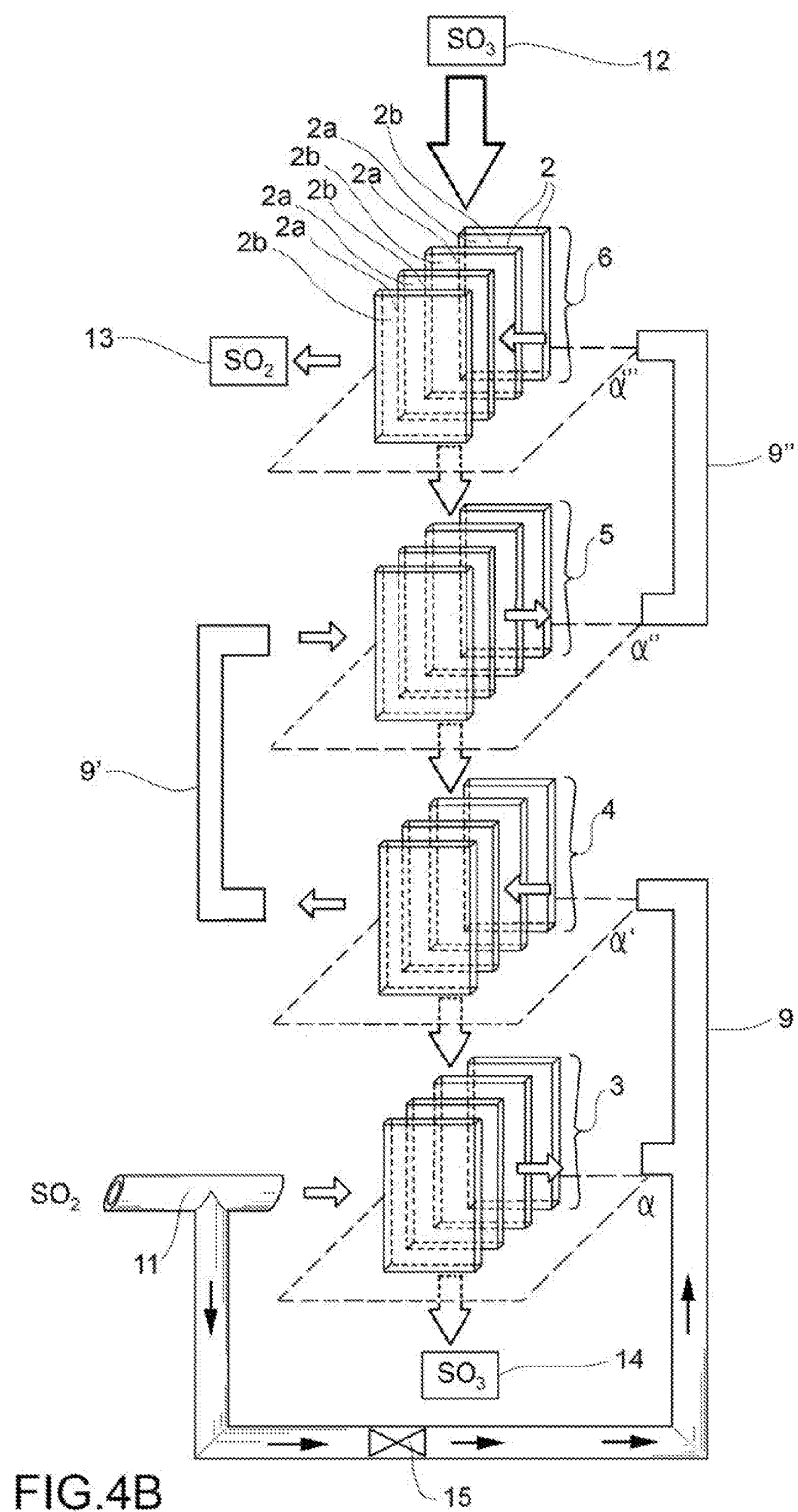


