



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 265 617**

⑤1 Int. Cl.:

F01N 3/08 (2006.01)

F01N 3/027 (2006.01)

F01N 3/023 (2006.01)

B01D 53/94 (2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧6 Número de solicitud europea: **04030780 .3**

⑧6 Fecha de presentación : **24.12.2004**

⑧7 Número de publicación de la solicitud: **1553269**

⑧7 Fecha de publicación de la solicitud: **13.07.2005**

⑤4 Título: **Aparato para purificar gas de escape y método para purificar gas de escape.**

③0 Prioridad: **25.12.2003 JP 2003-430959**

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.02.2007

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.02.2007

⑦3 Titular/es: **Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha
1, Toyota-cho
Toyota-shi, Aichi-ken 471-8571, JP**

⑦2 Inventor/es: **Mizuno, Tatsuji**

⑦4 Agente: **Zuazo Araluze, Alexander**

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

Aparato para purificar gas de escape y método para purificar gas de escape.

5 Antecedentes de la invención**Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un aparato para purificar un gas de escape, aparato que se utiliza en motores de combustión interna que emiten gases de escape, que incluyen materias particuladas. Además, se refiere a un método para purificar un gas de escape, procedimiento que utiliza el aparato.

Descripción de la técnica relacionada

Con respecto a los motores de gasolina, los componentes nocivos en los gases de escape se han reducido de forma segura mediante las estrictas normas sobre los gases de escape y los desarrollos tecnológicos que pueden hacer frente a las estrictas normas. Sin embargo, con respecto a los motores diesel, las normas y los desarrollos tecnológicos han avanzado menos en comparación con los de los motores de gasolina, debido a la única circunstancia de que los componentes nocivos se emiten como materiales particulados (es decir, materias particuladas, tales como partículas finas carbonosas, partículas finas sulfúricas como sulfatos y partículas finas hidrocarbonadas de alto peso molecular, denominadas colectivamente en el presente documento "MP").

Como aparatos de purificación de gas de escape que se han desarrollado hasta ahora para los motores diesel, se conocen los siguientes. Por ejemplo, los aparatos de purificación de gas de escape pueden dividirse en líneas generales en aparatos de purificación de gas de escape de atrapamiento (o de flujo por la pared) y aparatos de purificación de gas de escape abiertos (o de flujo directo). Entre éstos, se conocen las estructuras de panal taponadas hechas de cerámica (es decir, filtros de MP diesel, denominados más adelante en el presente documento "DPF") como uno de los aparatos de purificación de gas de escape de atrapamiento. En los DPF, las estructuras de panal están taponadas en las aberturas opuestas de las células formando cuadros alternativamente, por ejemplo. Los DPF comprenden células de entrada taponadas en el lado aguas abajo de un flujo de gases de escape, células de salida que colindan con las células de entrada y taponadas en el lado aguas arriba del flujo de los gases de escape, y paredes celulares que delimitan las células de entrada y las células de salida. Los DPF inhiben la emisión de MP filtrando los gases de escape con los poros de las paredes celulares para atrapar las MP.

Sin embargo, en los DPF, la pérdida de presión aumenta a medida que las MP se depositan en ellos. En consecuencia, es necesario eliminar regularmente las MP depositadas para recuperar los DPF mediante ciertos medios. Por tanto, cuando la pérdida de presión aumenta, las MP depositadas se queman con quemadores o calentadores eléctricos de manera convencional, recuperando así los DPF. Sin embargo, en este caso, cuanto mayor es la deposición de las MP, más aumenta la temperatura para quemar las MP depositadas. En consecuencia, podrían surgir casos en los que los DPF se dañaran por la tensión térmica que resulta de tal quemado.

Por tanto, recientemente se han desarrollado DPF que se regeneran continuamente. Por ejemplo, en uno de los DPF que se regeneran continuamente, se forma una capa de recubrimiento que comprende alúmina sobre la superficie de las paredes celulares del DPF, y se carga un componente catalítico tal como el platino (Pt) en la capa de recubrimiento. Según los DPF que se regeneran continuamente, dado que las MP atrapadas se oxidan y se queman mediante la reacción catalítica del componente catalítico, es posible regenerar los DPF quemando las MP simultáneamente con o sucesivamente tras atrapar las MP. Además, dado que la reacción catalítica se produce a temperaturas relativamente bajas, y dado que las MP pueden quemarse cuando se atrapan menos, los DPF que se regeneran continuamente producen la ventaja de que la tensión térmica que afecta a los DPF es tan inferior que se evita que los DPF se dañen.

La publicación de patente japonesa no examinada (KOKAI) número 9-173.866 describe un catalizador de filtro de este tipo. En el catalizador de filtro, se forma sobre la superficie de las paredes celulares una capa de recubrimiento poroso compuesta de alúmina activa, cuyos diámetros de partícula son mayores que el diámetro de poro promedio de los poros en las paredes celulares. Además, la alúmina activa, cuyos diámetros de partícula son menores que el diámetro de poro promedio de los poros en las paredes celulares, está recubierta dentro de los poros. Además, un componente catalítico se carga en la capa de recubrimiento poroso, así como sobre la alúmina activa recubierta dentro de los poros. El catalizador de filtro puede disminuir la pérdida de presión mientras aumenta el área superficial específica de la capa de recubrimiento poroso.

Además, la publicación de patente japonesa no examinada (KOKAI) número 6-159.037 describe un catalizador de filtro que comprende la capa de recubrimiento poroso descrita anteriormente con un material de sorción de NO_x cargado adicionalmente sobre él. Con una disposición de este tipo, el NO_x puede sorberse en el material de sorción de NO_x . En consecuencia, cuando se añade un agente reductor tal como aceite ligero en los gases de escape, es posible purificar el NO_x sorbido mediante reducción.

Sin embargo, en los catalizadores de filtro que comprenden capas de recubrimiento sobre las que se cargan los componentes catalíticos y los materiales de sorción de NO_x , la cantidad de formación de las capas de recubrimiento está limitada en vista de la pérdida de presión. En consecuencia, con el fin de cargar componentes catalíticos de

una manera altamente dispersa de manera que se evite el crecimiento granular de los componentes catalíticos a altas temperaturas, la cantidad de carga de los componentes catalíticos debe hacerse inferior. En consecuencia, surge el problema de que los catalizadores de filtro resultantes carecen del rendimiento para purificar MP y NO_x . Además, cuando los gases de escape de temperatura baja continúan fluyendo hacia los catalizadores de filtro resultantes, surge otro problema en que las MP se depositan en las paredes celulares tanto que los conductos de flujo se obstruyen hasta elevar la presión, por lo que los catalizadores de filtro resultante muestran una baja actividad oxidante de las MP.

Por tanto, la publicación de patente japonesa no examinada (KOKAI) número 2001-212.506, la publicación de patente japonesa no examinada (KOKAI) número 9-53.442 y la publicación de patente japonesa no examinada (KOKAI) número 11-5.285 proponen aparatos de purificación de gas de escape que comprenden catalizadores oxidantes estructurados con flujo directo o catalizadores reductores y de sorción de NO_x y catalizadores de filtro que se disponen en serie. Así, cuando los catalizadores estructurados con flujo directo se utilizan de manera combinada, es posible mejorar el rendimiento de purificación de los aparatos de purificación de gas de escape resultantes sin aumentar la pérdida de presión. Además, cuando un catalizador estructurado con flujo directo se dispone en un lado aguas arriba de un flujo de gases de escape con respecto a los catalizadores de filtro, las reacciones de purificación que resultan del catalizador estructurado con flujo directo en el lado aguas arriba aumentan la temperatura de los gases de escape. En consecuencia, se mejora el rendimiento de purificación de las MP de los catalizadores de filtro. Además, es posible evitar la elevación de la pérdida de presión que resulta de la obstrucción.

Incidentalmente, un sistema ha pasado a ocupar las aplicaciones reales con el fin de mejorar una actividad reductora de NO_x . En un sistema de este tipo, un agente reductor líquido, tal como aceite ligero, se suministra en los gases de escape de manera intermitente, mejorando así la actividad reductora de NO_x . Además, en un sistema de este tipo, es posible eliminar eficazmente las MP depositadas por oxidación, porque el calor de la reacción que resulta de la oxidación del agente reductor líquido se añade adicionalmente a los gases de escape. Por tanto, se ha llevado a cabo también la adición de un agente reductor líquido a los gases de escape cuando las MP se depositan hasta cierto punto, regenerando así forzosamente los catalizadores de filtro al eliminar las MP depositadas en los catalizadores de filtro por oxidación.

