

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 561 386**

51 Int. Cl.:

**B01D 53/56** (2006.01)  
**B01D 53/75** (2006.01)  
**B01D 53/79** (2006.01)  
**B01D 53/83** (2006.01)  
**B01D 53/86** (2006.01)  
**B01D 53/96** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.07.2014 E 14176701 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.12.2015 EP 2823875**

54 Título: **Proceso de depuración de humos de combustión**

30 Prioridad:

**12.07.2013 FR 1356898**

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

**25.02.2016**

73 Titular/es:

**LAB SA (100.0%)  
259 avenue Jean Jaurès  
69007 Lyon, FR**

72 Inventor/es:

**SIRET, BERNARD y  
TABARIES, FRANCK**

74 Agente/Representante:

**PONTI SALES, Adelaida**

**ES 2 561 386 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

Proceso de depuración de humos de combustión

5 **[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento de depuración de humos de combustión.

**[0002]** Durante la combustión de materias como el carbón o el fuelóleo, por ejemplo a fin de producir energía o bien la incineración de residuos, los humos resultantes de la combustión contienen una proporción apreciable de óxidos de nitrógeno y no pueden ser liberados a la atmósfera sin tratamiento. Otros contaminantes, en particular  
10 unos gases ácidos como el ácido clorhídrico o el dióxido de azufre, se emiten igualmente, así como polvo y partículas sólidas.

**[0003]** De una manera general, varias tecnologías de eliminación de los óxidos de nitrógeno están disponibles y son bien aceptadas industrialmente. En primer lugar, para eliminar los óxidos de nitrógeno, se puede  
15 actuar al nivel de la combustión propiamente dicha. Unos quemadores denominados «bajo NOx» se pueden utilizar en el caso de la combustión de carbón o de fuelóleo, o bien se puede modificar el exceso de aire o su superposición de forma que, en las zonas muy calientes de combustión, la formación de los óxidos de nitrógeno, a partir del nitrógeno del aire, se minimice. Se ha propuesto igualmente enriquecer la atmósfera de combustión de oxígeno o bien reciclar el dióxido de carbono para llevar a cabo este efecto. Este enfoque está limitado en su eficacia y resulta  
20 poco cómodo de aplicar en el marco de la incineración de residuos. En todos los casos, esta solución no puede ser suficiente de ningún modo para llevar el contenido de óxidos de nitrógeno en los humos de combustión por debajo de 100 mg/Nm<sup>3</sup> en general.

**[0004]** Un segundo enfoque consiste en introducir, en una zona particular de la combustión, un reactivo de  
25 desnitrificación, usualmente amoníaco o urea. Este reactivo se descompone entonces y los radicales generados reaccionan para impedir la formación de los óxidos de nitrógeno y destruir los ya formados. Una vez más, esta solución tiene unos límites y es difícil superar unos rendimientos de destrucción de más del 70%, salvo que se acepte una fuga de amoníaco que supere la decena de mg/Nm<sup>3</sup>. Además, para el caso particular de la incineración de residuos, no se puede obtener mucho más que 120 mg/Nm<sup>3</sup> de óxidos de nitrógeno sin tener una fuga de  
30 amoníaco importante. Esta solución, denominada no catalítica y selectiva, que está designada frecuentemente por el anagrama SNCR (para « Selective Non Catalytic Reduction»), no es suficiente para responder a las necesidades de las unidades modernas.

**[0005]** Actualmente, la técnica seguida cuando se necesita obtener unos contenidos de óxidos de nitrógeno  
35 inferiores a 80 mg/Nm<sup>3</sup> consiste en recurrir a una desnitrificación catalítica y selectiva, denominada SCR (para « Selective Catalytic Reduction»). Se hacen reaccionar los óxidos de nitrógeno con un reactivo apropiado sobre un catalizador mantenido a una temperatura relativamente elevada. El reactivo empleado es característicamente amoníaco o incluso urea. Si esta técnica está bien controlada ahora, ciertas restricciones y limitaciones, como la existencia de tóxicos tales como los óxidos alcalinos, el fósforo y el arsénico, así como la existencia de compuestos  
40 que pueden depositarse y bloquear los poros del catalizador, tales como unos sulfatos, unos sulfatos de hidrógeno de amonio, SO<sub>3</sub>, etc. obligan ya sea a una depuración minuciosa de los humos que se van a tratar, o a efectuar la desnitrificación a una temperatura superior a 250 °C para limitar el impacto de estos tóxicos y compuestos que desactivan el catalizador. Esto es particularmente cierto para las instalaciones de incineración de residuos cuyos humos de combustión contienen una variedad de contaminantes mucho más considerable que para las unidades de  
45 combustión de gas y carbón.

