



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 357 903**

(51) Int. Cl.:

F01N 3/20 (2006.01)

B01D 53/90 (2006.01)

B01D 53/94 (2006.01)

C01C 1/08 (2006.01)

F01N 3/025 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **06776973 .7**

(96) Fecha de presentación : **18.08.2006**

(97) Número de publicación de la solicitud: **1915518**

(97) Fecha de publicación de la solicitud: **30.04.2008**

(54) Título: **Dispositivo, reactor y procedimiento para la reducción de óxidos de nitrógeno en la corriente de gas de escape de motores de combustión interna.**

(30) Prioridad: **20.08.2005 DE 10 2005 039 630**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
03.05.2011

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
03.05.2011

(73) Titular/es: **Technische Universität Kaiserslautern
Gottlieb-Daimler-Strasse, 44
67663 Kaiserslautern, DE**

(72) Inventor/es: **Müller, Werner**

(74) Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

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

Dispositivo, reactor y procedimiento para la reducción del óxido de nitrógeno en la corriente de gas de escape de máquinas de combustión interna.

Parte técnica:

5 La invención se refiere a un reactor, un procedimiento y un dispositivo para la reducción del óxido de nitrógeno en la corriente de gas de escape de máquinas de combustión interna, conforme al preámbulo de la reivindicación 1, de la reivindicación 18 y de la reivindicación 33.

10 Un aumento de la población a nivel mundial, una progresiva industrialización y un creciente aumento del tráfico, son los motivos para el aumento de las concentraciones de elementos contaminantes en el aire ambiental. Especialmente importantes en este contexto son las emisiones de óxido de nitrógeno, que en gran medida son atribuibles a la combustión de gasolina y gasoil en las máquinas de combustión interna. Dichas máquinas de combustión interna pueden estar estáticas, como por ejemplo en plantas modulares para generar energía y calor en forma combinada, pero también pueden ser móviles, como por ejemplo en automóviles, donde las emisiones de óxido de nitrógeno contribuyen entre otras cosas a aumentar las concentraciones de ozono en altitudes próximas al suelo.

15 Para contrarrestar estos desarrollos inquietantes, y a raíz del endurecimiento repetido de los valores límite de contaminación por parte de las autoridades legislativas, por parte de la industria se han emprendido esfuerzos para disminuir las concentraciones de óxido de nitrógeno que se originan durante el funcionamiento de las máquinas de combustión interna. Así, es muy prometedora la utilización del procedimiento SCR ya conocido, en el que se añade amoníaco a la corriente de gas de escape. Así, el amoníaco reduce el óxido de nitrógeno mediante la formación de nitrógeno, dióxido de carbono y agua.

Estado de la técnica:

25 Debido al peligro potencial que se le presupone al amoníaco, es ya conocido como fabricar el amoníaco, en cantidad suficiente para la ejecución del procedimiento SCR, mediante termólisis o hidrólisis a partir de urea inocua. Un procedimiento y un dispositivo adecuados para ello se conocen del documento EP 1 338 562 A1, que constituye el punto de partida de la invención, y en el que se explican más detalladamente los principios fundamentales de la ejecución de la termólisis y la electrólisis de la urea. A través de la referencia a este documento, debe considerarse su contenido como publicado en la publicación presente.

30 El documento EP 1 338 562 A1 publica un procedimiento para la producción de amoníaco, en el que la urea seca se somete a termólisis en un reactor térmico. Bajo el efecto del calor se disocia así la urea en amoníaco y ácido isocianico. La correspondiente mezcla de gases se sigue preparando químicamente a continuación mediante hidrólisis, disociándose el compuesto de ácido isocianico, en presencia de agua a modo de catalizador, en amoníaco y dióxido de carbono. El amoníaco conseguido gracias a la termólisis y la hidrólisis se introduce directamente en la corriente de gas de escape de un proceso de combustión, y sirve allí para la reducción del óxido de nitrógeno.

35 El dispositivo para la ejecución del procedimiento, descrito en el documento EP 1 338 562 A1, comprende entre otros un reactor térmico con una cámara de reacción, la cual está subdividida en una cámara de termólisis y una cámara de hidrólisis. En la cámara de termólisis está colocado un elemento de calefacción eléctrico, que genera la energía calorífica necesaria para la termólisis, a través de la conversión de energía eléctrica. Con la ayuda de un dispositivo dosificador, se alimenta la urea seca en la cámara de termólisis del reactor desde un dispositivo de almacenamiento, en la cantidad necesaria para la ejecución del procedimiento SCR, y se somete al procedimiento arriba descrito. Las primeras experiencias con la ejecución del procedimiento descrito con el dispositivo descrito han demostrado que este método es muy prometedor.

40 En el área de la generación de hidrógeno se conocen dispositivos y procedimientos de los documentos DE 197 27 589 A1, DE 102 37 744 A1 y EP 1 484 103 A1, para la generación de un gas rico en hidrógeno, que sirve para el abastecimiento de una pila de combustible. Los documentos DE 197 24 589 A1 y DE 102 37 744 A1 prevén para tal fin un reactor, en el que en una primera etapa se mezcla hidrógeno con agua. En una segunda etapa tiene lugar una reacción auto térmica, en la cual los materiales de salida se transforman fundamentalmente en monóxido de carbono y un gas rico en hidrógeno. En una etapa de depuración posterior, el monóxido de carbono puede transformarse en dióxido de carbono e hidrógeno adicional, mediante una reacción de intercambio con agua. La energía térmica a aplicar, sobre todo en la fase de inicio, puede generarse mediante un quemador de arranque, que se alimente mediante la corriente de hidrocarburo.

