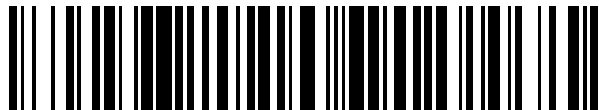


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 628 621**

51 Int. Cl.:

B01D 53/56 (2006.01)
B01D 53/60 (2006.01)
B01D 53/64 (2006.01)
B01D 53/73 (2006.01)
B01D 53/76 (2006.01)
B01D 53/78 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.05.2013 E 13166572 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.04.2017 EP 2719440**

54 Título: **Método para eliminar contaminantes a partir de gases de escape mediante la adición de ozono**

30 Prioridad:

15.10.2012 US 201261713780 P

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

03.08.2017

73 Titular/es:

**LINDE AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Klosterhofstrasse 1
80331 München, DE**

72 Inventor/es:

SUCHAK, NARESH J.

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 628 621 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método para eliminar contaminantes a partir de gases de escape mediante la adición de ozono

5 **Campo técnico de la presente invención**

La presente invención proporciona la eliminación de contaminantes tales como óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, partículas, metales pesados y otros gases ácidos de corrientes de gas que resultan de procesos químicos, metalúrgicos y de combustión parcial y completa. La presente invención tiene además utilidad con escapes de
10 motores o calderas en fuentes móviles tales como buques de navegación marítima, navales u otros.

Antecedentes tecnológicos de la presente invención

El uso de ozono para oxidar óxidos de nitrógeno se describe en los documentos US 5.206.002, US 6.162.409, US
15 6.649.132 B1 y US 7.303.735 B2. Estas químicas y técnicas van dirigidas hacia niveles altos de eliminación de óxidos de nitrógeno (alrededor del noventa por ciento) y requieren 1,5 moles de ozono por mol de óxido de nitrógeno presente en la corriente de gas. La configuración de estos procesos para funcionar a niveles menores de eliminación de óxidos de nitrógeno genera desafíos tanto económicos como de proceso.

20 Los procesos de combustión y químicos generalmente dan como resultado corrientes de gas que contienen contaminantes que es necesario limpiar antes de su expulsión a la atmósfera.

Muchos procesos industriales, centrales de generación de energía, fuentes de combustión, fuentes estacionarias y móviles tales como motores, calderas, hornos y similares usan combustibles sólidos o combustibles
25 hidrocarbonados de bajo coste que contienen azufre, cloro, nitrógeno y compuestos metálicos en los hidrocarburos que dan como resultado gases que contienen contaminantes tales como gases ácidos, materia particulada y metales pesados.

Para cumplir con las normas medioambientales más estrictas exigidas por la legislación y con una mayor
30 preocupación por el medio ambiente, cada vez se prefieren más las combinaciones de dispositivos de lavado (en húmedo o en seco) y de captura de partículas tales como precipitadores electrostáticos (ESP), ESP húmedos y colector de bolsas para el control de emisiones de gas ácido y materias particuladas.

Los óxidos de nitrógeno encontrados en la mayoría de las corrientes de escape de combustión están en forma de
35 NO, que es en su mayor parte insoluble en agua y no muy reactivo. El NO no se elimina mediante la mayoría de los dispositivos de captura de lavador en húmedo o en seco.

Por tanto, para controlar las emisiones de óxidos de nitrógeno, las dos opciones principales son reducir la formación
40 de óxidos de nitrógeno en la fuente modificando la combustión o en segundo lugar tratar los óxidos de nitrógeno en la corriente de gas de escape usando técnicas posteriores a la combustión.

Las técnicas primarias usadas para reducir la formación de óxidos de nitrógeno modificando la combustión son el
45 quemador de baja formación de óxidos de nitrógeno (LNB), la recirculación de gas de humo (FGR), la combustión por etapas y el aire por encima del fuego (OFA).

A menudo, estas tecnologías no son adecuadas para eliminar óxidos de nitrógeno de corrientes de gas combustión y se vuelven necesarias técnicas posteriores a la combustión tales como reducción catalítica selectiva (SCR) y
reducción no catalítica selectiva (SNCR) para conseguir la reducción de óxidos de nitrógeno deseada.

50 Los procesos tanto de SCR como de SNCR dan buenos resultados, pero también tienen limitaciones. Las tecnologías de oxidación a base de ozono han conseguido recientemente éxito como técnica posterior a la combustión alternativa, especialmente cuando una aplicación no es adecuada para SCR.

Los procesos a base de ozono tal como se describen en los documentos US 5.206.002, US 6.162.409 y US
55 7.303.735 B2 proporcionan enfoques de eliminación de múltiples contaminantes y se han implementado en gases de humo que resultan de calderas alimentadas con gas y con carbón que eliminan múltiples contaminantes incluyendo óxido de nitrógeno, óxidos de azufre, partículas, etc.

Los procesos a base de ozono también se ponen en práctica industrialmente para la reducción de emisiones en
60 otras aplicaciones tales como procesos de decapado de metales, regeneradores de craqueador catalítico fluidizado (FCC), hornos de recuperación de metales y fabricación de ácido sulfúrico.

Los métodos dados a conocer en los documentos US 5.206.002, US 6.162.409, US 6.649.132 B1 y US 7.303.735
65 B2 usan la química de la reacción de los óxidos de nitrógeno con ozono formando óxidos de nitrógeno superiores, especialmente la forma pentavalente o superiores que son bastante solubles en agua y se eliminan fácilmente mediante lavado en húmedo. La cantidad estequiométrica de ozono requerida para convertir un mol de NO_x, en

forma de NO, en la forma pentavalente es de aproximadamente 1,5 moles de ozono y 0,5 moles si el NO_x está en forma de NO₂.

5 Aunque diversos métodos descritos en estas patentes son eficaces para conseguir niveles ultrabajos de emisiones de óxidos de nitrógeno en la corriente de gas tratada, presentan retos económicos, normativos y de proceso cuando se aplican para la eliminación parcial de óxidos de nitrógeno.

10 Las calderas alimentadas con carbón con quemadores con baja formación de óxidos de nitrógeno y combustión por etapas a menudo consiguen óxidos de nitrógeno en de 107,48 kg/TJ a 171,97 kg/TJ (de 0,25 lb/MMBTU a 0,4 lb/MMBTU, siendo MMBTU las unidades térmicas británicas en millones) de manera rentable, aunque las normativas requieren emisiones de óxidos de nitrógeno en un intervalo de 42,99 kg/TJ a 64,49 kg/TJ (de 0,1 lb/MMBTU a 0,15 lb/MMBTU), es decir una tecnología posterior a la combustión que puede ofrecer de manera rentable una reducción del cuarenta por ciento al setenta por ciento.

15 El documento US 6 136 284 se refiere a un proceso para eliminar óxidos de nitrógeno de corrientes de gas tales como corrientes de gas de humo de hornos o de calderas de centrales. Se usa un sistema de adsorción de ozono para adsorber y concentrar el ozono. Una corriente retrógrada que contiene óxidos de nitrógeno se introduce en un sistema de adsorción de ozono para desorber el ozono y el gas de la corriente retrógrada que contiene ozono se dirige entonces a un conducto de reactor junto con la corriente de gas que contiene óxidos de nitrógeno primaria, en
20 el que los óxidos de nitrógeno se convierten en N₂O₅.

El documento EP 1 852 172 A1 se refiere a la eliminación de contaminantes, en particular óxidos de nitrógeno (NO_x) pero también óxidos de azufre (SO_x) y mercurio (Hg), de un gas de humo mediante la reacción con ozono y da a
25 conocer un lavado previo del gas de humo para la eliminación de SO_x.

25 **Descripción de la presente invención: objeto, solución, ventajas**

Partiendo de las desventajas y las deficiencias descritas anteriormente y teniendo en cuenta la técnica anterior comentada, un objeto de la presente invención es superar las limitaciones y los problemas que están presentes en
30 los procesos anteriores.

Este objeto se logra mediante un método que comprende las características según la reivindicación 1. Realizaciones ventajosas y mejoras apropiadas de la presente invención se dan a conocer en las respectivas reivindicaciones dependientes.
35

La presente invención proporciona un método para eliminar parcialmente óxidos de nitrógeno de una corriente de gas de proceso según la reivindicación 1.