Además, la publicación de patente japonesa no examinada (KOKAI) número 6-173.659 describe disponer un absorbedor de NO_x provisto de un calentador en un sistema de escape de motores de combustión interna. Cuando la concentración de oxígeno de los gases de escape es baja, el calentador calienta el absorbedor de NO_x . En consecuencia, es posible liberar SO_x y NO_x a partir del absorbedor de NO_x . Por consiguiente, es posible recuperar la capacidad de absorción de NO_x del absorbedor de NO_x .

Además, la publicación de patente japonesa no examinada (KOKAI) número 2002-168.177 describe un sistema de purificación de gas de escape que comprende catalizadores reductores y de sorción de NO_x y un calentador. Los catalizadores reductores y de sorción de NO_x están dispuestos en un lado aguas arriba y en un lado aguas abajo de un flujo de gases de escape, respectivamente. El calentador calienta el catalizador reductor y de sorción de NO_x del lado aguas arriba. El sistema de purificación de gas de escape acciona el calentador para aumentar la temperatura del catalizador reductor y de sorción de NO_x del lado aguas arriba cuando la temperatura de los gases de escape que fluyen hacia el catalizador reductor y de sorción de NO_x del lado aguas arriba es inferior a un valor predeterminado, o cuando la velocidad de flujo de los gases de escape que fluyen hacia el catalizador reductor y de sorción de NO_x del lado aguas arriba es un valor predeterminado o inferior. En consecuencia, las reacciones en el catalizador reductor y de sorción de NO_x del lado aguas arriba puede aumentar la razón de concentración H_2/CO de los gases de escape que fluyen hacia el catalizador reductor y de sorción de NO_x del lado aguas abajo. Por consiguiente, mejora la eficacia de purificación global de NO_x . Además, la publicación describe suministrar un agente reductor líquido, en lugar de disponer un calentador, con el fin de calentar el catalizador reductor y de sorción de NO_x del lado aguas arriba utilizando el calor de oxidación del agente reductor líquido.

Sin embargo, el sistema de purificación de gas de escape adolece de los siguientes problemas. Aunque el agente reductor líquido es muy útil en la purificación de NO_x en intervalos de temperatura altos, el agente reductor líquido fluye hacia el catalizador reductor y de sorción de NO_x del lado aguas arriba en intervalos de temperatura bajos. En consecuencia, el agente reductor líquido se adhiere a la superficie del extremo de entrada del catalizador reductor y de sorción de NO_x del lado aguas arriba, y entonces las MP se depositan en el agente reductor líquido adherido para obstruir los conductos celulares del catalizador reductor y de sorción de NO_x del lado aguas arriba. Por consiguiente, la pérdida de presión de escape se ha elevado. Además, cuando se regeneran forzosamente los catalizadores reductores y de sorción de NO_x , se requiere suministrar el agente reductor líquido comparativamente en abundancia. Como resultado, surge el inconveniente de que empeore el kilometraje de los vehículos.

Sumario de la invención

La presente invención se ha desarrollado en vista de las circunstancias mencionadas anteriormente. Por tanto, es un objeto de la presente invención evitar que aumente la pérdida de la presión de escape, así como evitar que disminuya el rendimiento de la purificación de NO_x . Es un objeto adicional de la presente invención evitar que empeore el kilometraje de los vehículos.

ES 2 265 617 T3

Un aparato según un primer aspecto de la presente invención para purificar un gas de escape que incluye materias particuladas y que fluye en un sistema de escape puede resolver los problemas mencionados anteriormente, y se caracteriza porque comprende:

5 un primer catalizador;

un segundo catalizador que es un catalizador reductor y de sorción de NO_x y que se dispone en un lado aguas abajo del primer catalizador;

10 un medio de calentamiento para calentar el primer catalizador;

un inyector que inyecta un agente reductor líquido en el gas de escape y que se dispone en un lado aguas arriba del primer catalizador;

15 un medio de detección de la presión diferencial para detectar una diferencia en la presión entre los lados de entrada y salida del primer catalizador y/o una diferencia en la presión entre los lados de entrada y salida del segundo catalizador; y

un medio de control para controlar al menos el medio de calentamiento.

20 En un aparato según un segundo aspecto de la presente invención, el segundo catalizador puede ser preferiblemente un catalizador de filtro que comprende:

un sustrato de panel estructurado con flujo por la pared que comprende

25 una célula de entrada taponada en un lado aguas abajo de la misma,

una célula de salida colindante con la célula de entrada y taponada en un lado aguas arriba de la misma, y

30 una pared celular que delimita la célula de entrada y la célula de salida y que tiene un poro en ella; y

una capa catalítica que se forma sobre una superficie de la pared celular y una cara interna del poro y que comprende

un soporte de óxido,

35 un componente catalítico cargado sobre el soporte de óxido, y

un material de sorción de NO_x cargado sobre el soporte de óxido.

40 En un aparato según un tercer aspecto de la presente invención, el medio de detección de la presión diferencial puede comprender preferiblemente:

un primer elemento de detección de la presión para detectar una presión en un lado aguas arriba del primer catalizador;

45 un segundo elemento de detección de la presión para detectar una presión entre el primer catalizador y el segundo catalizador; y

50 un tercer elemento de detección de la presión para detectar una presión en el lado aguas abajo del segundo catalizador.

Un primer método según la presente invención para purificar un gas de escape se caracteriza porque comprende

55 un procedimiento de utilizar el aparato según uno cualquiera de los aspectos primero a tercero de la presente invención,

en el que el procedimiento comprende

60 una etapa de controlar el medio de calentamiento para que actúe en caso de que una diferencia en la presión entre los lados de entrada y salida del primer catalizador detectada por el medio de detección de la presión diferencial supere un valor predeterminado, y/o

65 una etapa de controlar el medio de calentamiento para que actúe en caso de que una diferencia en la presión entre los lados de entrada y salida del segundo catalizador detectada por el medio de detección de la presión diferencial supere un valor predeterminado.

Además, un segundo método según la presente invención puede comprender además preferiblemente

una etapa de accionar el inyector para que actúe en caso de que una diferencia en la presión entre los lados de entrada y salida del segundo catalizador detectada por el medio de detección de la presión diferencial supere un valor predeterminado.

Por ejemplo, en el presente aparato y método para purificar un gas de escape, el medio de control acciona el medio de calentamiento para calentar el primer catalizador cuando surge una diferencia de presión entre una presión de entrada del gas de escape hasta el segundo catalizador y una presión de salida del gas de escape desde el segundo catalizador, es decir, cuando se detectan MP que obstruyen el segundo catalizador. En consecuencia, el primer catalizador facilita la reacción oxidando NO en los gases de escape hasta NO₂. A continuación, gases reactivos altamente oxidantes incluyendo el NO₂ resultante fluyen hacia el segundo catalizador. En consecuencia, las MP depositadas en el segundo catalizador se eliminan mediante oxidación. Así, no sólo es posible mejorar el rendimiento de purificación total de NO_x, sino que también es posible evitar que aumente la pérdida de presión de escape. Por tanto, es posible mejorar la distancia recorrida de los vehículos, porque el presente aparato y método pueden ampliar el periodo entre los tratamientos para regenerar forzosamente el segundo catalizador.

Además, es posible suponer cómo se obstruye el primer catalizador en el extremo de entrada mediante la detección de una presión diferencial entre una presión de entrada del gas de escape hasta el primer catalizador y una presión de salida del gas de escape desde el primer catalizador. Cuando se detecta el primer catalizador de manera que está obstruido en el extremo de entrada, el medio de control acciona el medio de calentamiento para calentar el primer catalizador. Como resultado, es posible eliminar el agente reductor líquido y las MP adheridas en la superficie del extremo de entrada del primer catalizador mediante combustión.

