

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 523 754**

51 Int. Cl.:

B01D 53/00 (2006.01)

B01D 53/62 (2006.01)

F25J 3/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.09.2010 E 10763797 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.08.2014 EP 2488278**

54 Título: **Procedimiento de producción de al menos un gas pobre en CO₂ y de al menos un fluido rico en CO₂**

30 Prioridad:

02.09.2009 FR 0955972

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

01.12.2014

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE SOCIÉTÉ ANONYME POUR
L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS
GEORGES CLAUDE (100.0%)
Direction de la Propriété Intellectuelle 75, Quai
d'Orsay
75007 Paris , FR**

72 Inventor/es:

**MONEREAU, CHRISTIAN;
BOURHY-WÉBER, CLAIRE;
LOCKWOOD, FREDERICK;
TRANIER, JEAN-PIERRE y
WAGNER, MARC**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 523 754 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 de producción de al menos un gas pobre en CO₂ y de al menos un fluido rico en CO₂

La presente invención concierne a un procedimiento de producción de al menos un gas pobre en CO₂ y de al menos un fluido rico en CO₂. Ésta concierne en particular a un procedimiento de captación de dióxido en un fluido que contenga al menos un compuesto más volátil que el dióxido de carbono como por ejemplo el metano CH₄, el oxígeno O₂, el Argón Ar, el nitrógeno N₂, el monóxido de carbono CO, el helio He y/o el hidrógeno H₂.

Esta invención puede aplicarse especialmente a las unidades de producción de electricidad y/o de vapor a partir de combustibles carbonados tales como el carbón, los hidrocarburos (gas natural, fueloil, residuos petrolíferos, ...), la basura doméstica, la biomasa, pero también a los gases de refinerías, de fábricas químicas, de fábricas siderúrgicas o de cementerios, al tratamiento del gas natural a la salida de pozos de producción. Ésta podría aplicarse también a los gases de escape de vehículos de transporte o a los humos de calderas que sirven para la calefacción de edificios.

El dióxido de carbono es un gas de efecto invernadero que, cuando es emitido a la atmósfera, puede ser causa de recalentamiento climático. A fin de resolver este problema medioambiental, una solución consiste en captar, es decir producir un fluido enriquecido en dióxido de carbono que podrá ser más fácilmente aislado.

Los licuadores de CO₂ utilizan actualmente intercambiadores tubulares y no existen intercambiadores que permitan tratar caudales importantes (superiores a aproximadamente 1000 toneladas/día). En el ámbito de la criogenia, las unidades de separación de gas del aire utilizan intercambiadores de aluminio soldado, que ciertamente son compactos pero relativamente caros (aluminio) y generan pérdidas de carga importantes.

Un objetivo de la presente invención es proponer un procedimiento mejorado de captación del dióxido de carbono a partir de un fluido que contenga CO₂ y al menos un compuesto más volátil que éste, poniendo en práctica uno o varios intercambiadores criogénicos capaces de tratar caudales muy importantes (del orden del millón de Nm³/h, representando 1 Nm³ un metro cúbico tomado a una temperatura de 0 °C y una presión de 1 atmósfera), con desvíos de temperatura y pérdidas de carga pequeñas y un coste reducido con respecto a los intercambiadores clásicos de aluminio soldado.

Un procedimiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 es conocido por el documento US-A-2007/277674.

La invención concierne a un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1.

El fluido que hay que tratar proviene en general de una caldera o de cualquier instalación que produzca humos. Estos humos pueden haber experimentado varios pretratamientos, especialmente para eliminar los NOx (óxidos de nitrógeno), el polvo, los SOx (óxidos de azufre) y/o el agua.

Antes de la separación, el fluido que hay que tratar es monofásico, en forma gaseosa o líquida, o bien polifásico. Éste contiene CO₂ que se desea separar de los otros constituyentes del citado fluido. Estos otros constituyentes comprenden al menos uno o varios compuestos más volátiles que el dióxido de carbono en el sentido de la condensación, por ejemplo el metano CH₄, el oxígeno O₂, el Argón Ar, el nitrógeno N₂, el monóxido de carbono CO, el helio He y/o el hidrógeno H₂. Los fluidos que hay que tratar comprenden en general mayoritariamente nitrógeno, o mayoritariamente CO o mayoritariamente hidrógeno. El contenido en CO₂ puede variar de algunos centenares de ppm (partes por millón) de CO₂ a varias decenas de porcientos.

