

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 754 211**

51 Int. Cl.:

B01D 53/94 (2006.01)

F01N 3/10 (2006.01)

F01N 3/20 (2006.01)

F01N 3/035 (2006.01)

B01D 53/90 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.01.2015** **E 15000200 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2019** **EP 2907564**

54 Título: **Procedimiento para la purificación de gases de escape de motores diésel**

30 Prioridad:

14.02.2014 DE 102014001880

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

16.04.2020

73 Titular/es:

**DEUTZ AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Ottostrasse 1
51149 Köln, DE**

72 Inventor/es:

**ROOS, MEIKE;
KLEIN, ULF y
LEYH, GERALD**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 754 211 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la purificación de gases de escape de motores diésel

La invención se refiere a un procedimiento para la purificación de gases de escape de motores diésel.

5 Los motores de las nuevas generaciones muestran una potencia cada vez mayor por volumen de desplazamiento. Esto provoca que, en especial en la aplicación de niveles de rendimiento menores se producen temperaturas de gas de escape cada vez más frías, a las que ya no se puede garantizar el funcionamiento seguro de un sistema de tratamiento posterior de gas de escape "clásico" con catalizador de SCR dispuesto lejos del motor.

10 En especial en el intervalo de carga reducida, en la dosificación de disolución acuosa de urea (HWL) en el gas de escape apenas se pueden evitar depósitos de la cristalización de urea y productos sucesivos de urea. Los depósitos producidos pueden conducir al bloqueo del sistema de escape en el funcionamiento permanente en el intervalo de carga parcial inferior y, por consiguiente, al fallo de los aparatos. Tampoco se puede garantizar ya una desnitrificación suficiente del sistema SCR en el intervalo de carga reducida, si la HWL en el gas de escape no se puede elaborar completamente para dar el verdadero agente reductor amoniaco a falta de temperaturas de gas de escape suficientes.

15 En los actuales sistemas EAT según el estado de la técnica, como por ejemplo sistemas según el documento EP-B-1 054 722, esto conduce a que los volúmenes de catalizador de SCR se deben aumentar para la consecución de tasas de desnitrificación suficientes. No obstante, generalmente esto no se puede conciliar con el espacio constructivo disponible.

20 Por lo demás, para motores de tipo de construcción reciente se considera un valor límite de número de partículas. Estos valores límites ya no se pueden cumplir sin introducción de un filtro de flujo de pared cerrado.

25 El documento DE 103 48 800 da a conocer un procedimiento para el control de un sistema de alimentación reductor con al menos un elemento de calefacción. El sistema de alimentación está unido en línea de entrada con un catalizador de SCR. En el caso de inyección asistida por aire del reductor en el sistema de alimentación, a través del elemento calentado se forma una mezcla vaporizada de aire y el reductor, que se introduce en una mezcla de gas de escape que entra en el catalizador de SCR. Como reductor se emplea disolución de urea acuosa. El sistema de alimentación total, incluyendo unidad de mezclado para HWL y aire y elemento de calefacción/unidad de evaporador, está integrado en el tubo que conduce gas de escape del lado de la corriente de salida respecto al catalizador de SCR, del lado de la corriente de salida respecto a la descarga del motor. La cantidad de calor necesaria para la evaporación de la mezcla de HWL-aire se genera eléctricamente con ayuda de la corriente de una batería de 12 V.

35 El documento DE 10 2007 029 674 da a conocer un grupo constructivo para la reducción de óxido de nitrógeno en una corriente gaseosa que contiene oxígeno, en especial de un sistema de escape de un motor de combustión, con un catalizador de SCR dispuesto en un conducto de gas que conduce óxidos de nitrógeno y oxígeno, un reactor de reacción que transforma una disolución que contiene un precursor de amoniaco en una disolución de amoniaco, y una unidad de evaporación postconectada al reactor de reacción, configurado como componente separado, en el que se evapora la disolución de amoniaco antes de la introducción en el conducto de gas en línea de entrada del catalizador de SCR. La reacción de la disolución que contiene un precursor de amoniaco (preferentemente disolución acuosa de urea) en una disolución de amoniaco se efectúa según la invención bajo empleo de microondas. Antes de la unidad de evaporación para la disolución de amoniaco realizada como componente separado se puede preconectar un cambiador de calor para el calentamiento de la disolución de amoniaco con el fin de reducir la energía necesaria para la evaporación, utilizándose, a modo de ejemplo, el calor del conducto de recirculación de gas de escape. En el caso del propio evaporador se trata de un elemento de calefacción accionado eléctricamente.

45 El documento DE 10 2007 042 836 da a conocer un dispositivo para el tratamiento posterior de gas de escape de un vehículo a motor por medio de un líquido que libera amoniaco, a modo de ejemplo disolución acuosa de urea, que comprende un depósito de reserva para el almacenamiento del líquido, estando previsto un dispositivo de temperado para el temperado del líquido. El dispositivo de temperado está asignado a un circuito de refrigeración del vehículo a motor para la refrigeración del líquido. En este caso se puede tratar del circuito refrigerante del motor de combustión o de un circuito de sistema de climatización. El dispositivo de temperado está realizado como componente separado. Por medio del dispositivo de temperado se puede calentar el líquido e impedir su congelación, o el líquido se puede calentar a un nivel de temperatura ventajoso, en el que resulta una purificación de gas de escape especialmente conveniente.

