

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 003 132**

51 Int. Cl.:

F01N 3/023	(2006.01)
F02D 41/02	(2006.01)
F01N 9/00	(2006.01)
F02D 41/14	(2006.01)
F02D 41/40	(2006.01)
F02B 37/00	(2006.01)
F01N 3/10	(2006.01)
F01N 3/20	(2006.01)
F01N 13/00	(2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.08.2011 PCT/SE2011/051008**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **08.03.2012 WO12030273**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.08.2011 E 11822208 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2024 EP 2611997**

54 Título: **Método y sistema para la regeneración de un filtro de partículas diésel**

30 Prioridad:

31.08.2010 SE 1050888

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.03.2025

73 Titular/es:

**SCANIA CV AB (100.00%)
151 87 Södertälje, SE**

72 Inventor/es:

**KARLSSON, CARL-JOHAN y
TELBORN, KLAS**

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 3 003 132 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y sistema para la regeneración de un filtro de partículas diésel

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a filtros de partículas y en particular a un método para la regeneración de filtros de partículas según el preámbulo de la reivindicación 1. La invención se refiere también a un sistema y a un vehículo.

10

Antecedentes de la invención

La creciente preocupación oficial por la contaminación y la calidad del aire, especialmente en las zonas urbanas, ha conllevado la adopción de normas y reglas sobre emisiones en muchas jurisdicciones.

15

Dichas normas de emisiones establecen a menudo requisitos que definen límites aceptables para descargas de escape desde vehículos equipados con motores de combustión. Estas normas regulan a menudo, por ejemplo, los niveles de descarga de óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO) y partículas procedentes de la mayoría de los tipos de vehículos.

20

El esfuerzo por cumplir con dichas normas de emisiones ha llevado a realizar investigaciones con vistas a reducir las emisiones por medio de un tratamiento posterior (limpieza) de los gases de escape que proceden de la combustión en un motor de combustión.

25

Un modo de tratar posteriormente los gases de escape procedentes de un motor de combustión es un denominado procedimiento de limpieza catalítica, de manera que los vehículos y muchos otros por lo menos grandes medios de transporte accionados por motores de combustión también están dotados habitualmente de por lo menos un catalizador.

30

Los sistemas de tratamiento posterior también pueden comprender, alternativamente o en combinación con uno o más catalizadores, otros componentes, por ejemplo, filtros de partículas. También hay casos en los que los filtros de partículas y los catalizadores están integrados entre sí.

35

La combustión del combustible en los cilindros de un motor de combustión da como resultado la formación de partículas de hollín. Los filtros de partículas se utilizan para capturar estas partículas de hollín, y funcionan de tal manera que el flujo de escape se conduce a través de una estructura de filtro por el que las partículas de hollín se capturan del flujo de escape que pasa y se almacenan en el filtro de partículas.

40

El filtro de partículas se llena con hollín progresivamente durante el funcionamiento del vehículo, y antes o después tiene que vaciarse de él, lo que habitualmente se logra mediante la llamada regeneración. La regeneración implica que las partículas de hollín, que consisten principalmente en partículas de carbono, se conviertan en dióxido de carbono y/o monóxido de carbono en uno o más procesos químicos, y pueden en principio efectuarse de dos maneras diferentes. Una manera es la regeneración mediante la denominada regeneración basada en oxígeno (O₂), también denominada regeneración activa. En la regeneración activa, el carbono se convierte mediante el oxígeno en dióxido de carbono y agua.

45

Esta reacción química requiere temperaturas del filtro de partículas relativamente altas para que se alcancen las velocidades de reacción deseadas (velocidades de vaciado del filtro).

50

En lugar de la regeneración activa, es posible aplicar regeneración basada en NO₂, también denominada regeneración pasiva. En la regeneración pasiva, se forman óxido de nitrógeno y óxido de carbono mediante una reacción entre carbono y dióxido de nitrógeno. La ventaja de la regeneración pasiva es que las velocidades de reacción deseadas y, por tanto, la velocidad a la que se vacía el filtro, pueden lograrse a temperaturas significativamente más bajas. Se describen ejemplos de regeneración pasiva de filtros describen, por ejemplo, en los documentos EP1253300A1 y WO2010083944A1.

55

Sin embargo, independientemente de si se aplica regeneración activa o pasiva, es importante que se realice de una manera eficaz de modo que la regeneración de un filtro de partículas pueda realizarse en un tiempo razonable.

60

Sumario de la invención

Un objetivo de la presente invención es proponer un método para regenerar filtros de partículas de manera eficaz. Este objetivo se alcanza mediante un método según la parte caracterizadora de la reivindicación 1.

65

La presente invención se refiere a un método para la regeneración pasiva de un filtro de partículas relacionado con un proceso de combustión y adaptado al tratamiento de gases de escape que proceden de la combustión en un

motor de combustión, método que comprende, durante dicha regeneración, que se controle dicho motor según un primer modo y un segundo modo, primer modo en el que el motor se controla de tal manera que se genera una alta temperatura de escape. El método comprende además determinar una temperatura para dicho filtro de partículas y controlar dicho motor según dicho primer modo cuando dicha temperatura determinada está por debajo de un primer valor.

La presente invención ofrece la ventaja de que se logra una alta temperatura de escape, elevando de ese modo la temperatura del filtro de partículas. Dado que la tasa de regeneración depende de la temperatura, esto significa que puede lograrse una alta tasa de regeneración.

El motor puede controlarse según dicho primer modo hasta que la temperatura del filtro de partículas alcanza una segunda temperatura mayor que el control de dicho motor puede conmutar a dicho segundo modo en el que el motor puede controlarse de tal manera que se suministra una cantidad de óxidos de nitrógeno sustancialmente mayor que en dicho primer modo. Dado que la tasa de regeneración en la regeneración pasiva depende tanto de la temperatura como del acceso a óxidos de nitrógeno (dióxido de nitrógeno), la tasa de regeneración puede elevarse por tanto adicionalmente.

Dicha segunda temperatura puede ser una temperatura adecuada que supera los 250 °C.

Cuando el filtro de partículas ha alcanzado dicha segunda temperatura y dicho motor ha conmutado a dicho segundo modo, el motor puede controlarse según dicho segundo modo hasta que dicha temperatura determinada desciende tan bajo que es necesario elevarla de nuevo para impedir que la tasa de regeneración se vuelva demasiado baja, por ejemplo, por debajo de 500 °C. En lugar de conmutar de nuevo al primer modo cuando la temperatura ha descendido al nivel más bajo, puede efectuarse en cambio la conmutación al primer modo cuando ha transcurrido un tiempo determinado desde que tuvo lugar el cambio al segundo modo.

Dicho cambio de modo puede repetirse hasta que dicho filtro de partículas se ha regenerado hasta un nivel deseado o hasta que la regeneración se haya interrumpido por algún motivo.