En la etapa a) el fluido que hay que tratar es enfriado en general sin cambio de estado. Los inventores han demostrado que es particularmente ventajoso realizar este enfriamiento al menos en parte por intercambio de calor con al menos una fracción del gas pobre en CO₂ procedente del procedimiento de separación objeto de la etapa b) y esto en uno o varios intercambiadores de tipo regenerativo. De manera complementaria, el enfriamiento puede hacerse en uno u otros varios intercambiadores multifluido por intercambio de calor con los fluidos ricos en CO₂ procedentes del procedimiento de separación.

La etapa a) de enfriamiento del fluido que hay que tratar comprende tres subetapas. La primera (etapa a1) consiste en dividir este fluido al menos en un primer caudal y un segundo caudal. En la segunda (etapa a2) el primer caudal es enviado a uno o varios intercambiadores regenerativos puestos en frío por paso de al menos una fracción de fluido pobre en CO₂ procedente de la etapa b) y el segundo caudal es enviado a uno o varios intercambiadores multifluido, recorridos especialmente por al menos una parte de los fluidos ricos en CO₂ y fríos procedentes de la etapa b). En la tercera (etapa a3), los primero y segundo caudales de fluido que hay que tratar, una vez enfriados, son reunidos antes de ser enviados a la etapa b).

Los intercambiadores regenerativos son intercambiadores en los cuales el fluido caliente cede una parte de su energía a una matriz. El paso intermitente, fluido caliente y después fluido frío, sobre la matriz permite el intercambio de calor entre los dos fluidos. En esta categoría de regeneradores se clasifican los intercambiadores de matriz giratoria y los intercambiadores estáticos o de válvulas. Estos son intercambiadores compactos con una gran

superficie de intercambio debido a la porosidad de la matriz. Estos, a igual superficie, son menos caros y se obstruyen menos debido al barrido alternativo. Por el contrario, el movimiento mecánico de la matriz o el juego de válvulas pueden provocar averías y una mezcla parcial de los fluidos caliente y frío.

Los intercambiadores regeneradores giratorios de matriz giratoria presentan dos tipos de flujo:

- 5 - un flujo axial en donde la matriz está constituida por un disco cuyo eje de rotación es paralelo al flujo;
- un flujo radial en donde la matriz está constituida por un tambor giratorio según un eje perpendicular al flujo.

10 En los intercambiadores regeneradores estáticos (o de válvulas), las matrices son recorridas alternativamente por las corrientes caliente y fría. Estos regeneradores están muy extendidos en siderurgia o en la industria del vidrio. La recuperación de calor en los humos que salen del horno de fusión del vidrio se efectúa con regeneradores estáticos de matriz ordenada, en piezas de cerámica. Cada intercambiador es atravesado sucesivamente por los humos caliente y el aire comburente que hay que precalentar. El calentamiento continuo del baño de vidrio está asegurado por un agrupamiento de los regeneradores por pares. La permutación de los dos gases es periódica (inversión aproximadamente cada treinta minutos). En sitio industrial, la duración total de una campaña de producción está comprendida entre 4 años y 12 años sin paradas. Los regeneradores están concebidos para evitar un atascamiento demasiado rápido de los pasos de fluido. El montaje de las piezas refractarias de la matriz de almacenamiento está perfectamente ordenado.

20 En el caso presente, la matriz (partes internas) del intercambiador son enfriadas periódicamente por el paso de al menos una parte del gas pobre en CO₂ procedente de la etapa b) de separación, después éstas son calentadas por el paso del fluido que hay que tratar. El intercambio de calor entre los dos fluidos es indirecto. El fluido caliente transmite energía térmica a la matriz del intercambiador, mientras que el fluido frío la toma, de modo que hay regeneración periódica del intercambiador. Si se desea un intercambio de calor continuo, es necesario dividir el intercambiador al menos en dos sectores según modalidades conocidas por el especialista en la materia. Mientras que un sector cede calor al fluido frío que le recorre, el otro sector toma calor del fluido que hay que tratar que le recorre, y las funciones se alternan.

25 Los intercambiadores multifluido son realizables tanto en matriz giratoria (múltiples sectores dedicados a cada uno de los fluidos) como en matriz estática.