Además, es posible aumentar la temperatura de entrada del gas de escape hasta el segundo catalizador accionando el inyector y el medio de calentamiento cuando se regenera forzosamente el segundo catalizador. En consecuencia, se facilita la oxidación de las MP, de manera que el segundo catalizador recupera la capacidad de atrapar las MP. Además, el primer catalizador oxida el agente reductor líquido parcialmente para modificar el agente reductor líquido. En consecuencia, el agente reductor líquido se transforma en HC altamente activo, y los HC altamente activos resultantes fluyen hacia el segundo catalizador. Como resultado, se facilita la reducción del material de sorción de NO_x envenenado con azufre, de manera que el segundo catalizador recupera la capacidad de sorción de NO_x. Por tanto, se facilita la regeneración forzada del segundo catalizador, de manera que se amplía el periodo de deposición de MP hasta el límite. En general, se mejora el kilometraje de los vehículos, porque es posible reducir la adición del agente reductor líquido.

Breve descripción de los dibujos

Se obtendrá fácilmente una apreciación más completa de la presente invención y de muchas de sus ventajas, ya que la misma va a entenderse mejor con referencia a la siguiente descripción detallada cuando se considere en conexión con los dibujos adjuntos y la memoria descriptiva detallada, formando parte todo ello de la descripción.

La figura 1 es un diagrama explicativo para ilustrar una disposición de un aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo número 1 de la presente invención.

La figura 2 es un diagrama de flujo para ilustrar cómo se controla el aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo número 1 de la presente invención bajo las primeras circunstancias.

La figura 3 es un diagrama de flujo para ilustrar cómo se controla el aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo número 1 de la presente invención bajo las segundas circunstancias.

La figura 4 es un diagrama de flujo para ilustrar cómo se controla el aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo comparativo número 1 bajo las segundas circunstancias.

La figura 5 es un gráfico de líneas para ilustrar la relación entre los tiempos y las presiones diferenciales entre la entrada y la salida de un catalizador reductor y de sorción de NO_x del lado aguas abajo (es decir, el segundo catalizador) en el aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo número 1 de la presente invención, y la misma en el aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo comparativo número 1.

La figura 6 es un gráfico de barras para ilustrar la razón de bloqueo de la superficie del extremo aguas arriba mostrada por un catalizador reductor y de sorción de NO_x del lado aguas arriba (es decir, el primer catalizador) en el aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo número 1 de la presente invención, y la misma en un aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo comparativo número 2.

La figura 7 es un gráfico de líneas para ilustrar la variación de las temperaturas de entrada de los gases de escape hasta un catalizador reductor y de sorción de NO_x del lado aguas abajo (es decir, el segundo catalizador) en el aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo número 1 de la presente invención, y la misma en el aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo comparativo número 2.

La figura 8 es un gráfico de líneas para ilustrar las curvas de distribución del número de átomos de carbono incluidos en los HC, curvas de distribución que mostraron los gases de escape de entrada hasta el catalizador reductor y de sorción de NO_x del lado aguas abajo (es decir, el segundo catalizador) en el aparato de purificación de gas de

escape según el ejemplo número 1 de la presente invención, así como en el aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo comparativo número 2.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Habiendo descrito generalmente la presente invención, puede obtenerse una comprensión adicional haciendo referencia a las realizaciones preferidas específicas que se facilitan en el presente documento únicamente con fines de ilustración y que no pretenden limitar el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

El presente aparato de purificación de gas de escape se utiliza en el sistema de escape de los motores de combustión interna que emiten gases de escape que incluyen MP. En lo que respecta a tales motores de combustión interna, los motores diesel son ejemplos representativos. Sin embargo, algunos de los motores de combustión pobre emiten gases de escape que incluyen MP. El presente aparato de purificación de gas de escape también puede utilizarse en tales motores de combustión pobre.

En lo que respecta al primer catalizador, en general se utilizan catalizadores estructurados con flujo directo. Por ejemplo, es posible utilizar catalizadores que muestran actividades oxidantes, tales como catalizadores oxidantes, catalizadores de tres vías y catalizadores reductores y de sorción de NO_x . El primer catalizador preferiblemente puede comprender especialmente catalizadores reductores y de sorción de NO_x . El primer catalizador puede oxidar al menos los HC y el CO incluidos en los gases de escape. Además, cuando se utilizan los catalizadores de tres vías y los catalizadores reductores y de sorción de NO_x , incluso puede reducirse el NO_x . Obsérvese que el NO incluido en los gases de escape se oxida para transformarse en NO_x , tal como el NO_2 , y los gases reactivos resultantes muestran actividades oxidantes extremadamente altas. Por tanto, cuando los gases reactivos altamente oxidantes fluyen hacia el segundo catalizador, la actividad oxidante de las MP del segundo catalizador mejora notablemente.

El primer catalizador puede proporcionarse con el medio de calentamiento para calentar el primer catalizador. El medio de calentamiento puede ser aquel en el que el medio de control puede controlar su funcionamiento. En lo que se refiere al medio de calentamiento, es preferible utilizar calentadores eléctricos. Específicamente, el medio de calentamiento puede estar incluido en el primer catalizador, o puede disponerse en cubiertas para adaptarse al primer catalizador. Además, el medio de calentamiento puede calentar el primer catalizador indirectamente calentando los gases de escape de entrada hasta el primer catalizador. Si tal es el caso, es posible disponer además un segundo medio de calentamiento o un catalizador oxidante en un lado más aguas arriba del flujo de los gases de escape con respecto al primer catalizador.

El segundo catalizador es un catalizador reductor y de sorción de NO_x . El segundo catalizador puede ser un catalizador estructurado con flujo directo. Sin embargo, el segundo catalizador puede ser preferiblemente catalizadores de filtro formados como estructuras con flujo por la pared. Específicamente, un catalizador de filtro de este tipo puede comprender preferiblemente:

- un sustrato de panal estructurado con flujo por la pared que comprende
- una célula de entrada taponada en un lado aguas abajo de la misma,
- una célula de salida colindante con la célula de entrada y taponada en un lado aguas arriba de la misma, y
- una pared celular que delimita la célula de entrada y la célula de salida y que tiene un poro en ella; y
- una capa catalítica que se forma sobre una superficie de la pared celular y una cara interna del poro y que comprende
- un soporte de óxido,
- un componente catalítico cargado sobre el soporte de óxido, y
- un material de sorción de NO_x cargado sobre el soporte de óxido.

El inyector dispuesto sobre un lado aguas arriba del flujo de los gases de escape con respecto al primer catalizador suministra un agente reductor líquido hacia los gases de escape. En lo que se refiere al inyector, es posible utilizar los usados convencionalmente.

El medio de detección de la presión diferencial es para detectar una diferencia en la presión entre los lados de entrada y salida del primer catalizador y/o una diferencia en la presión entre los lados de entrada y salida del segundo catalizador. Por ejemplo, el medio de detección de la presión diferencial detecta una presión diferencial entre una presión de entrada de los gases de escape hasta el segundo catalizador y una presión de salida de los gases de escape desde el segundo catalizador al menos. En lo que respecta al medio de detección de la presión diferencial, es posible utilizar sensores de presión. Además, el medio de detección de la presión diferencial puede detectar además deseablemente una presión diferencial entre una presión de entrada de los gases de escape hasta el primer catalizador y una presión de salida de los gases de escape desde el primer catalizador. Obsérvese que la presión de salida de los gases de escape desde el primer catalizador es igual a la presión de entrada de los gases de escape hasta el segundo catalizador.

ES 2 265 617 T3

Por tanto, es satisfactorio disponer de tres medios de detección de la presión diferencial como máximo, por ejemplo, el primer medio de detección de la presión diferencial en un lado aguas arriba del flujo de los gases de escape con respecto al primer catalizador, el segundo medio de detección de la presión diferencial entre el primer catalizador y el segundo catalizador, y el tercer medio de detección de la presión diferencial en un lado aguas abajo del flujo de los gases de escape con respecto al segundo catalizador.

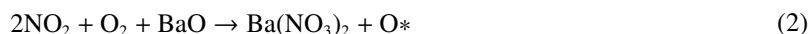
El medio de control controla el medio de calentamiento según la producción de señales de detección del medio de detección de la presión diferencial, y acciona el medio de calentamiento cuando la presión diferencial supera un valor predeterminado. El medio de control puede ser aquel que utilice la función de unidades de control del motor (abreviado en el presente documento "ECU"), o pueden ser circuitos digitales, tales como ordenadores, que se disponen independientemente de las ECU. Resulta satisfactorio que el medio de control controle el medio de calentamiento según la producción de las señales de detección por el medio de detección de la presión diferencial. Sin embargo, el medio de control puede controlar además el funcionamiento del inyector.

