

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 612 981**

51 Int. Cl.:

**F01N 5/02** (2006.01)

**F01N 3/20** (2006.01)

**F02M 25/12** (2006.01)

**F02M 26/24** (2006.01)

**F02M 26/35** (2006.01)

**F02M 26/44** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.06.2014** E 14172760 (2)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.11.2016** EP 2821628

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para el tratamiento de condensados de gases de escape de un motor de combustión interna**

30 Prioridad:

**19.06.2013 DE 102013211509**

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

**19.05.2017**

73 Titular/es:

**MAHLE INTERNATIONAL GMBH (50.0%)**

**Pragstrasse 26-46**

**70376 Stuttgart, DE y**

**MAHLE BEHR GMBH & CO. KG (50.0%)**

72 Inventor/es:

**ENGLERT, PETER y**

**GORGES, ROGER**

74 Agente/Representante:

**CURELL AGUILÁ, Mireia**

ES 2 612 981 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 y dispositivo para el tratamiento de condensados de gases de escape de un motor de combustión interna.

5

### Campo técnico

La invención se refiere a un procedimiento para el tratamiento de condensados de gases de escape de un motor de combustión interna según el preámbulo de la reivindicación 1 y a un dispositivo para el tratamiento de condensados de gases de escape de un motor de combustión interna según el preámbulo de la reivindicación 7.

10

### Estado de la técnica

Se conocen sistemas de recirculación de gases de escape en vehículos automóviles los cuales están combinados con el motor de combustión interna del vehículo automóvil. Los sistemas de recirculación de gases de escape constituyen una estrategia esencial para la reducción de emisiones de sustancias contaminantes, en especial óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>). El gas de escape conducido de retorno al motor de combustión interna es refrigerado por la realimentación en el motor de combustión interna, por debajo de punto de condensación del agua hasta 40°C, por un refrigerador de gas de escape contenido en el sistema de recirculación de gases de escape. Durante este proceso de refrigeración se proporcionan grandes cantidades de condensado acuoso como consecuencia de la combustión dentro del motor de combustibles. En los condensados de gas de escape resultantes se desprenden sustancias contaminantes de gas de escape como, p. ej. óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre y sustancias orgánicas y se forman en consecuencia ácidos inorgánicos y orgánicos. Estos condensados ácidos representan un gran problema, dado que atacan de forma corrosiva tanto las sustancias del refrigerador de gas de escape como también los componentes del motor de combustión interna contiguos.

15

20

25

Por el documento DE 10 2008 049 625 A1 se conocen un procedimiento y un dispositivo para la neutralización de condensado ácido en un vehículo automóvil, presentando la recirculación de gases de escape un refrigerador de recirculación de gases de escape para la refrigeración de la corriente caliente de gas de escape. Antes del refrigerador de recirculación de gas de escape está dispuesto un sistema de dosificación para la dosificación de una sustancia básica en la corriente caliente de gas de escape. Mediante esta sustancia básica se neutraliza el condensado ácido en el motor de combustión interna.

30

35

El documento FR 2 941 499 A1 da a conocer un dispositivo de electrólisis mediante el cual se genera hidrógeno a partir del agua del gas de escape de un motor de combustión interna.

### Implementación de la invención, problema, solución, ventajas

La invención se plantea el problema de crear un procedimiento y un dispositivo que permita una neutralización energéticamente favorable de condensados de gas de escape.

40

Esto se consigue mediante las características de la reivindicación 1, según las cuales los óxidos de nitrógeno de los condensados de gas de escape refrigerados se convierten en amoníaco por electrólisis. La transformación de óxidos de nitrógeno en amoníaco conduce a que los óxidos de nitrógeno que hay en el condensado de gas de escape, el cual es conducido de nuevo al motor de combustión interna, sean reducidos. Durante la electrólisis se obtienen iones hidroxil a partir del condensado de gas de escape, los cuales contribuyen a la neutralización de los óxidos de nitrógeno. Mediante una reducción electroquímica de este tipo puede discurrir ventajosamente la limpieza de gas de escape tras la refrigeración de los condensados de gas de escape.

45

50

De manera ventajosa, tiene lugar la electrólisis en la zona de un punto de condensación del agua, preferentemente por encima del punto de condensación. Con ello se impide la generación de componentes de gas de escape ácidos durante la electrólisis, con lo cual se evita una corrosión de los materiales de trabajo de refrigerador de gas de escape así como también de los componentes de motor de combustión interna contiguos.

