

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 400 298**

51 Int. Cl.:

**B01D 53/58** (2006.01)

**B01D 53/86** (2006.01)

**B01D 53/56** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.03.2010 E 10710791 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2012 EP 2408541**

54 Título: **Tratamiento combinado de los gases de escape de unas corrientes de gases de escape que contienen amoníaco y óxidos de nitrógeno en instalaciones industriales**

30 Prioridad:

**20.03.2009 DE 102009013691**

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

**08.04.2013**

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP UHDE GMBH (100.0%)  
Friedrich-Uhde-Strasse 15  
44141 Dortmund, DE**

72 Inventor/es:

**MÜLLER, IVO y  
JOHANNING, JOACHIM**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 400 298 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**

Tratamiento combinado de los gases de escape de unas corrientes de gases de escape que contienen amoníaco y óxidos de nitrógeno en instalaciones industriales

5 El invento se refiere a un procedimiento así como a su utilización para la eliminación combinada de unas corrientes de gases de escape que contienen amoníaco y óxidos de nitrógeno, en una instalación industrial, según la reducción no catalítica selectiva en un intervalo de temperaturas de 850°C a 1.100°C, o según la reducción catalítica selectiva en un intervalo de temperaturas de 150°C a 550°C. En este caso, la reacción de amoníaco y de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) debe de efectuarse mediante la mezcladura previa de dos o múltiples corrientes de gases de escape presentes en la instalación industrial, siendo decisivas la temperatura de la mezcla y las necesarias tasas de descomposición de amoníaco y de nitrógeno para la elección de la reducción no catalítica selectiva o de la reducción catalítica selectiva. Por consiguiente, en el caso de este nuevo procedimiento, las dos sustancias contaminantes (el amoníaco y los óxidos de nitrógeno), que están presentes de cualquier manera en los gases de escape del proceso, sirven mutuamente como participantes en la reacción, para descomponerse recíprocamente de una manera eficiente. Esto disminuye el gasto en comparación con una purificación separada de las respectivas corrientes de gases de escape.

20 En algunas industrias, tales como p.ej. en el caso de la producción de fertilizantes, en diversos tramos del procedimiento resultan unas corrientes de gases de escape, que están contaminadas con amoníaco o respectivamente con óxidos de nitrógeno, que, en lo que respecta a la carga para el medio ambiente así como a la carga por olor que acarrearán tales compuestos, tienen que ser purificadas antes de su entrega al aire del entorno. En este caso, se trata por ejemplo de las corrientes de gases de escape del aparato absorbedor a bajas presiones en una instalación de síntesis de urea. Tales corrientes de gases de escape son problemáticas por cuanto que sus valores de emisión están situados ampliamente por encima de las concentraciones recomendadas, que son propuestas en la Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft, Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, Stand 2002 (Instrucción técnica para el mantenimiento de la pureza del aire, Primera prescripción general administrativa de la ley federal de protección contra inmisiones, estado del 2002). En este caso, para el amoníaco se exige por ejemplo un valor de 50 mg/Nm<sup>3</sup>. Parcialmente, en el gas de escape están contenidos también unos alcanos inferiores, tales como, por ejemplo, metano, que es un fuerte gas que contribuye al efecto invernadero.

35 La eliminación de amoníaco desde el aire de salida se consigue en los procedimientos conocidos en la bibliografía de patentes mediante una adición de ácido sulfúrico o de ácido nítrico. Este procedimiento es conocido también bajo el nombre de "lavado en condiciones ácidas", tal como se expone, por ejemplo, en el documento de patente de los EE.UU. US 3.607.022. El amoníaco se elimina mediante una absorción química desde la corriente de aire de salida y se convierte químicamente en la correspondiente sal de amonio en el seno del disolvente de carácter ácido. El empleo de ácido nítrico da lugar a la formación de nitrato de amonio, y el empleo de ácido sulfúrico da lugar a la formación de sulfato de amonio. Por consiguiente, el lavado en condiciones ácidas exige un gran gasto de aparatos y logístico, puesto que junto al complejo aparato lavador también se tienen que comprar y almacenar unas cantidades correspondientes del ácido.