30 Así, una parte del enfriamiento del fluido que hay que tratar realizado en la etapa a) tiene lugar en uno o varios intercambiadores regenerativos, lo que permite reducir la pérdidas de carga y por tanto la energía consumida, por tanto reducir su coste. Por « una parte del enfriamiento », se quiere decir que una fracción del calor que hay que ceder para obtener el enfriamiento en cuestión es cedida a uno o varios intercambiadores de tipo regenerativos. A tal fin, el fluido que hay que tratar puede ser dividido físicamente y una parte solamente es enviada a los intercambiadores regenerativos. De acuerdo con un modo particular, al menos el 75% de la transferencia de calor necesario para el enfriamiento se efectúa en los intercambiadores regenerativos. Esto puede realizarse haciendo pasar a estos intercambiadores el 75% en masa del fluido que hay que tratar.

35 La etapa b) comprende la separación a baja temperatura del fluido que hay que tratar después de su enfriamiento en la etapa a). Por baja temperatura, se entiende en este caso entre 0 °C y -150 °C. Esta separación es en general isobara. Esta separación produce al menos el fluido pobre en CO₂ que sirve para el enfriamiento realizado en la etapa a), así como uno o varios fluidos ricos en CO₂.

40 De acuerdo con aspectos particulares de la presente invención, ésta puede presentar una o varias de las características siguientes:

- el citado primer caudal obtenido por división en la subetapa a1) representa al menos el 75% en fracción másica del citado fluido que hay que tratar.
- se añade a la citada fracción de gas pobre en CO₂ enviada a los citados intercambiadores regenerativos un fluido dado.
- 45 - los citados intercambiadores regenerativos son de matrices fijas y de circulación radial.
- los citados intercambiadores regenerativos contienen bolas de cuarzo.
- la citada etapa b) es de tipo criocondensación líquida o sólida, absorción, adsorción, y/o permeación. Estos tipos de separación pueden ser puestos en práctica separadamente o en combinación uno con otro.
- los citados intercambiadores regenerativos son compuestos de materiales compatibles con el mercurio.

50 De manera ventajosa, la fracción de fluido que hay que tratar enfriado en uno o varios intercambiadores regenerativos, es decir el primer caudal de fluido que hay que tratar anteriormente mencionado, representa al menos el 75% en masa del fluido que hay que tratar. Esta fracción está preferentemente adaptada al caudal de gas pobre

en CO₂ enviada a los intercambiadores regenerativos de manera que se minimicen los desvíos de temperatura en los intercambiadores en cuestión. De acuerdo con un modo particular, la totalidad del fluido que hay que tratar es enfriado en uno o varios intercambiadores regenerativos.

5 A fin de mejorar el intercambio en los intercambiadores regenerativos, se puede añadir al gas pobre en CO₂ un fluido externo del que se disponga, previamente a su introducción en los intercambiadores regenerativos. Preferentemente, este fluido adicional es a su vez pobre en CO₂. Su la temperatura está comprendida preferentemente entre la del gas pobre en CO₂ procedente de la etapa b) y la del fluido que hay que tratar o del primer caudal procedente de la etapa a1).

10 El lecho radial presenta bajas pérdidas de carga para altos caudales volúmicos que hay que tratar. Las bolas de cuarzo es un ejemplo de material utilizable para la matriz, compatible con la presencia de mercurio en el fluido que hay que tratar y poco caro.

15 La etapa b) de separación puede ser de diferentes tipos. En particular, puede tratarse de una criocondensación líquida o sólida. La criocondensación sólida consiste en solidificar CO₂ inicialmente gaseoso llevando el fluido que hay que tratar a una temperatura por debajo del punto triple del CO₂, mientras que la presión parcial del CO₂ en el fluido que hay que tratar sea inferior a la del punto triple del CO₂. Por ejemplo, la presión total del fluido que hay que tratar es próxima a la presión atmosférica. Esta operación de solidificación es denominada a veces « desublimación » o « antisublimación » del CO₂ y por extensión del fluido que hay que tratar.