**[0006]** En la práctica, las unidades de combustión están a menudo ya equipadas con medios de  
desnitrificación SNCR pero, puesto que estos últimos no son suficiente para obtener unos niveles de óxidos de nitrógeno bastante bajos para satisfacer las exigencias reglamentarias siempre más estrictas, es necesario añadir,  
50 después del tratamiento de los humos existente, un reactor de desnitrificación SCR. Si esta opción permite hacer trabajar el reactor SCR en buenas condiciones, su integración térmica solo puede realizarse al precio de intercambiadores costosos, de tipo proceso-proceso. Además, la añadidura de estos equipamientos, a saber los reactores SCR y los intercambiadores proceso-proceso, genera una pérdida de carga suplementaria y coste de energía.

55 **[0007]** Se han propuesto unos sistemas híbridos, en los cuales se acopla una desnitrificación SCR a una desnitrificación SNCR. En tal enfoque, un reactor dedicado sigue siendo necesario y, solo para la desnitrificación de los humos, dos sistemas y sus equipamientos asociados son por tanto necesarios, a saber uno para la desnitrificación SCR y el otro para la desnitrificación SNCR.

**[0008]** Por su parte, DE-A-196 12 240 divulga un procedimiento de desnitrificación, en el cual los humos que se van a tratar se desnitrifican enviándolos en un eliminador de polvo, tras haberlos mezclado con un catalizador de desnitrificación, en forma pulverulenta y con amoníaco o urea, que se introducen directamente en los humos, como  
 5 adición de materias frescas. Además, el catalizador se recicla por, sucesivamente recuperación de una fracción de los sólidos recogidos por el eliminador de polvo, reactivación de esta fracción en una unidad ad hoc alimentada de aire caliente y reenvío de la salida de esta unidad en los humos que se van a tratar antes del eliminador de polvo. Aunque tal procedimiento parezca prometedor, DE-A-196 12 240 es poco preciso, incluso no aporta información, en cuanto a ciertos parámetros indispensables para su aplicación. Además, la utilización de aire caliente para alimentar  
 10 la unidad de reactivación vuelve poco viable la aplicación de este procedimiento: una fuente de aire caliente solo está muy raramente disponible en las zonas industriales de desnitrificación de humos e incluso en el caso en que tal fuente esté disponible o bien creada, se plantea entonces la cuestión de la viabilidad económica de su utilización, en el sentido en que DE-A-196 12 240 no aporta información en cuanto a la temperatura mínima requerida para este aire caliente mientras que el valor de esta temperatura mínima es necesariamente sustancial, típicamente próximo a  
 15 300 °C, para esperar reactivar suficientemente el catalizador.

**[0009]** Por último, se ha propuesto, en FR 2 934 790, integrar un catalizador para desnitrificación SCR, en el plenum de salida de un electrofiltro o bien en los tubos de este último, a fin de aprovechar un exceso de reactivo de desnitrificación SNCR que no haya reaccionado. Este enfoque utiliza una sinergia feliz entre los dos procedimientos,  
 20 cuando se llevan a cabo en un modo particular, pero necesita siempre dos sistemas, uno para la desnitrificación SCR y el otro por la desnitrificación SNCR.