45 El documento EP 1 484 103 A1 prevé un reactor correspondiente, que está integrado en una corriente de gas de escape parcial de un motor de combustión interna. Así, el gas rico en hidrógeno producido se puede usar para la regeneración de los catalizadores o de los filtros conectados a continuación, o también para alimentar un pila de combustible.

55 El documento JP 2000 186532 A publica un motor de combustión interna con un catalizador de NO_x eficiente, contando el motor de combustión interna, para conseguir dicho aumento de la eficiencia, con una conexión a modo de

5 bypass conectada a la tubería de aspiración del motor, que primero conduce a un quemador y después conduce a la entrada del catalizador de NO_x a través de otra conexión, a modo de bypass, que rodea el bloque del motor. Mediante el calor de combustión producido por el quemador se calienta la corriente del bypass, la cual contribuye con ello al calentamiento y activación del catalizador, especialmente en la fase crítica de arranque en frío. En las corrientes de gas de combustión de la conexión a modo de bypass y de la conexión de gas de escape se aporta adicionalmente un agente reductor para la regeneración del catalizador de NO_x .

10 El documento JP 2005 098247 A se refiere finalmente a un dispositivo auxiliar para un dispositivo de tratamiento posterior de emisiones gaseosas, especialmente para un catalizador de NO_x . Un dispositivo auxiliar de este tipo comprende dos inyectores, mediante los cuales se introduce una solución de combustible y una solución de urea en una corriente de aire. Esa mezcla de aire/combustible/urea se pulveriza finamente en una tobera en forma de anillo. Esta dispersión llega a un tubo en forma de cilindro, que está abierto por un lado. En ese tubo en forma de cilindro se inflama el combustible dispersado mediante bujías de encendido para lograr una ganancia de calor adicional, bajo la generación de gases de combustión calientes.

Exposición de la invención:

15 Con este trasfondo, la invención se plantea el objetivo de continuar desarrollando el procedimiento conocido del documento EP 1 338 562 A1, y el dispositivo conocido para la ejecución del procedimiento.

Este objetivo se alcanza mediante un reactor con las características de la reivindicación 1, mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 16, y mediante un dispositivo con las características de las reivindicaciones 31.

20 De las reivindicaciones secundarias resultan perfeccionamientos ventajosos.

25 Al contrario que los sistemas conocidos, que prevén un calentamiento eléctrico del reactor, la energía calorífica necesaria para la ejecución de la termólisis se proporciona, conforme a la invención, mediante un proceso de combustión en un quemador. La energía eléctrica de los sistemas conocidos se produce generalmente por un generador de corriente accionado por un motor de combustión interna, siendo éste la dinamo en los automóviles. Ya que las máquinas de combustión interna sólo convierten un tercio de la energía contenida en el combustible en energía cinética, usando este método de generación de energía eléctrica se pierden dos tercios de la misma. En comparación con esto, con el método de alimentación de energía conforme a la invención, se convierte aproximadamente el 100% de la energía del combustible en energía calorífica, de tal modo que el sistema conforme a la invención necesita menos combustible para la generación de la misma cantidad de energía calorífica.

30 Otra ventaja de la invención reside en que los gases de escape del proceso de combustión contienen agua. Introduciendo los gases de escape a través de la cámara de hidrólisis del reactor térmico, ese agua puede utilizarse para la disociación del ácido isocianico. Puede prescindirse por ello de una puesta a disposición de agua propia, por ejemplo mediante la derivación de una corriente parcial de gas de escape de la máquina de combustión interna. El uso de una corriente parcial de gas de escape de la máquina de combustión interna tiene asimismo el inconveniente de que ésta puede que presente una temperatura más baja que la que sería necesaria para la hidrólisis, de tal manera que dicha corriente parcial de gas de escape tiene que ser calentada utilizando energía adicional, cosa que no es necesaria en el caso de la invención.

35 Es especialmente provechoso, que el proceso de combustión en el quemador se deje controlar para lograr una determinada temperatura. Así es posible hacer funcionar el quemador a una temperatura más elevada, con tan sólo un pequeño gasto de combustible suplementario, comparada con la que hubiera sido necesaria para la termólisis, para aumentar de esta forma la temperatura de la corriente de gas de escape procedente de la máquina de combustión interna. Esto aporta ventajas, sobre todo en la fase de arranque en frío de una máquina de combustión interna, a la hora de llevar el catalizador SCR lo más rápido posible a su temperatura de trabajo, sin que para ello sean necesarias medidas por parte del motor interno.

45 En contacto con un filtro de partículas acoplado al catalizador SCR, la temperatura en la corriente de gas de escape de la máquina de combustión interna a través del quemador puede ser controlada de tal manera que se consiga con ello una regeneración del filtro de partículas. Un revestimiento catalítico del filtro de partículas ayuda así a la regeneración del filtro, y sirve al mismo tiempo como catalizador de bloqueo del amoníaco para evitar la fuga de amoníaco a través del catalizador SCR.

50 Una forma de construcción preferida de la invención prevé generar una combustión catalítica en el quemador. Mediante esto es posible dejar que transcurra el proceso de combustión a las temperaturas que sean necesarias para la termólisis; de este modo no se producirá un exceso de energía calorífica.

55 Conforme a la invención, el quemador está integrado en el reactor térmico. De esto se deriva una forma de ejecución sumamente compacta, cosa que es de suma importancia especialmente en su utilización en automóviles, en vista de que el espacio disponible es muy limitado. La integración del quemador en el reactor posibilita además una minimización de las pérdidas de calor, ya que la energía calorífica generada puede ser suministrada directamente en la cámara de termólisis.