El documento DE 10 2009 009 538 da a conocer un sistema para el temperado de un aditivo fluido para un sistema de gas de escape de un motor de combustión, preferentemente disolución acuosa de urea, que está caracterizado por medios para un intercambio de calor entre el aditivo y un circuito de agente refrigerante para una instalación de agente refrigerante, en especial un sistema de climatización.

5 El desarrollo descrito en el documento DE 10 2007 011 184 toma como base la tarea de reducir adicionalmente el contenido en emisión de motores de combustión, en especial motores diésel, y minimizar el espacio constructivo que es necesario para el tratamiento del gas de escape. Para la solución de esta tarea se da a conocer un cambiador de calor para la refrigeración de gas de escape de un motor de combustión de un vehículo a motor para la recirculación de gas de escape al motor de combustión. Este cambiador de calor presenta al menos un primer canal de
10 circulación para el flujo con al menos un primer fluido para la refrigeración y al menos un segundo canal de circulación para el flujo con un segundo fluido a refrigerar, así como una carcasa para el alojamiento del primer canal de circulación, al menos uno, y del segundo canal de circulación, al menos uno. La carcasa presenta al menos una sección de afluencia para la entrada del segundo fluido en el cambiador de calor y al menos una sección de descarga para la salida del segundo fluido del cambiador de calor. El cambiador de calor está caracterizado por al
15 menos un dispositivo para la transformación de una disolución de urea líquida en al menos gas de amoníaco.

El documento WO 2012/022687 da a conocer un procedimiento para el funcionamiento de un dispositivo de tratamiento posterior de gas de escape con al menos un depósito para un agente reductor y al menos una instalación de alimentación para un agente reductor, comprendiendo el procedimiento al menos los siguientes pasos:
20 a) comprobación de un nivel de llenado de al menos un depósito; b) comprobación de la actual corriente másica de gas de escape; c) alimentación de agente reductor cuando el nivel de llenado del depósito, al menos uno, se sitúa por debajo de un mínimo de nivel de carga y la corriente másica de gas de escape se sitúa en un intervalo de carga reducida. En una forma de realización especial, en el paso c) se realiza al menos una de las siguientes acciones: calentamiento al menos de la corriente másica de gas de escape o del agente reductor y alimentación de agente reductor. En este caso, la alimentación de calor al agente reductor se puede garantizar, o bien mejorar, mediante calefacción eléctrica externa.
25

El documento DE 10 2009 025 135 da a conocer un dispositivo para la evaporación de una disolución acuosa de urea, que presenta un canal de transporte para la disolución acuosa de urea, que se extiende a través de al menos una primera zona y una segunda zona para la introducción de energía térmica, siendo calentables las dos zonas por separado, y presentando el canal de transporte en la segunda zona, en primer lugar en una segunda área de
30 entrada, un desarrollo en forma de meandro, y a continuación un desarrollo lineal. En la primera zona, la disolución acuosa de urea se calienta previamente a una temperatura en el intervalo de 100°C a 180°C, en la segunda zona se evapora a una temperatura de 420°C a 490°C.

El documento DE 10 2008 012 087 da a conocer una unidad de evaporación para la generación de una corriente gaseosa que comprende amoníaco a partir de disolución acuosa de urea, que se realiza igualmente como componente separado.
35

Los motores industriales según el estado de la técnica funcionan típicamente con sistemas de tratamiento posterior de gas de escape (ANB) de eficacia catalítica según el documento EP-B-1 054 722 citado anteriormente – o también los llamados "sistemas SCRT®", constituidos por DOC/(c)DPF + SCR/ASC, con dosificación de disolución acuosa de urea (HWL) antes del catalizador de SCR/ASC, para cumplir las prescripciones de emisión vigentes (Tier4 final /
40 EU grado IV y siguientes).

Para que el sistema ANB pueda trabajar con la eficiencia de purificación requerida son necesarias temperaturas de gas de escape mínimas y temperaturas de operación de catalizador de 230°C y más.

En estados de operación de carga reducida, las temperaturas de gas de escape mínimas se pueden poner a disposición solo por medio de medidas de calentamiento motor (por ejemplo estrangulamiento del motor). La energía
45 que se introduce en el gas de escape para la puesta a disposición de las temperaturas de gas de escape necesarias se pierde para la cadena cinemática. La consecuencia son grados de eficacia de propulsión del motor reducidos y consumos de combustible elevados y, por consiguiente, también emisiones de CO₂ elevadas.

La regeneración del filtro de partículas diésel cerrado tiene una influencia negativa especialmente grande sobre el consumo de combustible. Para la combustión controlada del hollín alojado en el filtro son necesarias temperaturas de gas de escape de aproximadamente 600°C. Para alcanzar éstas, además de la regeneración pasiva, generalmente son necesarias medidas activas, como por ejemplo una inyección posterior de combustible adicional y una reacción exotérmica de los hidrocarburos no consumidos resultantes en DOC o medidas de regeneración activas, a modo de ejemplo por medio de quemadores accionados por combustible según el documento EP-A-2 177
50 728, EP-A-2 192 279, o bien WO 2010/139429.

Para el funcionamiento del sistema SCR, típicamente se emplea como agente reductor una disolución acuosa de urea que contiene 32,5 % de urea.

Para liberar amoníaco a partir de ésta, en primer lugar se debe liberar 67,5 % de agua y descomponer la urea por vía hidrolítica para dar amoníaco y CO₂.