FIG.3





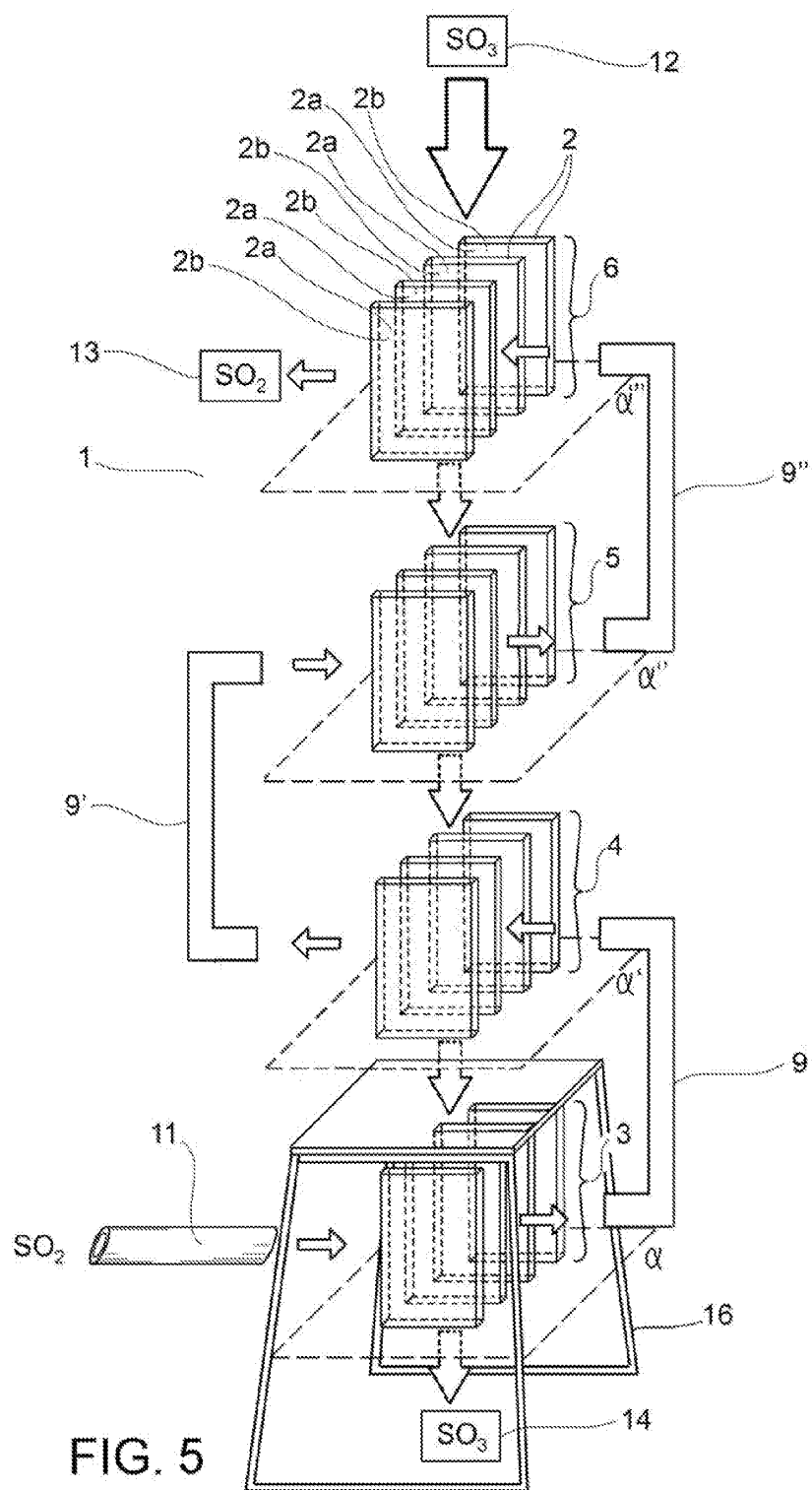