Por ejemplo, en el presente primer método de purificación de gas de escape, el medio de control acciona el medio de calentamiento para calentar el primer catalizador cuando surge una diferencia de presión entre una presión de entrada de los gases de escape hasta el segundo catalizador y una presión de salida de los gases de escape desde el segundo catalizador. En consecuencia, el primer catalizador se calienta. Por consiguiente, no sólo aumenta la temperatura de entrada de los gases de escape hasta el segundo catalizador, sino que también el primer catalizador oxida el NO para generar NO_x, tal como NO₂. Los gases de escape que incluyen el NO_x resultante son gases reactivos que muestran altas actividades oxidantes. Como resultado, es posible eliminar las MP depositadas sobre el segundo catalizador mediante oxidación, así como para regenerar el segundo catalizador hasta cierto punto. Por tanto, el presente primer procedimiento de purificación de gas de escape puede ampliar el periodo para depositar las MP hasta el límite, de manera que pueda ampliarse el periodo entre los tratamientos para regenerar forzosamente el segundo catalizador. Por tanto, es posible reducir la adición del agente reductor líquido utilizado para regenerar forzosamente el segundo catalizador. En general, es posible mejorar el kilometraje de los vehículos.

Cuando el primer catalizador se calienta en atmósferas pobres en combustible, por ejemplo, el NO en los gases de escape se oxida hasta NO₂ tal como se muestra en la ecuación (1) más adelante. Además, cuando el primer catalizador comprende un catalizador reductor y de sorción de NO_x, el primer catalizador calentado libera el NO_x sorbido en el material de sorción de NO_x.

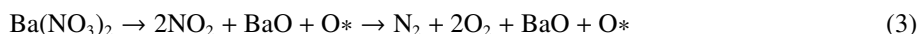


El NO₂ resultante y el NO_x liberado se sorben en el material de sorción de NO_x del segundo catalizador, por ejemplo, tal como se muestra en la ecuación (2) a continuación.



Los átomos de O* (es decir, oxígeno activo) que se generan tal como se muestra en las ecuaciones (1) y (2) pueden oxidar las MP a temperaturas bajas, debido a que son altamente reactivos. Por tanto, los átomos de O* pueden purificar las MP depositadas en el segundo catalizador mediante oxidación, incluso en intervalos de temperatura bajos.

Por otra parte, en las atmósferas ricas en combustible a las que se añade un agente reductor líquido, tal como aceite ligero, se producen las reacciones siguientes tal como se muestra en la ecuación (3) más adelante, al menos en el segundo catalizador. Además, cuando el primer catalizador comprende un catalizador reductor y de sorción de NO_x, también se producen las reacciones citadas en la ecuación (3) a continuación en el primer catalizador.



Los átomos de O* que se generan tal como se muestra en la ecuación (3) también pueden purificar las MP mediante oxidación incluso en atmósferas ricas en combustible de baja temperatura, porque son asimismo altamente reactivos.

Cuando se lleva a cabo el control descrito anteriormente, el medio de calentamiento puede accionarse deseablemente, de manera que deje que la temperatura de los gases de escape que fluyen a través del segundo catalizador disminuya en un intervalo de desde 250 hasta 700°C, más deseablemente desde 300 hasta 700°C, todavía más deseablemente desde 350 hasta 650°C. Cuando la temperatura de los gases de escape que fluyen a través del segundo catalizador es inferior a 250°C, es menos probable que las operaciones mencionadas anteriormente resulten afectadas. Cuando la temperatura de los gases de escape que fluyen a través del segundo catalizador es superior a 700°C, las ventajas descritas anteriormente se saturan para dar como resultado una pérdida de energía.

Además, en el presente primer método de purificación de gas de escape, es preferible accionar además el medio de calentamiento cuando la presión diferencial entre una presión de entrada de los gases de escape hasta el primer catalizador y una presión de salida de los gases de escape desde el primer catalizador es superior a un valor predeterminado, además del control descrito anteriormente. Si tal es el caso, aun cuando el agente reductor líquido se adhiera sobre la

superficie de extremo de entrada del primer catalizador y las MP se adhieran además sobre el agente reductor líquido adherido, es posible evaporar el agente reductor líquido calentando el primer catalizador. Por tanto, es posible resolver los problemas que resultan de la superficie de extremo de entrada obstruida del primer catalizador.

5 En este ejemplo, el medio de calentamiento puede accionarse deseablemente de manera que permita que la temperatura de los gases de escape que fluyen a través del primer catalizador disminuya en un intervalo de desde 250 hasta 350°C, más deseablemente desde 275 hasta 325°C, todavía más deseablemente desde 300 hasta 310°C. Cuando la temperatura de los gases de escape que fluyen a través del primer catalizador es inferior a 250°C, es menos probable que se efectúen las operaciones mencionadas anteriormente. Cuando la temperatura de los gases de escape que fluyen a través del primer catalizador es superior a 350°C, las ventajas descritas anteriormente se saturan para dar como resultado una pérdida de energía.

Además, en el presente segundo método de purificación de gas de escape, es preferible accionar el inyector y el medio de calentamiento cuando la presión diferencial entre la presión de entrada de los gases de escape hasta el segundo catalizador y la presión de salida de los gases de escape desde el segundo catalizador es superior a un valor predeterminado. En consecuencia, las MP depositadas sobre el segundo catalizador se eliminan mediante oxidación de manera fácil. En consecuencia, el segundo catalizador recupera la capacidad de atrapamiento de las MP. Obsérvese que el primer catalizador oxida el agente reductor líquido parcialmente, y los HC altamente activos modificados resultantes fluyen hacia el segundo catalizador. Por tanto, aun cuando el material de sorción de NO_x del segundo catalizador esté envenenado con azufre, el segundo catalizador puede liberar el azufre depositado como SO₂ mediante reacciones de reducción y regenerar así la capacidad de sorción del NO_x del material de sorción del NO_x.

Si tal es el caso, el medio de calentamiento puede accionarse deseablemente de manera que permita que la temperatura de los gases de escape que fluyen a través del segundo catalizador disminuya en un intervalo de desde 600 hasta 700°C, más deseablemente desde 630 hasta 680°C, todavía más deseablemente desde 650 hasta 670°C. Cuando la temperatura de los gases de escape que fluyen a través del segundo catalizador es inferior a 600°C, es probable que las MP se alojen en el segundo catalizador. Cuando la temperatura de los gases de escape que fluyen a través del segundo catalizador es superior a 700°C, no sólo se saturan las ventajas descritas anteriormente para dar como resultado una pérdida de energía, sino que también los choques térmicos podrían dañar el segundo catalizador.

30 Ejemplos

A continuación en el presente documento, se describirá la presente invención en detalle con referencia a los ejemplos y ejemplos comparativos.

35 Ejemplo número 1

La figura 1 ilustra un aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo número 1 de la presente invención. Un sistema de escape de un motor 1 diesel de inyección directa se ramifica en dos conductos de flujo desde un colector 10 de escape. Un turbocompresor 2 se dispone en uno de los conductos de flujo, y un refrigerador 3 de recirculación del gas de escape (denominada en el presente documento de forma abreviada "EGR") se dispone en el otro de los colectores de flujo. Los gases de escape emitidos desde el turbocompresor 2 pasan a través del convertidor catalítico y se descargan hacia el exterior. Por otra parte, los gases de escape que pasan a través del refrigerador 3 de EGR vuelven hacia un colector 11 de entrada, mientras que la velocidad de flujo está controlada mediante una válvula 30 de EGR. Un inyector 12 está instalado en un lado aguas arriba del flujo de los gases de escape con respecto al turbocompresor 2, de manera que pueda añadirse aceite ligero en los gases de escape. Un catalizador 4 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo directo está dispuesto en un lado aguas abajo del flujo de los gases de escape con respecto al turbocompresor 2. Además, un catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared está dispuesto en un lado aguas abajo del flujo de los gases de escape con respecto al catalizador 4 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo directo. Obsérvese que el catalizador 4 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo directo está provisto de un calentador 40 eléctrico.