5 En actuales sistemas SCR, la disolución acuosa de urea (disolución de agua-urea HWL, nombre comercial AdBlue®) necesaria para la generación del agente reductor amoníaco se inyecta en estado líquido, no temperado, en el gas de escape del lado de la corriente de salida respecto al catalizador de SCR. La cantidad de calor que se requiere para trasladar la HWL completamente y bajo liberación (cuantitativa) de amoníaco en la fase gaseosa (= preparación de urea), se debe poner a disposición completamente mediante el gas de escape caliente.

10 El documento US2005/0031514 da a conocer un sistema para la reducción de óxidos de nitrógeno y emisiones de partículas de motores diésel.

El documento DE102005059581 da a conocer un dispositivo para el calentamiento de un tanque para disolución acuosa de urea de un vehículo a motor.

15 No obstante, en especial en puntos de funcionamiento de baja carga, la cantidad de calor presente en el gas de escape es frecuentemente insuficiente para preparar completamente la disolución de urea-agua (HWL) inyectada, que se requiere para la reducción completa de los óxidos de nitrógeno presentes igualmente en el gas de escape. La consecuencia son depósitos de urea y productos derivados de urea, como ácido isociánico, ácido cianúrico y melamina en el sistema de escape (cristalización), que pueden conducir al bloqueo, en caso dado completo, del sistema de escape, así como a pérdidas de conversión en la reacción SCR debidas a la puesta a disposición
20 incompleta de la cantidad estequiométrica de amoníaco necesaria para la reducción de óxido de nitrógeno.

Es tarea de la presente invención poner a disposición un procedimiento para la purificación de gases de escape de motores diésel que no presente los inconvenientes descritos anteriormente de procedimientos actuales, en especial en el caso de funcionamiento del motor de combustión en el intervalo de carga reducida, y que presente una eficiencia energética mejorada, simultáneamente con eficiencia de costes lo más elevada posible del sistema total.

25 Esta tarea se soluciona mediante un procedimiento para la purificación de gases de escape de motores diésel con los siguientes pasos de procedimiento:

tránsito del gas de escape a purificar a través de un catalizador de oxidación diésel (DOC) para la oxidación de hidrocarburos residuales gaseosos (HC) y de monóxido de carbono (CO) para dar dióxido de carbono (CO₂) y para la oxidación al menos parcial de monóxido de nitrógeno contenido en el gas de escape (NO) para dar dióxido de nitrógeno (NO₂);
30

adición de disolución acuosa de urea (HWL) preacondicionada en el motor, es decir, calentada a 80 - 90 °C, al gas resultante del paso a.) y liberación de amoníaco de la urea añadida mediante termólisis e hidrólisis;

tránsito del gas de escape resultante del paso b.) a través de un filtro de partículas activado mediante catálisis SCR (SDPF) para la reducción de las partículas contenidas en el gas de escape y de los óxidos de nitrógeno contenidos en el gas de escape;
35

tránsito del gas resultante del paso c.) a través de un catalizador de oxidación de amoníaco selectivo (ASC) para la reducción de contenidos residuales en amoníaco,

encontrándose la HWL en un tanque de HWL (3) dispuesto en la zona del motor de combustión y calentándose a través de un cambiador de calor (14) que está integrado en el cárter o en la culata del cilindro del motor de combustión, y transportándose la HWL por medio de la bomba de transporte de líquido (12) al sector de la zona del cárter, o bien de la culata del cilindro, que conduce agua refrigerante, y calentándose a través del cambiador de calor (14).
40

El preacondicionado de la disolución acuosa de urea en el motor se efectúa preferentemente por medio del dispositivo dado a conocer en el documento DE 10 2014 001 879.2.

45 La dosificación de disolución de urea (HWL) acondicionada, es decir, precalentada a una temperatura de 80 - 90°C, en la fase de gases de escape posibilita por una parte la dosificación a menores temperaturas de gas de escape (180 - 200°C) que en procedimientos de dosificación convencional (200 - 230°C). Ya que para la elaboración de la HWL para dar amoníaco se debe introducir menos energía térmica que en sistemas convencionales, esta ventaja se

puede utilizar por otro lado para el acortamiento del tramo de mezclado antes de SPDF, o bien antes de catalizador de SCR, en lugar de la reducción de la temperatura umbral de dosificación.

5 El sistema de tratamiento posterior de gas de escape dispuesto del lado de la corriente de salida en el motor tras la turbina comprende un DOC, un dispositivo para la dosificación de HWL, un filtro de partículas activado catalíticamente por SCR (SPDF) y un catalizador de oxidación de amoníaco, así como opcionalmente un segundo catalizador de SCR dispuesto en el SPDF y catalizador de oxidación de amoníaco (también: catalizador de deslizamiento de amoníaco ASC).

10 Mediante la integración (parcial) del volumen de catalizador de SCR en el filtro de partículas es posible una reducción del sistema ANB en comparación con sistemas convencionales. Una característica de calefacción mejorada del sistema ANB tras el inicio en frío y pérdidas por calor claramente menores a través del sistema de escape son la consecuencia. Además se producen ventajas de espacio constructivo. El catalizador de SCR, que está dispuesto en el sentido de circulación del gas de escape tras el filtro de partículas, se emplea de manera opcional, y precisamente si el volumen SCR integrable en el filtro de partículas no es suficiente para garantizar una conversión de NO_x del sistema total durante el periodo (8000 horas de funcionamiento) de más de 97 %.