Preferentemente, el quemador se alimenta del mismo sistema de combustible que la máquina de combustión interna. Esta medida tiene la ventaja de que se requiere solamente un sistema de alimentación de combustible, que sólo necesita ser complementado con algunos componentes.

De manera ventajosa, el oxígeno necesario para el proceso de combustión en el quemador procede de la corriente de gas de escape de la máquina de combustión interna, ya que presenta ya la presión necesaria para la introducción en el quemador. La derivación desde un turbosobrealimentador, o bien desde la zona de presión dinámica anterior a un catalizador, es especialmente apropiada.

Generalmente, la invención prevé un reactor térmico con una cámara de termólisis y una cámara de hidrólisis, a fin de realizar una transformación completa de la urea, aún bajo condiciones cambiantes del entorno. En el marco de la invención está ubicado sin embargo también un reactor, donde tiene lugar solamente una termólisis de la urea, y se prescinde de la posterior hidrólisis en el reactor. De este modo, con un sistema más sencillo y por lo tanto más económico, conforme a la invención, se puede conseguir la completa transformación de urea en amoníaco, bajo condiciones del entorno determinadas, como las que serán descritas a continuación.

A pesar de que en la invención se prefiere la urea seca como materia prima de partida, es posible no obstante la utilización de una solución acuosa de urea. Ésta se inyecta en la cámara de termólisis, donde se evapora y se disocia en amoníaco y ácido isocianico. El agua en forma de vapor puede servir entonces, en una hidrólisis posterior, para la disociación del ácido isocianico bajo la formación de amoníaco adicional.

Breve descripción de los gráficos:

La invención se describe a continuación más detalladamente mediante un ejemplo constructivo representado en los gráficos. Se muestra

- Fig. 1 una representación muy esquematizada de la invención en vista de conjunto,
- Fig. 2 un corte longitudinal a través del reactor térmico conforme a la invención,
- Fig. 3 un corte longitudinal a través de una primera variante de la disposición de un reactor térmico, conforme a la invención, en la corriente de gas de escape de una máquina de combustión interna, y
- Fig. 4 un corte longitudinal a través de una segunda variante de la disposición de un reactor térmico, conforme a la invención, en la corriente de gas de escape de una máquina de combustión interna.

Vías para la ejecución de la invención, y utilidad industrial:

En la fig. 1 se muestran los componentes más importantes de la invención, habiéndose prescindido de los elementos de medida, de mando y de regulación, así como sus componentes periféricos, incluido el control a través de una instalación controlada por procesador. Estas partes de la invención están descritas detalladamente en el documento EP 1 338 562 A1, siendo lo correspondiente válido para la presente invención.

Se observa inicialmente una máquina 1 de combustión interna en forma de un motor diésel de un vehículo automóvil. Del mismo modo, la máquina 1 de combustión interna puede estar formada por una turbina de combustión, o bien por un motor de combustión interna en una planta modular para generar energía y calor en forma combinada. La máquina 1 de combustión interna posee cuatro cilindros 2 en cada uno de los cuales tiene lugar respectivamente una combustión de combustible con contenido de hidrocarburos. Los productos de la reacción de dicha combustión se denominarán a partir de ahora como corriente 14 de gas de escape, la cual se acumula en el colector 3 de admisión y se introduce en una única conducción 4 de gas de escape.

Al final del colector 3 de admisión hay un turbosobrealimentador 5, intercalado en la corriente 14 de gas de escape a fin de aumentar la presión de admisión de cara al proceso de combustión. Flujo abajo del turbosobrealimentador 5 se observa un convertidor catalítico 6 de oxidación, al que están conectados posteriormente un catalizador 7 SCR y finalmente un filtro 8 de partículas.

En el convertidor catalítico 6 de oxidación, la corriente 14 de gas de escape que sale de la máquina 1 de combustión interna experimenta en primer lugar una reducción de las fracciones de hidrocarburos, con ayuda del oxígeno incluido en la corriente 14 de gas de escape.

En el catalizador 7 SCR tiene lugar entonces una reducción del óxido de nitrógeno con ayuda de amoníaco como agente reductor. En el filtro 8 de partículas se retiran finalmente de la corriente 14 de gas de escape las partículas de hollín con tamaño de polvo fino.

El amoníaco necesario para el catalizador 7 SCR se genera en la cámara de reacción de un reactor 9 térmico, que está conectado a continuación de un quemador 10. En la figura 2 se describe más detalladamente la forma de construcción y funcionamiento del reactor 9 térmico y del quemador 10.