En dicho primer modo, la eficiencia del motor puede reducirse a un nivel bajo de manera que una gran parte de la energía se transforma en calor. Esto puede lograrse, por ejemplo, inyectando combustible después de que el pistón haya pasado el punto muerto superior y, por tanto, se mueva hacia abajo. El tiempo de inyección (ángulo de inyección) puede controlarse, por ejemplo, de tal manera que el combustible se prende en principio, pero no contribuye sustancialmente a la generación de potencia para propulsar el vehículo. El motor también puede controlarse hacia un valor de λ bajo, es decir, hacia un suministro de aire bajo, para reducir el efecto de enfriamiento del aire.

Características adicionales de la presente invención y ventajas de la misma se indican mediante la descripción detallada expuesta a continuación de ejemplos de formas de realización y los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1a representa un tren transmisor de potencia de un vehículo en el que la presente invención puede utilizarse ventajosamente.

La figura 1b representa un ejemplo de una unidad de control en un sistema de control de vehículo.

La figura 2 representa un ejemplo de un sistema de tratamiento posterior de un vehículo en el que la presente invención puede utilizarse ventajosamente.

La figura 3 representa un ejemplo de tasa de regeneración (tasa de combustión de hollín) en función de la cantidad de hollín en el filtro de partículas, y su dependencia de la temperatura.

La figura 4 representa la dependencia de la temperatura de la oxidación de óxido de nitrógeno a dióxido de nitrógeno en un catalizador de oxidación.

La figura 5 es un diagrama esquemático de un ejemplo de un método de regeneración según la presente invención.

La figura 6 es una ilustración esquemática de un ejemplo de un método según la presente invención.

Descripción detallada de formas de realización preferidas

La figura 1a representa esquemáticamente un vehículo 100 pesado, por ejemplo, un camión, autobús o similar, según un ejemplo de una realización de la presente invención. El vehículo 100 representado esquemáticamente en la figura 1a comprende un par de ruedas delanteras 111, 112 y un par de ruedas traseras motrices 113, 114. El

vehículo comprende además un tren transmisor de potencia con un motor de combustión 101 conectado de manera convencional, por un árbol de salida 102 del motor 101, a una caja de transmisión 103, por ejemplo, a través un embrague 106.

5 Un árbol de salida 107 de la caja de transmisión 103 acciona las ruedas motrices 113, 114 a través un engranaje final 108, por ejemplo, un diferencial convencional, y árboles de transmisión 104, 105 que están conectados a dicho engranaje final 108.

10 El vehículo 100 comprende además un sistema de tratamiento posterior (limpieza de escape) 200 para el tratamiento (la limpieza) de descargas de escape procedentes del motor 101.

15 El sistema de tratamiento posterior se representa en más detalle en la figura 2. El diagrama ilustra el motor 101 del vehículo 100, en el que los gases de escape generados por la combustión se conducen a través una unidad turbo 220 (en los motores turbo, el flujo de escape que surge a partir de la combustión a menudo acciona una unidad turbo utilizada para comprimir el aire entrante para la combustión en los cilindros). La función de las unidades turbo se conoce muy bien y por tanto no se describe en más detalle en este documento. El flujo de escape se conduce entonces a través de una tubería 204 (indicada mediante flechas) a un filtro de partículas (filtro de partículas diésel, DPF) 202 a través de un catalizador de oxidación (catalizador de oxidación diésel, DOC) 205.

20 El sistema de tratamiento posterior comprende además un catalizador de SCR (reducción catalítica selectiva) 201 situado aguas abajo del filtro de partículas 202. Los catalizadores de SCR utilizan amoníaco (NH_3), o un compuesto a partir del cual puede generarse/formarse amoníaco, como aditivo para reducir la cantidad de óxidos de nitrógeno NO_x .

25 El filtro de partículas 202 puede estar situado alternativamente aguas abajo del catalizador de SCR 201, aunque esto puede ser menos ventajoso en casos en los que la presente invención se refiere a la denominada regeneración pasiva que depende de los óxidos de nitrógeno que habitualmente se reducen por el catalizador de SCR. Según una realización de la presente invención, el sistema de tratamiento posterior no comprende un catalizador de SCR en absoluto.

30 El catalizador de oxidación DOC 205 presenta varias funciones y utiliza el aire excedente al que da lugar generalmente el proceso del motor diésel en el flujo de escape como reactivo químico junto con un recubrimiento de metal noble en el catalizador de oxidación. Normalmente, el catalizador de oxidación se utiliza principalmente para oxidar los hidrocarburos restantes y el monóxido de carbono en el flujo de escape a dióxido de carbono y agua.

35 Sin embargo, el catalizador de oxidación también puede oxidar a dióxido de nitrógeno (NO_2) una gran proporción de los monóxidos de nitrógeno (NO) presentes en el flujo de escape. Este dióxido de nitrógeno se utiliza entonces en la regeneración pasiva según la presente invención. También pueden tener lugar reacciones adicionales en el catalizador de oxidación.

40 En la forma de realización representada, el DOC 205, el DPF 202 y también el catalizador de SCR 201 están integrados en una unidad de limpieza de escape combinada 203. Sin embargo, debe observarse que no es necesario que el DOC 205 y el DPF 202 estén integrados en una unidad de limpieza de escape combinada, sino que en cambio pueden estar dispuestos de alguna otra manera que se encuentre apropiada. Por ejemplo, el DOC 205 puede estar situado más cerca del motor 101. El catalizador de SCR puede estar separado asimismo del DPF 202 y/o del DOC 205.

45 La configuración del sistema de tratamiento posterior representado en la figura 2 se da habitualmente en vehículos pesados, por lo menos en jurisdicciones donde se aplican estrictos requisitos de emisiones, pero como alternativa al catalizador de oxidación, el filtro de partículas puede estar dotado en cambio de recubrimientos de metal noble de modo que los procesos químicos que se producirían en el catalizador de oxidación se produzcan, en cambio, en el filtro de partículas, en cuyo caso el sistema de tratamiento posterior no presenta por tanto DOC.

50 Tal como se mencionó anteriormente, la combustión en el motor 101 da como resultado la formación de partículas de hollín. No es necesario, y en muchos casos no se permite, que estas partículas de hollín se descarguen al entorno del vehículo. Las partículas de diésel consisten en hidrocarburos, carbono (hollín) y sustancias inorgánicas tales como azufre y ceniza. Tal como se mencionó anteriormente, estas partículas de hollín se capturan por tanto por el filtro de partículas 202, que funciona de tal manera que el flujo de escape se conduce a través de una estructura de filtro en la que las partículas de hollín se capturan del flujo de escape que pasa para almacenarse en el filtro 202. Una proporción muy grande de las partículas puede separarse del flujo de escape mediante el filtro 202.

60 Las partículas separadas de este modo del flujo de escape se acumulan, por tanto, en el filtro de partículas 202, haciendo que se llene con hollín con el tiempo. Dependiendo de factores tales como las condiciones de conducción actuales, el modo de conducción del conductor y la carga del vehículo, se generará una cantidad mayor o menor

de partículas de hollín, por lo que este llenado tendrá lugar más o menos rápidamente, pero cuando el filtro alcance un determinado nivel de llenado, necesita "vaciar". Si el filtro está lleno a un nivel demasiado alto, el rendimiento del vehículo puede verse afectado y también puede haber peligros de incendio debido a la acumulación de hollín en combinación con altas temperaturas.