20 Ciertos compuestos más volátiles que el CO₂ no se solidifican y se mantienen en el estado gaseoso. Con el CO₂, no solidificado, estos constituirán el citado gas pobre en CO₂, es decir que comprende menos del 50% de CO₂ en volumen y preferentemente menos del 10% de CO₂ en volumen. De acuerdo con un modo particular, el citado gas pobre en CO₂ comprende más del 1% de CO₂ en volumen. De acuerdo con otro modo particular, éste comprende más del 2% del mismo. De acuerdo con otro modo particular, éste comprende más del 5% del mismo. Se forma un sólido que comprende mayoritariamente CO₂, es decir al menos el 90% en volumen llevado al estado gaseoso, preferentemente al menos el 95% en volumen y todavía de modo más preferente al menos el 99% de CO₂ en volumen.

25 Este sólido puede comprender otros compuestos que el CO₂. Pueden citarse por ejemplo otros compuestos que serían igualmente solidificados, o bien burbujas y/o gotas de fluido tomadas en masa en el citado sólido. Esto explica que el sólido pueda no estar constituido puramente por CO₂ sólido. Este « sólido » puede comprender partes no sólidas tales como inclusiones fluidas (gotas, burbujas, etc).

30 Este sólido es a continuación aislado de los componentes no solidificados después de la criocondensación, y recuperado. Después, éste es llevado a condiciones de temperatura y de presión tales que el mismo pase a un estado fluido, líquido o gaseoso. Así pues, puede producirse una licuefacción de al menos una parte del citado sólido. Éste da así nacimiento a uno o varios fluidos primarios ricos en CO₂. Estos fluidos son denominados « primarios » para distinguirlos de fluidos del procedimiento que se denominan « secundarios ». Por « rico en CO₂ » hay que entender « que comprende mayoritariamente CO₂ », en el sentido definido anteriormente.

35 La criocondensación líquida consiste en licuar CO₂ inicialmente gaseoso llevando el fluido que hay que tratar a baja temperatura pero manteniéndole preferentemente por encima de la del punto triple del CO₂, mientras que la presión parcial del CO₂ en el fluido que hay que tratar sea superior a la del punto triple del CO₂.

40 La etapa b) puede también comprender un procedimiento de absorción (por ejemplo con metanol), de adsorción (procedimientos de tipo TSA, PSA, VPSA, VSA, PTSA,...) y/o de permeación (por ejemplo con membranas de tipo polímeros).

45 Contrariamente a los intercambiadores clásicos, los intercambiadores regenerativos no tienen necesidad de estar constituidos de aluminio soldado para ser eficaces en términos de intercambio de calor. Esto constituye una ventaja sustancial cuando en el fluido que hay que tratar están presentes mercurio elemental (Hg) o sus compuestos. Éste es el caso, por ejemplo, cuando el fluido que hay que tratar proviene de la combustión de carbón o de ciertos productos petrolíferos pesados. En efecto, hay que eliminar entonces el mercurio presente en los fluidos vistos por un intercambiador de aluminio, siendo este material corroído por el mercurio. Esta operación no es necesaria para un intercambiador cuyos materiales sean compatibles con el mercurio, es decir no corroídos en las condiciones de funcionamiento del intercambiador. De acuerdo con la invención, al menos una parte del intercambio realizado en la etapa a) es realizada en uno o varios intercambiadores regenerativos, preferentemente compatibles con el mercurio, de modo que haya menos mercurio que extraer. No hay necesidad de eliminar el mercurio si todo el fluido que hay que tratar pasa por intercambiadores regenerativos.

50 La invención será comprendida mejor con la lectura de la descripción y de los ejemplos que siguen, que no son limitativos. Estos se refieren a los dibujos anejos, en los cuales:

55 - la figura 1 muestra una instalación de producción de electricidad a base de carbón con unidades de depuración de los humos,

- la figura 2 muestra una unidad de depuración de los humos de CO₂ a baja temperatura de acuerdo con la invención.

La figura 1 es una vista esquemática de una instalación de producción de electricidad a partir de carbón. Un caudal de aire primario 15 pasa por las unidades 3 en las que el carbón 14 es pulverizado y arrastrado hacia los quemadores de la caldera 1. Un caudal de aire secundario 16 es facilitado directamente a los quemadores a fin de aportar un complemento de oxígeno necesario para una combustión casi completa del carbón. A la caldera 1 es enviada agua 17 para producir vapor 18 que es expandido en una turbina 8 y condensado en un condensador 9. Humos 19 que contienen nitrógeno, CO₂, vapor de agua y otras impurezas experimentan varios tratamientos para eliminar algunas de las denominadas impurezas. La unidad 4 elimina los NO_x por ejemplo por catálisis en presencia de amoníaco. La unidad 5 elimina el polvo por ejemplo por filtro electrostático y la unidad 6 es un sistema de desulfuración para eliminar el SO₂ y/o el SO₃. Las unidades 4 y 6 pueden ser superfluas según la composición del producto requerido. El caudal depurado 24 que proviene de la unidad 6 (o 5 si 6 no está presente) es enviado a una unidad de purificación a baja temperatura 7 por cricondensación para producir un caudal de CO₂ relativamente puro 25 y un caudal residual 26 enriquecido en nitrógeno. Esta unidad 7 es denominada también unidad de captación de CO₂.