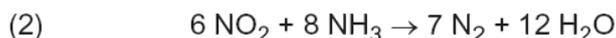
45 Además, estas soluciones que contienen sales de amonio forman por consiguiente unas corrientes de aguas residuales, que no pueden ser entregadas sin problemas al sistema de aguas residuales. Por consiguiente, aquí también se tiene que efectuar otra vez una purificación o respectivamente se tiene que encontrar una solución para la evacuación de la solución salina producida.

50 Por lo demás, la combustión en antorchas pertenece al estado de la técnica para la eliminación de amoníaco en corrientes de gases de escape. En este caso, no obstante, para el aseguramiento de un valor mínimo de combustión, según sea la concentración de amoníaco y de otras impurezas combustibles se requieren unas significativas cantidades de un gas de apoyo, lo que aumenta las emisiones de dióxido de carbono de la instalación. La combustión del amoníaco, que tiene lugar en la antorcha, da lugar además a la formación de óxidos de nitrógeno, que, tal como ya se ha expuesto más arriba, constituyen por su parte unas sustancias contaminantes para el medio ambiente, y por consiguiente se debería evitar la formación de estas sustancias contaminantes. Además, hay indicios de que en Europa las antorchas al aire libre son consideradas por la parte de las autoridades como problemáticas para el funcionamiento continuo, a falta de unas posibles mediciones de las emisiones.

60 Otro procedimiento mencionado en la bibliografía de patentes para la purificación de corrientes de gases de escape que contienen amoníaco, es la oxidación selectiva, que se describe a modo de ejemplo en el documento de patente alemana DE 695 30 024 T2 y en el documento de patente europea EP 0 514 729 B1, y que se lleva a cabo con ayuda de unos catalizadores especiales. No obstante, en el caso de unas concentraciones más altas debido a las cantidades de calor que se liberan, se debe de garantizar una refrigeración suficiente, que aumenta el gasto en aparatos. Por consiguiente, este procedimiento se adecua predominantemente para unas corrientes, que están impurificadas con pequeñas cantidades de amoníaco.

65

En el documento de solicitud de patente alemana DE 4314896 A1 se describe la descomposición de amoníaco mediante una adición deliberada de óxidos de nitrógeno. Los óxidos de nitrógeno requeridos son producidos por una fuente separada (p.ej. un motor de ciclo Diesel) o por una oxidación parcial de amoníaco. Mediando utilización de un catalizador, el amoníaco y los óxidos de nitrógeno reaccionan esencialmente según las siguientes reacciones empíricas:



En el caso de las temperaturas del gas de escape, expuestas en este documento de patente, se tienen que emplear unos catalizadores para el aumento de la tasa de reacción. Junto a los altos costos de inversión, en el caso de los catalizadores subsiste el peligro de que éstos sean obstruidos o incluso desactivados en el caso de unos gases de escape con impurezas sólidas (p.ej. cenizas). Por lo demás, para la purificación del gas de escape que contiene amoníaco es necesaria una fuente artificial de óxidos de nitrógeno.

Un similar proceso de purificación se expone en el documento EP 1350552B1. En una primera etapa, la combustión del amoníaco tiene lugar en una instalación térmica de combustión posterior, resultando inevitablemente unos óxidos de nitrógeno. El invento consiste por fin en que la combustión del amoníaco no tiene lugar totalmente y la proporción no quemada de amoníaco es aprovechada por consiguiente en una etapa adicional para descomponer los óxidos de nitrógeno mediante una reducción catalítica selectiva. En el caso de este procedimiento se ha de contar con una regulación costosa.

Otra alternativa adicional para la descomposición de amoníaco en gases de escape es la adsorción p.ej. en carbón activo o zeolitas, tal como se divulga p.ej. en el documento US 6.261.345 B1. En el caso de este procedimiento es desventajoso su funcionamiento no estacionario, que aumenta el gasto en aparatos.