Adicional o alternativamente, la presente invención proporciona un método según las reivindicaciones dependientes 2 a 11.
40

Ventajosamente, la corriente de gas de proceso puede ser una corriente de gas de escape que resulta de un proceso industrial, en particular de un proceso químico, metalúrgico o de combustión parcial o completa y/o de una fuente seleccionada del grupo que consiste en fuentes fijas, fuentes estacionarias y fuentes móviles. De manera
45 apropiada, el proceso industrial puede seleccionarse del grupo que consiste en calderas industriales, sistemas de generación de energía y procesos de combustión.

Preferiblemente, los óxidos de nitrógeno tratados pueden seleccionarse del grupo que consiste en óxido nítrico y dióxido de nitrógeno.
50

De manera favorable, el aparato de lavado puede seleccionarse del grupo que consiste en equipos de lavado en húmedo. La cantidad de ozono añadida a la al menos una de las dos o más corrientes de gas separadas es una cantidad de estequiometría mayor que la cantidad de contaminantes, en particular de óxidos de nitrógeno, presentes en la misma.
55

La presente invención proporciona la oxidación de óxidos de nitrógeno y otros contaminantes mediante la adición de ozono a una porción separada de la corriente de gas de proceso. El gas de proceso total o la corriente de gas de humo se divide en al menos dos o más corrientes. La porción de la corriente de gas de proceso total que va a tratarse con ozono se determina basándose en el grado de eliminación de óxidos de nitrógeno deseado.
60

Con fines ilustrativos, para eliminar el sesenta por ciento de los óxidos de nitrógeno de la corriente de gas de proceso, puede mezclarse aproximadamente el sesenta por ciento de la corriente de gas con ozono y tratarse mediante los métodos de la presente invención.

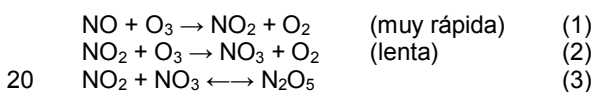
65 Los óxidos de nitrógeno generados en procesos de combustión están en su mayor parte en forma de NO, que tiene una solubilidad en agua despreciable. Mediante la adición de o el mezclado con ozono de la corriente de gas de

escape, los óxidos de nitrógeno pueden oxidarse para dar formas superiores. La solubilidad de los óxidos de nitrógeno aumenta con el grado de oxidación.

5 Los óxidos superiores tales como N_2O_5 y oxiaácidos no son sólo muy solubles, sino también altamente reactivos y pueden eliminarse en equipos de lavado en seco, en semiseco y en húmedo junto con otros contaminantes presentes en la corriente de gas de escape así tratada.

10 Aunque diversos métodos son eficaces a la hora de conseguir niveles ultrabajos de emisiones de óxidos de nitrógeno, cuando se aplican para eliminar sólo una porción de los óxidos de nitrógeno presentes en la corriente de gas de escape, generarán cantidades apreciables de NO_2 que no se eliminan de manera cuantitativa en el dispositivo de captura empleado. Se entiende correctamente que sólo cuando los óxidos de nitrógeno se oxidan más allá de NO_2 para dar óxidos superiores tales como N_2O_5 , se produce una eliminación cuantitativa en dispositivos de captura usados a nivel industrial.

15 La oxidación de óxidos de nitrógeno para dar N_2O_5 implica muchas reacciones pero, por motivos de brevedad, puede simplificarse tal como sigue:



25 La reacción (1) es un orden de magnitud más rápida en comparación con la reacción (2). En el momento en el que empieza a producirse la reacción (2), la mayoría del NO está oxidado a la forma NO_2 . Por tanto, las reacciones (1) y (2) son en cierta medida reacciones consecutivas.

30 El NO_2 tiene una solubilidad en agua relativamente baja, de modo que a menos que la reacción se haga avanzar hasta la formación de óxidos superiores a NO_2 , la eliminación de óxidos de nitrógeno en un lavador en húmedo sigue siendo limitada. Por otro lado, el N_2O_5 es extremadamente soluble y con humedad presente en la corriente de gas forma HNO_3 que es soluble con agua en todas las proporciones.

35 Por tanto, cualquier dispositivo de captura, lavador en húmedo, ESP húmedo o cualquier dispositivo con superficies húmedas tales como un condensador o dispositivo de coalescencia tal como un eliminador de neblina eliminará el HNO_3 y el N_2O_5 de manera cuantitativa con o sin algún reactivo presente en la fase acuosa.

Las formas altamente oxidadas HNO_3 y N_2O_5 son también muy reactivas y se eliminan usando los reactivos y adsorbentes más comunes usados en la industria en un lavado en seco y semiseco.

40 La cantidad estequiométrica de ozono requerida para convertir un mol de NO y NO_2 en la forma pentavalente, concretamente N_2O_5 y/o HNO_3 , es de aproximadamente 1,5 moles y 0,5 moles respectivamente. En la mayoría de los procesos de combustión, los óxidos de nitrógeno están predominantemente en forma de NO. De hecho con diferencia, la mayor parte de los óxidos de nitrógeno emitidos de diversos tipos de fuentes está en la forma NO.

45 La Fig. 1 ilustra la eliminación de óxidos de nitrógeno (NO_x) frente a la relación de moles de ozono (O_3) con respecto a moles de óxidos de nitrógeno (NO_x) en el gas de escape de una caldera alimentada con carbón. El flujo de gas es de 0,45 a[*actual, real*] m^3/s (950 acfm, siendo acfm los pies cúbicos por minuto reales) a 0,47 am^3/s (1000 acfm), el nivel de NO_x es de 250 ppm (partes por millón) a 300 ppm, el nivel de óxidos de azufre (SO_x) es de 750 ppm a 800 ppm y la temperatura es de 115,6°C a 121,1°C (de 240°F a 250°F).

50 Esta Fig. 1 que aparece en el documento US 6.162.409 con el cual tiene una tarea similar, muestra la relación estequiométrica global de 1,5 moles de ozono requeridos por mol de óxidos de nitrógeno para una eliminación de óxidos de nitrógeno de más del noventa por ciento con ozono. Este requisito de ozono es por mol de óxidos de nitrógeno presente en la corriente de gas y no por mol de óxidos de nitrógeno eliminado.

55 Cuando sólo se requiere una cantidad parcial de reducción de óxidos de nitrógeno, el ozono requerido por mol de óxidos de nitrógeno eliminado supera con creces los 1,5. Para eliminar el cincuenta por ciento de óxidos de nitrógeno (en su mayor parte como NO) tienen que producirse una serie de reacciones. Cuando el ozono se añade y se mezcla correctamente en la corriente de gas, el ozono reaccionará en primer lugar con el NO presente en los óxidos de nitrógeno para convertirlo en NO_2 . Sólo después de que casi todo el NO se ha oxidado, comienza la oxidación de NO_2 para dar N_2O_5 .

60 Para conseguir una eliminación del cincuenta por ciento con dos moles de óxidos de nitrógeno presentes en la corriente de gas, es necesario eliminar un mol de óxidos de nitrógeno. Para este ejemplo de eliminación del cincuenta por ciento, con dos moles de óxidos de nitrógeno en forma de NO, se requieren dos moles de ozono para convertirlos en dos moles de NO_2 según la reacción (1). Dado que el NO_2 sólo es parcialmente soluble, con el fin de conseguir una eliminación del cincuenta por ciento, un mol de los dos moles de NO_2 tiene que convertirse en una forma pentavalente.

Por tanto, se requieren 0,5 moles de ozono adicionales para convertir un mol de NO_2 en N_2O_5 . Esto hace que el requisito de ozono total sea de 2,5 moles por mol de óxidos de nitrógeno eliminado cuando la eliminación objetivo de óxidos de nitrógeno es de sólo el cincuenta por ciento.

Haciendo referencia de nuevo al documento US 6.162.409, los datos usados en la Fig. 1 se representan en la Fig. 2 como eliminación de óxidos de nitrógeno (NO_x) frente a la relación de moles de ozono (O_3) consumidos con respecto a los moles de óxidos de nitrógeno (NO_x) eliminados en el gas de escape de una caldera alimentada con carbón. El flujo de gas es de 0,45 a[*actual, real*] m^3/s (950 acfm, siendo acfm los pies cúbicos por minuto reales), el nivel de NO_x es de 250 ppm, el nivel de SO_x es de 750 ppm y la temperatura es de 115,6°C (240°F).