La figura 2 es una vista esquemática de la unidad de compresión y de depuración 7 de la figura 1. Los elementos siguientes están presentes:

- compresión del fluido de humos 24 en un compresor 101 especialmente para compensar las pérdidas de carga en los diferentes equipos de la unidad: esta compresión puede ser realizada aguas arriba (en este caso, puede ser también combinada con la compresión denominada de tiro de la caldera), entre 2 equipos o aguas abajo de la unidad 7;
- filtración fina 103 del fluido 30 con niveles inferiores a 1 mg/m³ de las partículas sólidas, preferentemente inferiores a 100 µg/m³ con eliminación de polvo 60;
- enfriamiento del fluido 32 a una temperatura próxima a 0 °C (entre 0 °C y 10 °C) de manera que se condense el vapor de agua que contiene: este enfriamiento puede ser realizado por contacto directo (por ejemplo, torre con inyección de agua a dos niveles, agua fría 36 y agua a temperatura próxima al ambiente 34 con o sin rellenos) o indirecto;
- unidad de eliminación del vapor de agua residual 107, por ejemplo:
 - o adsorción en lechos fijos, lechos fluidificados y/o secador giratorio, pudiendo ser el adsorbente alúmina activada, gel de sílice o un tamiz molecular (3A, 4A, 5A, 13X, ...);
 - o cricondensación en un intercambiador con contacto directo o indirecto;
- enfriamiento del fluido 40 en un intercambiador 109 en el que el fluido es enfriado a una temperatura próxima, pero preferentemente superior, a la temperatura de solidificación del CO₂ situada en los alrededores de - 100 °C si el contenido en CO₂ del fluido es del orden del 15% y la presión próxima a la presión atmosférica;
- se divide el intercambiador 109 en varios intercambiadores en paralelo, especialmente teniendo un intercambiador 112 en el cual una fracción importante del fluido 40 se intercambia con una fracción importante del fluido 44;
- el intercambiador 112 es de tipo regenerativo, preferentemente en las configuraciones siguientes:
 - o intercambiador giratorio
 - o intercambiador de lechos fijos especialmente lechos radiales en el cual el fluido frío entra en el interior.

Por otra parte, se puede desear aumentar el caudal de 46 para equilibrar el intercambio con la totalidad del fluido 40 o adaptar la fracción del fluido 40 de manera que se equilibre el intercambio con la totalidad del fluido 46.

Es igualmente posible utilizar un intercambiador de tipo giratorio para efectuar el intercambio de calor que permita aportar el frío al fluido de procedimiento (42) por debajo de la temperatura de cricondensación de CO₂ (típicamente aproximadamente -100 °C para un gas que contenga aproximadamente el 15% de CO₂ por volumen).

Los intercambiadores giratorios permiten un intercambio de calor particularmente eficaz con un volumen de intercambiador reducido entre dos fluidos de presión y composición similares. Como las cantidades importantes de calor son intercambiadas en el procedimiento de cricondensación de CO₂ una optimización del procedimiento necesita una optimización de esta etapa buscando reducir el coste (menos volumen y materiales menos caros y menores pérdidas de carga al tiempo que se mantengan desvíos de temperaturas razonables).