**[0010]** Por otro lado, los otros contaminantes presentes en los humos, como los óxidos de azufre, el ácido clorhídrico y el ácido fluorhídrico, así como el mercurio, por citar solo unos cuantos, deben ser tratados también.  
 25 Tradicionalmente, se utilizan unas unidades especialmente dedicadas a estos contaminantes, por ejemplo unos filtros de mangas, unos electrofiltros con inyección de un reactivo o incluso unos depuradores húmedos. Se han propuesto unas tecnologías híbridas, que captan a la vez los óxidos de azufre y de nitrógeno, pero no tratan los contaminantes como el mercurio o las dioxinas.

**[0011]** Una vez recordado esto, la invención tiene como objeto proponer un procedimiento de depuración de humos de combustión, que permite una depuración fiable de los contaminantes de los humos que se van a tratar, ya sea mucho más económica y mejor integrada.

**[0012]** A tal efecto, la invención tiene como objeto un procedimiento de depuración de humos de combustión  
 35 que contienen óxidos de nitrógeno y unos contaminantes ácidos, tal como se define en la reivindicación 1.

**[0013]** Así, conforme a la invención, se combinan para el tratamiento de humos de combustión, las etapas siguientes:

- 40 - una desnitrificación de tipo SNCR, en la cual se introduce, en una zona de temperatura comprendida entre 750 °C 1.150 °C, un agente reactivo tal como el amoníaco (NH<sub>3</sub>) o la urea. La cantidad de agente reactivo inyectada se ajusta de forma que solo se realice una desnitrificación parcial, que está limitada habitualmente entre el 40 y el 80%. Esto permite llevar a cabo una desnitrificación previa, a la vez que se limitan los efectos secundarios que tendría una desnitrificación demasiado presionada, como la aparición de protóxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O); y
- 45 - una depuración complementaria de los humos que hayan soportado la desnitrificación parcial precitada, depuración complementaria en la cual, a la vez, se finaliza la desnitrificación de los humos y se asegura la captación de los otros contaminantes. Para ello, una mezcla reactiva, que contiene un catalizador de desnitrificación, en forma dividida, y al menos un reactivo básico apto para asegurar la captación de los contaminantes ácidos, se inyecta antes de un preparador gas-sólidos. La circulación en este separador gas-sólidos de los humos, en presencia combinada del  
 50 catalizador dividido y del reactivo básico, tal como cal viva, cal hidratada, magnesita o bicarbonato de sodio, asegura la captación o la destrucción de los contaminantes presentes en estos humos.

**[0014]** Se observará que, para el experto en la materia, no es natural considerar combinar, en una sola depuración, la captación de contaminantes ácidos y la eliminación de los óxidos de nitrógeno en un catalizador de  
 55 desnitrificación, teniendo tendencia el reactivo alcalino de tratamiento de los contaminantes ácidos a desactivar el catalizador de la mezcla reactiva introducida en los humos enviados al separador gas-sólidos. Gracias a la invención, tal depuración se aplica ya que el catalizador es reactivado permanentemente por el reactor de reactivación alimentado de vapor de agua y se recircula, lo que neutraliza este efecto negativo.

**[0015]** En comparación con una regeneración de aire caliente, la regeneración de vapor de agua, conforme a la invención, presenta entre otras ventajas que, teniendo en cuenta la afinidad del vapor de agua para el amoníaco, el amoníaco penetra más fácilmente en el interior de poros saturados en vapor de agua que en unos poros saturados en aire seco. Además, la capacidad calorífica del vapor de agua es mayor (0,473 cal/g/°C a 230 °C) que la del aire (0,247 cal/g/°C a 230 °C) y la viscosidad es más reducida para el vapor de agua (1,74e-5 Pa.s a 230 °C) que para el aire (2,70e-5 Pa.s a 230 °C), lo que facilita la transferencia térmica, la difusión de las especies que se van a desorber y globalmente el recalentamiento regenerativo. Por otra parte, en la práctica, el vapor de agua es un fluido comúnmente disponible en las zonas industriales de tratamiento de los humos. Por otro lado, el experto en la técnica no es llevado, en el ámbito de la invención, a considerar naturalmente el vapor de agua como fluido de regeneración ya que se conoce que el agua deprime la eficacia de desnitrificación de ciertos catalizadores. No obstante, es necesario entender bien que la exposición a una atmósfera muy rica en agua solo se realiza en el reactor de activación y que inmediatamente en contacto con los humos, el catalizador se reequilibra con las condiciones de los humos. Por otro lado, las capacidades de preparación de especies variadas, orgánicas o minerales y que pueden contaminar el catalizador son conocidas por los químicos que practican las preparaciones «al vapor» con fines de purificación.