55

En una variante se obtiene una energía para la electrólisis a partir de una calor de escape del motor de combustión interna. Al mismo tiempo el calor de escape no se aprovecha únicamente para la generación electrolítica de amoníaco sino también para la generación electrolítica de hidrógeno para la reducción de CO<sub>2</sub> y para la generación electrolítica de iones hidroxil en el condensado.

60

En una forma de realización el calor de escape del motor de combustión interna se obtiene mediante un proceso termoeléctrico. Una forma de energía de este tipo es especialmente adecuada para los procedimientos de electrólisis.

65

Además de utiliza el amoníaco, producido durante la electrólisis, en un procedimiento de depuración de gases de escape SCR en el motor de combustión interna. Al mismo tiempo de inicia una reacción de reducción, por la cual se debe entender, en lo que viene a continuación, un caso especial de una reacción

redox, en la cual mediante reducción y oxidación simultánea, desde un nivel de oxidación más alto hacia uno más bajo de dos átomos del mismo elemento se forma un nivel de oxidación situado entre ellos. Una reacción de comproporciónación de este tipo tiene lugar, de manera ventajosa, cuando la mezcla de condensado reducida es suministrada de nuevo, en forma de vapor que agua que contiene amonio e hidrógeno, al proceso de combustión del motor de combustión interna. Al mismo tiempo se produce una reducción de la formación de óxido de nitrógeno sobre la base de la comproporciónación de los óxidos de nitrógeno con amoníaco para dar nitrógeno durante el proceso de combustión.

En otra forma de realización se suministra el nitrógeno producido durante la electrólisis, antes del suministro al motor de combustión interna, de un aire de sobrealimentación. Un enriquecimiento de hidrógeno de este tipo trae consigo una reducción de la emisión de CO<sub>2</sub>.

Un perfeccionamiento de la invención se refiere a un dispositivo para el tratamiento de condensados de gas de escape de un motor de combustión interna, en el que se suministra un gas de escape, que contiene óxidos de nitrógeno, que sale de un motor de combustión interna, directamente o a través de un turbosobrealimentador, por lo menos a un refrigerador de gas de escape, el cual está conectado con el motor de combustión interna para la conducción de retorno del gas de escape. En un dispositivo en el cual son reducidos los condensados de gas de escape está dispuesta, entre el refrigerador de gas de escape y el motor de combustión interna, está dispuesta una unidad de electrólisis para la transformación de óxidos de nitrógeno de condensados de gas de escape en amoníaco. Mediante una unidad de electrólisis de este tipo tiene lugar una optimización condensado de gas de escape suministrado de nuevo al motor de combustión interna en el gas de escape refrigerado. Esto se refiere, en especial, a la generación electrolítica de amoníaco de los óxidos de nitrógeno que intervienen como condensado de gas de escape. Al mismo tiempo se genera, sin embargo también, durante la electrólisis, hidrógeno, mediante el cual se puede realizar también una reducción del CO<sub>2</sub> en el gas de escape.

De manera ventajosa, la unidad de electrólisis para la alimentación con energía eléctrica está combinada con un generador termoeléctrico. Este generador termoeléctrico aprovecha el calor de escape del motor de combustión interna para proporcionar energía para la electrólisis. Por consiguiente, el calor de escape sirve como fuente de energía para el proceso de reducción electroquímico.

En una estructuración, el motor de combustión interna comprende un catalizador, que realiza un procedimiento de depuración de gases de escape SCR, al cual se le suministra el amoníaco producido durante la electrólisis. Esto tiene la ventaja de que se suprime la preparación adicional de soluciones de urea en recipientes para la generación de amoníaco, como es necesario en procedimientos SCR conocidos, con lo cual se continua reduciendo el espacio constructivo del motor de combustión interna.

En una estructuración está conectada una entrada de un refrigerador de aire de sobrealimentación que proporciona aire fresco antes de la entrada del motor de combustión interna con una salida de la unidad de electrólisis. Esto tiene la ventaja de que el hidrógeno producido en la unidad de electrólisis puede reaccionar con el oxígeno del aire fresco, con lo cual tiene lugar una reducción de la emisión de CO<sub>2</sub> mediante el enriquecimiento de la mezcla con hidrógeno en el aire de sobrealimentación.

Otras estructuraciones ventajosas se describen mediante la descripción de las figuras que viene a continuación y mediante las reivindicaciones subordinadas.