15 De modo especialmente preferente, el procedimiento según la invención comprende un concepto de regeneración pasivo para el filtro de partículas activados catalíticamente por SCR (SDPF), que se describe aún a continuación. En el ámbito del servicio se efectúa una regeneración en reposo adicional, así como el control de la contrapresión de gas de escape a través de SDPF, para poder realizar las denominadas regeneraciones no en reposo en el caso de tasas de regeneración de hollín fuera de los intervalos de servicio.

20 El filtro de partículas activado catalíticamente por SCR (SDPF) se acciona con un concepto de regeneración de filtro pasivo en acondicionamientos especialmente preferentes del procedimiento según la invención. Esto incluye la abrasión de hollín almacenado tras la reacción denominada CRT®, en la que la oxidación de partículas de hollín almacenadas se efectúa con NO₂, que se genera en el primer paso del procedimiento según la invención a través del DOC dispuesto del lado de flujo respecto a SDPF.

Reacción CRT®:	$C_n + 2n NO_2$	$n CO_2 + 2n NO$
----------------	-----------------	------------------

25 Esta reacción CRT® compite con la reacción SCR. Para la reacción SCR existen tres mecanismos de reacción que transcurren con diferentes velocidades de reacción (RG):

SCR estándar:	$4 NO + 4 NH_3 + O_2$	$4 N_2 + 6 H_2O$	RG media
SCR rápida:	$NO + NO_2 + 2 NH_3$	$2 N_2 + 3 H_2O$	RG elevada
SCR lenta:	$6 NO_2 + 8 NH_3$	$2 N_2 + 12 H_2O$	RG baja

30 Para poner a disposición suficiente NO₂ para la combustión de hollín para la regeneración pasiva del filtro de partículas, el DOC almacenado previamente debe poner a disposición más de 50 % de NO₂ en el NO_x en puntos de funcionamiento hasta una temperatura de gas de escape de 350 - 375°C. El exceso de NO₂ está a disposición para la combustión de hollín si la "reacción CRT®" transcurre más rápidamente que la reacción "SCR lenta", de modo que se garantiza una regeneración pasiva de filtro de partículas.

35 A una temperatura de funcionamiento de DOC por encima de aproximadamente 300°C se abandona la zona controlada cinéticamente. La concentración de NO₂ generable por medio de catalizador en el gas de escape ya no depende solo del rendimiento del catalizador, sino de la posición de equilibrio termodinámico. A temperaturas de más de 400°C ya no son generables concentraciones de NO₂ de más de 50 % en el NO_x.

40 Ya a partir de 250°C se establece la reacción de hollín con NO₂. A partir de 300°C es posible una regeneración pasiva del filtro de partículas con alta seguridad de funcionamiento (fuente: C. Hagelúken et al, "Autoabgaskatalysatoren", 2ª edición, editorial expert 2005, página 102). Bajo estas condiciones de reacción, en la puesta a disposición de concentraciones de NO₂ suficientemente elevadas es manejable la competencia entre reacción SCR y "reacción CRT®".

45 Si la cantidad de NO₂ disponible mediante el DOC no fuera suficiente para resolver productivamente la situación de competencia entre reacción SCR por una parte y regeneración de hollín por otra parte, existe la posibilidad de limitar la eficiencia de desnitrificación del filtro activado catalíticamente por SCR mediante restricción de la cantidad de agente reductor a dosificar, con el fin de garantizar una regeneración pasiva suficiente del filtro de partículas. Para este caso, en una configuración alternativa está previsto un segundo punto de dosificación para disolución acuosa de urea (HWL) antes de un catalizador de SCR subordinado (adicional). Por medio de este segundo punto de

dosificación se alimenta disolución acuosa de urea (HWL) preacondicionada, es decir, calentada a 80 - 90°C el gas de escape resultante del paso c.) para garantizar la eficiencia de desnitrificación del sistema total requerida, de > 97 %.

Otra configuración ventajosa, no según la invención, prevé un motor industrial con un sistema ANB de DOC + SDPF + SCR/ASC, empleándose un dispositivo para la dosificación de amoníaco gaseoso en lugar de un dispositivo para la dosificación de disolución acuosa de urea en el gas de escape a purificar. En tal configuración, la elaboración de la urea para dar amoníaco se efectúa en un reactor montado en el motor, al que se alimenta disolución acuosa de urea como educto, y en el que, en un procedimiento catalítico a través de termólisis de urea para dar ácido isocianúrico y amoníaco y subsiguiente hidrólisis del ácido isocianúrico resultante para dar amoníaco y CO₂, se realiza la elaboración de la urea para dar amoníaco independientemente de las condiciones de funcionamiento dominantes en el sistema de escape.

Mediante el traslado de la elaboración de urea para dar amoníaco del sistema de escape y la dosificación directa de amoníaco en el sistema ANB, el umbral de temperatura para la dosificación del agente reductor se puede reducir claramente a menos de 200 - 230°C, preferentemente a temperaturas en el intervalo de 120 - 180°C.

La limitación del umbral de dosificación de temperatura inferior citado anteriormente se sitúa en el intervalo de la ventana de temperatura de trabajo del catalizador de SCR. Mediante la dosificación de amoníaco gaseoso no existe ningún riesgo de cristalización de urea y productos derivados de urea, como ácido isocianúrico, ácido cianúrico o melamina, que resultan de la degradación incompleta de urea y pueden conducir a un bloqueo completo del sistema de escape a temperaturas de funcionamiento demasiado bajas. Además, en este procedimiento no existe ninguna limitación de la eficiencia de desnitrificación mediante elaboración de urea insuficiente para dar amoníaco. Son innecesarias sobredosificaciones de agente reductor para la compensación de una elaboración de urea incompleta en puntos de baja carga. Son posibles una reducción de ASC y/o la prevención completa de emisión secundaria de amoníaco de 10 Vppm (permitidas) en media temporal sin ASC.