**[0016]** En la práctica, el procedimiento conforme a la invención se aplica al tratamiento de los humos de combustión de manera general, más particularmente al tratamiento de los humos de combustión de residuos domésticos, de residuos industriales o de residuos especiales.

**[0017]** Unas características adicionales ventajosas del procedimiento conforme a la invención se especifican en las reivindicaciones dependientes.

**[0018]** La invención se comprenderá mejor con la lectura de la descripción que aparece a continuación, dada únicamente a título de ejemplo y realizada en referencia a la única figura 1 que es una vista esquemática que ilustra una instalación de aplicación de un procedimiento conforme a la invención.

**[0019]** En referencia a la figura 1, esta instalación comprende una unidad de combustión 101 que quema, por ejemplo pero de manera no exclusiva, unos residuos domésticos, unos residuos industriales o unos residuos especiales. Esta unidad 101 recibe un flujo 10 de un agente reactivo destinado a realizar una desnitrificación no catalítica y selectiva, denominada SNCR, de los humos producidos por la unidad de combustión. De una manera conocida en sí, el agente reactivo 10 está constituido de amoníaco, de urea sólida o de una solución de urea en el agua y se inyecta en una zona de la unidad de combustión 101, en la cual la temperatura de los humos está comprendida entre 750 y 1.050 °C, preferentemente entre 850 y 1.100 °C.

**[0020]** Esta desnitrificación de tipo SNCR, que se puede calificar de desnitrificación preliminar por razones que se mostrarán más adelante, presenta un rendimiento fijado de manera voluntaria en un valor comprendido entre el 40% y el 80%, preferentemente entre el 50% y el 70%, y esto ajustando el caudal del flujo de agente reactivo 10 que alimenta la unidad de combustión 101. Esto significa que, en la salida de la unidad de combustión 101, entre el 40% y el 80% de los óxidos de nitrógeno (NO y NO<sub>2</sub>) se han eliminado de los humos de combustión, siendo así los humos 1 que salen de la unidad 101 ya parcialmente desnitrificados, con respecto a una situación en la que ningún agente reactivo de desnitrificación se inyectará. Se recuerda que, como se presenta en el preámbulo del presente documento, es técnicamente posible obtener un rendimiento de desnitrificación SNCR superior al 80%, pero se obtiene al precio de efectos secundarios importantes, no deseados, como la aparición de protóxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O), así como un consumo excesivo de agente reactivo de desnitrificación.

**[0021]** Es necesario no obstante comprender bien que un exceso de agente reactivo 10, o de sus subproductos de descomposición, a saber amoníaco, urea o ácido isocianico, es deseable ya que, como se explica más adelante, este exceso va a servir, a su vez, para una desnitrificación complementaria en una etapa siguiente. El cloruro de amonio, que se produce por una reacción entre el amoníaco y el ácido clorhídrico usualmente presentes en los humos que se van a tratar, puede servir igualmente a su vez en la etapa siguiente precitada. Por consiguiente, conforme a la invención, es interesante dirigir la desnitrificación SNCR en la unidad de combustión 101 en la medida de lo posible, sin que aparezcan sin embargo los demás efectos no deseados.

**[0022]** Los humos 1 procedentes de la unidad de combustión 101 atraviesan a continuación un economizador o una caldera 102, que son de una tecnología conocida y cuyo objetivo es recuperar la energía térmica transmitida por los humos 1.