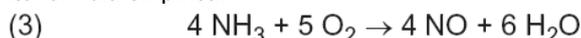
La absorción física de amoníaco con unos disolventes, tales como agua o glicoles, pertenece según el documento US 5.230.877 asimismo al estado de la técnica. Las purezas del gas de escape que se pueden conseguir aquí dependen, sin embargo, fuertemente de las condiciones de funcionamiento del lavado, tales como la temperatura y la presión. Son ventajosas una alta presión y una baja temperatura, que, no obstante, provocan unos gastos adicionales de inversión y funcionamiento.

Los óxidos de nitrógeno pueden formarse en el caso de la combustión de portadores de energía fósiles o resultan en el caso de la producción de ácido nítrico. Los óxidos de nitrógeno son nocivos para la salud y para el medio ambiente y dan lugar, por ejemplo, a unos fenómenos tales como la lluvia ácida, la neblina (en inglés smog) y la formación de ozono, por lo cual para esta sustancia existen unos valores legales límites de emisión. Para unos recipientes, que se hacen funcionar con gas natural, el valor límite, que se propone en la Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, Stand 2002 (Instrucción técnica para el mantenimiento de la pureza del aire, Primera prescripción general administrativa de la ley federal de protección contra inmisiones, estado del 2002), se sitúa hoy en día en  $150 \text{ mg/Nm}^3$ .

El modo de proceder más evidente para la reducción de los óxidos de nitrógeno es una correspondiente modificación de las fuentes que los provocan. Así, en el caso de los recipientes de calentamiento se pueden emplear, por ejemplo, unos quemadores especiales, pobres en óxidos de nitrógeno, y/o la combustión se puede adaptar correspondientemente, lo que incluye el calentamiento previo del aire así como la devolución de los gases de escape. En este contexto es problemático que ciertas condiciones marginales del proceso pueden oponerse a tales adaptaciones y que las medidas técnicas pueden ser además bastante costosas desde el punto de vista financiero.

Para la eliminación de los óxidos de nitrógeno desde gases de escape, sobre todo, la reducción no catalítica selectiva (SNCR) y la reducción catalítica selectiva (SCR) están ampliamente propagadas. El amoníaco y los óxidos de nitrógeno reaccionan en este caso en la fase gaseosa (en el caso de la SNCR) o sobre la superficie del catalizador (en el caso de la SCR) esencialmente según las reacciones empíricas (1) y (2), que ya se han presentado.

La reducción no catalítica selectiva (SNCR) transcurre a una temperatura de  $850^\circ\text{C}$  a  $1.100^\circ\text{C}$ . En este caso, como agente de reducción sirve usualmente una solución acuosa de amoníaco o de urea. Es necesaria, una temperatura de  $> 900^\circ\text{C}$ , con el fin de alcanzar la velocidad de reacción necesaria. A unas temperaturas  $> 1.000^\circ\text{C}$ , este procedimiento acarrea el problema de una formación aumentada de óxidos de nitrógeno a partir del amoníaco, lo que transcurre según la siguiente fórmula empírica:



En contraposición a esto, la reducción catalítica selectiva transcurre a unas temperaturas de 150°C a 550°C y el peligro de la formación de óxidos de nitrógeno se ha de clasificar más bien como escaso. Este procedimiento condiciona, no obstante, el empleo de un catalizador. Los catalizadores de este tipo se componen en lo esencial de óxidos de metales pesados, zeolitas, coque activado y mezclas de óxidos de hierro y óxidos de cromo.

Las SNCR y SCR se pueden combinar también entre ellas, con el fin de aprovechar las ventajas de ambos procedimientos (unas bajas emisiones de óxidos de nitrógeno y unas pequeñas cantidades de catalizador) (p.ej. según el documento DE 690 06 367 T2). En este caso, se ha de prestar atención a que las temperaturas que son necesarias en cada caso para ambos procesos se presenten en el gas de escape.