FIG. 5

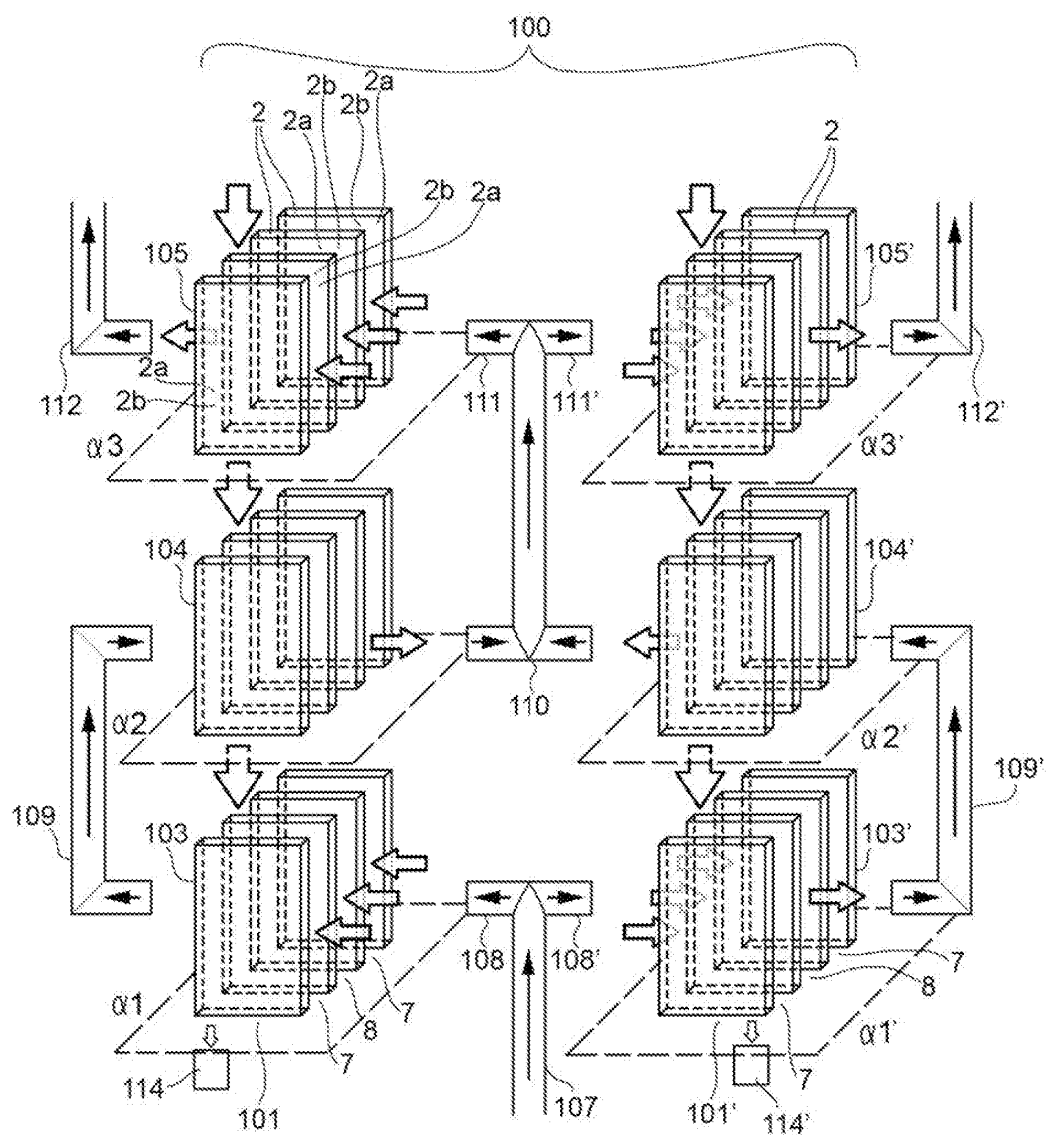