- 5 - intercambiador 111 de criocondensación sólida de al menos una parte del CO₂ contenido en el fluido 42 de manera que se produzca un fluido empobrecido en CO₂ 44 por ejemplo a una temperatura del orden de -120 °C; esta temperatura es elegida en función de la tasa de captación prevista; con dicha temperatura el contenido en el fluido 44 es del orden del 1,5%, o sea una tasa de captación del 90%; en este intercambiador se produce CO₂ sólido 62; este intercambiador puede corresponder a varios tipos de procedimiento y de tecnología;
 - 10 o intercambiador de criocondensación sólida en continuo en el cual se produce CO₂ sólido en forma de nieve carbónica que se extrae por ejemplo por un husillo y que se le presuriza para introducirle en un baño de CO₂ líquido 121 a una presión superior a la del punto triple del CO₂; esta presurización puede ser realizada también en « lotes » en un sistema de silos; esta criocondensación sólida en continuo puede ser realizada en las tecnologías siguientes:
 - 15 ▪ intercambiador de superficie raspada, siendo los raspadores por ejemplo de tornillo de manera que se favorezca la extracción del sólido
 - intercambiador de lecho fluidificado de manera que se arrastre la nieve carbónica y se limpien los tubos por partículas por ejemplo de densidad superior a la de la nieve carbónica
 - intercambiador con extracción de sólido por vibraciones, ultrasonidos, efecto neumático o térmico (recalentamiento intermitente para la caída de la nieve carbónica)
 - 20 ▪ acumulación sobre una superficie lisa, con una caída periódica « natural » en un recipiente
 - o intercambiador de criocondensación sólida en « lotes »: en este se caso se utilizan alternativamente varios intercambiadores en paralelo para realizar la criocondensación sólida del CO₂ y después aislados, presurizados a una presión superior a la del punto triple del CO₂ de manera que se licue el CO₂ sólido y que eventualmente se vaporiza parcialmente
- 25 - el fluido 46 es recalentado en el intercambiador 109 y después eventualmente dividido en 2 partes, una para regenerar la unidad de eliminación de vapor residual, la otra (facultativa) para producir agua fría por evaporación en una torre de contacto directo introduciendo un fluido seco 50 que va a saturarse en agua vaporizando una parte.
- 30 - un ciclo con turbina(s) de expansión isoentrópica producen el frío entre -100 °C y - 120 °C para la criocondensación sólida y entre - 56 °C y - 100 °C para completar el déficit de frigorígenos en esta parte del intercambiador 109; este ciclo puede ser con un fluido auxiliar rico en argón o nitrógeno, o ser una fracción del fluido 48
- un baño de CO₂ líquido, 121, en el cual es vertido el CO₂ sólido 62. El baño contiene un dispositivo para asegurar el intercambio de calor con el fluido 74 que sería por ejemplo CO₂ puro
- 35 - el CO₂ sólido se funde en el baño, y el calor latente así como el calor sensible son evacuados por el fluido 72
- los frigorígenos en el fluido 72 pueden se utilizados después en otra parte en el procedimiento
- los elementos 111 y 121 forman conjuntamente una unidad de separación que produce un gas 44 pobre en CO₂ y varios fluidos ricos en CO₂ 66, 68, 70
- 40 - la vaporización de CO₂ líquido completa la aportación de frío entre 0 °C y - 56 °C a niveles de presiones diferentes (por ejemplo a dos niveles, fluidos 66 y 68), siendo el fluido 70 presurizado a una presión tal que no se vaporice y por tanto solamente se intercambie calor sensible.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de producción de al menos un gas pobre en CO₂ (44) y de uno o varios fluidos ricos en CO₂ (66, 68, 70) a partir de un fluido que hay que tratar (40) que contiene CO₂ y al menos un compuesto más volátil que el CO₂, que pone en práctica al menos las etapas siguientes:
- 5 a) enfriamiento (109, 112) del citado fluido que hay que tratar (40); y
- b) separación (110) del citado fluido (42) enfriado en la etapa a) en el citado gas pobre en CO₂ (44) y de uno o varios fluidos ricos en CO₂ (66, 68, 70);
- en el cual al menos una parte del enfriamiento realizado en la citada etapa a) es realizada por intercambio de calor con al menos una fracción del citado gas pobre en CO₂ (44) en uno o varios intercambiadores regenerativos (112) y
- 10 caracterizado por que la citada etapa a) comprende las subetapas siguientes:
- a1) división del citado fluido que hay que tratar (40) en al menos un primer y un segundo caudal (140, 240);
- a2) enfriamiento del citado primer caudal (140) en los citados intercambiadores regenerativos (112) por intercambio de calor con al menos una fracción del gas pobre en CO₂ (44) obtenido en la etapa b) que conduce a un primer caudal enfriado (142), y enfriamiento del citado segundo caudal (240) en un
- 15 intercambiador multifluido (109) por intercambio de calor con al menos una parte de los fluidos ricos en CO₂ (66, 68, 70) obtenidos en la etapa b) que conduce a un segundo caudal enfriado (242); y
- a3) reunión de al menos el citado primer caudal enfriado (142) y el citado segundo caudal enfriado (242) para formar un tercer caudal enfriado (42), siendo enviado el citado tercer caudal (42) a la citada etapa b) de separación.
- 20 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el citado primer caudal (140) obtenido por división en la subetapa a1) representa al menos el 75% en fracción másica del citado fluido que hay que tratar (40).
3. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, caracterizado por que se añade un fluido dado (47) a la citada fracción de gas pobre en CO₂ (44) enviada a los citados intercambiadores regenerativos (112).
- 25 4. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que los citados intercambiadores regenerativos (112) son de matrices fijas y de circulación radial.
5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado por que los citados intercambiadores regenerativos (112) contienen bolas de cuarzo.
6. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que la citada etapa
- 30 b) es de tipo criocondensación líquida o sólida, absorción, adsorción, y/o permeación.
7. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que los citados intercambiadores regenerativos (112) están compuestos de materiales compatibles con el mercurio.