La invención, así como el entorno técnico se explican a continuación por medio de las figuras. Se debe indicar que la invención no está limitada al objeto de las figuras. Muestra esquemáticamente:

la Figura 1 una variante de realización preferente del dispositivo para la realización del procedimiento según la invención,

la Figura 2 el cárter de un motor de combustión con cambiador de calor de HWL integrado.

La Figura 1 muestra un motor de combustión 1 con una fase de gas de escape 2 y un tanque de disolución de urea-agua 3. En la fase de gas de escape 2 en el sentido de circulación del gas de escape, entre DOC 5 y SDPF 6 está dispuesto un sensor de NO_x 9 y un dispositivo de entrada HWL, que se alimenta desde el cambiador de calor de HWL 14. El cambiador de calor de HWL 14 puede abastecer también el dispositivo de entrada HVL entre SDPF 6 y el SCR 7 con HWL. En el sentido de circulación del gas de escape se encuentra un catalizador de deslizamiento de amoníaco (ASC) 8 tras el SCR 7. Al final de la fase de gas de escape 2 está dispuesto un sensor de NO_x 9. En una configuración alternativa, no según la invención, está previsto que el cambiador de calor de HWL 14 esté dispuesto esencialmente en un tubo de gas de escape de pared doble 11, que presenta dos sensores de NO_x 9, estando dispuesto un sensor de NO_x 9 entre DOC 5 y SDPF 6 y el otro tras el ASC 8.

En la Figura 2 se muestra un cárter de un motor de combustión 1 con cambiador de calor de HWL 14 integrado en el circuito refrigerante, o bien la camisa de agua 13. La HWL se encuentra en el tanque de disolución de urea-agua 3 dispuesto en la zona del motor de combustión. La HWL se transporta por medio de la bomba de alimentación de urea líquida 12 en el sector de la zona que conduce agua refrigerante del cárter del motor de combustión 1, en el que se encuentra el cambiador de calor de HWL 14 y a través del cual se calienta la HWL. En una configuración alternativa no representada está previsto que el cambiador de calor de HWL 14 esté dispuesto en la culata del cilindro del motor de combustión 1. La HWL calentada llega al dispositivo de dosificación 15 por medio de la bomba de alimentación de urea líquida 12 después de abandonar el cambiador de calor de HWL 14. Después de que la HWL ha abandonado el dispositivo de dosificación 15, ésta llega al tramo de mezclado en la tubería de gas de escape 16, en la que se calienta posteriormente.

Entre filtro de partículas revestido con SCR y catalizador de oxidación de amoníaco, en caso necesario se puede integrar ventajosamente otro volumen de catalizador de SCR. En este caso, el ASC se aplica como zona del lado de la corriente de salida sobre el catalizador de SCR. Mediante integración (parcial) del volumen de catalizador de SCR en el filtro de partículas, el espacio constructivo requerido en total para el sistema de tratamiento posterior de gas de escape es claramente aún menor que el de un sistema convencional según el documento EP-B-1 054 766.

La dosificación de HWL preacondicionada en la fase de gas de escape posibilita no solo la dosificación a menores temperaturas de gas de escape que en el caso de procedimientos de dosificación convencionales. Ya que para la elaboración de la HWL para dar amoníaco se debe introducir menos energía térmica que en sistemas

convencionales, esta ventaja se puede aprovechar en el caso de no reducir el umbral de dosificación de temperatura para un acortamiento del tramo de mezclado.

5 Los sistemas con filtro revestido con SCR, que se describen en el estado de la técnica sobre todo en aplicaciones Pkw, se regeneran típicamente de manera activa, es decir, a modo de ejemplo por medio de postinyección de combustible y oxidación exotérmica de los hidrocarburos resultantes a través de un catalizador de oxidación diésel antepuesto al filtro. En el procedimiento según la invención se efectuará una regeneración pasiva del filtro de partículas. A tal efecto son necesarias cantidades suficientes de NO₂ en el gas de escape antes del filtro de partículas. Por lo tanto, el catalizador de oxidación antepuesto debe presentar tasas de oxidación de NO elevadas, de modo que se presente una proporción NO₂/NO_x > 0,5 en el gas de escape antes del filtro de partículas revestido con SCR. En este caso se puede partir de que solo reacciona NO₂, que se presenta en proporción 1:1 en el gas de escape antes del filtro revestido con SCR, en la reacción SCR ("SCR rápida" tener en cuenta diferentes velocidades de reacción!!). Se dispone de proporciones superiores de NO₂ para la combustión de hollín según el efecto CRT®.

15 A temperaturas de funcionamiento menos óptimas, en una configuración alternativa se puede disponer ventajosamente un segundo punto de dosificación de HWL entre el filtro de partículas revestido con SCR y un SCR/ASC del lado de la corriente de salida. Para garantizar una regeneración pasiva completa, antes del filtro revestido con SCR se pone a disposición una cantidad subestequiométrica de agente reductor. La desnitrificación residual se efectúa tras una segunda inyección de HWL en el catalizador de SCR/ ASC subordinado.

