

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 534 759**

51 Int. Cl.:

**F01N 3/08** (2006.01)

**F02D 41/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.03.2010 E 10845965 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.03.2015 EP 2402571**

54 Título: **Sistema de purificación de gases de escape de motor de combustión interna**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**28.04.2015**

73 Titular/es:

**TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA (100.0%)  
1 Toyota-cho  
Toyota-shi, Aichi-ken, 471-8571 , JP**

72 Inventor/es:

**BISAJI, YUKI;  
YOSHIDA, KOHEI y  
INOUE, MIKIO**

74 Agente/Representante:

**ZUAZO ARALUZE, Alexander**

**ES 2 534 759 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).

**SISTEMA DE PURIFICACIÓN DE GASES DE ESCAPE DE MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA****DESCRIPCIÓN****5 Campo técnico**

La presente invención se refiere a un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna.

**10 Técnica anterior**

En la técnica se conoce un motor de combustión interna que dispone, en un conducto de escape del motor, un catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub> que almacena NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape cuando la relación aire-combustible de los gases de escape entrantes pasa a ser pobre y que libera el NO<sub>x</sub> almacenado cuando la relación aire-combustible de los gases de escape entrantes pasa a ser rica, que dispone, en el conducto de escape del motor aguas arriba del catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub>, un catalizador de oxidación que tiene una función de adsorción, y que alimenta hidrocarburos al interior del conducto de escape del motor aguas arriba del catalizador de oxidación para hacer que la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub> sea rica cuando se libera NO<sub>x</sub> desde el catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub> (por ejemplo, véase el documento JP 3969450 B2).

En este motor de combustión interna, los hidrocarburos que se alimentan cuando se libera NO<sub>x</sub> desde el catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub> se convierten en hidrocarburos gaseosos en el catalizador de oxidación, y los hidrocarburos gaseosos se alimentan al catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub>. Como resultado, el NO<sub>x</sub> que se libera desde el catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub> se reduce ampliamente.

Documentos de técnica anterior adicionales hacen referencia a sistemas de purificación de gases de escape. De manera particular, el documento JP 2008 267217 A se refiere a un catalizador de reducción selectiva de NO<sub>x</sub> que está dispuesto en un conducto de escape y un catalizador de tipo de almacenamiento de NO<sub>x</sub> que puede ocluir NO<sub>x</sub> contenido en los gases de escape que está dispuesto en una posición aguas arriba del catalizador de reducción selectiva de NO<sub>x</sub>.

**Sumario de la invención****35 Problema técnico**

Sin embargo, existe el problema de que cuando el catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub> pasa a estar a alta temperatura, la tasa de purificación de NO<sub>x</sub> disminuye.

Un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna que pueda obtener una alta tasa de purificación de NO<sub>x</sub> incluso si la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape pasa a ser una alta temperatura.

**45 Solución al problema**

Según la presente invención, se proporciona un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1. En él, un catalizador de purificación de gases de escape está dispuesto en un conducto de escape del motor para hacer reaccionar el NO<sub>x</sub> contenido en los gases de escape e hidrocarburos reformados, una superficie de flujo de gases de escape del catalizador de purificación de gases de escape porta un catalizador de metales preciosos y una parte de superficie de flujo de gases de escape básica está formada alrededor del catalizador de metales preciosos, el catalizador de purificación de gases de escape tiene la propiedad de reducir el NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape si se provoca una variación de la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo y tiene la propiedad de aumentar en la cantidad de almacenamiento de NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape si se prolonga el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos más que el intervalo predeterminado y, en el momento del funcionamiento del motor, la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape se hace vibrar dentro del intervalo predeterminado de amplitud y dentro del intervalo predeterminado de periodo y se reduce de ese modo el NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape en el catalizador de purificación de gases de escape.

**Efectos ventajosos de la invención**

Incluso si la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape pasa a ser una temperatura alta, puede obtenerse una tasa de purificación de NO<sub>x</sub> alta.