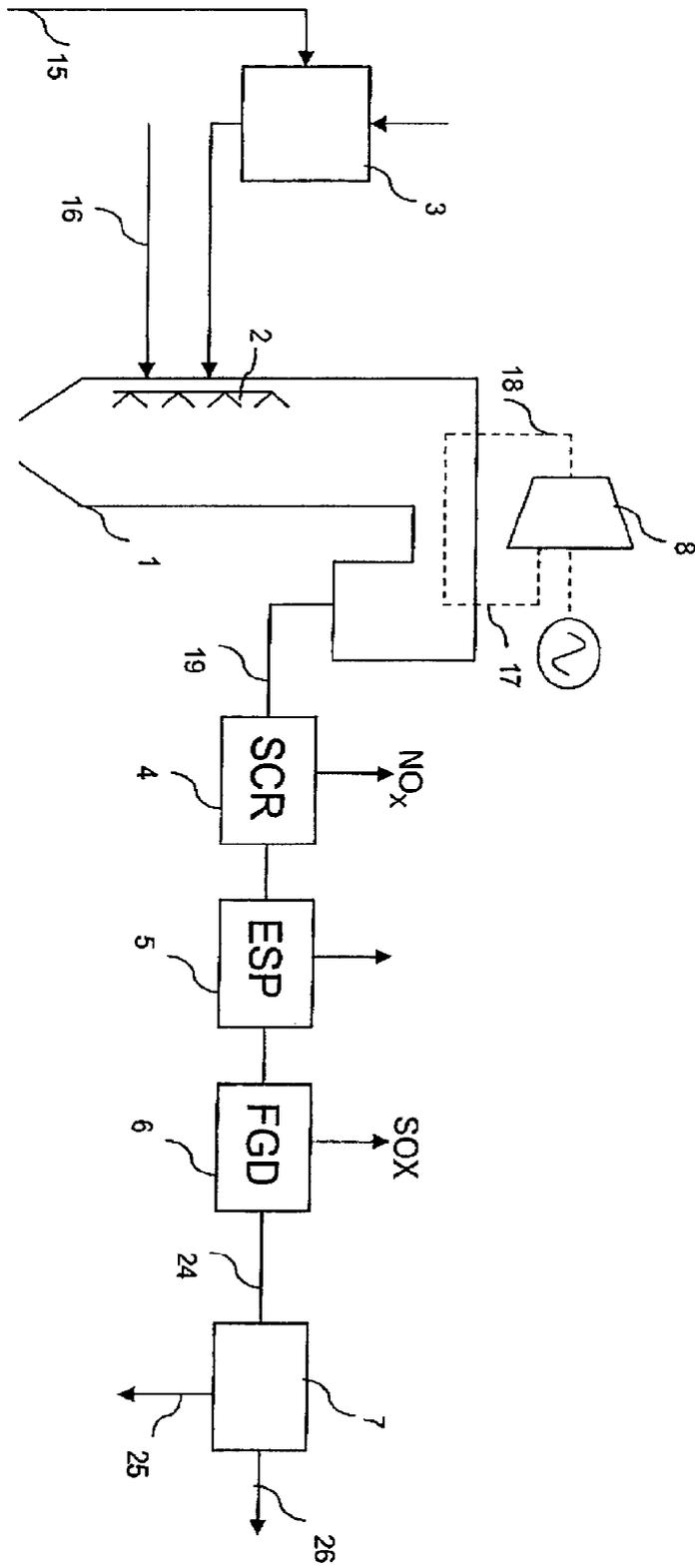


FIG. 1