Un primer sensor 41 de presión está dispuesto en un lado aguas arriba del flujo de los gases de escape con respecto al catalizador 4 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo directo para detectar una presión de los gases de escape de entrada hasta el catalizador 4 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo directo. Además, un segundo sensor 50 de presión está dispuesto en un lado aguas arriba del flujo de los gases de escape con respecto al catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared. Además, un tercer sensor 51 de presión está dispuesto en un lado aguas abajo del flujo de los gases de escape con respecto al catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared. El segundo sensor 50 de presión detecta una presión de los gases de escape de entrada hasta el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared. El tercer sensor 51 de presión detecta una presión de los gases de escape de salida desde el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared. Las señales de detección detectadas por los sensores 41, 50, 51 de presión se introducen en el controlador 6. Por tanto, el controlador 6 controla para encender y apagar el calentador 40 eléctrico según las señales de detección emitidas desde los sensores 41, 50, 51 de presión. Además, el controlador 6 controla también el inyector 12.

El catalizador 4 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo directo comprende un sustrato con forma de panal estructurado con flujo directo hecho de cordierita, una capa de recubrimiento de Al₂O₃, y Pt, Rh, Ba, K y Li. El

sustrato con forma de panal tiene un volumen de 1 L, y comprende células en una cantidad de 600 células/pulgada², paredes celulares y conductos celulares. La capa de recubrimiento de Al_2O_3 se forma sobre una superficie de los conductos celulares del sustrato con forma de panal. El Pt, Rh, Ba, K y Li se cargan sobre la capa de recubrimiento de Al_2O_3 . Obsérvese que la capa de recubrimiento se forma en una cantidad de 250 g con respecto a 1 L de sustrato con forma de panal. Además, el Pt, Rh, Ba, K y Li se cargan en una cantidad de 5 g, 0,5 g, 0,1 mol, 0,1 mol y 0,2 mol, respectivamente, con respecto a 1 L del sustrato con forma de panal.

Además, el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared comprende un sustrato con forma de panal estructurado con flujo de la pared hecho de cordierita, una capa de recubrimiento de Al_2O_3 y Pt, Rh, Ba, K y Li. El sustrato con forma de panal tiene un volumen de 2 L y comprende células de entrada, células de salida y paredes celulares porosas. Las células de entrada están taponadas en un lado aguas abajo del flujo de los gases de escape. Las células de salida colindan con las células de entrada y están taponadas en un lado aguas arriba del flujo de los gases de escape. Las paredes celulares porosas delimitan las células de entrada y las células de salida y tienen un gran número de poros cuyo diámetro de poro promedio es de 20 μm . La capa de recubrimiento de Al_2O_3 se forma sobre una superficie de las paredes celulares del sustrato con forma de panal, así como sobre una superficie de los poros de las paredes celulares. El Pt, Ba, K y Li se cargan sobre la capa de recubrimiento de Al_2O_3 . Obsérvese que la capa de recubrimiento de Al_2O_3 se forma en una cantidad de 150 g con respecto a 1 L del sustrato con forma de panal. Además, el Pt, Rh, Ba, K y Li se cargan en una cantidad de 5 g, 0,5 g, 0,1 mol, 0,1 mol y 0,2 mol, respectivamente, con respecto a 1 L del sustrato con forma de panal.

Se preparó un banco de trabajo de prueba de motor que estaba equipado con un motor diesel de inyección directa cuya cilindrada era de 2 L. El aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo número 1 se dispuso en el sistema de escape del motor diesel. Entonces, el motor diesel se impulsó en un modelo que simula el modo japonés de "1 L Lap" durante 50 horas (es decir, la velocidad promedio del vehículo fue de 46 km/h, y la distancia de desplazamiento fue de aproximadamente 2.000 km). Obsérvese que el motor diesel se impulsó alternativamente en atmósferas pobres en combustible durante 8 segundos mientras se suministraban mezclas de aire-combustible cuyo razón A/C fluctuaba en un intervalo de desde 18 hasta 30, y en atmósferas ricas en combustible durante 2 segundos mientras se llevaba a cabo adiciones conocidas ricas en las que se inyectó aceite ligero en los gases de escape a una velocidad de flujo de 0,1 cc/s. Durante el examen, se midió el kilometraje promedio del motor diesel y la deposición de MP en el catalizador 4 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo directo y en el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared. La tabla 1 más adelante muestra los resultados.

A continuación se describirán en el presente documento cómo controló el controlador 6 el calentador 40 eléctrico durante el examen descrito anteriormente con referencia a los diagramas de flujo ilustrados en las figuras 2 y 3. Obsérvese que el controlador 6 controló el calentador 40 eléctrico en paralelo con el impulso del motor diesel en las condiciones pobres - ricas mencionadas anteriormente.

En primer lugar, en la etapa 100, las señales de detección emitidas desde los sensores 41, 50 de presión primero y segundo se introdujeron en el controlador 6 para determinar una presión P_0 en los gases de escape de entrada hasta el catalizador 4 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo directo y una presión P_1 de los gases de escape de salida desde el catalizador 4 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo directo. En la etapa 101, el controlador 6 resolvió las situaciones de impulso actuales del motor diesel. En la etapa 102, el controlador 6 calculó una presión P_x diferencial objetivo basándose en un mapa almacenado en él de antemano.

En la etapa 103, el controlador 6 comparó la presión diferencial real ($P_0 - P_1$) con la presión P_x diferencial objetivo. Cuando $P_0 - P_1 \leq P_x$, el controlador 6 consideró en la etapa 105 que el suministro de energía eléctrica al calentador 40 se había desconectado. A continuación, el controlador 6 devolvió el procedimiento de nuevo a la etapa 100. Por otra parte, cuando $P_0 - P_1 > P_x$, el controlador 6 conectó el suministro de energía eléctrica al calentador 40 en la etapa 104, de manera que el catalizador 4 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo directo se calienta hasta 250°C. En consecuencia, el aceite ligero adherido sobre la superficie de extremo de entrada del catalizador 4 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo directo se evaporó, y simultáneamente las MP depositadas en el mismo se oxidaron de manera fácil. Después, el controlador 6 devolvió el tratamiento de nuevo a la etapa 100. En consecuencia, el controlador 6 controló el calentador 40 eléctrico de modo que siguiera calentando el catalizador 4 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo directo hasta que la presión diferencial real ($P_0 - P_1$) se convirtiera en la P_x diferencial objetivo o menos (es decir, $P_0 - P_1 \leq P_x$).

Además, el tratamiento ilustrado en la figura 3 se llevó a cabo en paralelo con el tratamiento descrito anteriormente. En el tratamiento paralelo, en la etapa 200, las señales de detección emitidas desde los sensores 50, 51 de presión segundo y tercero se introdujeron primero en el controlador 6 para determinar la presión P_1 de los gases de escape de entrada hasta el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared y una presión P_2 de los gases de escape de salida desde el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared. En la etapa 201, el controlador 6 resolvió la corriente que impulsa situaciones del motor diesel. En la etapa 202, el controlador 6 calculó una primera presión P_y diferencial objetivo y una segunda presión P_z diferencial objetivo, basándose en un mapa almacenado en el mismo de antemano. Obsérvese que la segunda presión P_z diferencial objetivo es una presión diferencial en la que el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared debe regenerarse forzadamente. Además, la primera presión P_y diferencial objetivo es menor que la segunda presión P_z diferencial objetivo (es decir, $P_y < P_z$).

ES 2 265 617 T3

En la etapa 203, el controlador 6 comparó la presión diferencial real ($P_1 - P_2$) con la segunda P_z diferencial objetivo calculada a partir de las situaciones de impulso actuales del motor diesel. Cuando $P_1 - P_2 > P_z$, el controlador 6 consideró que el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared estaba obstruido. Entonces, el controlador 6 continuó el tratamiento de manera que el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared se regenerara forzosamente a partir de la etapa 204.