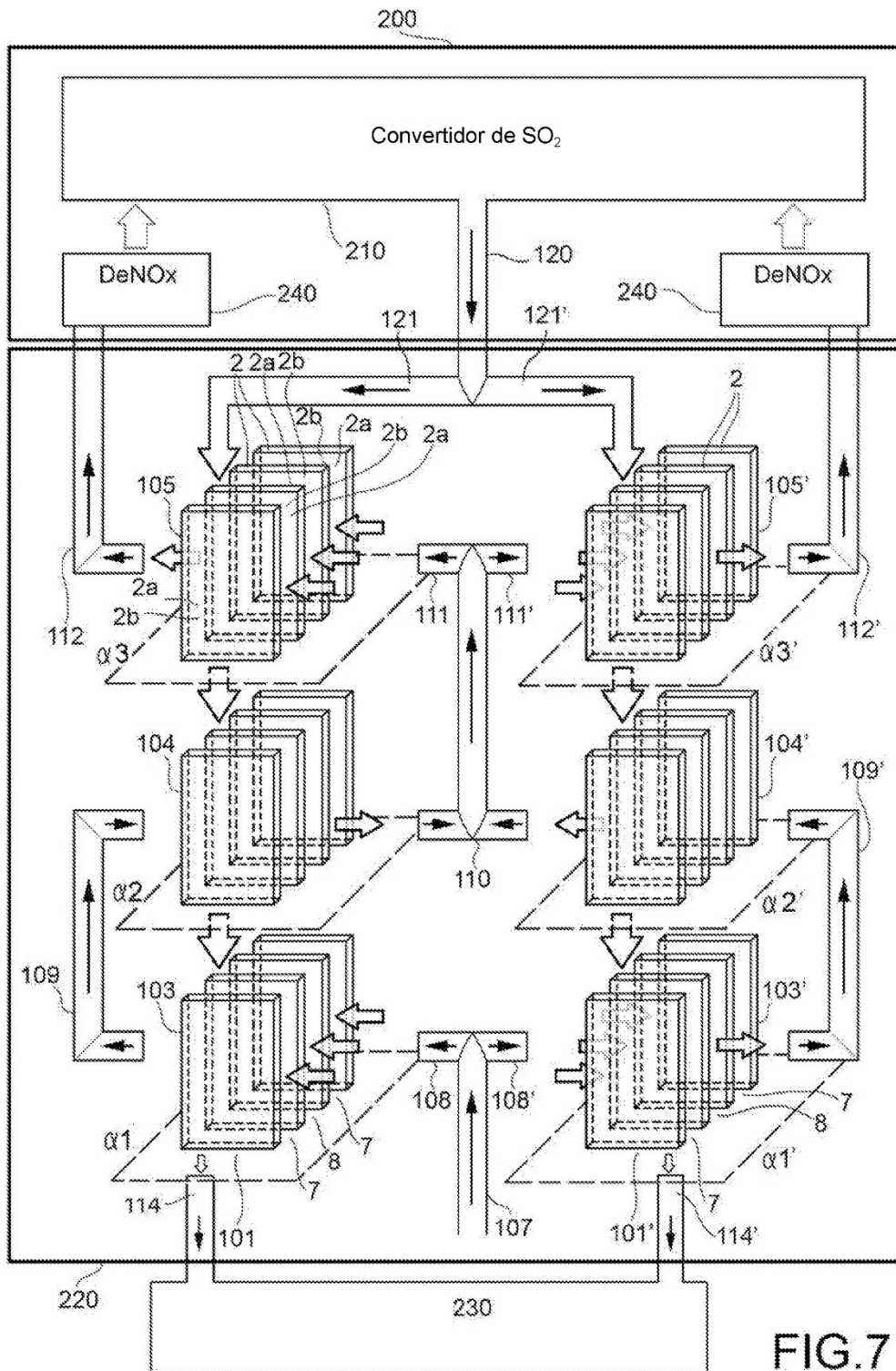