**[0023]** Los humos 2 que salen del economizador o de la caldera 102 se mezclan con un flujo 7, que se va a

describir más adelante, después entran en un separador gas-sólidos 103. El separador gas-sólidos 103 es de una tecnología conocida en sí: se trata, por ejemplo y de manera preferida, de un filtro de mangas pero otras tecnologías, tales como un electrofiltro, también se pueden emplear. La función del separador gas-sólidos 103 es triple:

5

- en primer lugar, el separador 103 garantiza una función de eliminación de polvo, separando los sólidos contenidos en los humos 2;

- a continuación, el separador 103 garantiza una función de limpieza de los humos 2 para los contaminantes de estos humos, distintos de los óxidos de nitrógeno, especialmente los contaminantes ácidos como los dióxidos de

10 azufre, el ácido clorhídrico o el ácido fluorhídrico, así como el mercurio o las dioxinas; y

- por último, el separador 103 garantiza un complemento de desnitrificación.

**[0024]** Así, los humos 3 que salen del separador gas-sólidos 103 satisfacen las exigencias de expulsión para el conjunto de los contaminantes considerados.

15

**[0025]** Para ello, conforme a la invención, una mezcla reactiva, constituida por una mezcla de un catalizador y de un reactivo básico, se introduce en los humos 2 antes del separador gas-sólidos 103. En el modo de realización preferido, ilustrado con líneas continuas en la figura 1, esta mezcla reactiva tiene la referencia 9 y se introduce en un reactor 201 que trata una fracción 6 de los residuos sólidos 4 extraídos del separador 103, siendo esta fracción de

20

residuos sólidos 6, en la salida del reactor 201, reenviada en los humos 2, conjuntamente con la mezcla reactiva 9, en forma del flujo precitado 7.

**[0026]** Según la invención, a fin de obtener un consumo de la mezcla reactiva 9 mínimo, la fracción recirculada 6 del flujo total 4 de los sólidos extraídos del separador 103 debe ser significativa, constituyendo entre el

25

50% y el 95% del flujo total 4, preferentemente más del 80% del flujo total 4. Por supuesto, esto implica que una parte, con referencia 5 en la figura 1, de los residuos sólidos 4 se evacue, determinando la relación entre el flujo 5 y el flujo 6 el índice de recirculación.

**[0027]** El reactor 201 es de una tecnología conocida en sí: puede tratarse, por ejemplo y de manera no limitativa, de un reactor de doble tornillo, con tambor o con lecho fluidificado. En todos los casos, la función de este reactor 201 es reactivar los residuos recirculados 6 antes de que sean reintroducidos, por el flujo 7, antes del separador gas-sólidos 103, así como regenerar el catalizador. En efecto, los sólidos 4 extraídos del separador 103 contienen, además de polvo y de otros sólidos captados, unas especies reactivas que no han sido totalmente consumidas por el separador 103, de modo que enviando al reactor 201 la fracción 6 de estos residuos sólidos 4, las especies reactivas precitadas se reactivan antes de ser reintroducidas en los humos 2 para tratar de nuevo estos últimos.

30

35

**[0028]** Según la invención, se introduce vapor de agua 10 en el reactor de activación 201 a fin de servir en el proceso de activación en este reactor, facilitando mucho la regeneración de las especies reactivas que, como se ha explicado justo más arriba, están contenidas en los sólidos 4 extraídos del separador 103.

40

**[0029]** Según una de las características de la invención, la parte de la mezcla reactiva 9, constituida por el catalizador precitado, es apta para reducir los óxidos de nitrógeno por reacción entre ellos y un compuesto reductor como el amoníaco, la urea o el ácido isociánico y esto normalmente a una temperatura comprendida entre 120 °C y

45

200 °C. Esta parte catalítica de la mezcla reactiva 9 está comprendida entre el 5% y el 30% en peso de la mezcla reactiva 9.

**[0030]** Igualmente según una de las características de la invención, la parte de la mezcla reactiva 9, que está constituida por el reactivo básico precitado y que es por tanto diferente de la parte catalítica de la mezcla reactiva 9, es apta para captar los contaminantes ácidos tales como el ácido clorhídrico (HCl) o el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Esta parte reactiva de la mezcla 9 está constituida así por un compuesto alcalino que, a título de ejemplo, representa entre el 70 y el 95% en peso de la mezcla 9 y está constituida por cal viva, cal hidratada, magnesita o bicarbonato de sodio.