El documento US 4744962 A1 divulga ejemplificativamente un procedimiento para la eliminación combinada tanto del amoníaco en una corriente de gases de escape que contienen amoníaco, como también de los óxidos de nitrógeno en una corriente de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno, en una instalación de FCC (craqueo catalítico fluido) según el procedimiento de SCNR o SCR, realizándose que el amoníaco y los óxidos de nitrógeno reaccionan entre sí y son convertidos químicamente en nitrógeno y agua.

Los principales sectores de empleo de las SNCR y SCR son, entre otros, la desnitrificación de gases de escape de centrales energéticas e instalaciones de incineración de basuras, y la purificación del aire de salida de instalaciones de síntesis de ácido nítrico. El procedimiento de SCR se emplea desde hace algún tiempo también para la reducción de los óxidos de nitrógeno en gases de escape de vehículos automóviles. En las instalaciones de síntesis de amoníaco y urea, el empleo de las SNCR y SCR no constituye hasta ahora un estado de la técnica.

A partir del estado de la técnica se desprenden, por consiguiente, solamente los recursos de tratar y purificar a las corrientes de gases de escape que contienen amoníaco y óxidos de nitrógeno, por separado entre ellos, según los métodos precedentemente mencionados. Esto es muy costoso en cuanto a aparatos y además es extremadamente caro.

Una misión del invento es la puesta a disposición de un proceso, que permita empobrecer en cuanto al amoníaco y a los óxidos de nitrógeno simultáneamente de un modo combinado a dos corrientes separadas de gases de escape de una instalación industrial, conteniendo una de ellas amoníaco y la otra óxidos de nitrógeno, de tal manera que se cumplan los valores límites de emisiones prescritos por las leyes para una o para ambas sustancia(s) contaminante(s). El nuevo proceso debe de ser integrable en unas instalaciones industriales existentes, y la problemática antes expuesta del tratamiento separado de los gases de escape ya no deberá presentarse más.

Esto se consigue mediante el empleo de un procedimiento para la eliminación combinada tanto de amoníaco en una o varias corriente(s) de gases de escape que contienen amoníaco así como también de óxidos de nitrógeno en una o varias corriente(s) adicional(es) de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno, en una instalación de síntesis de amoníaco y urea, según la reducción no catalítica selectiva en un intervalo de temperaturas de 850°C a 1.100°C, con la que se consiguen unas tasas de descomposición de óxidos de nitrógeno de hasta un 80 %, o según la reducción catalítica selectiva en un intervalo de temperaturas de 150°C a 550°C, con la que se consiguen unas tasas de descomposición de óxidos de nitrógeno de hasta un 99 %, reaccionando el amoníaco y los óxidos de nitrógeno entre sí y siendo convertidos químicamente en nitrógeno y agua, mezclándose la corriente de gases de escape que contienen amoníaco, y que debe de ser tratada, procedente de un aparato absorbedor a bajas presiones y/o de un aparato absorbedor atmosférico de la parte de la instalación de síntesis de urea, y la corriente de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno, y que debe de ser tratada, procedente de un canal para el gas de humos de un reformador primario de la parte de la instalación de síntesis de amoníaco de la instalación combinada de síntesis de amoníaco y urea, y llevándose a cabo una reducción no catalítica selectiva o una reducción catalítica selectiva en dependencia de la temperatura de la mezcla y en dependencia de la tasa de descomposición de los óxidos de nitrógeno, que se debe de conseguir, siendo descompuestos tanto el amoníaco como también los óxidos de nitrógeno de las corrientes mezcladas de gases de escape simultáneamente en la misma etapa de procedimiento.

En la descrita corriente de gases de escape que contienen amoníaco, que es mezclada con la corriente de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno, pueden estar contenidos adicionalmente unos alcanos inferiores y/o hidrógeno y/u oxígeno.

En una ventajosa forma de realización del procedimiento, la concentración de amoníaco se ajusta en una cantidad superior a la estequiométrica en relación con la concentración de óxido de nitrógeno en las corrientes de gases de escape, que deben de ser mezcladas, de tal manera que la conversión química en nitrógeno y agua transcurra sin ninguna adición de otros componentes.