5

Como anteriormente, el vaciado del filtro de partículas 202 se realiza por regeneración, mediante la cual las partículas de hollín, partículas de carbono, se convierten en un proceso químico en dióxido de carbono y/o monóxido de carbono. Con el tiempo, el filtro 202 tiene que regenerarse, por tanto, a intervalos más o menos regulares, y la determinación de los tiempos adecuados para su regeneración puede ser, por ejemplo, por medio de una unidad de control 208 que puede determinar, por ejemplo, un tiempo o tiempos adecuados, por lo menos parcialmente, basándose en señales procedentes de un sensor de presión 209 que mide la presión diferencial a través del filtro. Cuanto más lleno llegue a estar el filtro 202, mayor será la diferencia de presión a través del mismo.

10

La determinación del tiempo de regeneración también puede verse afectada por las temperaturas actuales antes y/o después del catalizador de oxidación 205 y/o antes y/o después del filtro 202. Estas temperaturas pueden determinarse, por ejemplo, por medio de sensores de temperatura 210-212.

15

Normalmente no se realiza ninguna acción de regeneración, siempre que el nivel de llenado del filtro permanezca por debajo de algún nivel predeterminado. Por ejemplo, el control del sistema de control de la regeneración del filtro puede disponerse de manera que no se emprenda ninguna acción, siempre que el grado de llenado esté, por ejemplo, por debajo de algún nivel adecuado dentro del intervalo del 60-80 %. El grado de llenado puede estimarse de cualquier manera adecuada, por ejemplo, basándose en la presión diferencial como anteriormente, en cuyo caso una determinada diferencia de presión representará un determinado grado de llenado.

20

La unidad de control 208 también controla el proceso de regeneración según la presente invención, tal como se describe con más detalle a continuación.

25

En general, los sistemas de control en los vehículos actuales comprenden habitualmente un sistema de bus de comunicación que consiste en uno o más buses de comunicación para conectar entre sí varias unidades de control electrónico (ECU), o controladores, y diversos componentes ubicados en el vehículo. Un sistema de control de este tipo puede comprender un gran número de unidades de control, y la responsabilidad de una función específica puede dividirse entre dos o más de ellas.

30

Por motivos de simplicidad, la figura 2 representa solo la unidad de control 208, pero los vehículos del tipo representado a menudo presentan un número relativamente grande de unidades de control, por ejemplo, para el control del motor, la caja de transmisión, etc., tal como conocen bien los especialistas dentro del campo técnico.

35

La presente invención puede implementarse en la unidad de control 208, pero también puede implementarse total o parcialmente en una o más unidades de control distintas con las que está dotado el vehículo.

40

Las unidades de control del tipo representado normalmente están adaptadas para recibir señales de sensor de diversas partes del vehículo, por ejemplo, tal como se representa en la figura 2, de dicho sensor 209 de presión y los sensores de temperatura 210-212, y también, por ejemplo, de una unidad de control de motor (no representada). Las señales de control generadas por las unidades de control normalmente dependen también tanto de señales de otras unidades de control como de señales de componentes. Por ejemplo, el control ejercido por la unidad de control 208 sobre la regeneración según la presente invención puede depender, por ejemplo, de la información recibida desde, por ejemplo, la unidad de control de motor y los sensores de temperatura/presión representados en la figura 2.

45

Las unidades de control del tipo representado también están adaptadas habitualmente para suministrar señales de control a diversas partes y componentes del vehículo, por ejemplo, en el presente ejemplo a la unidad de control de motor para pedir/ordenar el control de la combustión del motor tal como se indica a continuación.

50

El control a menudo se rige por instrucciones programadas. Estas instrucciones normalmente adoptan la forma de un programa informático que, cuando se ejecuta en un ordenador o unidad de control, hace que el ordenador/la unidad de control efectúe formas deseadas de acción de control, por ejemplo, etapas de método según la presente invención. El programa informático habitualmente adopta la forma de un producto de programa informático 109 que se almacena en un medio de almacenamiento digital 121 (véase, la figura 1b), por ejemplo, ROM (memoria de sólo lectura), PROM (memoria de sólo lectura programable), EPROM (PROM borrable), memoria flash, EEPROM (PROM borrable eléctricamente), una unidad de disco duro, etc., en o conectada a la unidad de control, y que se ejecuta por la unidad de control. El comportamiento del vehículo en una situación específica puede ajustarse, por tanto, modificando las instrucciones del programa informático.

55

Un ejemplo de una unidad de control (la unidad de control 208) se representa esquemáticamente en la figura 1b, unidad de control 208 que puede comprender a su vez una unidad de cálculo 120 que puede adoptar la forma sustancialmente de cualquier tipo adecuado de procesador o microordenador, por ejemplo, un circuito para

65

procesamiento de señales digitales (procesador de señales digitales, DSP) o un circuito con una función específica predeterminada (circuito integrado de aplicación específica, ASIC). La unidad de cálculo 120 está conectada a una unidad de memoria 121 que le proporciona, por ejemplo, el código de programa 109 almacenado y/o los datos almacenados que la unidad de cálculo 120 necesita para poder realizar cálculos. La unidad de cálculo 120 también está dispuesta para almacenar resultados parciales o finales de cálculos en la unidad de memoria 121.

La unidad de control 208 está dotada además de dispositivos 122, 123, 124, 125 respectivos para recibir y enviar señales de entrada y salida. Estas señales de entrada y salida pueden comprender formas de onda, pulsos u otros atributos que los dispositivos de recepción de señales de entrada 122, 125 pueden detectar como información y que pueden convertirse en señales que la unidad de cálculo 120 puede procesar.

Estas señales se transmiten después a la unidad de cálculo 120. Los dispositivos de envío de señales de salida 123, 124 están dispuestos para convertir las señales recibidas desde la unidad de cálculo 120 con el fin, por ejemplo, modulándolas, de crear señales de salida que pueden transportarse a otras partes del sistema de control del vehículo y/o el componente/los componentes para el/los que están destinadas las señales. Cada una de las conexiones a los respectivos dispositivos para recibir y enviar señales de entrada y salida puede adoptar la forma de uno o más de entre un cable, un bus de datos, por ejemplo, un bus CAN (red de área de controlador), un bus MOST (transporte de sistemas orientados a medios) o alguna otra configuración de bus, o una conexión inalámbrica.

Como anteriormente, la regeneración puede efectuarse en principio de dos formas diferentes. Una forma es mediante la denominada regeneración basada en oxígeno (O₂), también denominada regeneración activa. En la regeneración activa, tiene lugar un proceso químico sustancialmente tal como sigue:



La regeneración activa convierte, por tanto, carbono más gas oxígeno en dióxido de carbono más calor. Sin embargo, esta reacción química depende en gran medida de la temperatura y requiere temperaturas de filtro relativamente altas para que se alcancen velocidades de reacción aceptables. Normalmente, se requiere una temperatura de filtro mínima de 500 °C, pero es preferible una temperatura aún mayor para que la regeneración tenga lugar a las tasas deseadas.