En este caso, se ilustra correctamente que los moles de ozono requeridos por mol de óxidos de nitrógeno eliminado aumentan con la disminución de la eliminación de óxidos de nitrógeno y para una eliminación de óxidos de nitrógeno del cincuenta por ciento, la relación de ozono consumido con respecto a los óxidos de nitrógeno eliminados era próxima a 2,5.

En esencia, las reacciones de óxidos de nitrógeno con ozono y la eliminación mediante dispositivos de captura se han simplificado en exceso en este ejemplo, pero se han detallado suficientemente para mostrar la limitación de la referencia de la técnica anterior. La eliminación parcial de óxidos de nitrógeno con estos procesos anteriores tiene limitaciones que supera la presente invención.

Los méritos de un proceso de eliminación de contaminantes se evalúan con respecto a muchos atributos de los que cuatro son los fundamentales:

- el nivel de eliminación de contaminantes, en particular de eliminación de óxidos de nitrógeno, que puede conseguir el proceso;
- la rentabilidad, es decir la asequibilidad de los costes de propiedad en términos tanto de capital como operativos por tonelada de contaminantes eliminados, en particular de óxidos de nitrógeno eliminados;
- la existencia de emisiones secundarias dentro de límites aceptables;
- la compatibilidad de la eliminación de óxidos de nitrógeno con la eliminación de otros contaminantes.

Las limitaciones en las que los procesos de la técnica anterior se quedan cortos son los atributos segundo y tercero. El ozono es una materia prima costosa y la cantidad de ozono requerida por unidad de eliminación de óxidos de nitrógeno aumenta rápidamente con la reducción en el requisito de eliminación de óxidos de nitrógeno.

Hace medio siglo, la mayoría de los países en el mundo no tenían un requisito obligatorio de reducción de las emisiones de óxidos de nitrógeno. Dado que la calidad del aire ha empeorado debido a las emisiones crecientes al aire, las autoridades gubernamentales han implementado normativas medioambientales que exigen la reducción gradual de las emisiones de óxidos de nitrógeno.

En la fase inicial de implementación de estas normativas, la reducción de óxidos de nitrógeno a partir de fuentes fijas tales como calderas industriales, sistemas de generación de energía, procesos de combustión así como de fuentes móviles tales como barcos, chalanas, etc. es modesta.

El método y el proceso de la técnica anterior usan cantidades significativamente mayores de ozono por unidad de óxidos de nitrógeno eliminada a los requisitos de reducción de óxidos de nitrógeno bajos o modestos tal como se ilustra en la Fig. 2 y ofrecen una escasa rentabilidad, quedando cortos de ese modo con respecto al segundo atributo. El método y el proceso de la técnica anterior se refieren a requisitos de reducción de óxidos de nitrógeno muy altos.

A un requisito de reducción de óxidos de nitrógeno bajo o modesto, la corriente de gas tratada con ozono también tiene un contenido de NO_2 significativamente mayor. El NO_2 es de color marrón y aumenta la opacidad del escape. Las fuentes estacionarias grandes tales como calderas alimentadas con combustibles fósiles o con biomasa o las fuentes de combustión tienen corrientes de escape enormes y son vulnerables por defecto a la especificación de la opacidad al no satisfacer el tercer atributo anterior.

La velocidad a la que reaccionan los óxidos de nitrógeno y el ozono depende de la constante de velocidad cinética así como de la concentración de óxidos de nitrógeno y de ozono. Con una disminución en la concentración, también disminuye la velocidad de reacción. Tal como se describió anteriormente en el caso de la eliminación de óxidos de nitrógeno del cincuenta por ciento, se requieren 2,5 moles de ozono por mol de óxidos de nitrógeno eliminado.

La reacción (1) es muy rápida y consume dos moles de ozono dejando sólo 0,5 moles de ozono para la reacción más lenta (2). Con el fin de conseguir la oxidación requerida, o bien el depósito de procesamiento de corriente de

gas de escape debe ser suficientemente grande para proporcionar el tiempo de residencia necesario entre el NO₂ y el ozono o bien tiene que añadirse ozono en exceso, lo que puede dar como resultado algo de ozono residual en el gas de humo tratado que no se consume en el proceso de lavado.

5 Para la eliminación parcial de óxidos de nitrógeno, según los procesos de la técnica anterior, se consigue a relaciones subestequiométricas de ozono y corriente oxidada que tiene una mezcla de N₂O₅ y NO₂. El lavado elimina todo el N₂O₅ y algo del NO₂ formando una mezcla de nitrito y nitrato de metales alcalinos o alcalinotérreos. La presencia de nitrito en la purga del lavador no se desea y supone retos en el manejo y el tratamiento de corrientes líquidas en la planta de tratamiento de efluente.

10 Cuando el gas de humo también tiene óxidos de azufre presentes en el mismo, la absorción de SO₂ produce sulfito en el medio de lavado. El sulfito es un eliminador de ozono y ayuda a eliminar el ozono en exceso en dispositivos de lavado en húmedo. El NO₂ también reacciona con sulfito cuando está presente en grandes concentraciones y agota el sulfito creando potencialmente condiciones para el escape de ozono. En reactivos a base de cal y caliza, las grandes concentraciones de NO₂ también afectan de manera adversa a la eliminación de óxidos de azufre, no satisfaciendo por tanto el cuarto atributo.

20 La cantidad de la corriente de gas de proceso que tiene que tratarse para la eliminación de óxidos de nitrógeno será aproximadamente el mismo porcentaje que la cantidad de eliminación de óxidos de nitrógeno. Así, por ejemplo, si el operario desea eliminar el sesenta por ciento de los óxidos de nitrógeno en una corriente de gas de humo, entonces el operario tratará el sesenta por ciento de la corriente de gas de humo total con ozono.

25 El operario separará de ese modo la corriente de gas de humo primaria en dos o más corrientes de gas en las que al menos una de ellas asciende al sesenta por ciento de la corriente de gas de proceso total en volumen. Un operario posiblemente pueda tratar dos corrientes que ascienden al sesenta por ciento del total (el treinta por ciento y el treinta por ciento) o tres o más corrientes siempre que el porcentaje total de las corrientes tratadas sea aproximadamente igual a la reducción en porcentaje del contenido de óxidos de nitrógeno para toda la corriente de gas de proceso.

30 La porción de la corriente de gas que se oxida con ozono avanza a lo largo de las reacciones (1) a (3) resumidas anteriormente. La cantidad de ozono se basa en la cantidad de óxidos de nitrógeno en esa porción de corriente de gas. Puede añadirse un exceso ligero de requisito estequiométrico para reducir el requisito de tiempo de reacción.

35 Los óxidos de nitrógeno en las corrientes de gas de humo de combustión están generalmente en forma de NO (divalente) y por tanto el requisito estequiométrico es de 1,5 moles de ozono por mol de óxidos de nitrógeno.

40 Sin embargo, en el caso de que los óxidos de nitrógeno en la corriente de gas sean de fuentes químicas u otras fuentes y sean una mezcla de formas divalentes (NO) y tetravalentes (NO₂), el requisito estequiométrico es entonces de 1,5 moles de ozono por mol de forma divalente y 0,5 moles de ozono por mol de forma tetravalente.

45 Antes de mezclar el ozono, todo o una porción de la corriente de gas en la que debe mezclarse el ozono puede lavarse, lavarse previamente, lavarse previamente de manera selectiva, enfriarse bruscamente o acondicionarse según se requiera. Con respecto a la temperatura, la condición óptima para las oxidaciones es de 4,4°C a 107,2°C (de 40°F a 225°F) en la corriente de gas. Preferiblemente, la corriente de gas puede estar libre de gotas o libre de neblina excesiva de medio acuoso, si también están presentes óxidos de azufre en la corriente de gas de humo. No se añade ozono al resto de la corriente de gas.

50 Los contaminantes oxidados en la porción tratada con ozono de la corriente se eliminan mediante el contacto con un medio de lavado en un lavado en húmedo o semiseco o seco. Los contaminantes oxidados, especialmente óxidos de nitrógeno, son altamente solubles y muy reactivos y por tanto también pueden eliminarse en el medio acuoso sobre superficies de condensación o de coalescencia tales como intercambiadores de calor o separadores de gotas.