Una posibilidad adicional de realización del invento consiste en inyectar adicionalmente en la mezcla de la corriente de gases de escape que contienen amoníaco, con la corriente de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno, un agente de reducción, que se escoge entre el conjunto que se compone de amoníaco, agua amoniacal y una solución de urea.

En otra forma de realización del invento, primeramente se lleva a cabo una reducción no catalítica selectiva, a la que le sigue una reducción catalítica selectiva.

De manera preferida, el catalizador para la reducción catalítica selectiva se escoge entre un conjunto que se compone de óxidos de metales (p.ej. dióxido de titanio, pentóxido de vanadio), coques activados, unas mezclas de óxidos de hierro y óxidos de cromo, y zeolitas. El catalizador puede estar estructurado como un catalizador macizo o como un catalizador con soporte constituido sobre la base de  $\text{SiO}_2$ , un aluminosilicato o  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Las posibles formas de realización incluyen unas cargas a granel, unas capas fluidizadas y unas estructuras preferiblemente monolíticas o respectivamente alveolares.

Convenientemente, el procedimiento reivindicado es apropiado para unos gases de escape con un contenido de amoníaco de 30 a 50.000  $\text{mg}/\text{Nm}^3$  y un contenido de óxidos de nitrógeno de 75 a 1.500  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ .

A continuación, se ilustran más detalladamente algunas formas de realización del invento con ayuda de tres Figuras. En este caso muestran:

La Fig. 1: un esbozo esquemático de procedimiento del proceso, en el que se muestra la reducción no catalítica selectiva para la eliminación simultánea combinada de amoníaco y de óxidos de nitrógeno desde dos corrientes separadas de gases de escape.

La Fig. 2: una forma de realización del invento, en la que se muestra esquemáticamente la reducción catalítica selectiva para la eliminación simultánea combinada de amoníaco y de óxidos de nitrógeno desde dos corrientes separadas de gases de escape.

La Fig. 3: un esbozo de principio de una purificación combinada simultánea de gases de escape en un conjunto de instalaciones de síntesis de amoníaco y urea, que se basa en la reducción catalítica no selectiva.

En la Fig. 1 se mezcla un gas de escape 1, que contiene amoníaco, con un gas de escape 2 que contiene óxidos de nitrógeno, a una temperatura de 850°C a 1.100°C. En este caso, en un adecuado dispositivo 5 se llega a una reacción en fase gaseosa entre el amoníaco y los óxidos de nitrógeno para dar nitrógeno y agua, que pueden ser entregados al entorno a través de la corriente gaseosa 3. En este caso, unos hidrocarburos, tales como, por ejemplo, metano, que están contenidos adicionalmente en el gas de escape 1 que contiene amoníaco, son convertidos químicamente por medios térmicos en dióxido de carbono y agua. Con este método se pueden alcanzar unas tasas de descomposición de óxidos de nitrógeno de hasta un 80 %. La reacción del amoníaco y de los óxidos de nitrógeno tiene lugar en este caso sin ningún catalizador, y se designa como una reducción no catalítica selectiva. Tal como se ha descrito al principio, este procedimiento de acuerdo con el estado de la técnica sólo tiene por objetivo la reducción de los óxidos de nitrógeno.

En otra variante adicional del procedimiento, que se representa en la Fig. 2, un gas de escape 1 que contiene amoníaco, se conduce con un gas de escape 2 que contiene óxidos de nitrógeno, a través de un adecuado material de catalizador 6, que está integrado en un dispositivo adecuado, llegándose asimismo a la formación de nitrógeno y agua. La corriente gaseosa resultante puede ser entregada aquí también otra vez al entorno. Esta reacción transcurre en un intervalo de temperaturas de 150°C a 550°C. La reacción del amoníaco y de los óxidos de nitrógeno tiene lugar en este caso de un modo catalizado y es designada como una reducción catalítica selectiva. En el caso de este procedimiento, en comparación con la reducción no catalítica selectiva, es ventajoso el intervalo disminuido de temperaturas, a las que tiene lugar la reacción, puesto que el peligro de la formación de óxidos de nitrógeno a partir del amoníaco, que debe ser descompuesto, es aquí pequeño. Mediante este procedimiento se pueden conseguir unas tasas de descomposición de óxidos de nitrógeno de hasta un 99 %. También aquí, la finalidad original de esta tecnología sirve solamente para la reducción de los óxidos de nitrógeno.