FIG.6



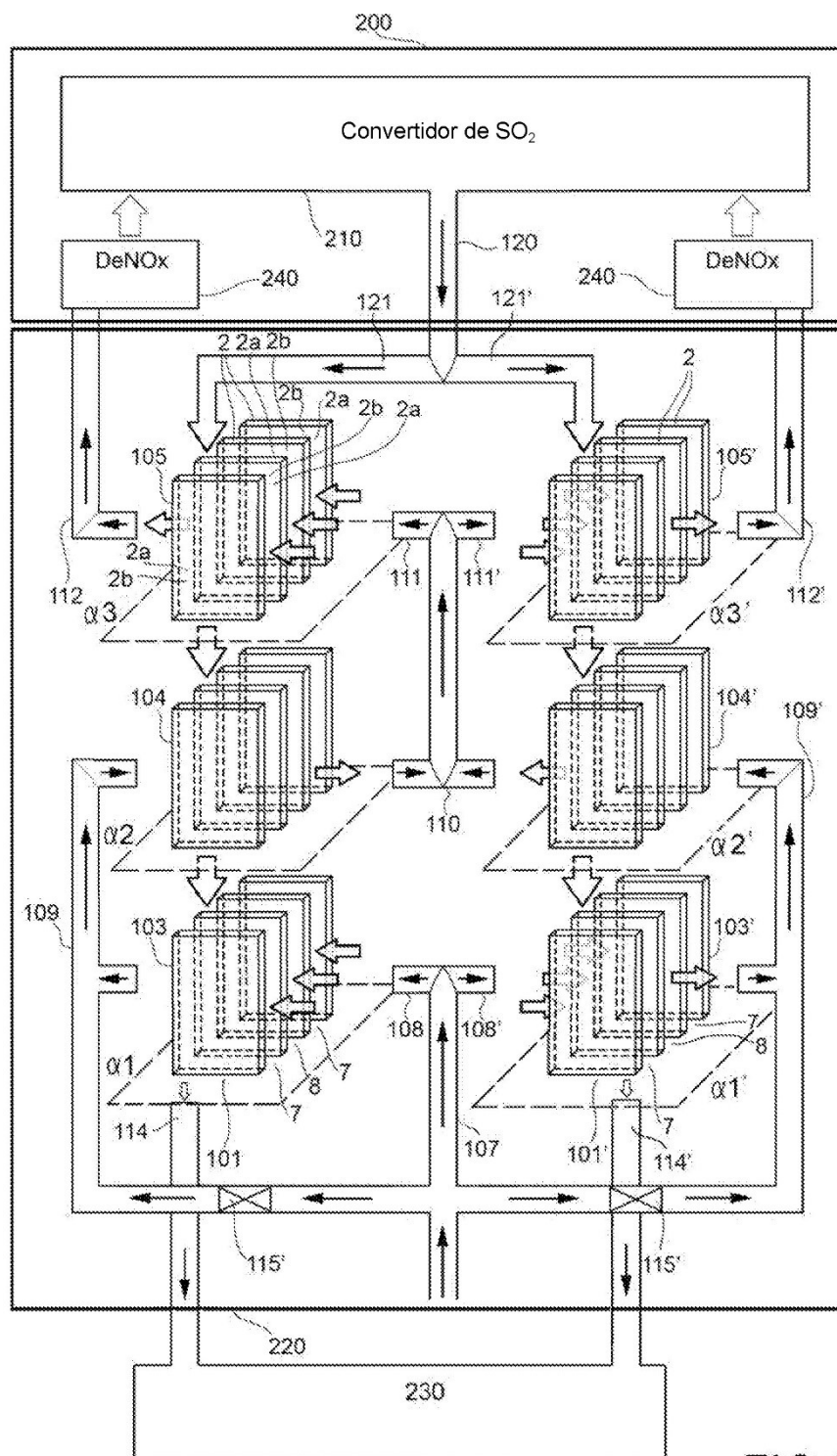


FIG.8A