55 Alternativamente, pueden capturarse en un filtro de tela (colector de bolsas), un precipitador electrostático (ESP), un precipitador electrostático húmedo (WESP), etc. Los óxidos de nitrógeno oxidados se convierten en oxiácidos tales como ácido nítrico y ácido nitroso y sal.

La química de esta disolución y estabilización de óxidos de nitrógeno en forma de oxiácidos y sales se describe a continuación.



65 Para tratar una porción de la corriente de gas de proceso con ozono, el lavador existente y el dispositivo de APC (*air pollution control*, control de contaminantes en el aire) pueden modificarse simplemente dividiendo el conducto y/o el lavador al tiempo que se garantiza que la porción oxidada de la corriente se pone en contacto de manera adecuada

con un medio de lavado y que los contaminantes se capturan antes de unificar la porción de la corriente con el resto de la corriente de gas no tratada con ozono.

5 Cuando la porción tratada con ozono de la corriente de gas vuelve a combinarse con el resto de la corriente de gas que está sin tratar, habrá presentes óxidos de nitrógeno. Las cantidades pequeñas de ozono en exceso de la corriente tratada se consumirán instantáneamente en la corriente recombinada mediante la reacción de oxidación extremadamente rápida especificada en la ecuación (1).

10 Por tanto, la corriente que se ha vuelto a combinar dejará de tener ozono residual. Además, debido al ozono en exceso presente en la corriente tratada, casi todos los óxidos de nitrógeno se oxidan para dar su forma pentavalente y se capturan de manera cuantitativa en el dispositivo de captura con cantidades insignificantes de NO_2 sobrante.

15 La presente invención proporcionará también la capacidad de una chimenea libre de ozono cuando se desee una alta eliminación de óxidos de nitrógeno. Por ejemplo, para una eliminación de óxidos de nitrógeno del noventa por ciento, el diez por ciento de la corriente no tratada se mezcla con la corriente tratada al noventa por ciento y el ozono residual de la corriente tratada al noventa por ciento se destruye mediante los óxidos de nitrógeno no tratados presentes en la corriente de gas al diez por ciento.

20 Por tanto, la presente invención proporciona un método y un aparato para la eliminación de contaminantes tales como óxidos de nitrógeno de una manera relativamente segura que no provoca emisiones secundarias y requieren menos ozono. La presente invención permite además la implementación de la reducción de óxidos de nitrógeno en fases para cumplir con las normativas que exigen una caída en las emisiones de óxidos de nitrógeno en el tiempo.

25 La fase 1 puede exigir una reducción de óxidos de nitrógeno del treinta por ciento al 35 por ciento, mientras que la fase 2 exige una reducción del sesenta por ciento al 65 por ciento y la fase 3 requiere una reducción del noventa por ciento al 95 por ciento. Usando los métodos de la presente invención, estas reducciones exigidas pueden alcanzarse de una manera rentable.

30 La presente invención reduce las emisiones de NO_2 en la corriente de gas tratada que se expulsa a la atmósfera y la opacidad de la pluma independientemente de la reducción de óxidos de nitrógeno requerida.

35 La presente invención proporciona un método para eliminar el ozono residual en la corriente de gas tratada e inhibir de ese modo el escape de ozono. La utilización de ozono se optimiza cuando se requiere una reducción parcial de óxidos de nitrógeno.

40 La presente invención alcanza el requisito de tiempo de residencia para una oxidación eficaz de óxidos de nitrógeno sin comprometer la eficacia y sin provocar escape de ozono. También se obtendrá como resultado una química de lavador mejorada conservando la eficacia de eliminación de óxidos de azufre mediante la inhibición de la destrucción de sulfito en el medio de lavado mediante NO_2 . Los métodos de la presente invención proporcionarán un tratamiento rentable cuando se realiza una implementación gradual o por etapas de la reducción de óxidos de nitrógeno.

Breve descripción de los dibujos

45 Para una comprensión más completa de las divulgaciones de realizaciones de la presente invención y como ya se comentó anteriormente, hay varias opciones para ejemplificar así como para mejorar la enseñanza de la presente invención de manera ventajosa. Con este propósito, puede hacerse referencia a las reivindicaciones dependientes de la reivindicación 1; mejoras, características y ventajas adicionales de la presente invención se explican a continuación más detalladamente con referencia a la siguiente descripción de realizaciones preferidas a modo de ejemplo no limitativo y a las figuras de los dibujos adjuntos tomadas junto con la descripción de las realizaciones, de las que:

50 la Fig. 1 es un gráfico que muestra el porcentaje de eliminación de óxidos de nitrógeno (NO_x) frente a la relación molar de ozono (O_3) con respecto a óxidos de nitrógeno (NO_x);

55 la Fig. 2 es un gráfico que muestra el porcentaje de eliminación de óxidos de nitrógeno (NO_x) frente a la relación molar de ozono (O_3) con respecto a los óxidos de nitrógeno (NO_x) eliminados;

60 la Fig. 3 es un gráfico que muestra el porcentaje de eliminación de óxidos de nitrógeno (NO_x) frente a la relación molar de ozono (O_3) con respecto a los óxidos de nitrógeno (NO_x) eliminados;

la Fig. 4 es una vista en sección transversal que muestra la oxidación de óxidos de nitrógeno en un conducto dividido según la presente invención, trabajando el conducto según el método de la presente invención;

65 la Fig. 5 es una vista en sección transversal que muestra la eliminación de óxidos de nitrógeno en un aparato de lavado en húmedo multi-Venturi según la presente invención, trabajando el aparato según el método de la presente invención; y

la Fig. 6 es una vista en sección transversal que muestra la eliminación de óxidos de nitrógeno en un dispositivo de captura de lavado en seco según la presente invención, trabajando el dispositivo según el método de la presente invención.

En las figuras de los dibujos adjuntos, los equipos iguales están identificados con los mismos números de referencia a lo largo de toda la descripción de la Fig. 1 a la Fig. 6.

Descripción detallada de los dibujos; mejor modo de ejemplificar la presente invención

Básicamente se propone un método para eliminar al menos una porción de contaminantes tales como óxidos de nitrógeno de una corriente de gas de proceso, en particular de un gas de escape. La corriente de gas de proceso se separa en dos o más corrientes de gas de proceso. Al menos una de las dos o más corrientes de gas de proceso se trata en primer lugar en un lavador y después se pone en contacto con ozono. Esta corriente se alimenta entonces a un segundo lavador antes de liberarse. La porción de la corriente de gas de proceso separada se correlaciona directamente con la cantidad de óxidos de nitrógeno que se desean eliminar de la corriente.

Tal como se indica en la Fig. 3 con la configuración inventiva sugerida, el consumo de ozono (O_3) unitario por mol de óxidos de nitrógeno (NO_x) eliminado permanece casi idéntico (= gráfico izquierdo en la Fig. 3, según la presente invención, en comparación con el gráfico derecho en la Fig. 3, según la técnica anterior). El flujo de gas es de 0,45 a[actual, real] m^3/s (950 acfm, siendo acfm los pies cúbicos por minuto reales), el nivel de NO_x es de 250 ppm, el nivel de SO_x es de 750 ppm y la temperatura es de 115,6°C (240°F).

Tal como se indica mediante la doble flecha en la Fig. 3, el consumo de ozono es un 35 por ciento menor (es decir, ahorros del 35 por ciento) en la reducción del 55 por ciento del contenido de óxidos de nitrógeno en comparación con la técnica anterior en condiciones idénticas.

Además de los ahorros en la cantidad de ozono consumida, la presente invención ofrece una chimenea de escape en seco, dado que una porción de la corriente de gas no se lavó y de ese modo no estaba saturada con vapor de agua. Esto elimina cualquier ozono residual y contiene un contenido de NO_2 muy bajo en los óxidos de nitrógeno restantes. Dado que la mayoría de los óxidos de nitrógeno absorbidos son N_2O_5 , sólo se forma nitrato en el medio de lavado.

Pasando a la Fig. 4, se lava gas de humo en un lavador vertical existente. La corriente de gas no tratada se transporta a través del conducto 31 hasta el lavador por pulverización en húmedo 38. Según la presente invención, el conducto 31 se divide para tratar una porción de la corriente de gas 30. La división 34 divide el conducto 31 en dos zonas iguales, A y B.