- El quemador 10 se alimenta de combustible 20 a través de una conducción 11, que procede preferiblemente del tanque de la máquina 1 de combustión interna. A continuación se observa una conducción 12 de urea, que desemboca en la cámara de reacción del reactor 9 térmico. Mediante de la conducción 12 de urea se puede alimentar de urea seca el reactor 9 térmico. Esto sucede preferentemente a través de una corriente de aire portadora, mediante la cual se inyecta la urea 26 en forma de polvo o de pellets. Un dispositivo de transporte de este tipo, inclusive el almacenamiento previo, ha sido desarrollado por el inventor y se describe en el documento DE 102 51 498 A1, cuyo contenido puede considerarse como publicado a través de esta referencia. De manera alternativa, existe la posibilidad de inyectar una solución acuosa de urea u otra sustancia disociada de amoníaco en el reactor térmico 9, a través de la conducción 12 de urea. Para ello se conocen sistemas de inyección apropiados para ello.
- El oxígeno 21 necesario para el quemador 10 puede proceder directamente del aire ambiente, para lo cual se alimenta este a presión en el quemador 10 con ayuda de un compresor. Una forma alternativa a esto consiste en la desviación de la corriente de gas de escape desde la conducción 4 de gas de escape al quemador 10, de tal manera que el oxígeno que está contenido en el gas de escape se queme en el quemador 10. La extracción de la corriente de gas de escape sucede preferentemente en la zona del turbosobrealimentador 5, o bien en la zona de presión dinámica previa al convertidor catalítico 6 de oxidación (figura 4), que presenta ya la presión de inyección necesaria.
- El amoníaco producido en el reactor térmico, se introduce en la corriente 14 de gas de escape a través del conducto 13 de alimentación, corriente arriba del catalizador 7 SCR, junto con el gas de escape excedente del quemador 10.
- El la fig. 2 se muestra más detalladamente el diseño del reactor 9 térmico, estando en este ejemplo integrado el quemador 10 en el reactor 9 térmico. Del mismo modo sería posible que el quemador 10 represente un componente independiente del reactor 9 y que la energía calorífica generada en el quemador 10 sea conducida hacia el reactor 9.
- El reactor 9 térmico presenta una carcasa con una sección 15 superior cilíndrica, una sección 16 conectada por la parte inferior, que se ensancha formando un cono, y una sección 17 cilíndrica conectada por la parte inferior de ese ensanchamiento.
- El quemador 10 catalítico se compone de las secciones 15 y 16, rodeando la sección cónica 16 de la carcasa a la cámara de combustión, la cual está rellena con un material 18 catalítico. En la sección 15 de la carcasa, situada encima, está colocada en posición centrada la tobera 19 de inyección de un dispositivo de inyección que no se muestra, a la que se conecta la conducción 11 de combustible. Desde la tobera 19 de inyección se distribuye finamente el combustible 20 sobre el área de la sección transversal del material 18 catalítico, a fin de conseguir una combustión uniforme y completa en la cámara de combustión. La regulación de la mezcla de combustible para el control de la temperatura del quemador puede conseguirse así a través de un adecuado control de caudal de la tobera 19 de inyección, en caso de inyección continua, o bien a través de la variación de los tiempos de ciclo, en caso de inyección discontinua.
- El oxígeno 21 necesario para el proceso de combustión es proporcionado por el aire ambiental o por la corriente 14 de gas de escape, para lo que se introduce bajo presión aire, o bien una parte de la corriente de escape, frontalmente en la sección 15 superior de la carcasa 14. De este modo, en la cámara del quemador tiene lugar una combustión catalítica ante la presencia de oxígeno 21 y combustible 20. La energía calorífica generada con ello se introduce fundamentalmente en la cámara de reacción del reactor 9 térmico a través de la corriente de gas de escape del quemador 10 y de la conducción de calor, cosa que ha de simbolizarse por medio de las flechas 22.
- Una forma alternativa – no mostrada – de la introducción de combustible en la cámara de combustión, y de su distribución, prevé la disposición de una estructura porosa en la cámara de combustión, la cual preferentemente está recubierta catalíticamente. Al alimentarse el combustible de manera continuada a la estructura porosa, tiene lugar una distribución y evaporización del combustible a través de su humidificación, y se realiza una mezcla con oxígeno del aire ambiental o de la corriente de gas de escape. La reacción de combustión tiene lugar entonces en la estructura porosa. Esta alternativa destaca por ser una construcción especialmente compacta.
- La cámara de reacción del reactor 9, rodeada por la sección 17, está subdividida longitudinalmente en una cámara 23 de termólisis, colindante directamente con el quemador 10, y una cámara 24 de hidrólisis conectada debajo de la cámara 23 de termólisis. La cámara de combustión, la cámara 23 de termólisis y la cámara 24 de hidrólisis son por lo tanto zonas abiertas, conectadas interiormente entre sí y con diferentes funciones, por las que circula el flujo de forma continuada.
- En la zona parcial inferior de la cámara 23 de termólisis, orientada hacia la cámara 24 de hidrólisis, está colocado un elemento 25 de masa térmico, que sirve para la absorción y almacenamiento de la energía calorífica generada en el quemador 10. El elemento 25 térmico de masa puede presentar una configuración en espiral o como parrilla, y componerse de un material termorresistente, como por ejemplo metal o cerámica. En dirección longitudinal, el elemento 25 de masa térmico es permeable al gas.
- Por encima del elemento 25 de masa térmico resulta de este modo un espacio vacío en forma de disco, en el que desemboca la conducción 12 de urea, a través de la cual se insuflan los pellets 26 de urea seca con la ayuda de una corriente de aire portadora. Los pellets 26 se depositan sobre el elemento 25 de masa térmico, donde tiene lugar

rápidamente una termólisis espontánea. Así, los pellets 26 de urea se disocian en amoníaco y ácido isociánico, que fluyen, junto con el gas de escape del quemador 10, a través del elemento 25 de masa hasta la cámara 24 de hidrólisis, que ha de simbolizarse por medio de las flechas 27.

5 La cámara 24 de hidrólisis se rellena de nuevo con un material 28 catalítico. Al circular el producto de reacción desde la cámara 23 de termólisis a través de la cámara 24 de hidrólisis, el ácido isociánico se hidroliza en amoníaco y dióxido de carbono con ayuda del agua contenida en la corriente de gas de escape del quemador 10.