Quando el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared se regeneró forzosamente en la etapa 204, el inyector 12 añadió aceite ligero en los gases de escape a una velocidad de adición de 0,1 cc/s. De manera prácticamente simultánea con ello, en la etapa 205, el controlador 6 conectó el suministro de energía eléctrica hasta el calentador 40, de manera que el catalizador 4 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo directo se calentara hasta 250°C. En consecuencia, no sólo aumentó la temperatura de los gases de escape de entrada que fluyen hacia el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared, sino que también el catalizador 4 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo directo facilitó la reacción de modificación del aceite ligero. Por tanto, no sólo se gasificó el aceite ligero, sino que también se modificaron los HC activos que fluyen hacia el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared. Por tanto, el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared eliminó las MP atrapadas mediante oxidación eficazmente. Entonces, en la etapa 206, se volvió a introducir una presión P_1 de los gases de escape de entrada hasta el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared y una presión P_2 de los gases de escape de salida desde el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared hacia el controlador 6. Después, el controlador 6 devolvió de nuevo el tratamiento a la etapa 203. En consecuencia, el controlador 6 repitió los procesos designados en las etapas 204 a 206 hasta que la segunda presión P_z diferencial objetivo se hiciera inferior a la presión diferencial real ($P_1 - P_2$), es decir, $P_z < P_1 - P_2$.

En la etapa 203, cuando la presión diferencial real ($P_1 - P_2$) era la segunda presión P_z diferencial objetivo o menos, el controlador 6 desconectó el inyector 12 para detener la adición de aceite ligero en la etapa 207. En la etapa 208, el controlador 6 comparó la presión diferencial real ($P_1 - P_2$) con la primera presión P_y diferencial objetivo. En la etapa 208, cuando $(P_1 - P_2) \leq P_y$, el controlador 6 desconectó el suministro de energía eléctrica al calentador 40 en la etapa 210. Después, el controlador 6 devolvió el tratamiento de nuevo a la etapa 200.

Por el contrario, en la etapa 208, cuando $(P_1 - P_2) > P_y$, el controlador 6 conectó el suministro de energía eléctrica al calentador 40 en la etapa 209, de manera que el catalizador 4 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo directo se calentara hasta 350°C. En consecuencia, no sólo el catalizador 4 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo directo mostró una actividad mejorada de oxidación del NO, sino que también liberó el NO_x almacenado en él. En consecuencia las MP almacenadas en el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared se oxidaron, porque los gases de escape altamente reactivos incluyendo el NO_x fluyeron hacia el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared. A continuación, el controlador 6 devolvió de nuevo el tratamiento a la etapa 200. Por tanto, el controlador 6 controló el calentador 40 eléctrico, de manera que siguiera calentando el catalizador 4 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo directo hasta que la presión diferencial real ($P_1 - P_2$) se convirtiera en la primera P_y diferencial objetivo o menos (es decir, $P_1 - P_2 \leq P_y$).

Ejemplo comparativo número 1

Excepto en que el primer sensor 41 de presión no está dispuesto en un lado aguas arriba del flujo de los gases de escape con respecto al catalizador 4 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo directo; y que el catalizador 4 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo directo no se proporciona con el calentador 40 eléctrico, el ejemplo comparativo número 1 utiliza el mismo aparato de purificación de gas de escape que el del ejemplo número 1.

El aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo comparativo número 1 se examinó para determinar el kilometraje promedio del motor diesel y la deposición de MP en el catalizador 4 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo directo y en el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared de la misma forma en que se examinó el aparato de purificación de gas de escape según ejemplo número 1. La tabla 1 más adelante muestra los resultados.

En el ejemplo comparativo número 1 se describirán a continuación en el presente documento cómo controló el controlador 6 el calentador 40 eléctrico durante el examen descrito anteriormente con referencia al diagrama de flujo ilustrado en la figura 4.

En primer lugar, en la etapa 300, las señales de detección emitidas desde los sensores 50, 51 de presión segundo y tercero se introdujeron en el controlador 6 para determinar una presión P_1 en los gases de escape de entrada hasta el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared y una presión P_2 de los gases de escape de salida desde el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared. En la etapa 301, el controlador 6 resolvió las situaciones de impulso actuales del motor diesel. En la etapa 302, el controlador 6 calculó una presión P_z diferencial objetivo basándose en un mapa almacenado en él de antemano. En la etapa 303, el controlador 6 comparó la presión diferencial real ($P_0 - P_1$) con la presión P_z diferencial objetivo.

Quando $P_1 - P_2 > P_z$, el controlador 6 consideró que el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared estaba obstruido. Entonces, el controlador 6 controló la velocidad de revolución del motor diesel a 2.400 rpm en la etapa 304, de manera que la temperatura de los gases de escape de entrada del catalizador 5 reductor

ES 2 265 617 T3

y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared se ajustará a aproximadamente 350°C . Simultáneamente con ella, en la etapa 305, el inyector 12 añadió aceite ligero en los gases de escape a una velocidad de adición de 0,1 cc/s. Entonces, en la etapa 306, se volvió a introducir una presión P_1 de los gases de escape de entrada hasta el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared y una presión P_2 de los gases de escape de salida desde el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared, en el controlador 6. A continuación, el controlador 6 volvió de nuevo el tratamiento a la etapa 303. En consecuencia, el controlador 6 mantuvo las revoluciones de motor del motor diesel a 2.400 rpm, y mantuvo el inyector 12 para que añadiera el aceite ligero hasta que la presión diferencial real ($P_1 - P_2$) se convirtiera en la presión P_z diferencial objetivo o menos, es decir, $P_1 - P_2 \leq P_z$.

Por el contrario, cuando $P_1 - P_2 \leq P_z$ en la etapa 303, el controlador consideró en la etapa 307 que el inyector 12 no se accionaría y que las revoluciones de motor del motor diesel estaban en circunstancias de impulso habituales. Por tanto, el controlador 6 devolvió el tratamiento de nuevo a la etapa 300.

Ejemplo comparativo número 2

Excepto en que el controlador 6 no lleva a cabo ningún control, el ejemplo comparativo número 2 tiene la mismas disposiciones que las del aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo número 1.

El aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo comparativo número 2 se examinó para determinar el kilometraje promedio del motor diesel y la deposición de MP en el catalizador 4 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo directo y en el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared de la misma forma en que se examinó el aparato de purificación de gas de escape según ejemplo número 1. La tabla 1 a continuación muestra los resultados.

TABLA 1

	Ejemplo Comp. N° 2	Ej. Comp. N° 1	Ej. N° 1
Kilometraje promedio (km/L)	17,2	16,7	17,0
Razón de aumento del kilometraje (%)	Dato	Aumentado más que en el dato en un 3,0%	aumentado más que en el dato en un 1,5%
Descomposición de las MP (g/L)	15	3	1,5

Evaluación

La figura 5 ilustra las relaciones entre los tiempos y las presiones diferenciales reales ΔP ($P_1 - P_2$) que mostraron los aparatos de purificación de gas de escape según el ejemplo número 1 y el ejemplo comparativo número 1, controlándose de las formas descritas anteriormente. En el aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo número 1, el tiempo requerido para elevar la presión diferencial real ($P_1 - P_2$) hasta la presión P_z diferencial predeterminada se amplió hasta casi tanto como aproximadamente el doble que el aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo comparativo número 2, porque el calentador 40 eléctrico se conectó y se desconectó frecuentemente.

A partir de la tabla 1 anterior, es evidente que el aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo número 1 mostraba una deposición de MP inferior a la mostrada por los aparatos de purificación de gas de escape según los ejemplos comparativos números 1 y 2, y que el kilometraje mostrado por el aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo número 1 fue mejor que el mostrado por el aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo comparativo número 2. Por tanto, cuando el calentador 40 eléctrico se controla apropiadamente según la producción de señales de detección por los sensores 41, 50 y 51 de presión, tal como se describe en el ejemplo número 1, es posible ampliar el periodo entre los tratamientos para regenerar forzosamente el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared y, en consecuencia, para reducir la adición del aceite ligero. Como resultado, se elevó el kilometraje del motor diesel equipado con el aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo número 1. Además, es evidente que el aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo número 1 purificó las MP depositadas por oxidación de manera más eficaz de lo que se hacía en los aparatos de purificación de gas de escape según los ejemplos comparativos números 1 y 2.

Ejemplo experimental número 1

Los aparatos de purificación de gas de escape según el ejemplo número 1 y el ejemplo comparativo número 2 se hicieron funcionar durante 2 horas, mientras se añadía aceite ligero a través del inyector 12 en las condiciones siguientes:

ES 2 265 617 T3

el motor diesel descrito anteriormente se impulsó a una velocidad de giro de 1.600 rpm con un par motor de 30 Nm en un banco de trabajo de prueba del motor; y

la temperatura de los gases de escape de entrada hasta el catalizador 4 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo directo se estableció a 200°C.