**Breve descripción de los dibujos**

- La figura 1 es una vista general de un motor de combustión interna de tipo encendido por compresión.
- 5 La figura 2 es una vista que muestra esquemáticamente una parte superficial de un soporte de catalizador.
- La figura 3 es una vista para explicar una reacción de oxidación en un catalizador de purificación de gases de escape.
- 10 La figura 4 es una vista que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape.
- La figura 5 es una vista que muestra una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ .
- 15 Las figuras 6A y 6B son vistas para explicar una reacción de oxidación-reducción en un catalizador de purificación de gases de escape.
- Las figuras 7A y 7B son vistas para explicar una reacción de oxidación-reducción en un catalizador de purificación de gases de escape.
- 20 La figura 8 es una vista que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape.
- La figura 9 es una vista de una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ .
- 25 La figura 10 es un diagrama de tiempo que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape.
- La figura 11 es un diagrama de tiempo que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape.
- 30 La figura 12 es una vista que muestra una relación entre una fuerza de oxidación de un catalizador de purificación de gases de escape y una relación aire-combustible mínima demandada X.
- 35 La figura 13 es una vista que muestra una relación entre una concentración de oxígeno en gases de escape y una amplitud  $\Delta H$  de una concentración de hidrocarburos que aporta la misma tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ .
- La figura 14 es una vista que muestra una relación entre una amplitud  $\Delta H$  de una concentración de hidrocarburos y una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ .
- 40 La figura 15 es una vista que muestra una relación de un periodo de vibración  $\Delta T$  de una concentración de hidrocarburos y una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ .
- La figura 16 es un diagrama de tiempo que muestra cambios en una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape, etc.
- 45 La figura 17 es un diagrama de tiempo que muestra cambios en una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape, etc.
- 50 Las figuras 18A, 18B y 18C son vistas que muestran mapas de una cantidad de alimentación de hidrocarburo W, un periodo de alimentación  $\Delta T$  de hidrocarburos y una relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub>.
- La figura 19 es un diagrama de tiempo que muestra cambios en una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape, etc.
- 55 La figura 20 es un diagrama de tiempo que muestra cambios en una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape, etc.
- La figura 21 es una vista que muestra una relación entre valores de coeficientes de corrección  $WK_1$ ,  $\Delta TK_1$  y  $AFK_1$  y una temperatura de catalizador TC.
- 60 La figura 22 es una vista que muestra una relación entre valores de coeficientes de corrección  $WK_2$ ,  $\Delta TK_2$  y  $AFK_2$  y la capacidad de oxidación M.
- 65 La figura 23 es un diagrama de tiempo que muestra cambios en una relación aire-combustible de gases de escape

que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape, etc.

La figura 24 es una vista que muestra una relación entre un valor de un coeficiente de corrección  $WK_3$  y una cantidad contaminante de azufre S.

5 La figura 25 es un diagrama de tiempo que muestra cambios en una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape, etc.

10 La figura 26 es una vista que muestra una relación entre un valor de un coeficiente de corrección  $\Delta TK_4$  y la capacidad de retención de producto intermedio N.

Las figuras 27 y 28 son un diagrama de flujo para el control de una cantidad de alimentación de hidrocarburo.

15 Las figuras 29A, 29B y 29C son vistas para explicar un método para determinar la capacidad de oxidación, etc.

La figura 30 es un diagrama de flujo para determinar la capacidad de oxidación, etc.

Las figuras 31A, 31B y 31C son vistas para explicar otro método para determinar la capacidad de oxidación, etc.

20 La figura 32 es un diagrama de flujo para determinar la capacidad de oxidación, etc.

Las figuras 33A y 33B son vistas que muestran un diagrama de flujo para calcular una cantidad contaminante de azufre S.

25 La figura 34 es un diagrama de flujo para calcular una cantidad de desviación hacia pobre  $\Delta(A/F)_{in}$ .

Las figuras 35A y 35B son vistas para explicar un método para encontrar la capacidad de retención de producto intermedio N.

30 La figura 36 es un diagrama de flujo para calcular la capacidad de retención de producto intermedio.

### Descripción de realizaciones

35 La figura 1 es una vista general de un motor de combustión interna de tipo encendido por compresión.

Haciendo referencia a la figura 1, 1 indica un cuerpo de motor, 2 una cámara de combustión de cada cilindro, 3 un inyector de combustible controlado electrónicamente para inyectar combustible al interior de cada cámara 2 de combustión, 4 un colector de admisión y 5 un colector de escape. El colector 4 de admisión está conectado a través de un canal 6 de admisión a una salida de un compresor 7a de un turbocompresor 7 de escape, mientras que una entrada del compresor 7a está conectada a través de un detector 8 de cantidad de aire de admisión a un purificador 9 de aire. Dentro del canal 6 de admisión está dispuesta una válvula 10 de mariposa accionada por un motor paso a paso. Además, alrededor del canal 6 de admisión está dispuesto un dispositivo 11 de enfriamiento para enfriar el aire de admisión que fluye a través del interior del canal 6 de admisión. En la realización mostrada en la figura 1, el agua de enfriamiento de motor se guía al interior del dispositivo 11 de enfriamiento en el que el agua de enfriamiento de motor se usa para enfriar el aire de admisión.