En caso de que los óxidos de nitrógeno se presenten en una cantidad superior a la estequiométrica con relación al amoníaco, tanto la reducción no catalítica selectiva descrita en la Fig. 1 como también la reducción catalítica selectiva descrita en la Figura 2 pueden ser equipadas con una inyección 4 adicional de amoníaco, de agua amoniacal o de una solución de urea. Esto hace posible disminuir la concentración de óxidos de nitrógeno todavía más que lo que sería posible con las cantidades de amoníaco presentes en los gases de escape empleados.

Si los óxidos de nitrógeno se presentan en unas cantidades inferiores a las estequiométricas, las concentraciones de amoníaco y de los óxidos de nitrógeno, que resultan a partir de la reducción no catalítica selectiva o de la reducción catalítica selectiva en el gas de escape tratado, deben de ser comprobadas en lo que respecta a los valores límites que deben de ser alcanzados. Si una cantidad de amoníaco fuertemente superior a la estequiométrica da lugar a un excesivo arrastre de amoníaco, una parte de los gases de escape que contienen amoníaco, tiene que ser tratada por separado mediando utilización de otros procedimientos, tales como p.ej. el lavado en condiciones ácidas.

A continuación, se expone el invento con ayuda de un Ejemplo de realización y él se representa gráficamente en la Fig. 3. En este caso, se parte de que las corrientes 18 y 19 de gases de escape que contienen amoníaco, son extraídas de un aparato absorbedor a bajas presiones 16 y del aparato absorbedor atmosférico 15 de una

instalación de síntesis de urea. En este caso, la corriente 13, que debe de ser purificada, del aparato absorbedor atmosférico 15 procede de una unidad en la instalación de síntesis de urea, que sirve para la concentración por evaporación, al contrario de lo cual la corriente 14, que debe de ser purificada, procede de la unidad de síntesis de la instalación de síntesis de urea. En los dos aparatos absorbedores se introducen las soluciones de lavado 21 o respectivamente 22. Sin embargo, las corrientes de gases de escape 18 y 19 purificadas en estos procesos contienen todavía amoníaco en una concentración másica comprendida entre 0,1 y 5 %. A esto se agregan las porciones de metano e hidrógeno, que se pueden detectar en particular en la corriente 19 de gases de escape que contienen amoníaco, del aparato absorbedor a bajas presiones 16.

Una corriente de gases de escape que contienen nitrógeno, es el gas de humos 23 procedente del reformador primario 7 de una instalación de síntesis de amoníaco, que está conectada casi sin excepción delante de la instalación de síntesis de urea. El gas de humos 23 resulta mediante la combustión de una mezcla 9 de gas natural y aire por medio de un quemador 10 en el reformador primario 7, que sirve para la producción del gas de síntesis 11a, 11b, 11c, 11d a partir de una corriente 8 de gas natural. La concentración de óxidos de nitrógeno se sitúa por lo general cerca del valor límite de 150 mg/Nm<sup>3</sup> que era usual hasta ahora. El gas de humos 23 abandona el reformador primario 7 a través del canal 12 para el gas de humos, en el que se recupera una gran parte de la energía térmica, que es todavía llevada consigo, por medio del intercambiador de calor 24.