50

**[0031]** Se comprende que la parte catalítica de la mezcla reactiva 9 sirve para completar la desnitrificación de los humos 2. Utiliza como agente reductor los compuestos contenidos en estos humos 2, que provienen de la parte del agente reactivo 10, que no ha reaccionado al nivel de la unidad de combustión 101: en efecto, como se ha indicado anteriormente, para que el rendimiento de desnitrificación llevado a cabo en la unidad 101 sea superior al 40%, incluso preferentemente comprendido entre el 50 y el 70%, el agente reactivo 10 debe ser inyectado en exceso

55

de modo que los humos procedentes de la unidad 101 contengan unas especies reductoras nitrogenadas que van a poder reaccionar de nuevo con los óxidos de nitrógeno en contacto con la parte catalítica de la mezcla reactiva 9, en el separador gas-sólidos 103 así como en sus tubos anteriores.

5 **[0032]** Teniendo en cuenta unas explicaciones dadas justo anteriormente, se comprende que una opción, que no está representada en la figura 1 y que se aplica si es necesario, consiste en inyectar un complemento de agente reactivo de reducción de los óxidos de nitrógeno, tal como la urea o el amoníaco, después de la unidad de combustión 101, ya sea al reactor de activación 201 o directamente en los tubos de circulación de los humos 1 ó 2, antes del separador gas-sólidos 103. El reactor 201 se presta particularmente bien a tal inyección cuando el  
10 complemento de agente de reducción de los óxidos de nitrógeno es urea sólida.

**[0033]** Las ventajas aportadas por la invención son múltiples. En efecto, con una instalación simple, el índice de desnitrificación de los humos 3 es importante. A excepción de la unidad de combustión 101, la instalación se limita al separador gas-sólidos 103 y al reactor de activación 201. La mezcla reactiva 9, que está concebida  
15 ventajosamente para trabajar a unas temperaturas comprendidas entre 120 °C y 200 °C, utiliza el separador gas-sólidos 103 y sus tubos anteriores, como reactor. No es necesario, contrariamente a una instalación de desnitrificación catalítica de tipo SCR clásica, costosos recalentadores y recuperadores de calor, cuya función es garantizar que el catalizador de desnitrificación SCR actúe a una temperatura suficiente. Esta utilización, a temperatura baja, se vuelve posible por la desnitrificación parcial efectuada por la unidad de combustión 101 con el  
20 agente reactivo 10, que conduce a que los humos 1 solo contengan una concentración bastante baja de óxidos de nitrógeno, normalmente inferior a 150 mg/Nm<sup>3</sup>, a la vez que contienen igualmente los compuestos reductores procedentes del agente reactivo 10. Esto permite también limitar la proporción de la parte catalítica en la mezcla reactiva 9, lo que es económicamente ventajoso ya que la parte catalítica de esta mezcla es más cara que la parte constituida por el reactivo básico. Por otro lado, el reactor de activación 201 alimentado con vapor de agua  
25 regenera y reactiva de manera continua el recirculado 6, permitiendo un índice de recirculación más importante y un consumo menor de la mezcla reactiva 9. Por último, el hecho de que la parte catalítica de la mezcla reactiva 9 esté en forma dividida hace que las reacciones de desnitrificación catalítica de los humos 2 se produzcan tanto en el separador gas-sólidos 103 como en los tubos anteriores de este, en los cuales los reactivos y humos «vuelan» y están en contacto por tanto durante un tiempo que va de uno a varios segundos.

30 **[0034]** Dicho de otro modo, conforme a la enseñanza técnica de la invención, el conjunto de tubos, entre el punto de inyección del flujo 7 en los humos 2 y el separador gas-sólidos 103, constituye de hecho un reactor multifunción, que es simple, poco costoso y bien integrado y que trabaja para acabar con el conjunto de los contaminantes presentes en los humos 2, en particular, a la vez, los contaminantes ácidos y los óxidos de nitrógeno.  
35 Como se ha indicado más arriba, esto es posible por la utilización de la mezcla reactiva 9, cuya parte catalítica está activa a baja temperatura, es decir entre 120 °C y 200 °C, así como por la reactivación permanente, en presencia de vapor de agua, de los residuos recirculados y del catalizador que estos últimos contienen, por el reactor de activación 201.