10 El reactor 9 térmico transforma así por completo la urea en amoníaco y dióxido de carbono, los cuales se alimentan a través del conducto 13 de alimentación, junto con los gases de escape del quemador 10, a la corriente 14 de gas de escape, corriente arriba del reactor 7 SCR. En la figura 2, estos productos se representan de manera simbólica mediante las flechas 29.

El reactor 9 térmico anteriormente descrito representa una forma constructiva especialmente preferida de la invención, sin limitar ésta a la misma. Del mismo modo es posible colocar el quemador 10 y el reactor 9 térmico separados entre sí en el espacio, siendo alimentada la energía calorífica necesaria para la termólisis, en un caso así, a través de conducciones a la cámara 23 de termólisis de la cámara de reacción.

15 La combustión catalítica representa también una forma constructiva preferida, porque con ella el proceso de combustión discurre a temperaturas más bajas, que son suficientes para la termólisis. Del mismo modo es posible hacer funcionar el quemador 10 sin catalizador 18, con las temperaturas correspondientes más elevadas.

20 Otra forma de ejecución de la invención prevé controlar selectivamente la temperatura en el quemador 10 a través de un dispositivo de medición y regulación apropiado, a fin, por ejemplo, de calentar la corriente de gases de escape en la fase de arranque en frío de la máquina 1 de combustión interna, para llevar al catalizador 7 SCR lo más rápidamente posible a la temperatura de trabajo, o bien para conseguir la regeneración de un filtro 8 de partículas colocado a continuación. Esto ocurre a través de la regulación de los comportamientos estequiométricos en la combustión. Así, la cantidad de combustible se varía preferentemente, con una entrada constante de oxígeno, o bien de aire.

25 La invención engloba también formas de ejecución de la invención, en las cuales el reactor 9 térmico posee sólo una cámara 23 de termólisis, renunciándose por lo tanto a la hidrólisis. Un reactor 9 de este tipo produce amoníaco y ácido isociánico, tendiendo este último a la formación de sedimentos a bajas temperaturas. Por ello, una forma de este tipo de ejecución del reactor térmico tiene sentido sobre todo en relación con conceptos que tengan en cuenta la producción de ácido isociánico. Una solución para esto se describe como una alternativa mediante las figuras 3 y 4, en las que la hidrólisis tiene lugar en el catalizador 7 SCR.

30 No obstante en un primer lugar se han de explicar las figuras 3 y 4, en relación con el reactor 9 térmico con quemador 10 integrado, descrito en la figura 2. Las figuras 3 y 4 muestran posibles variaciones de la disposición de un reactor 9 térmico con quemador 10 integrado en el interior de un sistema de gas de escape. Mientras que en la figura 1 se describe una solución, en la que el amoníaco necesario para la ejecución del procedimiento SCR se introduce en la corriente 14 de gas de escape a través de un conducto 13 de alimentación, en la figura 3 está representada una disposición del reactor 9 térmico, con un quemador 10 integrado, directamente en la conexión 4 de gas de escape. Con ello, la cámara 24 de hidrólisis del reactor 9 térmico desemboca directamente en la conexión 4 de gas de escape, de tal modo que en amoníaco, junto con los restantes productos de la reacción, y el gas de escape del quemador 10, acceden directamente a la corriente 14 de gas de escape. De esta manera, en situaciones de cambios de cargas, se dan tiempos muy cortos de reacción del conjunto del sistema.

35 La figura 4 prevé una disposición del reactor 9 térmico con un quemador 10 integrado en el interior de la conexión 4 de gas de escape. Así, el reactor 9 térmico con quemador 10 integrado se sostiene coaxialmente en la corriente 14 de gas de escape por medio de elementos 30 de soporte radiales. A fin de no aumentar la resistencia al flujo de la corriente 14 de gas de escape, el conducto 4 de gas de escape puede ensancharse radialmente en esa zona, de tal manera que se facilite una sección transversal del flujo lo suficientemente grande. A fin de minimizar más la resistencia al flujo, los elementos 30 de soporte pueden servir al mismo tiempo de conductos de admisión para el combustible 20 y la urea 26.

40 La corriente 14 de gas de escape circula por el reactor 9 térmico, y por el quemador 10, por efecto de la superficie frontal abierta, de tal manera que el oxígeno 21 de la corriente 14 de gas de escape está disponible para el proceso de combustión en el quemador 10, y el agua contenida en la corriente 14 de gas de escape sirve para la hidrólisis del ácido isociánico. Para un aumento de la presión de la corriente de gas de escape que circula por el reactor 9 pueden instalarse superficies estabilizadoras en el borde libre de la sección 15 de la carcasa, o bien puede alimentarse la corriente parcial de gas de escape, a través de una conducción 31 a modo de bypass, procedente de la zona de presión dinámica por delante del convertidor 6 catalítico de oxidación.

55 Una disposición de este tipo, conforme a la invención, se caracteriza también por tener un tiempo corto de reacción ante cambios de carga, consiguiéndose más rápidamente un reparto homogéneo del amoníaco en la corriente 14 de gas de escape a través de una introducción centrada del amoníaco en la corriente 14 de gas de escape. De este

modo es posible configurar con menor longitud el espacio existente entre el reactor 9 térmico y el catalizador 7 SCR, lo que en conjunto lleva a una forma de ejecución más compacta.

5 Otra alternativa muestra la utilización del reactor 9 térmico sin cámara 24 de hidrólisis, como se describe en la figura 2, en una disposición conforme a las figuras 3 o 4. Esta alternativa es siempre muy interesante cuando la corriente 14 de gas de escape presenta una temperatura mínima alta constante, como por ejemplo es el caso en las plantas modulares para generar energía y calor de forma combinada. En ese caso, al mismo tiempo que el amoníaco, el ácido isocianico producido en la termólisis accede también a la corriente 14 de gas de escape. Al entrar el ácido isocianico en el catalizador 7 SCR, tiene lugar una hidrólisis gracias al agua existente en la corriente 14 de gas de escape, de tal manera que se produce amoníaco adicional directamente en el catalizador 7 SCR.