Sin embargo, la temperatura máxima que puede utilizarse en la regeneración activa está limitada a menudo por las tolerancias de los componentes en cuestión. Por ejemplo, el filtro de partículas 202 y/o cualquier catalizador de SCR aguas abajo a menudo presentan limitaciones de diseño con respecto a la temperatura máxima a la que pueden someterse. Esto significa que la regeneración activa puede estar sometida, debido a los componentes afectados, a una temperatura máxima permisible inaceptablemente baja. Al mismo tiempo, se requiere por tanto una temperatura mínima muy alta para que se alcancen velocidades de reacción que puedan utilizarse. En la regeneración activa, la carga de hollín en el filtro de partículas 202 normalmente se quema de manera sustancialmente completa. Después de la regeneración total del filtro de partículas, su nivel de hollín será sustancialmente del 0 %.

Ahora es cada vez más común que los vehículos estén equipados, no solo con filtros de partículas 202, sino con catalizadores de SCR 201, en cuyo caso la regeneración activa puede implicar problemas en forma de sobrecalentamiento del proceso de tratamiento con catalizador de SCR aguas abajo.

Por lo menos parcialmente por este motivo, la presente invención aplica regeneración basada en NO₂ (pasiva) en lugar de la regeneración activa descrita anteriormente. En la regeneración pasiva, se forman óxidos de nitrógeno y óxidos de carbono en una reacción entre carbono y dióxido de nitrógeno tal como sigue



La ventaja de la regeneración pasiva es que las velocidades de reacción deseadas, y por tanto la velocidad a la que se vacía el filtro, se logran a temperaturas más bajas. La regeneración pasiva de los filtros de partículas normalmente tiene lugar a temperaturas dentro del intervalo de 200 °C a 500 °C, aunque normalmente son preferibles las temperaturas situadas en la parte superior de este intervalo. Este intervalo de temperatura sustancialmente más bajo que en la regeneración activa es sin embargo una gran ventaja en los casos en que, por ejemplo, hay catalizadores de SCR, dado que no implica el riesgo de alcanzar un nivel de temperatura tan alto como para provocar el riesgo de daños en el catalizador de SCR.

La figura 3 representa un ejemplo de tasa de regeneración (tasa de combustión de hollín) en función de la cantidad de hollín en el filtro de partículas 202 en situaciones de funcionamiento a dos temperaturas diferentes (350 °C y 450 °C). La tasa de regeneración también se ejemplifica para las concentraciones bajas y altas respectivas de dióxido de nitrógeno. Tal como puede observarse en el diagrama, la tasa de combustión es baja a baja temperatura (350 °C) y baja concentración de dióxido de nitrógeno. La dependencia de la temperatura de la tasa de regeneración está claramente indicada por la tasa de combustión que es relativamente baja incluso a altas concentraciones de dióxido de nitrógeno siempre que la temperatura del filtro sea baja. Las tasas de combustión

son sustancialmente mayores a 450 °C incluso en el caso de baja concentración de dióxido de nitrógeno, aunque obviamente son preferibles altos contenidos de dióxido de nitrógeno.

5 Sin embargo, la regeneración pasiva depende no sólo de la temperatura del filtro y de la cantidad de hollín como en la figura 3, sino también, como se indica en la ecuación 2 anterior y la figura 3, del acceso al dióxido de nitrógeno. Sin embargo, la proporción de dióxido de nitrógeno (NO₂) a la cantidad total de óxidos de nitrógeno (NO_x) generada por la combustión del motor normalmente es sólo de aproximadamente el 0 – 10 %. Cuando el motor está bajo carga pesada, la proporción de NO₂ puede ser de tan solo el 2-4 %. Con el objetivo de conseguir una rápida regeneración del filtro, es deseable por tanto que la proporción de dióxido de nitrógeno en el flujo de escape que
10 entra en el filtro sea lo más alta posible.

Por tanto, es deseable aumentar la cantidad de dióxido de nitrógeno NO₂ en el flujo de escape que procede de la combustión del motor. Hay varias formas diferentes de efectuar esta conversión, y puede lograrse por medio del catalizador de oxidación 205, en el que el óxido de nitrógeno puede oxidarse a dióxido de nitrógeno.

15 Sin embargo, la oxidación del óxido de nitrógeno a dióxido de nitrógeno en el catalizador de oxidación también es un proceso que depende en gran medida de la temperatura, tal como se ejemplifica en la figura 4. Tal como puede observarse en el diagrama, a temperaturas favorables es posible aumentar la proporción de dióxido de nitrógeno con respecto a la cantidad total de óxidos de nitrógeno en el flujo de escape hasta casi el 60 %. Tal como también muestra el diagrama, una temperatura del orden de 250-350 °C sería por tanto óptima en la regeneración pasiva para lograr la mayor oxidación posible de óxido de nitrógeno a dióxido de nitrógeno.

20 Sin embargo, tal como se describe en relación con la ecuación 2 y la figura 3, se aplica una situación de temperatura completamente diferente al proceso de combustión real. Esta situación de temperatura se representa por una línea discontinua en la figura 4 y, tal como puede observarse, la velocidad de reacción puede considerarse sustancialmente inexistente a temperaturas de filtro de partículas por debajo de 200-250°. Sin embargo, debe observarse que las indicaciones de temperatura a las que se hace referencia son meramente ejemplos y que los valores reales pueden diferir de ellas. Por ejemplo, la manera en la que se determinan/calculan las temperaturas podría afectar a los límites de temperatura. A continuación, se ejemplifican algunas formas de determinar la
25 temperatura del filtro.

30 Si hay libre acceso al dióxido de nitrógeno, sería preferible por tanto una temperatura de filtro tan alta como sea posible. Tal como también puede observarse en la figura 4, sin embargo, esto conduce a una baja oxidación del óxido de nitrógeno a dióxido de nitrógeno, lo que significa que la regeneración estará limitada por la escasez de dióxido de nitrógeno. Otro aspecto que indica además la dificultad de determinar las temperaturas de regeneración óptimas es el hecho de que la relación entre la cantidad de óxido de nitrógeno generada por la combustión del motor y la temperatura de escape resultante es tal que un alto contenido de óxido de nitrógeno da como resultado temperaturas de escape más bajas y, por consiguiente, tasas de regeneración bajas.

35 Por tanto, el objetivo de la presente invención es lograr una tasa de regeneración satisfactoria en la regeneración pasiva. Esto se logra en la presente invención conmutando la manera en que el motor se controla entre por lo menos dos modos diferentes. Tal como se mencionó anteriormente, un requisito principal para quemar el hollín de la manera más efectiva posible es una temperatura alta. Por este motivo, el motor se controla según un primer modo cuando la temperatura del filtro de partículas está por debajo de un primer valor. En el primer modo, el motor se controla de tal manera que se logre una temperatura de escape alta o incluso maximizada.