### Breve descripción de los dibujos

La invención se explica a continuación con mayor detalle sobre la base de por lo menos uno de los ejemplos de formas de realización haciendo referencia a los dibujos, en el que:

la figura 1 muestra un ejemplo de forma de realización para el dispositivo según la invención para el procesamiento de condensados de gases de escape de un motor de combustión interna.

### Forma de realización preferida de la invención

La figura 1 muestra un ejemplo de forma de realización de un dispositivo según la invención para el tratamiento de condensados de gas de escape de un motor de combustión interna 6. En este ejemplo de forma de realización se trata de una conducción de retorno de gas de escape de alta presión, en la cual una parte del gas de escape que contiene los condensados de gas de escape es conducido directamente desde el motor de combustión interna 6 hacia la recirculación de gas de escape. La otra parte del gas de escape caliente es conducida desde el motor de combustión interna 6 a un turbosobrealimentador 5.

La recirculación de gases de escape consta de un primer refrigerador de gas de escape 2, después del cual está dispuesto un segundo refrigerador de gas de escape 3. El gas de escape conducido a través del primer y del segundo refrigeradores de gas 2, 3 es, por consiguiente, refrigerado y es añadido, después, al aire fresco que sale del refrigerador de aire de refrigeración 4 refrigerado por aire.

5 El segundo refrigerador de gas de escape 3 presenta una ramificación con la cual la parte principal del gas de escape refrigerado es suministrada a una célula 1 electroquímica. La célula 1 electroquímica está combinada con un generador 7 termoeléctrico. El gas de escape limpiado a través de la célula 1 electroquímica es mezclado con la corriente de aire fresco emitida por el refrigerador de aire de sobrealimentación 4, siendo esta mezcla suministrada de nuevo al motor de combustión interna 6.

10 En la célula 1 electroquímica, la cual está formada como célula de electrólisis de circulaciones lleva a cabo, durante una electrólisis, una desnitrificación electroquímica. Al mismo tiempo se transforman los óxidos de nitrógeno, nitratos y nitritos, contenido en los condensados de gas de escape en nitrógeno elemental. Durante esta electrólisis se forman amoníaco e hidrógeno como productos de reacción. El amoníaco tiene al mismo tiempo la ventaja de que neutraliza los condensados de gas de escape ácidos, de manera que se suprimen las porciones corrosivas de los condensados de gas de escape. Si se suministra la mezcla de condensado, en forma de vapor de agua que contiene amoníaco e hidrógeno, al motor de combustión interna 6 se produce una reducción de la formación de óxido de nitrógeno a causa de una comproporción de los óxidos de nitrógeno con amoníaco para dar nitrógeno durante el proceso de combustión. Esta reacción puede tener lugar en un catalizador con energía de activación reducida, es decir temperatura de gas de escape reducida, pero también directamente en el proceso de combustión a la temperatura más alta reinante en él.

20 En el catalizador se realiza el procedimiento de depuración de gases de escape SCR. SCR (Selective Catalytic Reduction) designa una reacción catalítica selectiva de óxidos de nitrógeno en gases de escape de motores. Esta reacción química es selectiva, debido a que son reducidos no todos los componentes del gas de escape, sino que los óxidos de nitrógeno NO, NO<sub>2</sub>. A causa del amoníaco proporcionado por la electrólisis se elimina una generación separada de una solución de urea para la generación de amoníaco. Por consiguiente, el procedimiento SCR se puede realizar, en el motor de combustión interna 6, sin sustancias auxiliares adicionales.

30 En la reacción secundaria de la electrólisis en la célula 1 electroquímica, se genera hidrógeno electrolíticamente, lo que contribuye de nuevo a la reducción de la expulsión de CO<sub>2</sub>, dado que una parte de la energía de combustión procede de la combustión de hidrógeno.

35 Como se ha explicado con anterioridad, la célula 1 electroquímica está combinada con un generador 7 termoeléctrico. Mediante el generador 7 termoeléctrico se generan grandes corrientes, para tensiones bajas (2 a 8 voltios). Durante el proceso termoeléctrico se utiliza el conocido efecto Seebeck, en el cual se aprovecha la aparición de una tensión entre dos puntos a temperatura diferente de un conductor. La diferencia de potencial es al mismo tiempo aproximadamente proporcional a la diferencia de temperatura y dependiente del material del conductor. El flujo de calor a través del conductor a temperaturas diferentes genera al mismo tiempo tensión eléctrica. La utilización de otros generadores accionados por calor de escape para la generación de una corriente de electrólisis es alternativamente posible.