40 **[0035]** Diversas disposiciones y variantes del procedimiento de depuración descrito hasta aquí se pueden tener en cuenta por otro lado. Así, de manera opcional, un analizador de humos, que mide la concentración al menos del amoníaco (NH<sub>3</sub>) o la del protóxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O) se instala en el recorrido de los humos entre la unidad de combustión 101 y el separador gas-sólidos 103: este analizador puede servir entonces ventajosamente para pilotar la inyección del agente reactivo 10 en la unidad de combustión 101. Se puede buscar así maximizar el  
45 rendimiento de desnitrificación no catalítico en la unidad 101, a la vez que se limitan los efectos secundarios descritos más arriba, que provendrían de una inyección demasiado fuerte del agente reactivo 10. Del mismo modo, según otra variante, que se muestra con líneas discontinuas en la figura 1 en conexión con la referencia 9', toda o parte de la mezcla reactiva precitada se introduce directamente en los tubos de circulación de los humos 2, antes del separador gas-sólido 103. En todos los casos, la mezcla reactiva 9 ó 9' puede, además del catalizador y del reactivo  
50 básico, incluir otros aditivos específicos.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de depuración de humos de combustión que contienen unos óxidos de nitrógeno y unos contaminantes ácidos, en el cual:
- 5 - en una zona en la que los humos que se van a tratar presentan una temperatura comprendida entre 750 °C y 1.150 °C, preferentemente entre 850 °C y 1.100 °C, se inyecta un agente reactivo (10) de desnitrificación y se ajusta el flujo de inyección de este agente reactivo (10) de forma que se realice una desnitrificación no catalítica y selectiva, que tiene un rendimiento comprendido entre el 40% y el 80%,
- 10 - en los humos (1) que resultan de la desnitrificación no catalítica y selectiva, se introduce una mezcla reactiva (9; 9'), que contiene un catalizador de desnitrificación, en forma dividida y un reactivo básico de captación de los contaminantes ácidos, en una proporción tal que el catalizador constituye entre el 5 y el 30% en peso de la mezcla reactiva,
- a continuación, se hacen circular los humos (2) que contienen la mezcla reactiva (9; 9') en un separador gas-sólidos (103),
- 15 - antes de reintroducir antes del separador gas-sólidos una fracción mayoritaria (6) de los residuos sólidos (4) extraídos del separador gas-sólidos (103), se admite esta fracción mayoritaria (6) en un reactor de activación (201) en el cual se admite igualmente vapor de agua (10) como fluido de regeneración del catalizador, y
- se evacua la fracción minoritaria restante (5) de los residuos sólidos (4) extraídos del separador gas-sólidos (103).
- 20
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el cual un complemento de agente reactivo de reducción de los óxidos de nitrógeno es admitido igualmente en el reactor de activación (201).
3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el cual dicho complemento de agente reactivo de
- 25 reducción de los óxidos de nitrógeno es urea sólida.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual un complemento de agente reactivo de reducción de los óxidos de nitrógeno se inyecta en los tubos de circulación de los humos que resultan de la desnitrificación no catalítica y selectiva, antes del separador gas-sólidos (103).
- 30
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual la mezcla reactiva (9) es admitida en el reactor de activación (201) en la salida del cual se reúne con los humos que resultan de la desnitrificación no catalítica y selectiva, por un flujo (7) conjunto con la fracción mayoritaria (6) de los residuos sólidos (4), que salen del reactor de activación.
- 35
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual la mezcla reactiva (9') se inyecta en los tubos de circulación de los humos que resultan de la desnitrificación no catalítica y selectiva, antes del separador gas-sólidos (103).
- 40
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual el agente reactivo (10) es amoníaco o urea.
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual la temperatura de los
- 45 humos (2) que circulan en el separador gas-sólidos (103) está comprendida entre 120 °C y 200 °C.
9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual el reactivo básico de la mezcla reactiva (9; 9') está constituido por cal viva, cal apagada, magnesita o bicarbonato de sodio.
10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual la fracción mayoritaria
- 50 (6) de los residuos sólidos (4) constituye más del 80% de estos residuos sólidos (4).