40 Esto se hace reduciendo la eficiencia del motor a un nivel bajo, de modo que una gran parte de la energía se transforma en calor. Se logra una baja eficiencia inyectando el combustible en una fase tardía en el ciclo de combustión, después de que el pistón haya pasado el punto muerto superior y, por tanto, se mueva hacia abajo. Esto significa que el combustible suministrado contribuye menos a la generación del par de cigüeñal y, en cambio, se limita en mayor medida a quemarse y, por tanto, a generar calor. El tiempo de inyección (ángulo de inyección) puede controlarse de tal manera que el combustible se prende en principio, pero no contribuye particularmente a la generación de potencia para propulsar el vehículo. El motor también se controla hacia valores de λ bajos, es decir, hacia un suministro de aire bajo, para reducir el efecto de enfriamiento que se produce cuando se utilizan
45 grandes cantidades de aire (valores de λ altos) en la combustión.

50 Por tanto, en el primer modo, el escape puede alcanzar una alta temperatura y, por tanto, calentar el sistema de tratamiento posterior a medida que pasa a través del mismo. El primer modo puede mantenerse hasta que la temperatura de filtro T alcance un segundo límite, por ejemplo, del orden de 375 °C.

55 Un ejemplo de un método según la presente invención se ilustra en la figura 5 y la figura 6. En la figura 6, el método comienza en la etapa 601, que determina si tiene lugar la regeneración. En caso afirmativo, el método pasa a la etapa 602, en la que el motor se controla según dicho primer modo, y el método pasa a la etapa 603 y permanece allí hasta que la temperatura de filtro T alcanza un límite T₂. Esto también se ilustra en la figura 5, en la que el motor se controla según dicho primer modo a lo largo de la línea 501 hasta que la temperatura alcanza T₂ en el punto A. Aunque el funcionamiento del motor a baja eficiencia (alta temperatura de escape) da como resultado un
60 65

bajo contenido de óxido de nitrógeno en los gases de escape, la tasa de regeneración (que depende parcialmente del grado de llenado del filtro de partículas) en el caso de alta temperatura y bajo contenido de dióxido de nitrógeno en general, tal como se ilustra en la figura 3, se hará mejor que en el caso de baja temperatura y alto contenido de óxido de nitrógeno. La dependencia de la temperatura de la tasa de regeneración también se ejemplifica en la figura 5 por las líneas 501, 502 que indican las tasas de regeneración respectivas a un determinado contenido de NO_x de los gases de escape.

La temperatura de escape y por tanto el aumento de la temperatura de filtro dependen no sólo de la eficiencia del motor sino también de su carga actual, por lo que también puede maximizarse. La ecuación 3 describe la relación de par del motor

$$M_{vev} = M_{ind} - M_{gas} - M_{frikt} - M_{agg} \quad (\text{ec. 3})$$

en la que

M_{ind} es el par total generado por la combustión del motor.

M_{vev} es el par generado en el cigüeñal, es decir, el par de propulsión resultante. Este par se controla mediante las condiciones de conducción y por tanto es el par logrado cuando el vehículo va a conducirse de una manera deseada.

M_{gas} es el trabajo de bombeo, es decir, el par de frenado al que se somete el motor por la resistencia en el flujo de escape. Este par de frenado puede aumentarse, por ejemplo, mediante un freno de escape por lo que la restricción del flujo de escape dará como resultado un par de frenado.

M_{frikt} representa las fricciones del motor, que son bastante constantes y sobre las que no puede influirse.

M_{agg} es el par de frenado generado por los equipos auxiliares de los que habitualmente está equipado el vehículo y que se accionan por el motor y, por tanto, restan potencia a su propulsión. Las unidades de enfriamiento, etc., son ejemplos de tales equipos auxiliares. Controlar estos equipos auxiliares de tal manera que ejerzan una carga alta o máxima sobre el motor aumenta el par que tiene que generarse por la combustión para mantener un par deseado del cigüeñal M_{vev} y por tanto una velocidad deseada del vehículo.

Por tanto, la magnitud de M_{ind} se ve influida no sólo por la eficiencia del motor, sino también por el aumento de la carga, tal como se indicó anteriormente.

El aumento de M_{gas} y M_{agg} (que actúan contra el par de propulsión alcanzado en M_{vev}) puede forzar por tanto al motor a trabajar más y, en consecuencia, a emitir gases de escape más calientes, elevando así más rápidamente la temperatura del filtro de partículas hasta T_2 . Cuando el filtro de partículas alcanza T_2 , la presente invención conmuta la manera en la que se controla el motor a un segundo modo, etapa 604 en la figura 6, mediante lo cual el motor se controla de tal manera que aumenta la cantidad de NO_x suministrada a partir de la combustión. Tal como se explicó anteriormente, la tasa de regeneración del filtro aumenta con la cantidad de óxidos de nitrógeno disponibles, por lo que conmutar al segundo modo elevará la tasa de regeneración del filtro. Esto también se ilustra en la figura 5 mediante la línea discontinua 502, que representa la tasa de regeneración en la cantidad de óxido de nitrógeno generada en el segundo modo.

Por tanto, el punto de trabajo de la regeneración en el cambio de modo cambiará de la línea continua a la línea discontinua. En el ejemplo representado, el punto de trabajo de la regeneración cambia de A a B en la figura 5. Tal como puede observarse, esto significa que la tasa de regeneración aumentará a un nivel todavía más alto (en el punto B). La regeneración según dicho segundo modo puede mantenerse entonces, etapa 605 en la figura 6, hasta que la temperatura del filtro desciende a T_1 , por ejemplo, 300 °C, en que el punto de trabajo de la regeneración está por tanto en el punto C en el diagrama, donde tiene lugar la conmutación de vuelta al primer modo, de vuelta a la etapa 602 en la figura 6, y por tanto la curva 501 continua, en el punto D, con el fin de elevar la temperatura del filtro de nuevo al punto A para otra conmutación a dicho segundo modo, con el consiguiente cambio al punto B. La temperatura T_1 a la que se permite que disminuya el filtro sin volver a dicho primer modo puede ser cualquier temperatura adecuada. Puede elegirse, por ejemplo, de manera que la conmutación entre dichos modos, y la consiguiente conmutación de los parámetros de control del motor, no tenga lugar con demasiada frecuencia. Por ejemplo, la temperatura T_1 puede elegirse de manera que el cambio de modo no tenga lugar más a menudo que cada décimo segundo, cada decimoquinto segundo, cada trigésimo segundo, una vez por minuto o en algún otro intervalo adecuado.

La temperatura T_1 también puede disponerse para que dependa de la carga actual del motor, es decir, T_1 puede presentar un valor a carga alta del motor y otro a carga baja del motor. También es posible presentar un control basado en modelos tanto de T_2 como de T_1 , de modo que una o ambas de estas temperaturas varían de manera continua basándose en parámetros tales como la necesidad actual de potencia de propulsión, etc.

5 El método representado en la figura 5 se repite entonces hasta que se considera que la regeneración se ha completado, es decir, cuando la presión diferencial haya descendido a un nivel deseado o cuando la regeneración deba interrumpirse por alguna otra razón. Esto también se indica en la figura 6, en la que las etapas de espera 603, 605 se interrumpen cuando se ha completado la regeneración, tras de lo cual el método termina en la etapa 606.

10 Generalmente, es el caso de que cuanto mayor sea la eficiencia de la combustión, mayor será la cantidad de óxidos de nitrógeno.