La corriente de gas que contiene ozono 32 se mezcla con la porción de corriente de gas en la zona B usando la boquilla 33. Los contaminantes, incluyendo los óxidos de nitrógeno, se oxidan completamente en la zona B antes de requerir pulverizaciones de medio acuoso 39 en la zona C. Los contaminantes oxidados de la zona B tal como N_2O_5 y HNO_3 se capturan fácilmente en pulverizaciones acuosas 39 en la zona C.

La corriente de gas que sale de las zonas A, B de ambas divisiones vuelve a mezclarse en la sección inferior del lavador 38. Si se requiere, el requisito de tiempo de residencia puede compensarse usando un exceso ligero de ozono 32. Si el volumen del conducto 31 (zonas A y B) es insuficiente o si el conducto 31 no puede dividirse, la parte inferior del lavador 38 puede dividirse para crear las zonas A y B para la oxidación. Si también están presentes óxidos de azufre, pueden ser necesarias las disposiciones internas en el lavador 38 para evitar que gotas de la sección de pulverización caigan en la zona de oxidación.

Tal como se ilustra en la Fig. 4, el lavador 38 se pulveriza con medio acuoso desde el depósito 35 por medio de la bomba 41 a través de un conjunto de pulverización de cabezal 37 y boquillas de pulverización 39. El medio de lavado pulverizado en la corriente de gas elimina los contaminantes restantes tales como SO_2 , HCl, etc.

El depósito 35 se suplementa mediante corriente(s) acuosa(s) 36 que puede(n) estar constituida(s) por agua, reactivos, etc. Parte del medio de lavado puede purgarse de manera continua o intermitente mediante la corriente 43 para mantener los sólidos disueltos y suspendidos dentro del intervalo operativo.

El lavado de los óxidos de nitrógeno se ve afectado de manera insignificante por el pH en el intervalo de 2 a 14 o la presencia de un contenido de sólidos disueltos o suspendidos y por tanto otros controles paramétricos tales como control de pH y control de la purga no se detallan en gran medida en el presente documento.

La corriente de gas lavada en el lavador 38 fluye entonces a través del dispositivo de separación de gotas 42 y sale como la corriente 40.

En una desulfuración de gas de humo (FGD) en húmedo a base de caliza típica, el depósito de lavador 35 también puede equiparse con un burbujeador de aire, no mostrado, para oxidar el sulfito de calcio para dar sulfato.

5 Tal como se ilustra en la Fig. 5, el gas de humo de una corriente de gas de descarga 44 de craqueo catalítico fluido (FCC) se trata hasta una eliminación de óxidos de nitrógeno del cincuenta por ciento. El aparato de lavado 52 consiste en cuatro Venturis para el contacto gas-líquido.

10 En este caso, la corriente de gas de descarga de FCC 44 se lava en cuatro lavadores Venturi cada uno designado con 52 antes del mezclado con ozono. El gas de descarga de FCC 44 se transporta a los cuatro lavadores Venturi 52. La(s) corriente(s) de fluido-gas 44 se pone(n) en contacto con el medio de lavado en los Venturis 52 para eliminar el gas ácido inclusive los óxidos de azufre, HCl, etc. y materia particulada tal como coque y finos catalíticos presentes en el gas de descarga de FCC 44.

15 La salida de los lavadores Venturi 52 se descarga en el conducto. Dos de estos conductos se unen para formar un codo. El ozono se introduce y se mezcla mediante el sistema de inyección 46 en uno (<--> número de referencia 45) de los dos conductos que forman un codo. Sólo dos (<--> número de referencia 45) de los cuatro conductos de descarga están equipados con un sistema de inyección de ozono 46 para tratar el cincuenta por ciento de la corriente de gas de humo 44. La división 48 divide dos conductos formando un codo que transporta una corriente de gas a un tambor de separación 58.

20 Tal como se muestra en la Fig. 5, cada codo se divide en dos zonas A y B. La corriente de gas que contiene ozono 46 se mezcla con la porción de corriente de gas en el conducto 45 que forma una zona de oxidación denominada zona B que tiene un volumen más grande que la zona A. Los contaminantes, inclusive los óxidos de nitrógeno, se oxidan completamente en la zona B antes de alcanzar las pulverizaciones de medio acuoso 53 al final del codo. 25 Ambos codos desembocan en la zona C del tambor de separación 58.

Los contaminantes oxidados tales como N_2O_5 y HNO_3 se capturan fácilmente en pulverizaciones acuosas 53. Se permite que las corrientes de gas que salen del codo se mezclen en la zona C en la sección inferior del tambor 58. Si el tiempo de residencia disponible en el conducto 45 es insuficiente, la parte inferior del tambor 58 también puede dividirse para continuar con la oxidación en el tambor 58 y se permite que los óxidos de nitrógeno se absorban en las gotas coalescentes en el eliminador de neblina 56.

30 Los lavadores Venturi 52 se suministran con un medio acuoso desde el depósito 49 por medio de la bomba 55 a través de un cabezal 51. El mismo medio se dirige también a boquillas de pulverización 53. El medio de lavado pulverizado en la corriente de gas elimina también cualquier contaminante restante tal como SO_2 .

35 El depósito 49 también se suplementa mediante corriente(s) acuosa(s) 50 que puede(n) estar constituida(s) por agua, reactivos, etc. y algo de medio puede purgarse de manera continua o intermitente mediante la corriente 57 para mantener los sólidos disueltos y suspendidos dentro del intervalo operativo.

40 El lavado de los óxidos de nitrógeno se ve afectado de manera insignificante por el pH en el intervalo de 2 a 14 o la presencia de un contenido de sólidos disueltos o suspendidos y por tanto otros controles paramétricos tales como control de pH y control de la purga no se detallan en gran medida en el presente documento.

45 La corriente de gas del tambor de separación 58 fluye a través del conjunto de bandeja y eliminador de neblina 56 y se expulsa a la atmósfera como corriente de gas tratada 54.

50 El uso de los métodos de la presente invención permite reducir las emisiones de óxidos de nitrógeno de 35 partes por millón a 45 partes por millón hasta menos de veinte partes por millón tratando el cincuenta por ciento de la corriente de gas 44.

55 En otro ejemplo ilustrado en la Fig. 6, una corriente de gas de humo 59 que resulta del dispositivo de combustión 70 se lava en un lavador-secador por pulverización 63 con hidróxido, carbonato o bicarbonatos de álcali o alcalinos o mezclas de los mismos en una pulverización 64 para la eliminación de contaminantes excepto óxidos de nitrógeno. La reducción exigida por la normativa medioambiental de los óxidos de nitrógeno es del sesenta por ciento al 65 por ciento en dos etapas.

60 En el secador por pulverización 63, una corriente de gas caliente 59 se pone en contacto con la corriente de reactivo acuoso 64 para eliminar los óxidos de azufre, HCl, mercurio y otros contaminantes. La corriente de reactivo acuoso 64 debido al calor en la corriente de gas 59 se convierte en sólidos en polvo fino y estos sólidos se portan con la corriente de gas saliente por medio del conducto 60 hasta un colector de bolsas 65 que contiene bolsas hechas de filtro de tela. El colector de bolsas 65 es generalmente modular con múltiples cámaras.

65 Tal como se muestra en la Fig. 6, el colector de bolsas 65 tiene tres cámaras. Se permite que la corriente de gas que contiene ozono 61 pase a través de un distribuidor 71 para alimentar una corriente de gas de humo que entra en una

cualquiera o todas de las tres cámaras dependiendo del contenido de óxidos de nitrógeno y la eliminación requeridos.