40 Si se convierten, p. ej. 200 kW de calor de escape de un motor de combustión interna 6 con un rendimiento del 5% en energía eléctrica, se dispone de 10 kW de potencia eléctrica para la electrólisis en la célula 1 electroquímica. Para una electrólisis con 5 voltios de tensión de la célula resulta una corriente de 2000 amperios. Para un rendimiento de la célula 1 electroquímica del 70 % se dispone todavía de 1400 amperios de corriente para la electrólisis. Si se exige una emisión de 300 mg de NO<sub>x</sub> por kilómetro recorrido, como para un automóvil diesel estándar de la Euro-Norma 4, y se considera una recirculación completa de gases de escape resultan, a una velocidad de 100 km/h, 30 g de óxidos de nitrógeno, los cuales tienen que ser convertidos electrolíticamente en una hora.

50 Calculada con la ayuda de la ecuación de Faraday

$$m = \frac{M * Q}{z * F} \quad (1)$$

siendo

55 Q = carga (amperio-segundo)  
M = masa molar del óxido de nitrógeno NO 30,0 g/mol  
M = masa de óxido de nitrógeno 30 g/h  
Z = número de electrones 5  
F = constante de Faraday 95485 As/mol;

60 resulta una carga Q = 485425 As/3600 s = 134 A/h.

A una tensión de célula de 5 voltios se necesitan para la reducción de una cantidad de este tipo de óxidos de nitrógeno 670 vatios-hora = 0,67 kWh.

5 Se necesita por consiguiente por lo menos 0,67 kW/h de potencia. Más pérdidas de rendimiento se pueden realizar en esta conversión con una potencia de aprox. 1 kWh para la generación de la corriente de electrólisis. Los generadores termoeléctricos conocidos hasta ahora con dimensiones de 50 x 50 mm suministran, p. ej., una potencia de 20 vatios. Para una potencia de 1000 W se necesitan por ello superficies de intercambio de calor inferiores a 1 m<sup>2</sup> con generadores termoeléctricos comerciales.

10 En una conversión de 25 kW de calor de escape en corriente de electrólisis en el procedimiento propuesto, lo que corresponde a un rendimiento de aprox. el 10% de 250 kW de calor de escape del motor de combustión interna, pueden ser convertidos, de acuerdo con el cálculo realizado según la ecuación (1), 3,9 kg de óxidos de nitrógeno.

15 Como ejemplo se menciona la reducción de ácido nítrico. La corriente  $I = P/U = 2500 \text{ W}/3\text{V}$  corresponde a 8333 amperios, representando P la potencia y U la tensión. De ello resulta, según la ecuación 1, una masa m de óxido de nitrógeno.

$$m = 63 \text{ g/mol} * 8333 \text{ amperios (C/s)} * 3600 \text{ s} / 5 * 9485 \text{ C/mol} = 3917 \text{ g.}$$

20 El rendimiento del efecto Seebeck depende, en primer lugar, de la diferencia de temperatura de los dos electrodos del conductor utilizado. La separación térmica se puede mejorar con claridad mediante derivación activa de las corrientes térmicas. Esto puede tener lugar o bien mediante líquidos o mediante sustancias sólidas, como nitruro de boro.