10 El filtro 8 de partículas, recubierto catalíticamente y conectado tras el catalizador 7 SCR, además de tener su función como filtro de partículas de hollín, puede actuar también como catalizador de bloqueo de amoníaco, que oxida la fuga de amoníaco a través del catalizador SCR.

REIVINDICACIONES

1. Reactor para la fabricación de amoníaco, para la reducción de óxido de nitrógeno en la corriente (14) de gases de escape de máquinas (1) de combustión interna, a partir de una sustancia disociada del amoníaco, en especial a partir de urea (26) o a partir de una solución de urea diluida, con una cámara de reacción que presenta al menos una cámara (23) de termólisis, en la cual se puede introducir la sustancia disociada del amoníaco, **caracterizado porque** en el reactor (9) está integrado un quemador (10), que está conectado directamente antes de la cámara (23) de termólisis, estando el quemador (10) y la cámara (23) de termólisis mezclados entre sí, y cuya energía calorífica, generada en el proceso de combustión, puede alimentarse a la cámara (23) de termólisis del reactor (9) a fin de disociar termolíticamente el amoníaco.
2. Reactor según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el quemador (10) es un quemador catalítico.
3. Reactor según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** el quemador (10) presenta un dispositivo de inyección para la alimentación del combustible (20).
4. Reactor según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el quemador (10) presenta una tobera (19) de inyección regulable para la regulación del caudal de combustible (20).
5. Reactor según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el quemador (10) presenta una tobera (19) de inyección para la regulación del caudal de combustible (20), que es alimentada de combustible (20) de manera discontinua.
6. Reactor según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** el quemador (10) contiene una estructura porosa para la distribución y evaporación del combustible (20) a través de una humidificación.
7. Quemador según la reivindicación 6, **caracterizado porque** la estructura porosa está recubierta catalíticamente.
8. Reactor según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** para el abastecimiento del quemador (10) con oxígeno, el quemador (10) presenta un compresor que está conectado al aire ambiental o a la corriente (14) de gas de escape de la máquina (1) de combustión interna.
9. Reactor según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** en la cámara (23) de termólisis está colocado un elemento (25) de masa para la absorción, almacenamiento y suministro de energía calorífica a la sustancia.
10. Reactor según la reivindicación 9, **caracterizado porque** el elemento (25) térmico de masa presenta una estructura con forma de parrilla o espiral, que puede ser atravesada por el flujo en la dirección longitudinal del reactor (9).
11. Reactor según la reivindicación 9 o 10, **caracterizado porque** el elemento (25) térmico de masa está compuesto por metal o cerámica.
12. Reactor según una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado porque** en la cámara (23) de termólisis está colocado un catalizador, y porque el elemento térmico de masa (25) está preferentemente recubierto catalíticamente.
13. Reactor según una de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado porque** el reactor (9) presenta una cámara (24) de hidrólisis, conectada detrás de la cámara (23) de termólisis, en la que se hidroliza el ácido isocianico hasta amoníaco.
14. Reactor según la reivindicación 13, **caracterizado porque** la cámara (23) de termólisis y la cámara (24) de hidrólisis se mezclan abiertamente entre sí.
15. Reactor según la reivindicación 13 o 14, **caracterizado porque** la corriente de gas de escape del quemador (10) desemboca directamente en la cámara (24) de hidrólisis.
16. Procedimiento para la reducción del óxido de nitrógeno en la corriente (14) de gas de escape de máquinas (1) de combustión interna, en especial de motores diesel, en el que se introduce amoníaco en la corriente (14) de gas de escape, y éste disocia catalíticamente el óxido de nitrógeno, como agente reductor selectivo, formando nitrógeno y agua, generándose en amoníaco a través de la termólisis de una sustancia disociada de amoníaco, especialmente urea seca o una solución de urea diluida, en el interior de un reactor (9), **caracterizado porque** la energía calorífica necesaria para la disociación termolítica del amoníaco se consigue mediante un proceso de combustión en un quemador (10), integrado en el reactor (9), y directamente a continuación se suministra a una cámara (23) de hidrólisis conectada tras el quemador (10).
17. Procedimiento según la reivindicación 16, **caracterizado porque** el proceso de combustión se realiza de forma catalítica.