15 Sin embargo, una eficiencia elevada implica temperaturas de escape más bajas (pérdidas más pequeñas), lo que conduce con el tiempo a una disminución de la temperatura del filtro de partículas. Una alta eficiencia también significa que se suministran grandes cantidades de aire a los cilindros y, por tanto, al flujo de escape, dando como resultado un enfriamiento más rápido del filtro de partículas por el aire relativamente frío. Por tanto, es necesario encontrar un equilibrio cuando se eligen los puntos de funcionamiento para dicho segundo modo, ya que no es seguro que la máxima eficiencia, con cantidades máximas de óxidos de nitrógeno generadas, sea la solución más óptima, ya que da como resultado un enfriamiento rápido. Por tanto, una realización preferida de la presente invención utiliza un punto de trabajo en el que se genera una cantidad sustancialmente mayor de óxidos de nitrógeno que en dicho primer modo, pero al mismo tiempo se mantiene un nivel de temperatura de escape alto en la medida de lo posible. Por ejemplo, el punto de trabajo en dicho segundo modo puede disponerse para generar un 50-400 % más de óxidos de nitrógeno que en dicho primer modo.

25 Por tanto, una realización puede aplicar control de motor por el que en el primer modo se inyecta combustible en un momento y/o ángulo de inyección posteriores durante la combustión con el fin de lograr una temperatura de escape más alta a menor eficiencia que inyectando combustible durante el funcionamiento en el segundo modo, lo que a la inversa daría como resultado una proporción más alta de NO_x con una eficiencia más alta.

30 Existen diversas formas de determinar la temperatura del filtro aplicada en la regulación descrita anteriormente. En la realización representada en la figura 2, un primer sensor de temperatura 210 está situado aguas arriba del catalizador de oxidación 205. Un segundo sensor de temperatura 211 está situado aguas abajo del catalizador de oxidación (aguas arriba del filtro de partículas), y un tercer sensor de temperatura 212 está situado aguas abajo del filtro de partículas 202. La temperatura del filtro puede determinarse, por ejemplo, basándose en el promedio de las temperaturas medidas por los sensores 211, 212. Alternativamente, sólo puede utilizarse la temperatura del sensor 211 o 212. De manera similar, puede utilizarse algún otro sensor de temperatura adecuado, por ejemplo, el sensor 210, que calcula una temperatura de filtro junto con un modelo del sistema de tratamiento posterior, por ejemplo, junto con el flujo de escape actual.

40 La presente invención se ha ejemplificado anteriormente en relación con vehículos. Sin embargo, la invención también puede aplicarse a cualquier medio de transporte en el que sea aplicable el sistema de limpieza de escape como se describió anteriormente, por ejemplo, embarcaciones o aeronaves con procesos de combustión/procesos de regeneración como se describió anteriormente.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para la regeneración basada en NO₂ de un filtro de partículas (202) relacionado con un proceso de combustión, estando dicho filtro dispuesto para tratar gases de escape que proceden de la combustión en un motor de combustión (101), caracterizado por que el método comprende:
- 10 - durante dicha regeneración basada en NO₂, controlar dicho motor (101) según un primer modo y un segundo modo, en cuyo primer modo el motor (101) se controla de tal manera que se genera una alta temperatura de escape, y en dicho segundo modo, el motor (101) se controla de tal manera que se suministra una cantidad de óxidos de nitrógeno sustancialmente mayor que en dicho primer modo,
- comprendiendo dicho método asimismo:
- 15 - determinar una temperatura para dicho filtro de partículas (202), y
- controlar dicho motor (101) según dicho primer modo cuando dicha temperatura determinada está por debajo de un primer valor, siendo dicho motor (101) controlado según dicho primer modo hasta que dicha temperatura determinada alcanza un segundo valor que es mayor que dicho primer valor, después de lo cual el control de dicho motor (101) cambia a dicho segundo modo.
- 20 2. Método según la reivindicación 1, en el que dicho segundo valor es una temperatura adecuada que supera los 250 °C.
- 25 3. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho primer valor es una temperatura adecuada por debajo de 500 °C.
- 30 4. Método según la reivindicación 1, que comprende asimismo, cuando dicha temperatura determinada ha alcanzado dicho segundo valor y el control de dicho motor (101) ha cambiado a dicho segundo modo, controlar dicho motor (101) según dicho segundo modo hasta que dicha temperatura determinada desciende a dicho primer valor, tras lo cual el control de dicho motor (101) vuelve a dicho primer modo.
- 35 5. Método según la reivindicación 4, en el que dicho primer y/o segundo valores se modifican basándose en la carga actual del motor.
6. Método según la reivindicación 1, que comprende asimismo, cuando dicha temperatura determinada ha alcanzado dicho segundo valor y el control de dicho motor (101) ha cambiado a dicho segundo modo, controlar dicho motor (101) según dicho segundo modo durante un primer periodo de tiempo, después del cual el control de dicho motor (101) vuelve a dicho primer modo.
- 40 7. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en el que dicho cambio de modo se repite hasta que dicho filtro de partículas (202) se ha regenerado hasta un nivel deseado o la regeneración se interrumpe por algún otro motivo.
- 45 8. Método según la reivindicación 7, en el que dicho filtro de partículas (202) se ha regenerado hasta un nivel deseado cuando una presión diferencial a través del mismo ha descendido hasta un nivel deseado.
9. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que en dicho primer modo, el motor (101) se controla de tal manera que se logra una temperatura de escape sustancialmente maximizada.
- 50 10. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que en dicho primer modo, la eficiencia del motor (101) se reduce hasta un nivel bajo de modo que una mayor proporción de la energía se transforma en calor.
- 55 11. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que, por lo menos en dicho primer modo, la carga sobre el motor de combustión (101) es aumentada al aumentar
- 60 - un trabajo de bombeo M_{gas} , y/o
- un par de frenado M_{agg} generado por los equipos auxiliares con los que está equipado el vehículo.
- 65 12. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que en dicho segundo modo se genera un contenido de óxidos de nitrógeno por lo menos un 50 % mayor que en dicho primer modo.
13. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha primera y segunda temperaturas se determinan por medio de uno o más sensores de temperatura (210-212) situados en o cerca de dicho filtro de partículas (202).