25 La solución explicada tiene la ventaja de que la comproporción energéticamente favorable de los óxidos de nitrógeno con amoníaco, para dar nitrógeno, tiene lugar directamente en el proceso de combustión. Al mismo tiempo se aprovecha el calor de escape del motor de combustión interna para la limpieza de los gases de escape, no teniendo lugar pérdidas de transformación mecánicas durante el aprovechamiento del calor de escape.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento para el tratamiento de condensados de gases de escape de un motor de combustión interna, en el que gas de escape que comprende óxidos de nitrógeno se suministra a un sistema de recirculación de gases de escape y se refrigera en el mismo, de manera que se proporcionan condensados de gases de escape que comprenden óxidos de nitrógeno, caracterizado por que los óxidos de nitrógeno de los condensados de gases de escape refrigerados se convierten en amoníaco por electrólisis.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1 caracterizado por que la electrólisis tiene lugar en la zona de un punto de condensación del agua, preferentemente por encima del punto de condensación.
- 15 3. Procedimiento según 1 o 2, caracterizado por que la energía para la electrólisis se obtiene a partir de un calor de escape del motor de combustión interna (6).
- 20 4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizada por que la energía procedente del calor de escape del motor de combustión interna (6) se obtiene mediante un proceso termoeléctrico.
- 25 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el amoníaco producido durante la electrólisis se utiliza en un procedimiento de depuración de gas de escape SCR en el motor de combustión interna.
- 30 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el hidrógeno producido durante la electrólisis se suministra a un aire de carga, antes de su suministro al motor de combustión interna.
- 35 7. Dispositivo para el tratamiento de condensados de gases de escape de un motor de combustión interna, en el que un gas de escape que contiene óxidos de nitrógeno y que sale del motor de combustión interna (6) puede ser suministrado, directamente o a través de un turbosobrealimentador (5), por lo menos a un refrigerador de gases de escape (2, 3), que está conectado con el motor de combustión interna (6) para la realimentación del gas de escape, de manera que se puedan proporcionar los condensados de gases de escape que contienen óxidos de nitrógeno, caracterizado por que una unidad de electrólisis (1) para convertir los óxidos de nitrógeno de los condensados de gases de escape en amoníaco está dispuesta entre el refrigerador de gases de escape (2) y el motor de combustión interna (6).
- 40 8. Dispositivo según la reivindicación 7, caracterizado por que la unidad de electrólisis (1) está combinada con un generador (7) termoeléctrico para proporcionar energía eléctrica.
9. Dispositivo según la reivindicación 7 u 8, caracterizado por que el motor de combustión interna (6) comprende un catalizador para llevar a cabo un procedimiento de depuración de gases de escape SCR, al cual se puede suministrar el amoníaco producido durante la electrólisis.
10. Dispositivo según la reivindicación 7, 8 o 9, caracterizado por que una salida de un radiador del aire de sobrealimentación (4) que proporciona aire fresco está conectado con una salida de la unidad de electrólisis (1) antes de una entrada del motor de combustión interna (6).

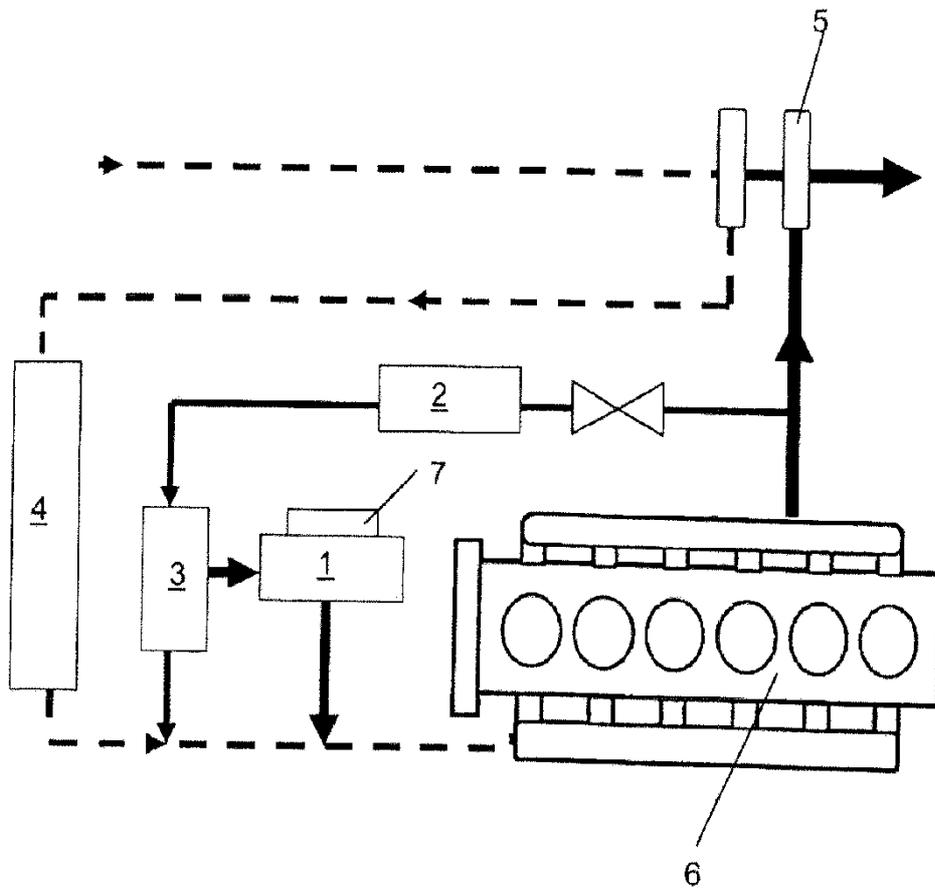


Fig.1