- 5 Asumiendo que el flujo de corriente de gas se distribuye igualmente, la adición de un exceso ligero de ozono 61 en una cámara proporciona una eliminación de óxidos de nitrógeno de aproximadamente el 33 por ciento, mientras que la adición de ozono 61 en dos cualquiera de las tres cámaras proporcionará una eliminación de óxidos de nitrógeno del 66 por ciento. Los óxidos de nitrógeno oxidados se adsorben entonces en el reactivo sólido en el colector de bolsas 65.
- 10 Los sólidos se retienen dentro de las bolsas al tiempo que las corrientes de gas fluyen a través del medio de filtro de tela. Los sólidos retenidos y recogidos en la superficie de las bolsas caen finalmente mediante un flujo pulsátil y se recogen en la sección inferior del colector de bolsas 65. Los sólidos se descargan entonces de manera periódica o continua como corriente 66 para su desecho.
- 15 Todas las corrientes de gas de las diversas cámaras vuelven a combinarse en el conducto 67 formando una corriente de gas tratada 69. Al mezclar las corrientes de gas que salen de las diversas cámaras en el conducto 67, cualquier ozono residual presente se consume inmediatamente mediante los óxidos de nitrógeno restantes en la corriente de gas tratada 69 que se descarga entonces a la atmósfera a través de la chimenea 68.
- 20 Inicialmente en la primera fase, con el fin de cumplir con la reducción de las emisiones del treinta por ciento, se introduce ozono sólo en una cámara del colector de bolsas 65. En un momento posterior, para cumplir con la reducción del sesenta por ciento al 65 por ciento, corrientes de gas en dos cualquiera de las tres cámaras pueden tratarse con un exceso estequiométrico ligero de ozono 61.
- 25 Aunque la presente invención se ha descrito con respecto a realizaciones particulares de la misma, resulta evidente que numerosas otras formas y modificaciones de la presente invención serán obvias para los expertos en la técnica. Las reivindicaciones adjuntas en la presente invención se interpretarán de manera general para cubrir todas de tales formas y modificaciones obvias que se encuentren dentro del verdadero espíritu y el alcance de la presente invención.

- 30
- Lista de número de referencias**
- 30 corriente de gas no tratada, en particular corriente de gas de humo o corriente de gas de proceso (primera realización; véase la Fig. 4)
- 35 31 conducto (primera realización; véase la Fig. 4)
- 32 ozono, en particular corriente de gas que contiene ozono (primera realización; véase la Fig. 4)
- 33 boquilla (primera realización; véase la Fig. 4)
- 34 división del conducto 31 (primera realización; véase la Fig. 4)
- 35 depósito (primera realización; véase la Fig. 4)
- 40 36 corriente acuosa para el depósito 35 (primera realización; véase la Fig. 4)
- 37 conjunto de pulverización de cabezal (primera realización; véase la Fig. 4)
- 38 dispositivo de captura, en particular aparato de lavado, por ejemplo lavador por pulverización en húmedo (primera realización; véase la Fig. 4)
- 39 pulverización acuosa, en particular pulverización de medio acuoso o pulverización de reactivo acuoso, por ejemplo boquilla de pulverización (primera realización; véase la Fig. 4)
- 45 40 corriente de gas tratada (primera realización; véase la Fig. 4)
- 41 bomba (primera realización; véase la Fig. 4)
- 42 dispositivo de separación de gotas (primera realización; véase la Fig. 4)
- 43 corriente (primera realización; véase la Fig. 4)
- 50 44 corriente de gas no tratada, en particular corriente de gas de humo o corriente de gas de proceso, por ejemplo corriente de gas de descarga de craqueo catalítico fluido (FCC) (segunda realización; véase la Fig. 5)
- 45 conducto (segunda realización; véase la Fig. 5)
- 46 ozono, en particular corriente de gas que contiene ozono (segunda realización; véase la Fig. 5)
- 55 48 división (segunda realización; véase la Fig. 5)
- 49 depósito (segunda realización; véase la Fig. 5)
- 50 corriente acuosa para el depósito 49 (segunda realización; véase la Fig. 5)
- 51 cabezal (segunda realización; véase la Fig. 5)
- 52 aparato de lavado, en particular aparato de lavado previo, por ejemplo lavador Venturi (segunda realización; véase la Fig. 5)
- 60 53 pulverización acuosa, en particular pulverización de medio acuoso o pulverización de reactivo acuoso, por ejemplo boquilla de pulverización (segunda realización; véase la Fig. 5)
- 54 corriente de gas tratada (segunda realización; véase la Fig. 5)
- 55 bomba (segunda realización; véase la Fig. 5)
- 65 56 conjunto de bandeja y eliminador de neblina (segunda realización; véase la Fig. 5)
- 57 corriente (segunda realización; véase la Fig. 5)

- 58 dispositivo de captura, en particular aparato de lavado, por ejemplo tambor de separación (segunda realización; véase la Fig. 5)
- 59 corriente de gas no tratada, en particular corriente de gas de humo o corriente de gas de proceso (tercera realización; véase la Fig. 6)
- 5 60 conducto (tercera realización; véase la Fig. 6)
- 61 ozono, en particular corriente de gas que contiene ozono (tercera realización; véase la Fig. 6)
- 63 aparato de lavado, en particular aparato de lavado previo, por ejemplo secador por pulverización (tercera realización; véase la Fig. 6)
- 64 pulverización acuosa, en particular pulverización de medio acuoso o pulverización de reactivo acuoso, por ejemplo boquilla de pulverización (tercera realización; véase la Fig. 6)
- 10 65 dispositivo de captura, en particular aparato de lavado, por ejemplo colector de bolsas (tercera realización; véase la Fig. 6)
- 66 corriente de sólidos (tercera realización; véase la Fig. 6)
- 67 conducto (tercera realización; véase la Fig. 6)
- 15 68 chimenea (tercera realización; véase la Fig. 6)
- 69 corriente de gas tratada (tercera realización; véase la Fig. 6)
- 70 dispositivo de combustión (tercera realización; véase la Fig. 6)
- 71 distribuidor (tercera realización; véase la Fig. 6)
- A primera zona del conducto 31 (, 45)
- 20 B segunda zona, en particular zona de oxidación, del conducto 31, 45
- C tercera zona del conducto 31(, 45)

REIVINDICACIONES

- 1.- Un método para eliminar parcialmente óxidos de nitrógeno de una corriente de gas de proceso (30; 44) que comprende las etapas de:
- 5 [a] separar la corriente de gas de proceso (30; 44) en dos o más corrientes de gas de proceso, en las que al menos una de las dos o más corrientes de gas de proceso va a tratarse para la eliminación de óxidos de nitrógeno y el porcentaje en volumen de esta al menos una de las dos o más corrientes de gas de proceso es igual a la cantidad de óxidos de nitrógeno que va a eliminarse;
- 10 [b] añadir a o mezclar ozono (32; 46) con al menos una de las dos o más corrientes de gas de proceso que va a tratarse para la eliminación de óxidos de nitrógeno, añadiéndose o mezclándose dicho ozono (32; 46) en una cantidad para oxidar los óxidos de nitrógeno para dar formas más allá de NO₂, en particular para dar N₂O₅;
- 15 [c] alimentar la al menos una de las dos o más corrientes de gas de proceso que se trata para la eliminación de óxidos de nitrógeno a un dispositivo de captura (38; 58) que se selecciona del grupo que consiste en equipos de lavado en húmedo.
- 2.- El método según la reivindicación 1, en el que la corriente de gas de proceso (30; 44) es una corriente de gas de escape que resulta de un proceso industrial, en particular de un proceso químico, metalúrgico o de combustión parcial o completa y/o de una fuente seleccionada del grupo que consiste en fuentes fijas, fuentes estacionarias y fuentes móviles.
- 20 3.- El método según la reivindicación 2, en el que el proceso industrial se selecciona del grupo que consiste en calderas industriales, sistemas de generación de energía y procesos de combustión.
- 25 4.- El método según al menos una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que los óxidos de nitrógeno se seleccionan del grupo que consiste en óxido nítrico y dióxido de nitrógeno.
- 30 5.- El método según al menos una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la porción de la corriente de gas de proceso (30; 44) separada se correlaciona, en particular se correlaciona directamente, con la cantidad de óxidos de nitrógeno eliminada de la corriente de gas de proceso (30; 44).
- 35 6.- El método según al menos una de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende además, en particular antes o después de la etapa [a], la etapa de acondicionar o tratar, en particular tratar previamente, la corriente de gas de proceso, en particular al menos una de las dos o más corrientes de gas de proceso.
- 40 7.- El método según la reivindicación 6, en el que dicho acondicionamiento o tratamiento se selecciona del grupo que consiste en enfriar, enfriar bruscamente, lavar previamente (52) y lavar de manera selectiva.
- 45 8.- El método según al menos una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que dicha adición o mezclado se selecciona del grupo que consiste en alimentar ozono (32; 46) a, en particular inyectar ozono (32; 46) en, la al menos una de las dos o más corrientes de gas de proceso.
- 50 9.- El método según al menos una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que los óxidos de nitrógeno oxidados se capturan en el dispositivo de captura (38; 58) por medio de pulverización acuosa (39; 53), en particular por medio de pulverización de medio acuoso o por medio de pulverización de reactivo acuoso.
- 55 10.- El método según al menos una de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende además, en particular tras la etapa [c], la etapa de recombinar la al menos una de las dos o más corrientes de gas sustancialmente libre de óxidos de nitrógeno con el resto de dicha corriente de gas de proceso, en particular en el dispositivo de captura (38; 58) o aguas abajo del dispositivo de captura (38; 58).
- 11.- El método según al menos una de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende además, en particular tras la etapa [c], la etapa de liberar la corriente de gas de proceso (40; 54), en particular recombinada.