Cuando se puso en funcionamiento el aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo número 1, se llevó a cabo el control de la misma forma que la descrita en el ejemplo número 1. A continuación, se extrajo el catalizador 4 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo directo para observar la superficie de extremo de entrada. Entonces, se calculó la razón de bloqueo de la superficie de extremo del catalizador 4 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo directo mediante análisis de imagen. La figura 6 ilustra el resultado.

A partir de la figura 6, se aprecia que, en el aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo 1, se impedía notablemente que superficie de extremo de entrada del catalizador 4 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo directo se cerrara. Es decir, cuando el calentador 40 eléctrico se controla apropiadamente según la producción de señales de detección por los sensores 41 y 50 de presión primero y segundo tal como se describió en el ejemplo número 1, es evidente que es posible evitar que se deposite, no sólo el aceite ligero, sino también las MP en la superficie de extremo de entrada del catalizador 4 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo directo.

Ejemplo experimental número 2

Los aparatos de purificación de gas de escape según el ejemplo número 1 y el ejemplo comparativo número 2 se hicieron funcionar durante 2 horas, mientras se añadía aceite ligero a través del inyector 12 en las condiciones siguientes:

El motor diesel descrito anteriormente se impulsó a una velocidad de giro de 2.900 rpm con un par motor de 80 Nm en un banco de trabajo de prueba del motor; y

la temperatura de los gases de escape de entrada hasta el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared se estableció a 350°C.

Cuando se puso en funcionamiento el aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo número 1, se llevó a cabo el control de la misma forma que la descrita en el ejemplo número 1. Durante el funcionamiento, se examinaron los gases de escape de entrada hasta el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared para determinar la variación de temperatura y la composición de HC. La figura 7 ilustra la variación de temperatura resultante. La figura 8 ilustra la composición de HC resultante.

A partir de la figura 7, se observa que la temperatura de los gases de escape de entrada hasta el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared es superior en el aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo número 1 que la del aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo comparativo número 2. Por tanto, es evidente que el calentador 40 eléctrico accionado tal como se describió anteriormente aumentó la temperatura de los gases de escape de entrada hasta el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared. Además, es posible observar a partir de la figura 8 que, en el aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo número 1, los HC en los gases de escape de entrada hasta el catalizador 5 reductor y de sorción de NO_x estructurado con flujo por la pared mostraron pesos moleculares inferiores a los del aparato de purificación de gas de escape según el ejemplo comparativo número 2. Este hecho implica que el aceite ligero se oxidó parcialmente, y se modificó finalmente.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para purificar un gas de escape que incluye materias particuladas y que fluyen en un sistema de escape, **caracterizado** porque comprende:

un primer catalizador (4);

un segundo catalizador (5) que es un catalizador reductor y de sorción de NO_x y que se dispone en un lado aguas abajo del primer catalizador (4);

un medio (40) de calentamiento para calentar el primer catalizador (4);

un inyector (12) que inyecta un agente reductor líquido en el gas de escape y que se dispone en un lado aguas arriba del primer catalizador (4);

un medio (41, 50, 51) de detección de la presión diferencial para detectar una diferencia en la presión entre los lados de entrada y salida del primer catalizador (4) y/o una diferencia en la presión entre los lados de entrada y salida del segundo catalizador (5); y

un medio de control (6) para controlar al menos el medio (40) de calentamiento.

2. Aparato según la reivindicación 1, en el que el segundo catalizador (5) es un catalizador de filtro que comprende:

un sustrato de panal estructurado con flujo por la pared que comprende

una célula de entrada taponada en un lado aguas abajo de la misma,

una célula de salida colindante con la célula de entrada y taponada en un lado aguas arriba de la misma, y

una pared celular que delimita la célula de entrada y la célula de salida y que tiene un poro en ella; y

una capa catalítica que se forma sobre una superficie de la pared celular y una cara interna del poro y que comprende

un soporte de óxido,

un componente catalítico cargado sobre el soporte de óxido, y

un material de sorción de NO_x cargado sobre el soporte de óxido.

3. Aparato según la reivindicación 1 ó 2, en el que el primer catalizador (4) comprende:

un sustrato de panal estructurado con flujo directo que comprende

una célula a través de la cual el gas de escape fluye desde un lado aguas arriba hasta un lado aguas abajo; y

una pared celular que delimita la célula; y

una capa catalítica que comprende

un soporte de óxido, y

un componente catalítico cargado sobre el soporte de óxido.

4. Aparato según la reivindicación 3, en el que la capa catalítica del primer catalizador (4) comprende además un material de sorción de NO_x cargado sobre el soporte de óxido.

5. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el primer catalizador (4) está provisto del medio (40) de calentamiento.

6. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el medio de detección de la presión diferencial comprende:

un primer elemento (41) de detección de la presión para detectar una presión en un lado aguas arriba del primer catalizador (4);

un segundo elemento (50) de detección de la presión para detectar una presión entre el primer catalizador (4) y el segundo catalizador (5); y

ES 2 265 617 T3

un tercer elemento (51) de detección de la presión para detectar una presión en un lado aguas abajo del segundo catalizador (5).

7. Método para purificar un gas de escape, **caracterizado** porque comprende

un procedimiento para utilizar el aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6,

en el que el procedimiento comprende

una etapa de controlar el medio de calentamiento para que actúe en caso de que una diferencia en la presión entre los lados de entrada y salida del primer catalizador detectada por el medio de detección de la presión diferencial supere un valor predeterminado, y/o

una etapa de controlar el medio de calentamiento para que actúe en caso de que una diferencia en la presión entre los lados de entrada y salida del segundo catalizador detectada por el medio de detección de la presión diferencial supere un valor predeterminado.

8. Método para purificar un gas de escape según la reivindicación 7, en el que el procedimiento comprende además

una etapa de accionar el inyector para que actúe en caso de que una diferencia en la presión entre los lados de entrada y salida del segundo catalizador detectada por el medio de detección de la presión diferencial supere un valor predeterminado.

9. Método para purificar un gas de escape según la reivindicación 7 u 8, en el que el medio de calentamiento se controla para calentar el gas de escape de manera que el gas de escape salga en una temperatura que oscile desde 350 hasta 350°C a través del primer catalizador.

10. Método para purificar un gas de escape según la reivindicación 7 u 8, en el que el medio de calentamiento se controla para calentar el gas de escape de manera que el gas de escape salga en una temperatura que oscile desde 250 hasta 700°C a través del segundo catalizador.

11. Método para purificar un gas de escape según la reivindicación 7 u 8, en el que el medio de calentamiento se controla para calentar el gas de escape de manera que el gas de escape salga en una temperatura que oscile desde 600 hasta 700°C a través del segundo catalizador.