18. Procedimiento según la reivindicación 16 o 18, **caracterizado porque** la energía calorífica se transporta hasta el lugar de la termólisis en su mayor parte a través de conducción de calor y/o convección, especialmente mediante los gases de escape del proceso de combustión.
- 5 19. Procedimiento según una de las reivindicaciones 16 a 18, **caracterizado porque** la energía calorífica se almacena en parte en el lugar de la termólisis.
20. Procedimiento según una de las reivindicaciones 16 a 19, **caracterizado porque** a través de la regulación de la temperatura del proceso de combustión se manipula la temperatura de la corriente (14) de gas de escape.
21. Procedimiento según la reivindicación 20, **caracterizado porque** para el control de la temperatura del proceso de combustión se alimenta continuamente una cantidad variable de combustible (20).
- 10 22. Procedimiento según la reivindicación 20, **caracterizado porque** para el control de la temperatura del proceso de combustión se alimenta de manera discontinua una cantidad constante de combustible (20).
23. Procedimiento según una de las reivindicaciones 16 a 22, **caracterizado porque** a través de la humidificación de una estructura porosa se consigue una distribución del combustible para el proceso de combustión.
- 15 24. Procedimiento según una de las reivindicaciones 16 a 23, **caracterizado porque** para el proceso de combustión se alimenta oxígeno a presión proveniente de la corriente (14) del gas de escape, o bien del aire ambiental.
25. Procedimiento según una de las reivindicaciones 16 a 24, **caracterizado porque** la termólisis de apoya catalíticamente.
26. Procedimiento según una de las reivindicaciones 16 a 25, **caracterizado porque** a la termólisis le sigue a continuación una hidrólisis para el procesamiento de productos de reacción provenientes de la termólisis.
- 20 27. Procedimiento según la reivindicación 26, **caracterizado porque** los gases de escape del proceso de combustión se alimentan a la hidrólisis.
28. Procedimiento según una de las reivindicaciones 16 a 27, **caracterizado porque** la termólisis, preferentemente con una hidrólisis posterior, tiene lugar en proximidad directa con la corriente (14) de gas de escape de la máquina (1) de combustión interna.
- 25 29. Procedimiento según una de las reivindicaciones 16 a 27, **caracterizado porque** el proceso de combustión y la termólisis, preferentemente con una hidrólisis posterior, tiene lugar en la corriente (14) de gas de escape de la máquina (1) de combustión interna.
30. Procedimiento según una de las reivindicaciones 16 a 29, **caracterizado porque** es oxidada la fuga de amoníaco tras la reducción del óxido de nitrógeno.
- 30 31. Dispositivo para la ejecución de un procedimiento según las reivindicaciones 16 a 30 con
- un catalizador (7) SCR, intercalado en la corriente (14) de gas de escape, y en el que los óxido de nitrógeno se reducen de manera catalítica mediante amoníaco, formando nitrógeno y agua,
 - una unidad para la producción de amoníaco a partir de una sustancia disociada del amoníaco, en especial a partir de urea (26) o de una solución de urea diluida, comprendiendo un depósito de reserva para la sustancia disociada del amoníaco, un reactor (9) según una de las reivindicaciones 1 a 15, y un dispositivo de transporte para la alimentación del reactor (9) con la sustancia del depósito de reserva,
 - una alimentación del amoníaco producido en el reactor (9) en la corriente (14) de gas de escape, corriente arriba del catalizador (7) SCR.
- 35
32. Dispositivo según la reivindicación 31, **caracterizado porque** la alimentación (11) de combustible para el quemador (10) está conectada al tanque de combustible de la máquina (1) de combustión interna.
- 40 33. Dispositivo según la reivindicación 31 o 32, **caracterizado porque** para abastecer el quemador (10) con oxígeno (21), el quemador (10) está conectado a un turbosobrealimentador (5) o a una zona de presión dinámica anterior a un catalizador (6), en la corriente (14) de gas de escape de la máquina (1) de combustión interna.
- 45 34. Dispositivo según una de las reivindicaciones 31 a 33, **caracterizado porque** el reactor (9) está colocado corriente arriba del catalizador (7) SCR directamente junto al conducto (4) de gas de escape de la máquina (1) de combustión interna, y porque la cámara (23) de termólisis, o bien la cámara (24) de hidrólisis, desembocan directamente en la corriente (14) de gas de escape de la máquina (1) de combustión interna.
35. Dispositivo según una de las reivindicaciones 31 a 33, **caracterizado porque** el reactor (9) y el quemador (10) están colocados en la corriente (14) de gas de escape corriente arriba del catalizador (7) SCR, en el interior de la conexión (4) de gas de escape de la máquina (1) de combustión interna.
- 50

- 36. Dispositivo según una de las reivindicaciones 31 a 35, **caracterizado porque** corriente abajo del catalizador (7) SCR está colocado un filtro (8) de partículas.
- 37. Dispositivo según la reivindicación 36, **caracterizado porque** el filtro (8) de partículas está recubierto catalíticamente para el refuerzo de su regeneración.
- 5 38. Dispositivo según la reivindicación 36 o 37, **caracterizado porque** el filtro (8) de partículas está recubierto catalíticamente para la oxidación de las fugas de amoníaco a través del catalizador (7) SCR.