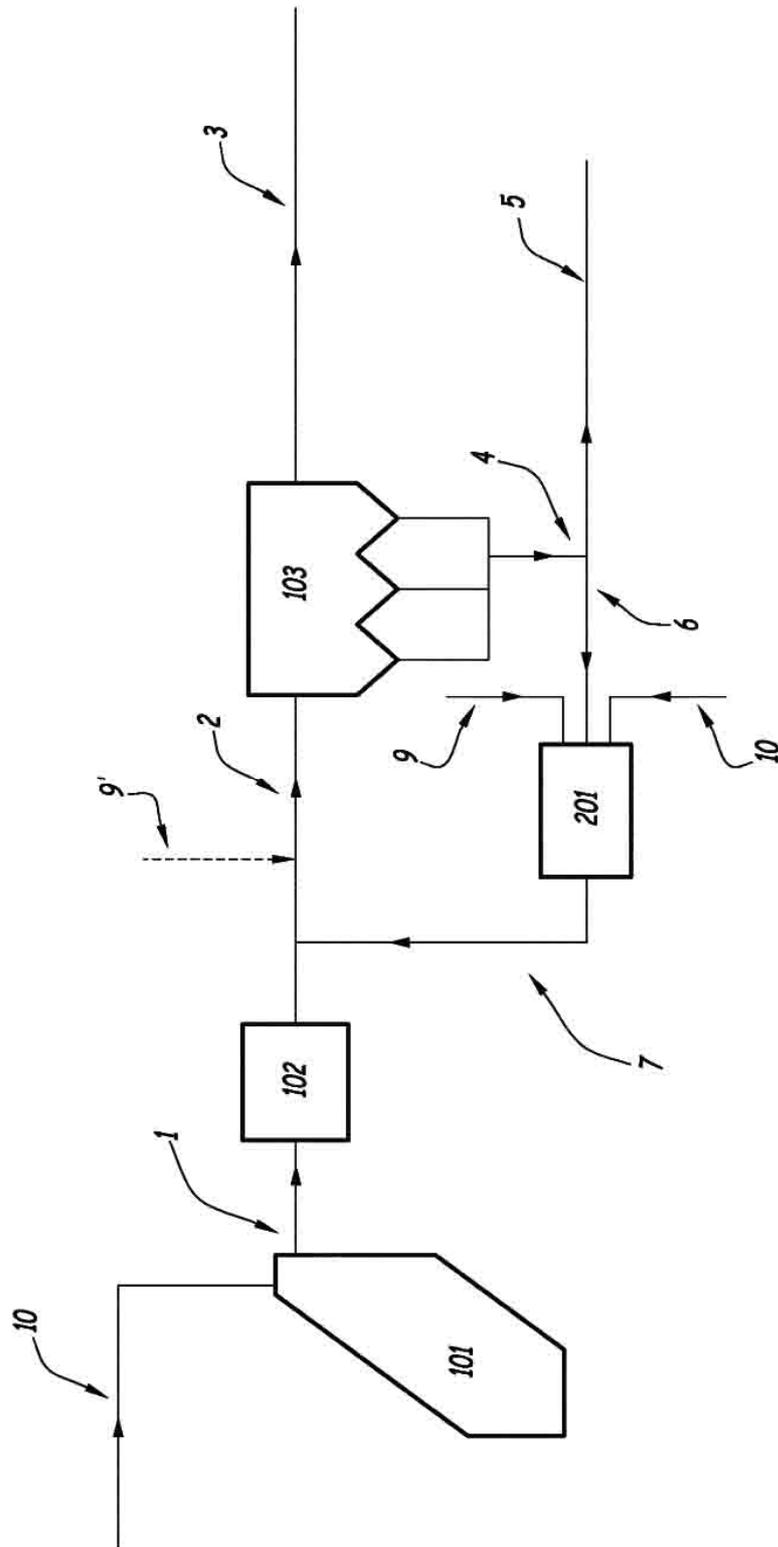


Fig.1