Fig.1

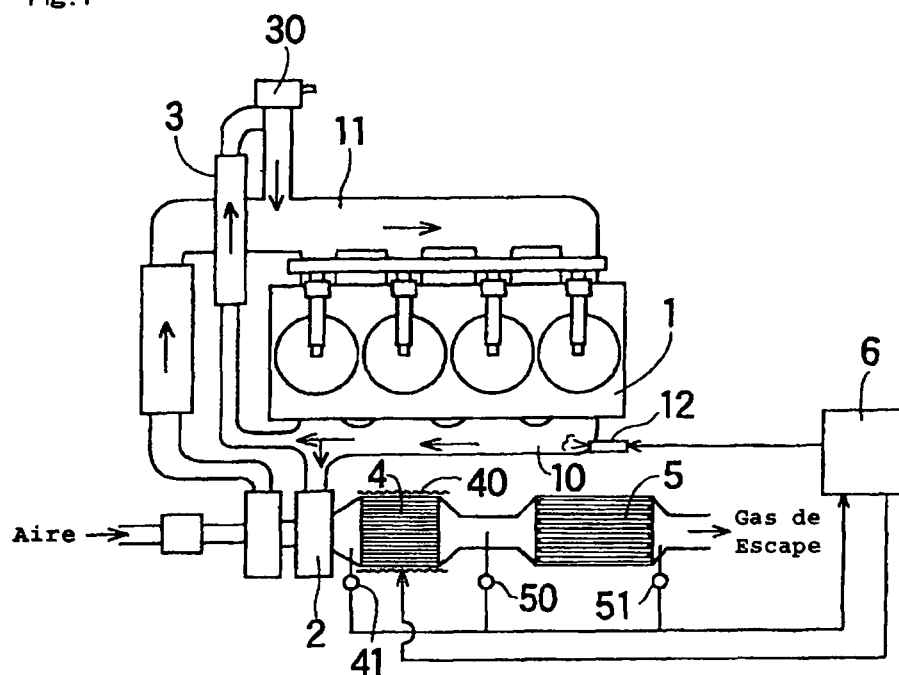


Fig.2

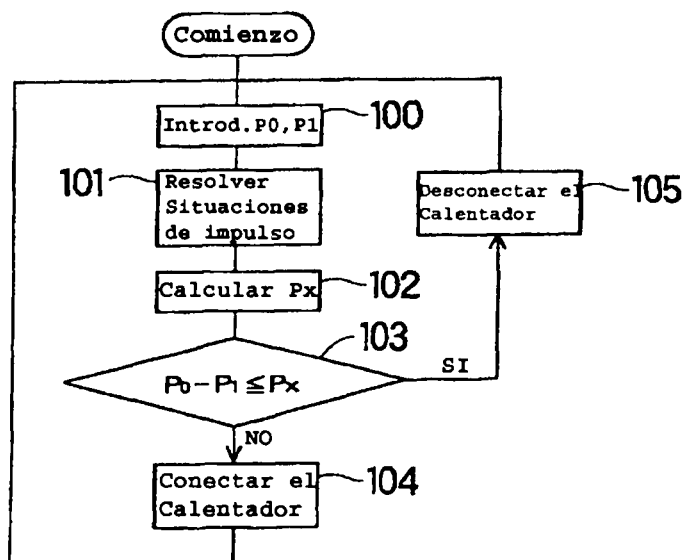


Fig.3

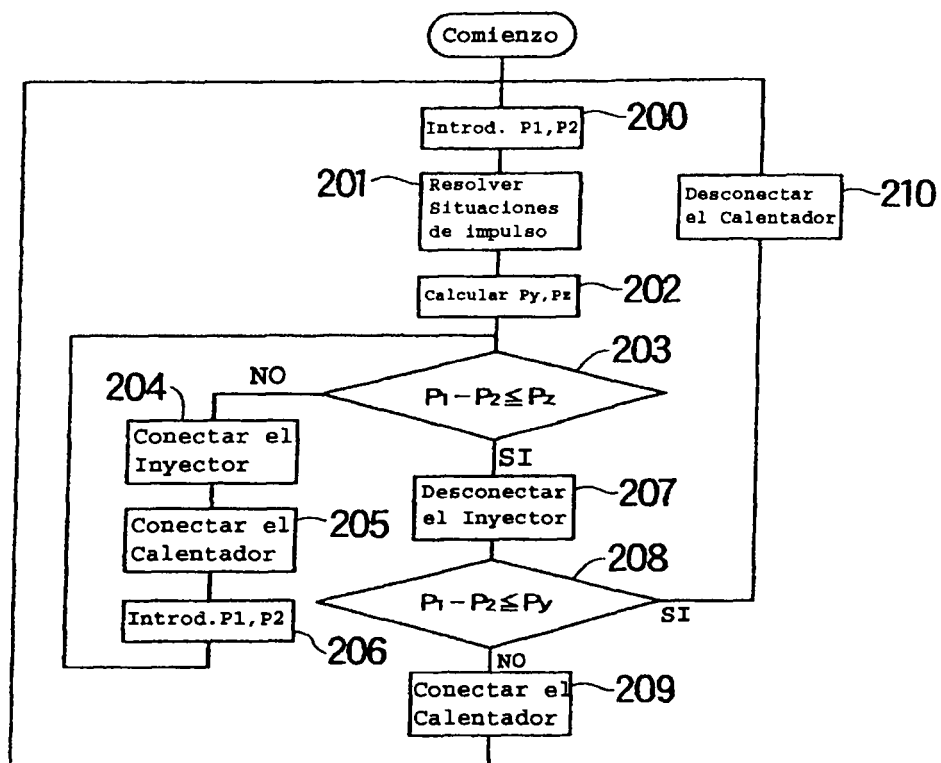


Fig.4

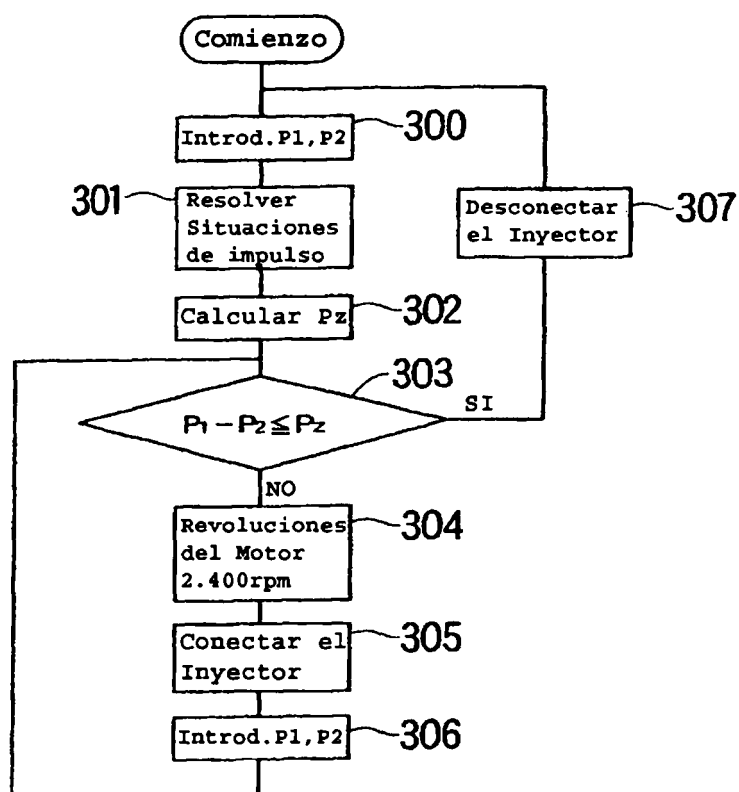


Fig.5

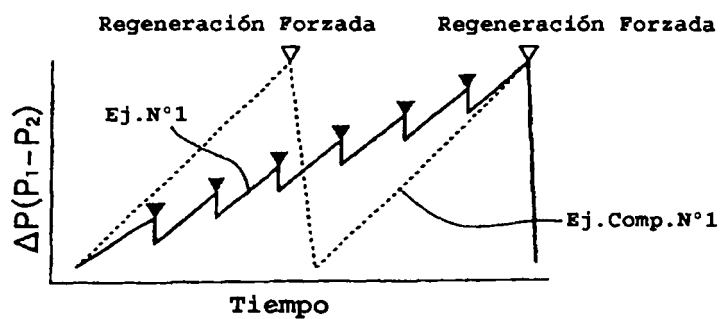


Fig.6

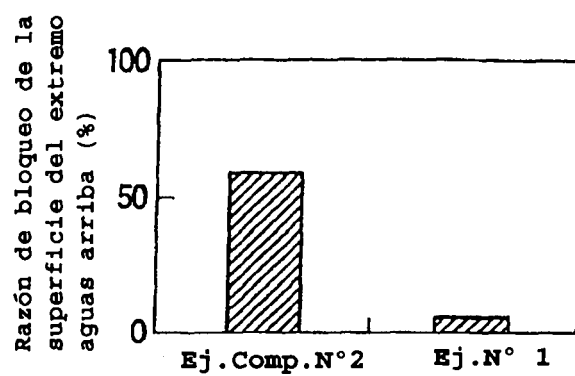


Fig.7

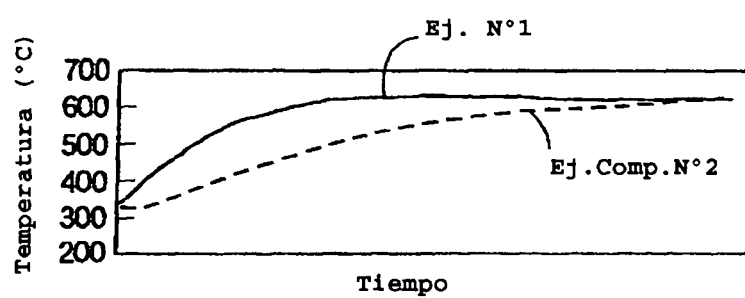


Fig.8