Para la realización de la reducción no catalítica selectiva, las corrientes individuales 18 y 19 se mezclan primeramente. A causa de los diferentes niveles de presiones, a este fin se puede utilizar un eyector 17. A continuación de esto, la mezcla de las corrientes 20 de gases de escape que contienen amoníaco, es añadida al gas de humos 23 que contiene óxidos de nitrógeno, en la entrada del canal 12 para el gas de humos. Aquí se presentan las temperaturas de aproximadamente 1.000°C, que son adecuadas para este procedimiento. En la entrada del canal para el gas de humos, los óxidos de nitrógeno se presentan predominantemente en forma de NO (> 85 %), aumentando adicionalmente la proporción de NO<sub>2</sub> a lo largo del canal 12 para el gas de humos. Por este motivo, en el caso de la reducción no catalítica selectiva el NO se hace reaccionar predominantemente según la reacción empírica (1) expuesta más arriba. La resultante corriente 25 de gases de escape puede ser entregada a continuación al entorno.

A causa de las pequeñas corrientes 18 y 19 que contienen amoníaco, y que fluctúan dentro de una región de < 2 t/h, y de la gran corriente 23 de gas de humos, que se sitúa en la región de > 300 t/h, los óxidos de nitrógeno se presentan en una cantidad superior a la estequiométrica, de tal manera el amoníaco se puede hacer reaccionar casi totalmente en el caso de una mezcla ideal de las corrientes. Para los óxidos de nitrógeno es posible una disminución de las concentraciones situada en el intervalo de tantos por ciento comprendidos entre 5 y 15 %. Una reducción más alta de los óxidos de nitrógeno sería posible mediante otra adición de un agente de reducción tal como amoníaco así como mediante el empleo aditivo de la reducción catalítica selectiva. Las cantidades de hidrógeno y metano llevadas consigo en la corriente 19 de gases de escape son asimismo convertidas químicamente a estas altas temperaturas. El aumento de las temperaturas de aproximadamente 2-3°C, que resulta de esto es pequeño, y por consiguiente no tiene ninguna repercusión significativa sobre el proceso.

Ventajas que se establecen a partir del invento:

- un proceso fácilmente integrable en las instalaciones industriales existentes
- la utilización de unos procedimientos en sí ya consagrados
- ya no es necesario el tratamiento habitual de las corrientes de aire de salida mediante ácidos o antorchas.
- se suprime el costoso tratamiento o respectivamente la costosa evacuación de las aguas residuales, tal como resultan p.ej. en el caso del lavado en condiciones ácidas, lo que está vinculado con un ahorro de gastos.
- ya no tiene lugar un tratamiento por separado de los gases de escape de las corrientes de gases de escape que contienen amoníaco y que contienen óxidos de nitrógeno, lo que hace más rentable a la instalación
- un ahorro de los agentes de reducción, que son necesarios para la reducción de los óxidos de nitrógeno

**Lista de signos de referencia**

	1	gas de escape que contiene amoníaco
	2	gas de escape que contiene óxidos de nitrógeno
5	3	corriente gaseosa
	4	amoníaco, agua amoniacal o una solución de urea
	5	dispositivo
	6	material de catalizador
	7	reformador primario
10	8	gas natural
	9	mezcla de gas natural y aire
	10	quemador
	11a,b,c,d	gas de síntesis
	12	canal para el gas de humos
15	13	corriente que debe de ser purificada
	14	corriente que debe de ser purificada
	15	aparato absorbedor atmosférico
	16	aparato absorbedor a bajas presiones
	17	eyector
20	18	corriente de gases de escape que contienen amoníaco
	19	corriente de gases de escape que contienen amoníaco
	20	mezcla de corrientes de gases de escape que contienen amoníaco
	21	solución de lavado
	22	solución de lavado
25	23	gas de humos
	24	intercambiador de calor
	25	corriente purificada