20 El concepto reducción catalítica selectiva (en inglés selective catalytic reduction, SCR) designa una técnica para la reducción de óxidos de nitrógeno en gases de escape de instalaciones de combustión, instalaciones de incineración de basura, turbinas de gas, instalaciones industriales y motores. La reacción química en el catalizador de SCR es selectiva, es decir, preferentemente se reducen los óxidos de nitrógeno (NO, NO₂), mientras que se suprimen sensiblemente reacciones secundarias no deseadas (como por ejemplo la oxidación de óxido de azufre para dar trióxido de azufre).

25 Para el transcurso de la reacción se requiere amoníaco (NH₃), que se libera a partir de la disolución acuosa de urea añadida al gas de escape. Los productos de reacción son agua (H₂O) y nitrógeno (N₂). Desde el punto de vista químico, en el caso de la reacción se trata de una comproporción de óxidos de nitrógeno con amoníaco para dar nitrógeno. Existen diversos tipos de catalizadores. Un tipo consiste esencialmente en dióxido de titanio, pentóxido de vanadio y dióxido de wolframio. Otro tipo emplea zeolitas.

30 El procedimiento según la invención prevé la integración de al menos una parte del volumen de catalizador de SCR en el volumen del filtro de partículas mediante empleo de un filtro de partículas activado catalíticamente por SCR.

35 En la tecnología automotriz se aplica el procedimiento SCR para reducir las emisiones de óxido de nitrógeno en el caso de vehículos diésel. Con ayuda de esta técnica, los vehículos industriales pueden cumplir la normativa Euro-V, las maquinarias agrícolas la norma Tier 3b, y PKW la muy estricta normativa sobre gases de escape americana BIN5, así como la normativa Euro-6. Esta tecnología se emplea también para el cumplimiento de las normativas sobre gases de escape US Tier 4 final y EU grado IV.

40 El amoníaco necesario para la reacción SCR no se emplea directamente, es decir, en forma pura, sino que se genera en la instalación de gas de escape a partir de una disolución de urea al 32,5 por ciento. La composición de la HWL se regula en la norma DIN 70070. Esta disolución acuosa se inyecta antes del catalizador de SCR en la fase de gas de escape, por ejemplo por medio de bomba de dosificación o inyector. A partir de la disolución acuosa de urea se producen amoníaco y CO₂ mediante termólisis y una reacción de hidrólisis. El amoníaco generado de este modo puede reaccionar con los óxidos de nitrógeno en el gas de escape en un catalizador de SCR especial a temperatura correspondiente. La cantidad de urea inyectada es dependiente de la emisión de óxido de nitrógeno del motor y, de este modo, del número de revoluciones momentáneo y del momento de giro del motor. El consumo de disolución acuosa de urea asciende aproximadamente a 2 hasta 8 % de la cantidad de combustible diésel empleado dependiendo de la emisión bruta del motor. Por lo tanto, se debe transportar concomitantemente un volumen de tanque correspondiente. Para la consecución de tasas de reducción de NO_x elevadas es importante que la disolución acuosa de urea (AdBlue®) se dosifique en la proporción correcta para la emisión de óxido de nitrógeno. Ya que los catalizadores SCR pueden acumular NH₃ hasta un cierto límite, la dosificación en el medio debe corresponder a la emisión de NO_x. Si la dosificación es demasiado reducida, el grado de acción de reducción de óxido de nitrógeno disminuye, si se dosifica demasiada urea, el amoníaco formado a partir de ésta no puede reaccionar con NO_x, y puede llegar a la atmósfera. Ya que amoníaco tiene un olor penetrante y se puede percibir ya en concentraciones muy reducidas, esto conduciría a una carga por olor en la proximidad del vehículo en el caso de una sobredosificación. Se pone remedio a esta situación incorporándose un catalizador de oxidación en el catalizador de SCR. En el caso de una sobredosificación de amoníaco, éste transforma de nuevo el NH₃ en nitrógeno y agua. Otra posibilidad de impedir el deslizamiento de amoníaco es obtener un mayor diseño de catalizador y, de este modo, una cierta función de almacenamiento.

ES 2 754 211 T3

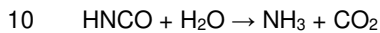
La termólisis es una reacción química en la que una sustancia de partida se descompone en varios productos mediante calentamiento. En contrapartida a la descomposición térmica (= pirólisis), la termólisis se emplea selectivamente para la síntesis de productos definidos o etapas intermedias reactivas.

La hidrólisis es la disociación de compuestos químicos con agua. Generalmente se considera:

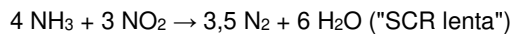
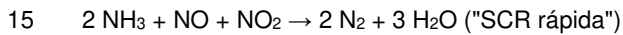
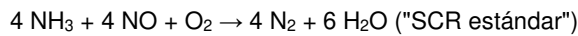
5 Termólisis de urea:



Hidrólisis de ácido isociánico resultante:



Reducción de óxidos de nitrógeno:



La reducción de óxido de nitrógeno se efectúa sin modificación de la combustión del motor, y de este modo se obtiene un muy buen grado de acción de motores diésel.

20 Lista de abreviaturas:

AdBlue Disolución de urea acuosa al 32,5 %

ANB Tratamiento posterior de gas de escape

ASC Catalizador de deslizamiento de amoníaco

CRT Trampa de regeneración continua

25 CSF Filtro de partículas con un revestimiento para la oxidación de componentes de gas de escape

DOC Catalizador de oxidación diésel

DPF Filtro de partículas diésel

NH3 Amoníaco

NOx Suma de óxidos de nitrógeno que se producen en la combustión del motor (NO, NO₂, N₂O etc.)