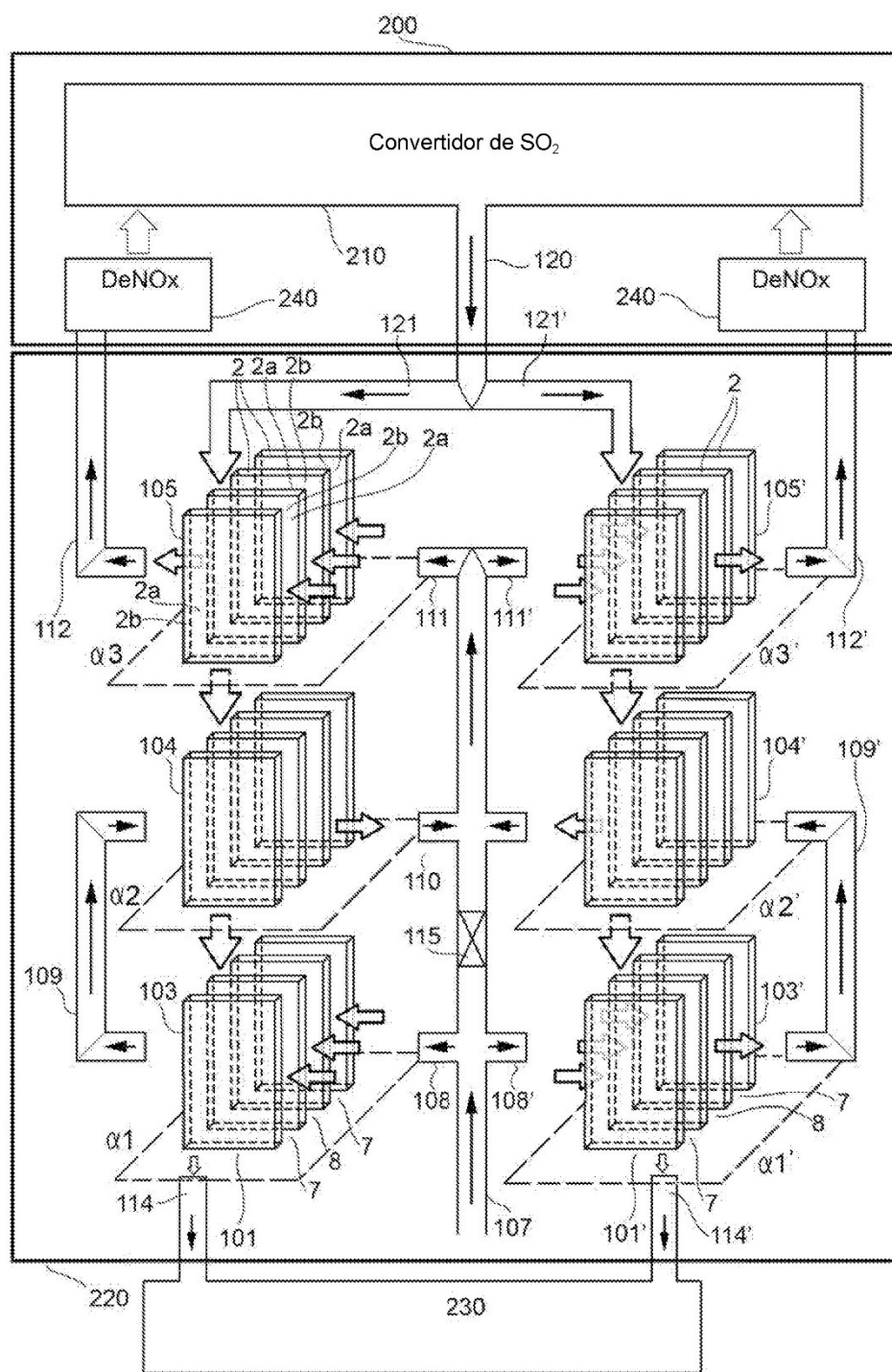


FIG.8B

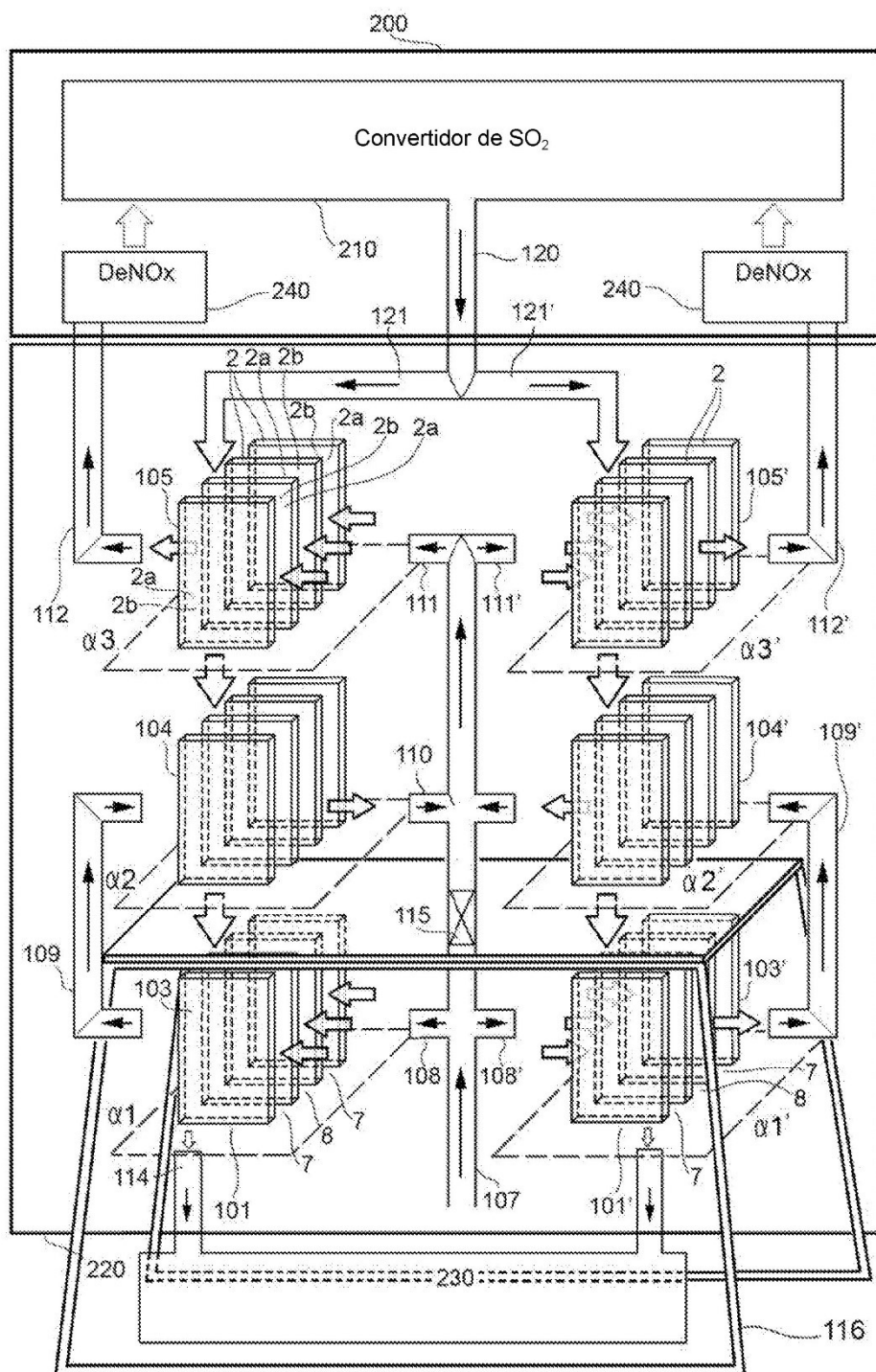