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la eliminación combinada tanto de amoníaco en una o varias corrientes de gases de escape que contienen amoníaco, así como también de óxidos de nitrógeno en una o varias adicionales corrientes de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno, en una instalación combinada de síntesis de amoníaco y urea, según la reducción no catalítica selectiva en un intervalo de temperaturas de 850°C a 1.100°C, con la que se pueden alcanzar unas tasas de descomposición de óxidos de nitrógeno de hasta un 80 %, o según la reducción catalítica selectiva en un intervalo de temperaturas de 150°C a 550°C, con la que se pueden alcanzar unas tasas de descomposición de óxidos de nitrógeno de hasta un 99 %, reaccionando el amoníaco y los óxidos de nitrógeno entre sí y siendo convertidos químicamente en nitrógeno y agua, mezclándose la corriente de gases de escape, que contiene amoníaco y que debe de ser tratada, procedente de un aparato absorbedor a bajas presiones y/o procedente de un aparato absorbedor atmosférico de la parte de la instalación de síntesis de urea, y la corriente de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno y que debe de ser tratada, procedente de un canal para el gas de humos de un reformador primario de la parte de la instalación de síntesis de amoníaco de la instalación combinada de síntesis de amoníaco y urea, y en dependencia de la temperatura de la mezcla, y en dependencia de la tasa de descomposición, que debe ser alcanzada, de los óxidos de nitrógeno, se lleva a cabo una reducción no catalítica selectiva o una reducción catalítica selectiva, siendo descompuestos simultáneamente en la misma etapa de procedimiento tanto el amoníaco como también los óxidos de nitrógeno de las corrientes de gases de escape mezcladas.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la corriente de gases de escape que contienen amoníaco, que es mezclada con la corriente de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno, contiene adicionalmente unos alcanos inferiores y/o hidrógeno y/u oxígeno.
3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** la concentración de amoníaco se ajusta en una cantidad superior a la estequiométrica con respecto a la concentración de óxidos de nitrógeno en las corrientes de gases de escape que deben de ser mezcladas, de tal manera que la conversión química en nitrógeno y agua tiene lugar sin la adición de otros componentes adicionales.
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** en la mezcla de la corriente de gases de escape que contienen amoníaco, con la corriente de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno, se inyecta adicionalmente un agente de reducción, que se escoge entre el conjunto que se compone de amoníaco, agua amoniacal y una solución de urea.
5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 hasta 4, **caracterizado porque** primeramente se lleva a cabo una reducción no catalítica selectiva, a la que le sigue una reducción catalítica selectiva.
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 hasta 5, **caracterizado porque** para la reducción catalítica selectiva se utiliza un catalizador, que se escoge de manera preferida entre el conjunto que se compone de los óxidos de metales pesados, coques activados, unas mezclas de óxidos de hierro y óxidos de cromo, y zeolitas.
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 hasta 6, **caracterizado porque** el catalizador se presenta como una carga a granel o como una capa fluidizada, y contiene de manera preferida unas estructuras monolíticas y/o alveolares.
8. Aplicación de un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el procedimiento se adecua para unos gases de escape con un contenido de amoníaco de 30 a 50.000 mg/Nm<sup>3</sup>.
9. Aplicación del procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el procedimiento se adecua para unos gases de escape con un contenido de óxidos de nitrógeno de 75 a 1.500 mg/Nm<sup>3</sup>.

Fig. 1

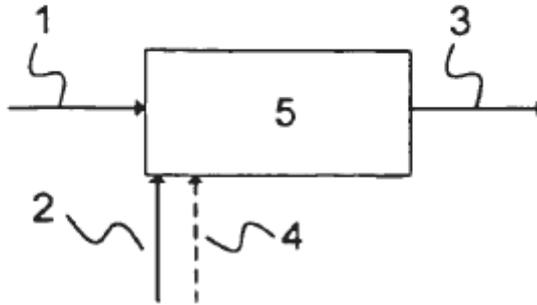


Fig. 2

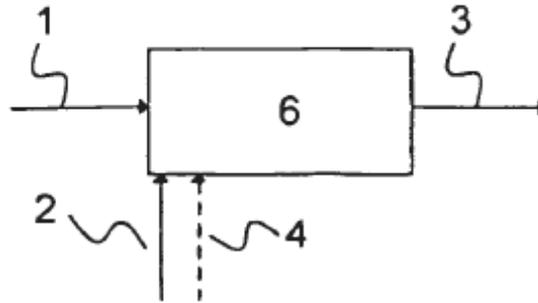


Fig. 3