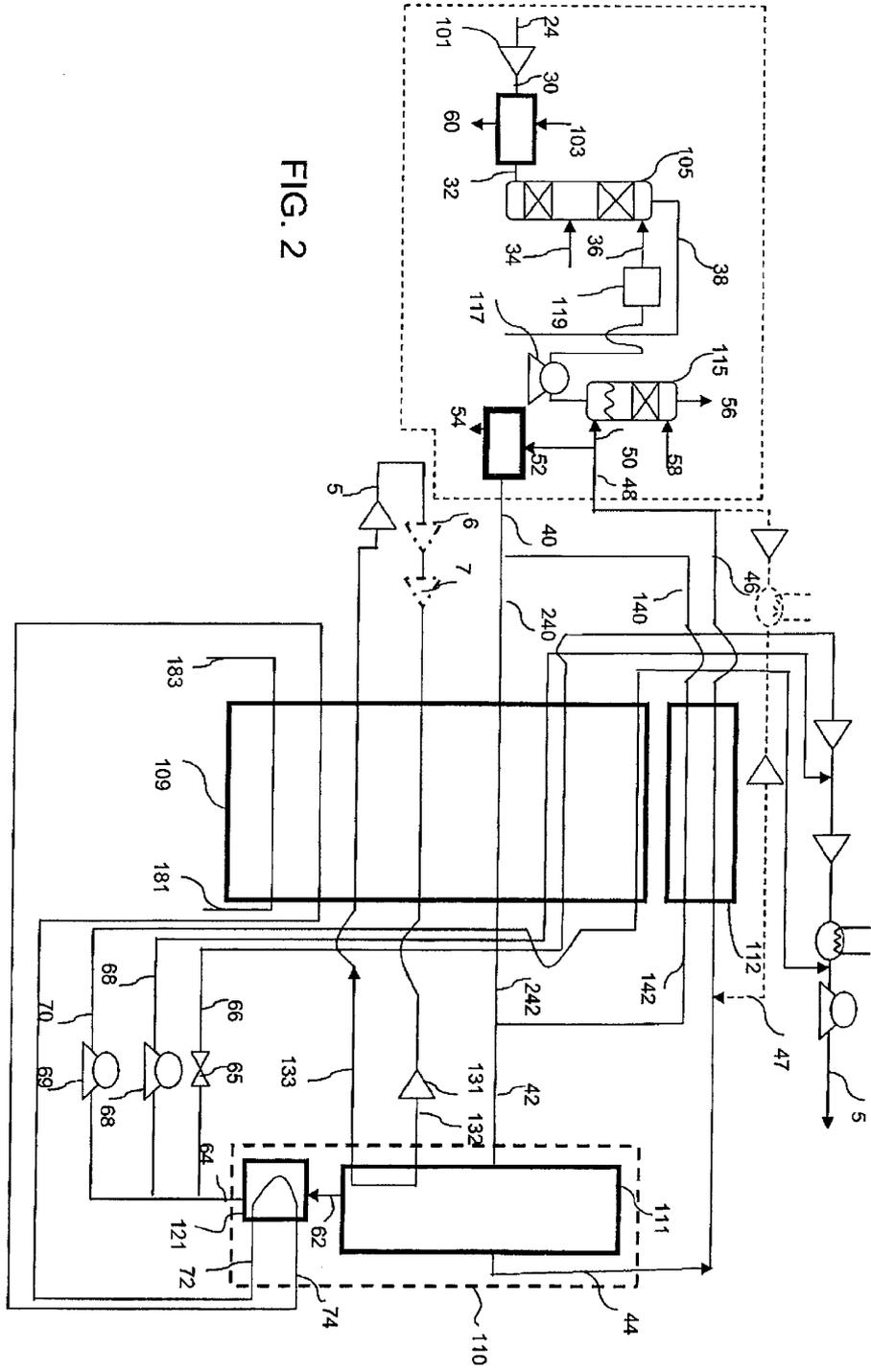


FIG. 2