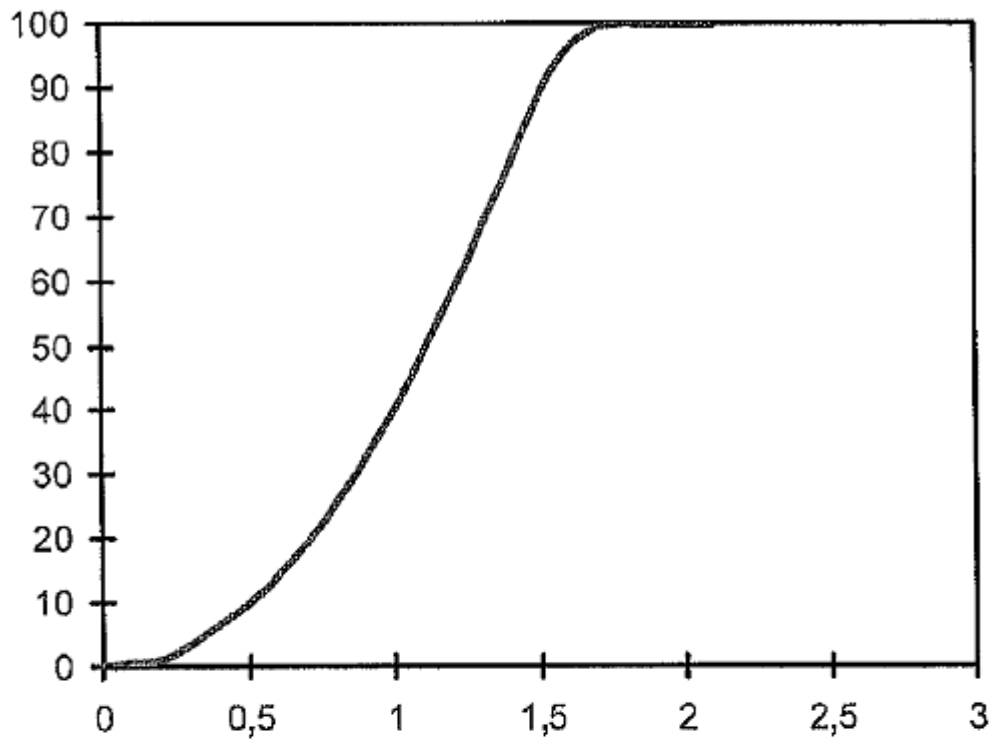


Fig. 1

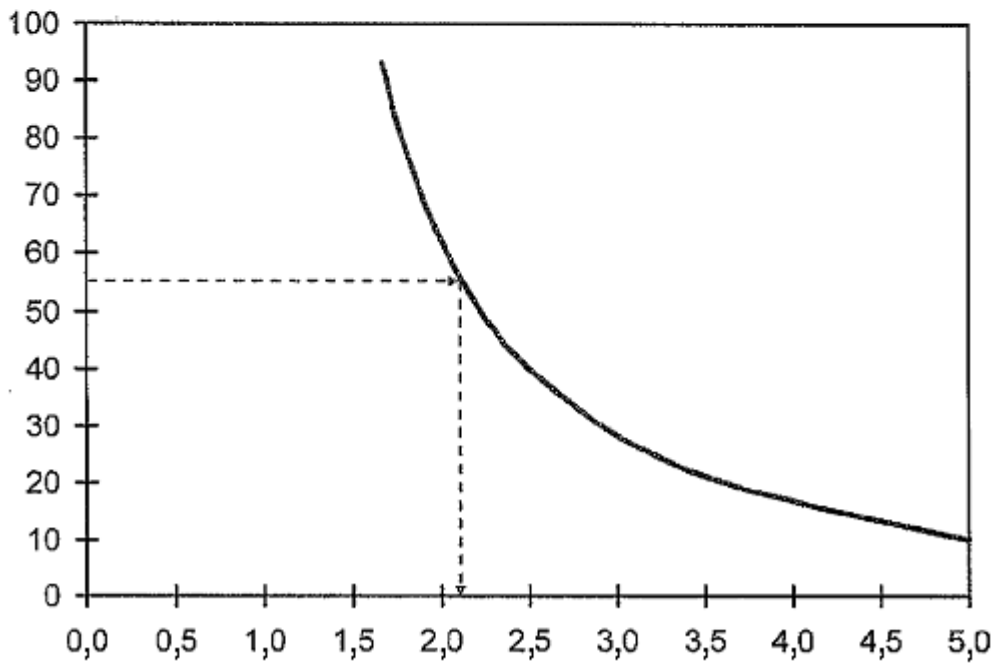


Fig. 2

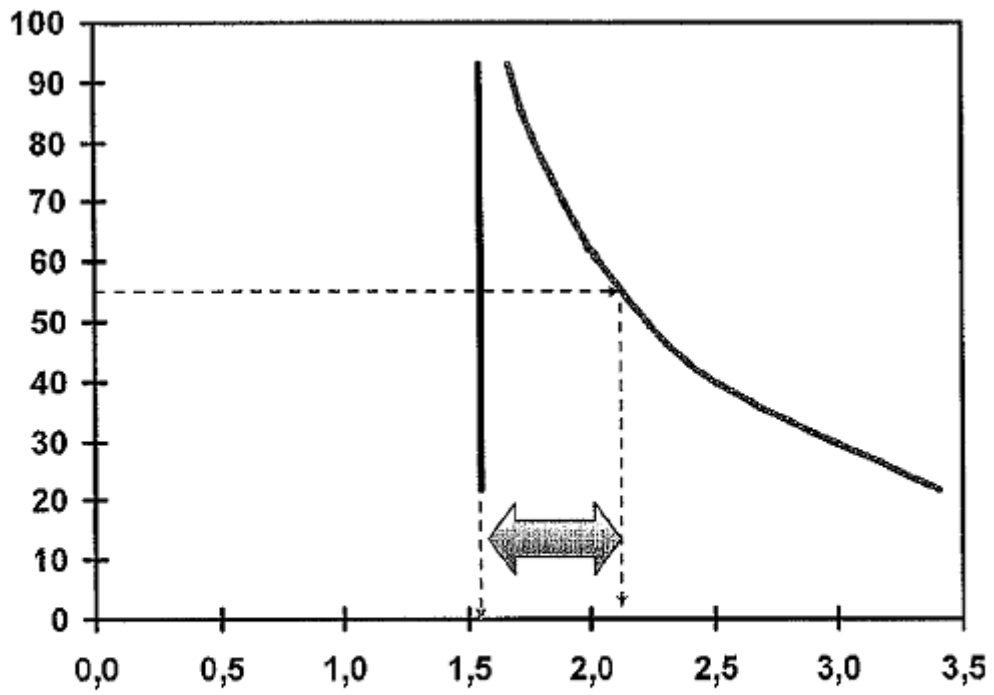


Fig. 3