30 RG Velocidad de reacción

SCR Reducción catalítica selectiva

SDPF Filtros de partículas diésel con un revestimiento activo por SCR

Signos de referencia

1 Motor de combustión

35 2 Fase de gas de escape

3 Tanque de disolución de urea-agua

5 DOC

ES 2 754 211 T3

	6	SDPF
	7	SCR
	8	ASC
	9	Sensor de NOx
5	10	Culata del cilindro
	11	Tubo de gas de escape de pared doble
	12	Bomba de transporte de urea líquida
	13	Camisa de agua en el cárter
	14	Cambiador de calor, cambiador de calor espiral, de haz de tubos
10	15	Dispositivo de dosificación
	16	Tramo de mezclado

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento para la purificación de gases de escape de motores diésel con los siguientes pasos de procedimiento:
- 5 a. tránsito del gas de escape a purificar a través de un catalizador de oxidación diésel (DOC) para la oxidación de hidrocarburos residuales gaseosos (HC) y de monóxido de carbono (CO) para dar dióxido de carbono (CO₂) y para la oxidación al menos parcial de monóxido de nitrógeno contenido en el gas de escape (NO) para dar dióxido de nitrógeno (NO₂);
- b. adición de disolución acuosa de urea (HWL) preacondicionada en el motor, es decir, calentada a 80 - 90 °C, al gas resultante del paso a.) y liberación de amoníaco de la urea añadida mediante termólisis e hidrólisis;
- 10 c. tránsito del gas de escape resultante del paso b.) a través de un filtro de partículas activado mediante catálisis SCR (SDPF) para la reducción de las partículas contenidas en el gas de escape y de los óxidos de nitrógeno contenidos en el gas de escape;
- d. tránsito del gas resultante del paso c.) a través de un catalizador de oxidación de amoníaco selectivo (ASC) para la reducción de contenidos residuales en amoníaco,
- 15 encontrándose la HWL en un tanque de HWL (3) dispuesto en la zona del motor de combustión y calentándose a través de un cambiador de calor (14) que está integrado en el cárter o en la culata del cilindro del motor de combustión, y transportándose la HWL por medio de la bomba de transporte de líquido (12) al sector de la zona del cárter, o bien de la culata del cilindro, que conduce agua refrigerante, y calentándose a través del cambiador de calor (14).
- 20 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el gas resultante del paso c.), antes del tránsito a través del catalizador de oxidación de amoníaco selectivo (ASC) en el paso d.), se conduce en primer lugar entre un filtro de partículas activado catalíticamente por SCR y catalizador de SCR dispuesto en ASC, adicional.
- 3.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la proporción de NO₂ en el NO_x generado en el paso a.) en el gas de escape resultante del paso a.) asciende a más de 50 %.
- 25 4.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado por que el filtro de partículas (SDPF) activado catalíticamente por SCR se acciona con un concepto de regeneración pasivo.
- 5.- Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado por que la oxidación de partículas de hollín almacenadas en el SDPF se efectúa al menos parcialmente con NO₂, que se generó en el paso a.).
- 30 6.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado por que entre el filtro de partículas activado catalíticamente por SCR y el catalizador de SCR subordinado adicional está un segundo punto de dosificación, por medio del cual se alimenta disolución acuosa de urea (HWL) preacondicionada, es decir, calentada a 80 - 90°C, al gas de escape resultante del paso c.).
- 7.- Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado por que la eficiencia de desnitrificación del filtro de partículas activado catalíticamente por SCR se limita mediante restricción de la cantidad de disolución acuosa de urea alimentada en el paso b.).
- 35