Figura 1

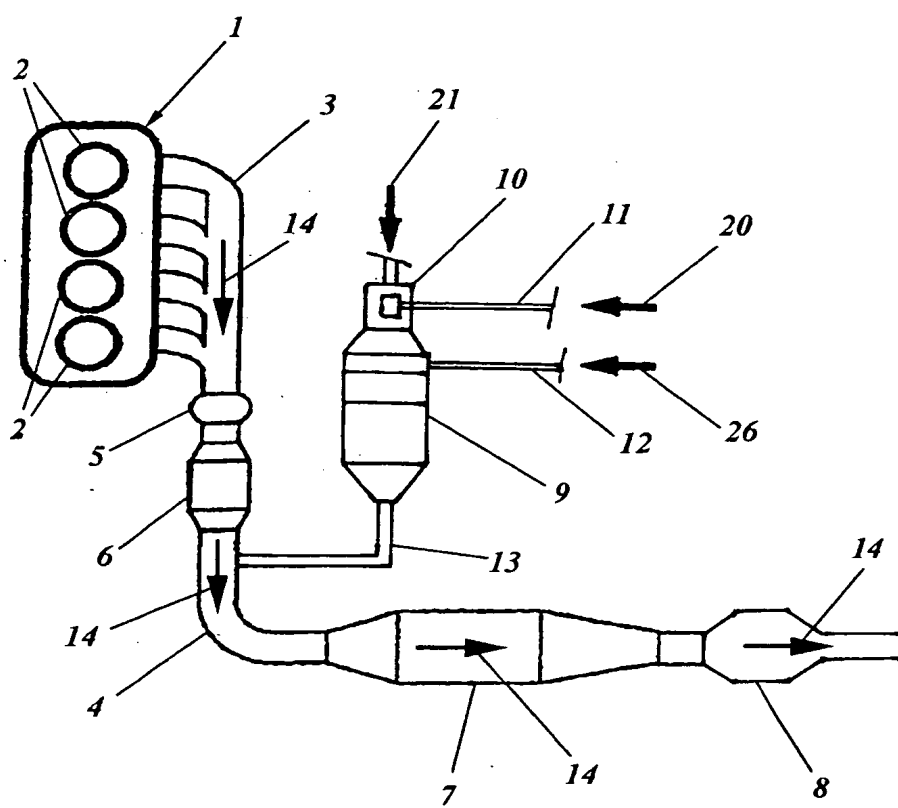


Figura 2

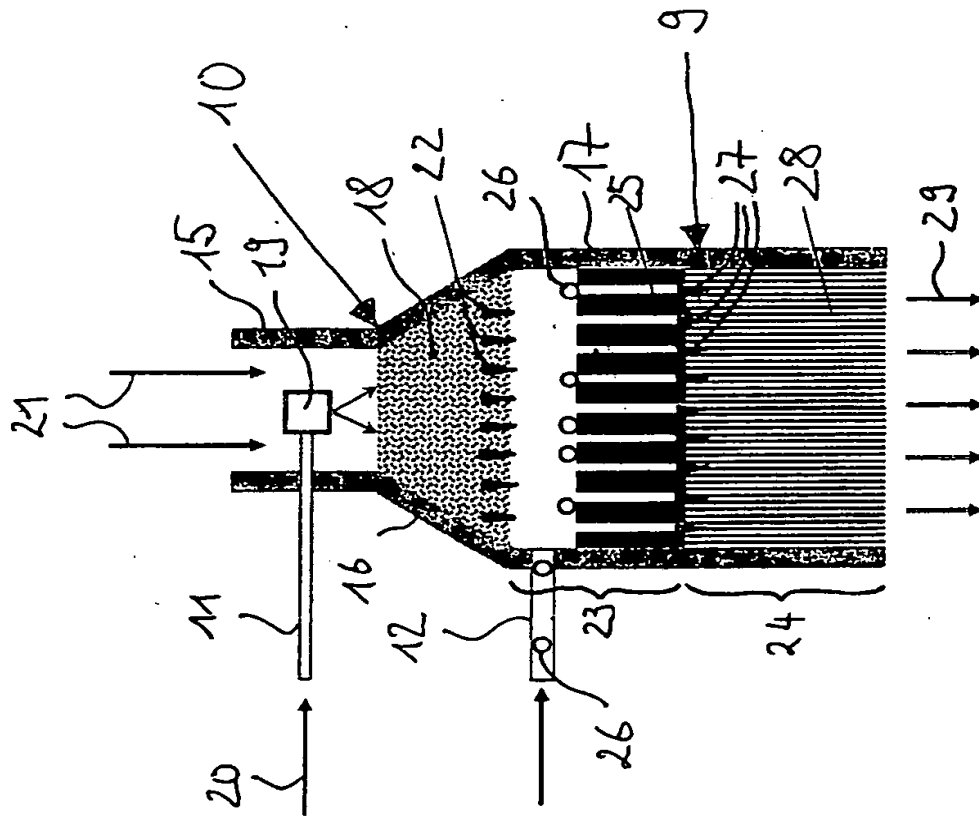


Figura 3

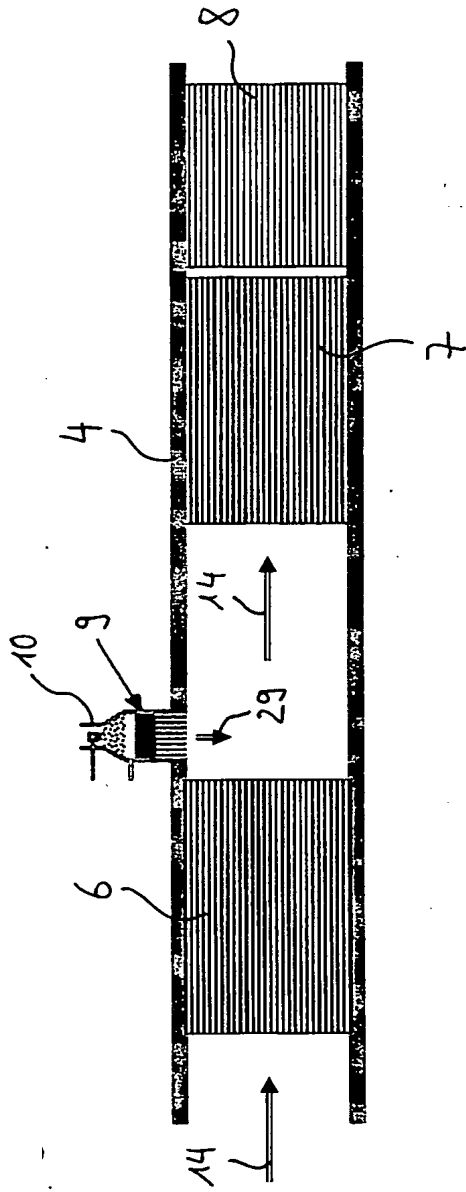


Figura 4