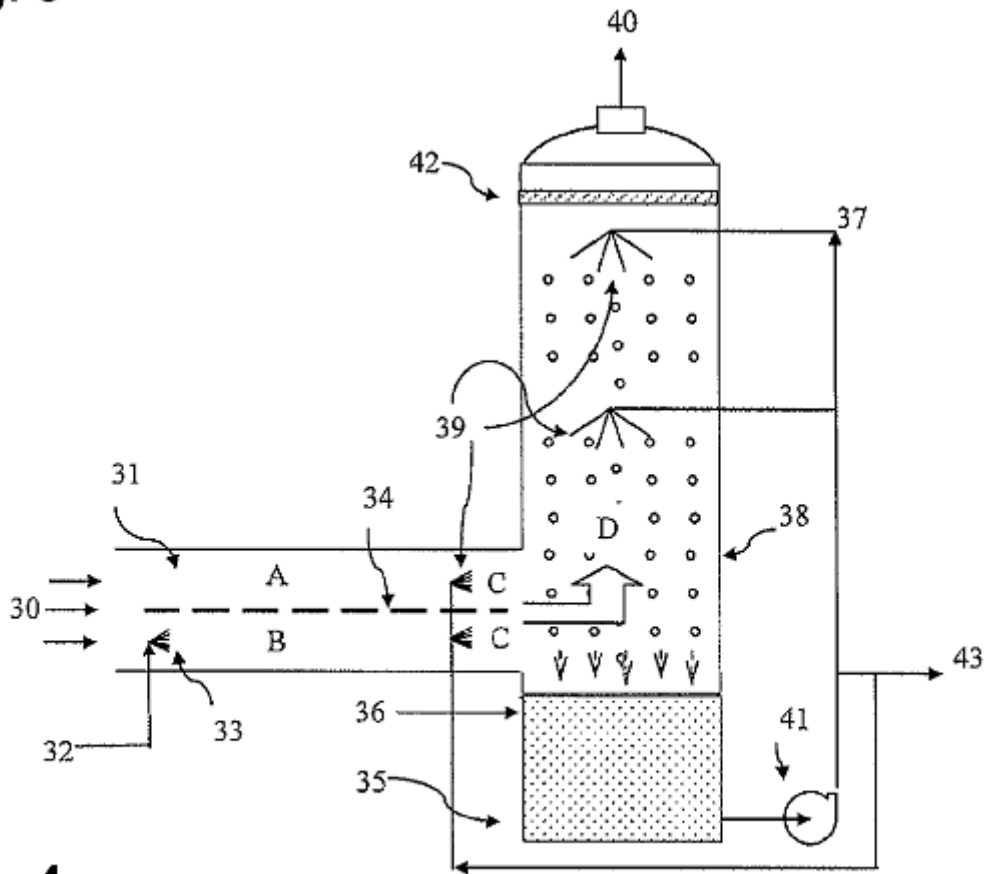


Fig. 4

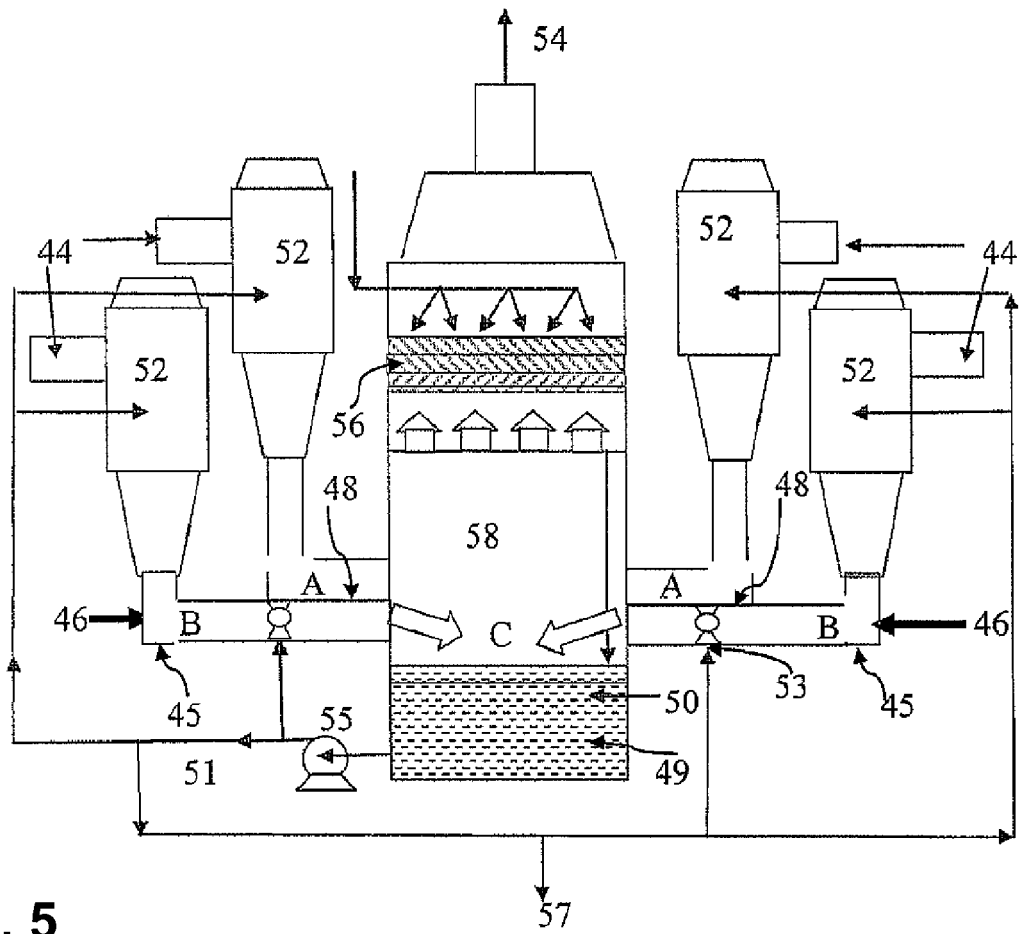


Fig. 5

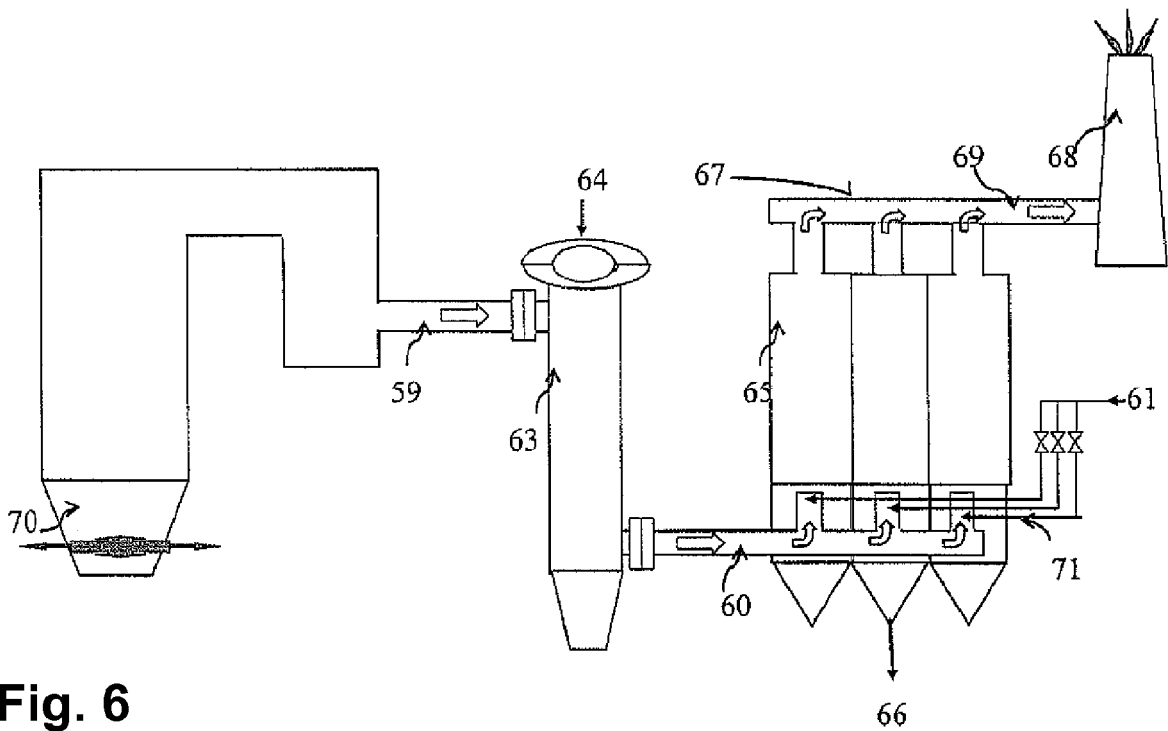


Fig. 6