50 Por otro lado, el colector 5 de escape está conectado a una entrada de una turbina 7b de escape del turbocompresor 7 de escape. La salida de la turbina 7b de escape está conectada a través de una tubería 12 de escape a una entrada del catalizador 13 de purificación de gases de escape, mientras que la salida del catalizador 13 de purificación de gases de escape está conectada a un filtro 14 de partículas para atrapar partículas que están contenidas en los gases de escape. Dentro de la tubería 12 de escape aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape, está dispuesta una válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, para alimentar hidrocarburos compuestos por gasóleo u otro combustible usado como combustible para un motor de combustión interna de tipo encendido por compresión. En la realización mostrada en la figura 1, se usa gasóleo como hidrocarburo que se alimenta desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos. Obsérvese que, la presente invención también puede aplicarse a un motor de combustión interna de tipo encendido por chispa en el que el combustible se quema con una relación aire-combustible pobre. En este caso, desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, se alimentan hidrocarburos compuestos por gasolina u otro combustible usado como combustible de un motor de combustión interna de tipo encendido por chispa.

60 Por otro lado, el colector 5 de escape y el colector 4 de admisión están conectados entre sí a través de un conducto 16 de recirculación de gases de escape (a continuación en el presente documento denominada "EGR"). Dentro del conducto 16 de EGR está dispuesta una válvula 17 de control de EGR controlada electrónicamente. Adicionalmente, alrededor del conducto 16 de EGR está dispuesto un dispositivo 18 de enfriamiento para enfriar el gas de EGR que fluye a través del interior del conducto 16 de EGR. En la realización mostrada en la figura 1, el agua de enfriamiento de motor se guía al interior del dispositivo 18 de enfriamiento en el que el agua de enfriamiento de motor se usa para

enfriar el gas de EGR. Por otro lado, cada inyector 3 de combustible está conectado a través de un tubo 19 de alimentación de combustible a un conducto 20 común. Este conducto 20 común está conectado a través de una bomba 21 de combustible de descarga variable controlada electrónicamente a un tanque 22 de combustible. El combustible que está almacenado dentro del tanque 22 de combustible se alimenta mediante la bomba 21 de combustible al interior del conducto 20 común. El combustible que se alimenta al interior del conducto 20 común se alimenta a través de cada tubo 19 de alimentación de combustible al inyector 3 de combustible.

Una unidad 30 de control electrónica está compuesta por un ordenador digital dotado de una ROM (memoria de sólo lectura) 32, una RAM (memoria de acceso aleatorio) 33, una CPU (microprocesador) 34, un puerto 35 de entrada y un puerto 36 de salida, que están conectados entre sí mediante un bus 31 bidireccional. Aguas abajo del catalizador 13 de purificación de gases de escape, está acoplado un sensor 23 de temperatura para detectar la temperatura de gases de escape. El filtro 14 de partículas tiene un sensor 24 de presión diferencial acoplado para detectar la presión diferencial antes y después del filtro 14 de partículas. Además en la parte de recogida del colector 5 de escape, está dispuesto un sensor 25 de relación aire-combustible. Las señales de salida de estos sensores 23 de temperatura, sensor 24 de presión diferencial, sensor 25 de relación aire-combustible y detector 8 de cantidad de aire de admisión se introducen a través de correspondientes convertidores 37 AD al puerto 35 de entrada. Adicionalmente, un pedal 40 del acelerador tiene un sensor 41 de carga conectado al mismo que genera una tensión de salida proporcional a la cantidad de depresión L del pedal 40 del acelerador. La tensión de salida del sensor 41 de carga se introduce a través de un correspondiente convertidor 37 AD al puerto 35 de entrada. Además, en el puerto 35 de entrada está conectado un sensor 42 del ángulo del cigüeñal que genera un impulso de salida cada vez que un árbol de cigüeñal rota, por ejemplo, 15°. Por otro lado, el puerto 36 de salida está conectado a través de correspondientes circuitos 38 de accionamiento a cada inyector 3 de combustible, motor paso a paso para accionar la válvula 10 de mariposa, válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, válvula 17 de control de EGR y bomba 21 de combustible.