- 5 14. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha primera y segunda temperaturas se determinan por medio de un sensor de temperatura (210-212) situado en el flujo de escape, junto con un modelo de dicho tratamiento de escape.
- 10 15. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que en dicho primer modo se inyecta combustible por lo menos parcialmente después de que un pistón en dicho motor haya pasado el punto muerto superior.
- 10 16. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que en dicho primer modo se inyecta combustible en un momento y/o ángulo de inyección posteriores durante dicha combustión que en el caso de una inyección de combustible según dicho segundo modo.
- 15 17. Sistema para la regeneración basada en NO₂ de un filtro de partículas (202) relacionado con un proceso de combustión, estando dicho filtro destinado a tratar gases de escape que proceden de la combustión en un motor de combustión (101), caracterizado por que el sistema está adaptado para, durante dicha regeneración basada en NO₂, controlar dicho motor (101) según por lo menos un primer modo y un segundo modo, en cuyo primer modo el motor (101) se controla de tal manera que se genera una alta temperatura de escape, y en dicho segundo modo el motor (101) se controla de tal manera que se suministra una cantidad de óxidos de nitrógeno sustancialmente mayor que en dicho primer modo, comprendiendo dicho sistema asimismo:
- 20
- unos medios para determinar una temperatura para dicho filtro de partículas (202) y
 - unos medios para controlar dicho motor (101) según dicho primer modo cuando dicha temperatura determinada está por debajo de un primer valor, siendo dicho motor (101) controlado según dicho primer modo hasta que dicha temperatura determinada alcanza un segundo valor que es mayor que dicho primer valor, tras lo cual el control de dicho motor (101) cambia a dicho segundo modo.
- 25
- 30 18. Sistema según la reivindicación 17, en el que un catalizador de oxidación está situado aguas arriba de dicho filtro de partículas (202).
19. Vehículo (100) caracterizado por que comprende un sistema según la reivindicación 17 o 18.