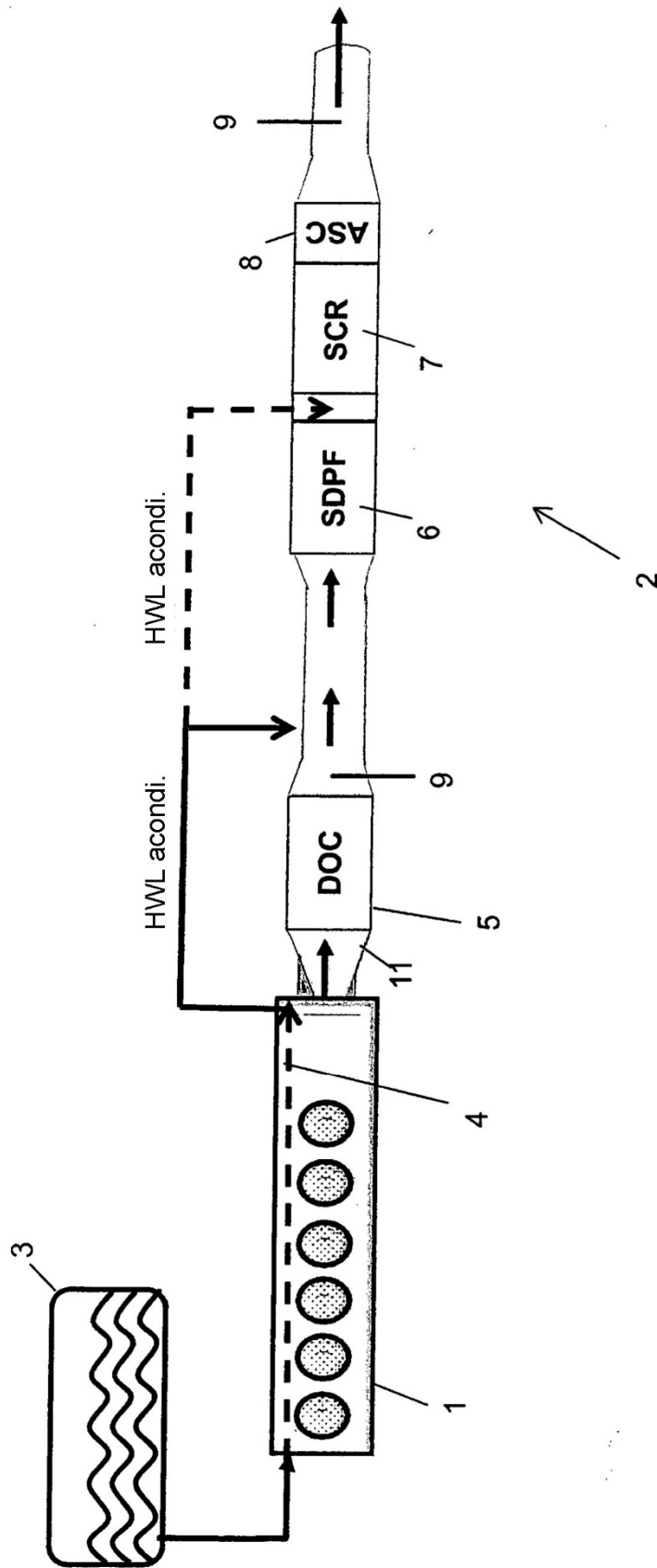


Fig. 1

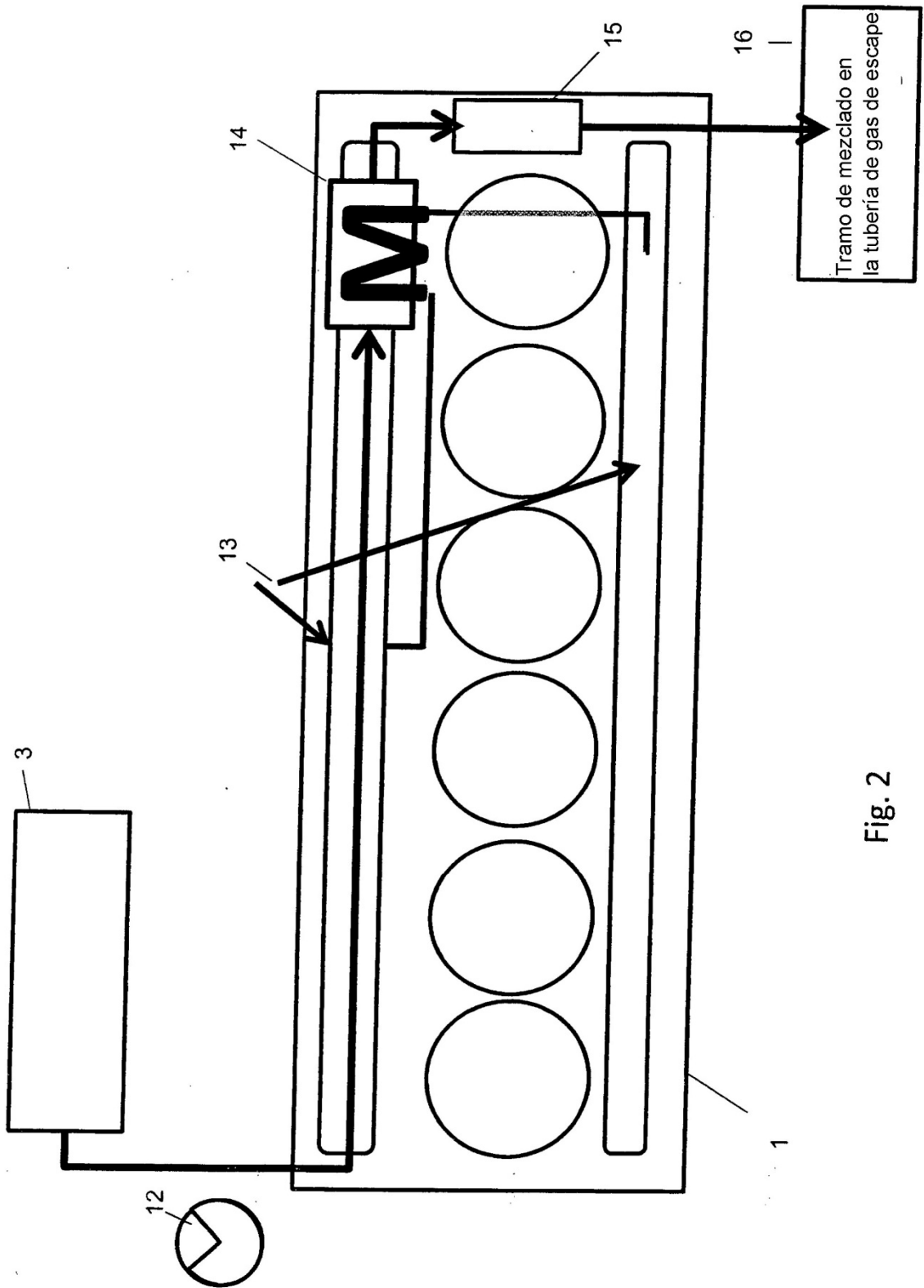


Fig. 2