FIG. 9

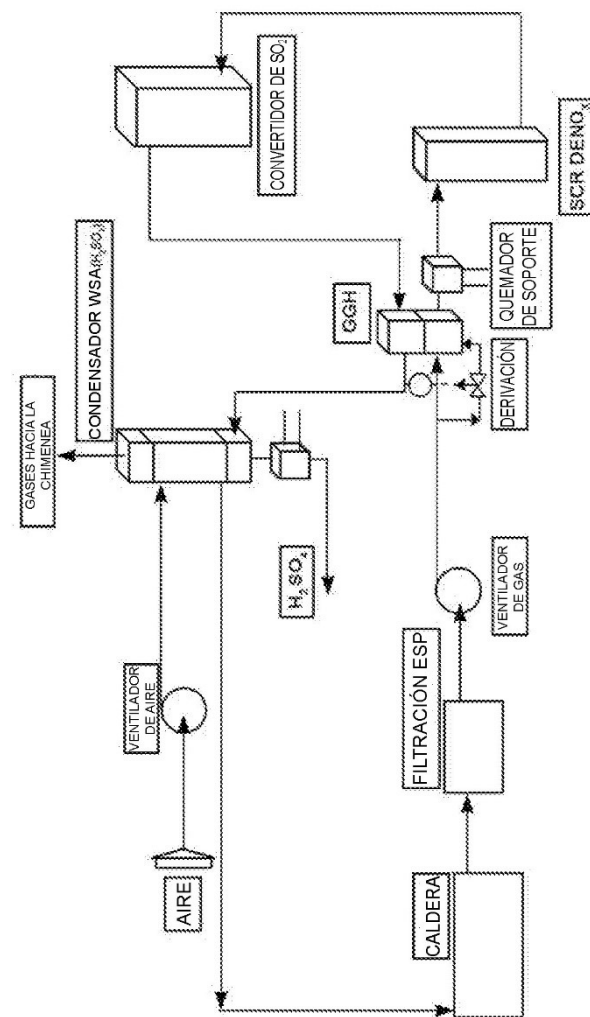


FIG. 10