FIG. 1a
100

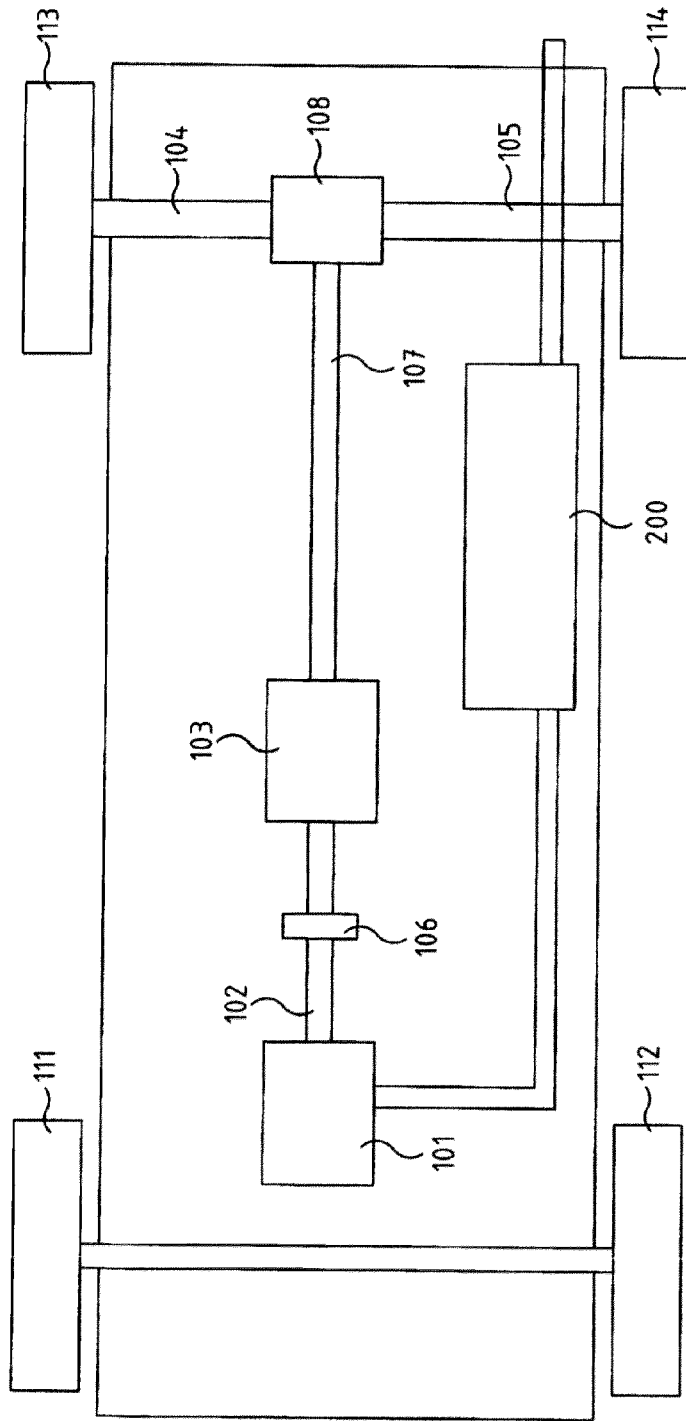


Fig. 1b

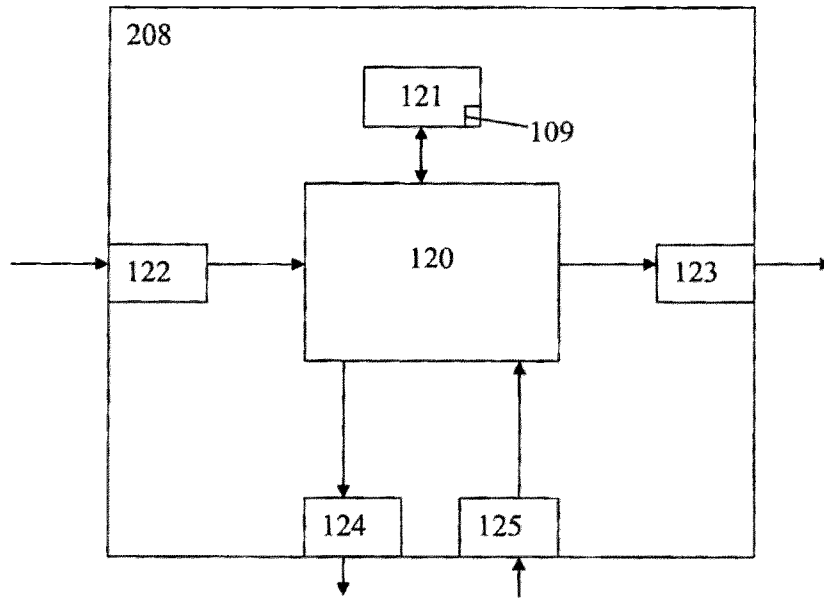


Fig. 2

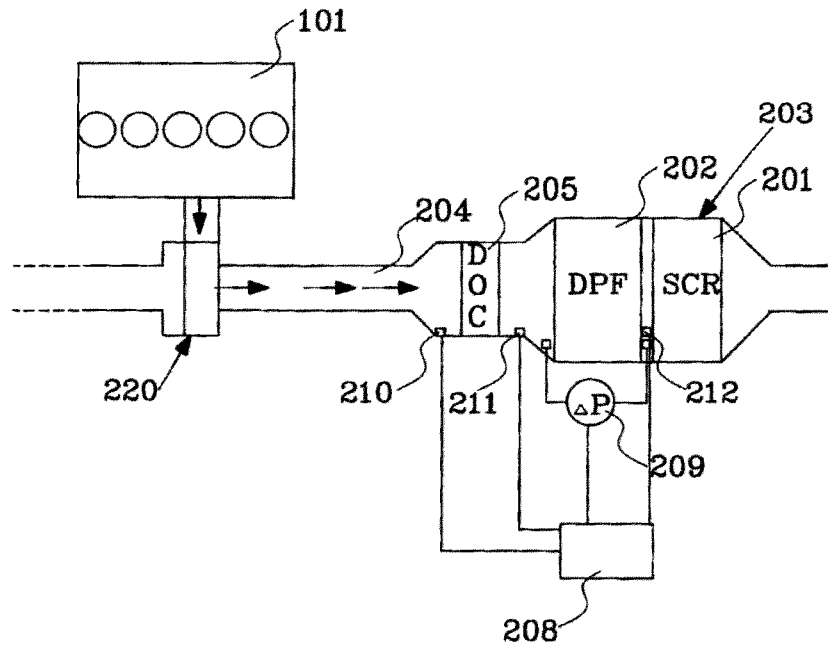


Fig. 3

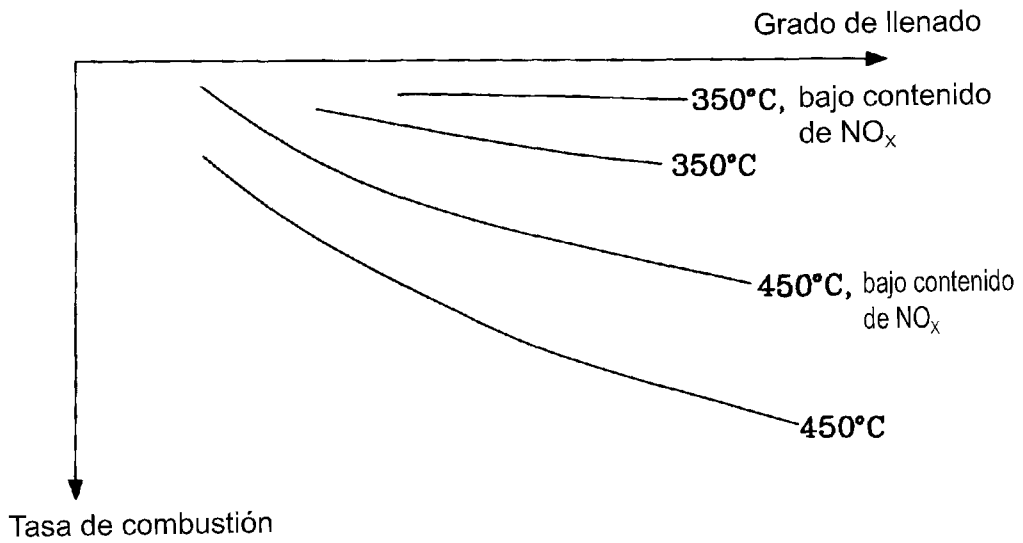


Fig. 4

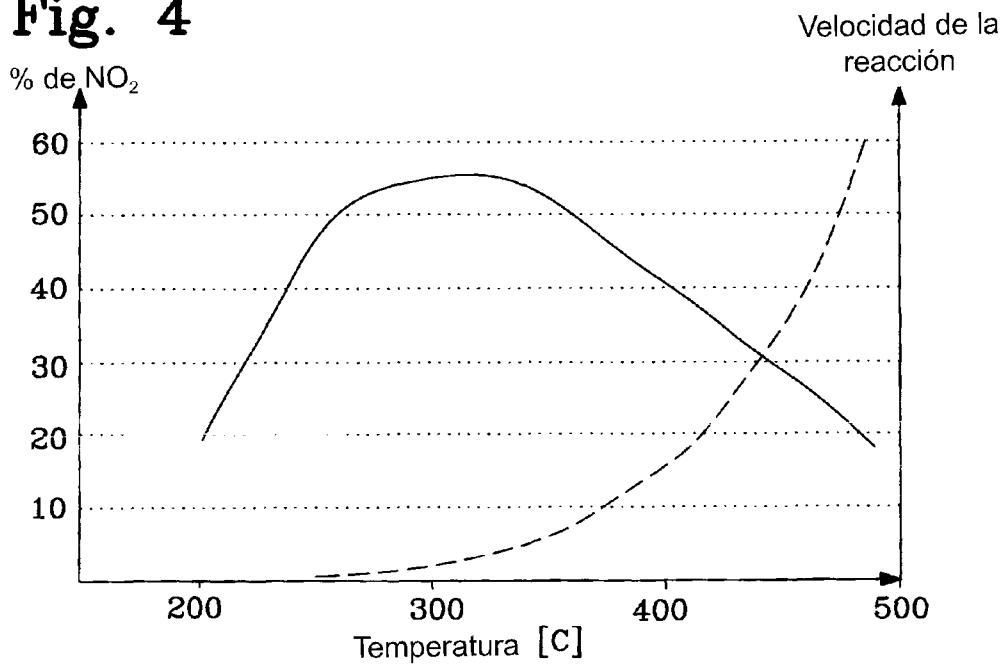


Fig. 5

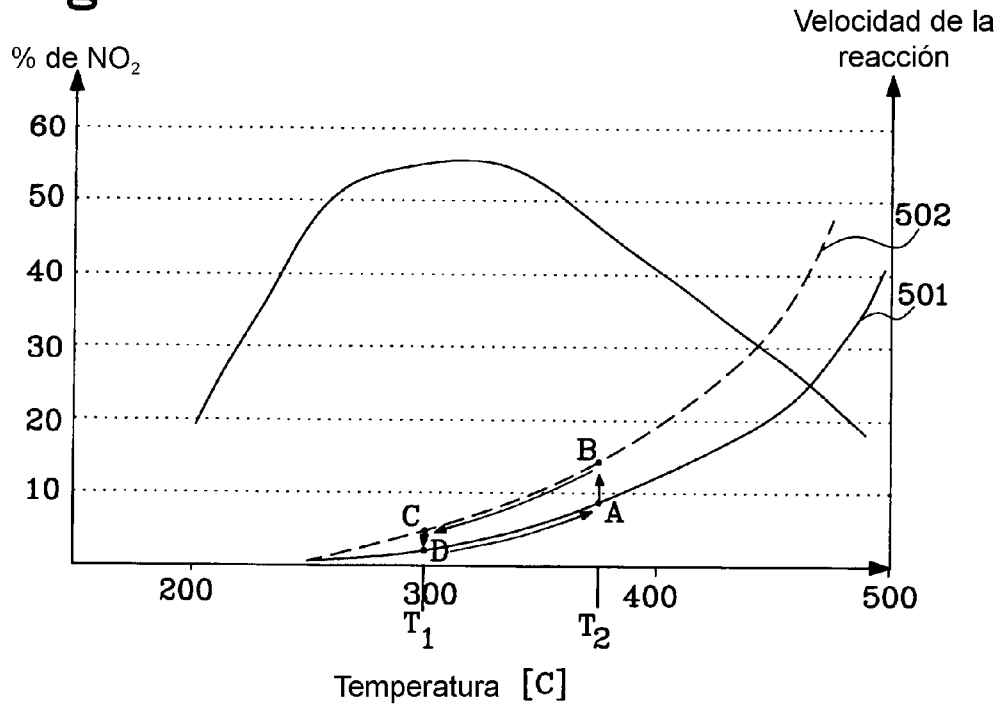


Fig. 6