La figura 2 muestra esquemáticamente un sustrato del catalizador 13 de purificación de gases de escape que porta una parte superficial de un soporte de catalizador. En este catalizador 13 de purificación de gases de escape, tal como se muestra en la figura 2, por ejemplo, se proporciona un soporte 50 de catalizador hecho de alúmina sobre el que se portan catalizadores 51 y 52 de metales preciosos. Además, sobre este soporte 50 de catalizador, se forma una capa 53 básica que incluye al menos un elemento seleccionado de potasio K, sodio Na, cesio Cs u otro metal alcalino de este tipo, bario Ba, calcio Ca u otro metal alcalinotérreo de este tipo, un lantánido u otra tierra rara de este tipo y plata Ag, cobre Cu, hierro Fe, iridio Ir u otro metal que pueda donar electrones al NO<sub>x</sub>. Los gases de escape fluyen a lo largo de la parte superior del soporte 50 de catalizador, de modo que puede decirse que la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape porta los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos. Adicionalmente, la superficie de la capa 53 básica presenta basicidad, así que la superficie de la capa 53 básica se denomina parte 54 superficial de flujo de gases de escape básica.

Por otro lado, en la figura 2, el catalizador 51 de metales preciosos está compuesto por platino Pt, mientras que el catalizador 52 de metales preciosos está compuesto por rodio Rh. Es decir, los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos que porta el soporte 50 de catalizador están compuestos por platino Pt y rodio Rh. Obsérvese que, sobre el soporte 50 de catalizador del catalizador 13 de purificación de gases de escape, además de platino Pt y rodio Rh, adicionalmente puede portarse paladio Pd o, en lugar de rodio Rh, puede portarse paladio Pd. Es decir, los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos que porta el soporte 50 de catalizador están compuestos por platino Pt y al menos uno de rodio Rh y paladio Pd.

Si se inyectan hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos al interior de los gases de escape, los hidrocarburos se reforman mediante el catalizador 13 de purificación de gases de escape. En la presente invención, en este momento, los hidrocarburos reformados se usan para eliminar el NO<sub>x</sub> en el catalizador 13 de purificación de gases de escape. La figura 3 muestra esquemáticamente la acción de reformado realizada en el catalizador 13 de purificación de gases de escape en este momento. Tal como se muestra en la figura 3, los hidrocarburos HC que se inyectan desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos pasan a ser hidrocarburos HC con radicales con un pequeño número de carbonos por el catalizador 51.

Obsérvese que, incluso si se inyecta combustible, es decir, hidrocarburos, desde el inyector 3 de combustible al interior de la cámara 2 de combustión durante la mitad posterior de la carrera de expansión o durante la carrera de escape, los hidrocarburos se reforman dentro de la cámara 2 de combustión o en el catalizador 13 de purificación de gases de escape, y el NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape se elimina mediante los hidrocarburos reformados en el catalizador 13 de purificación de gases de escape. Por tanto, en la presente invención, en lugar de alimentar hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos al interior del conducto de escape del motor, también es posible alimentar hidrocarburos al interior de la cámara 2 de combustión durante la mitad posterior de la carrera de expansión o durante la carrera de escape. De este modo, en la presente invención, también es posible alimentar hidrocarburos al interior de la cámara 2 de combustión, aunque a continuación la presente invención se explica tomando como ejemplo el caso de inyectar hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos al interior del conducto de escape del motor.

La figura 4 muestra los tiempos de la alimentación de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de

hidrocarburos y los cambios en la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Obsérvese que, los cambios en la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> dependen del cambio en la concentración de los hidrocarburos en los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape, de modo que puede decirse que el cambio en la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> mostrado en la figura 4 expresa el cambio en la concentración de los hidrocarburos. Sin embargo, si la concentración de hidrocarburos pasa a ser más alta, la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> pasa a ser más pequeña, de modo que, en la figura 4, cuanto más hacia el lado rico está la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub>, más alta es la concentración de hidrocarburos.

La figura 5 muestra la tasa de purificación de NO<sub>x</sub> por el catalizador 13 de purificación de gases de escape con respecto a las temperaturas de catalizador del catalizador 13 de purificación de gases de escape cuando se hace cambiar periódicamente la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape para, tal como se muestra en la figura 4, hacer que cambie la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape que fluyen al catalizador 13 de purificación de gases de escape. Los inventores se dedicaron a la investigación en relación a la purificación de NO<sub>x</sub> durante mucho tiempo. En el proceso de investigación, aprendieron que si se hace vibrar la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo, tal como se muestra en la figura 5, se obtiene una tasa de purificación de NO<sub>x</sub> extremadamente alta incluso en una región de alta temperatura de 400°C o superior.

Además, en este momento, una gran cantidad de producto intermedio reductor que contiene nitrógeno e hidrocarburos continúa estando retenida o adsorbida sobre la superficie de la capa 53 básica, es decir, sobre la parte 54 superficial de flujo de gases de escape básica del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Se aprendió que, este producto intermedio reductor desempeña un papel central en la obtención de una alta tasa de purificación de NO<sub>x</sub>. A continuación, esto se explicará con referencia a las figuras 6A y 6B. Obsérvese que estas figuras 6A y 6B muestran esquemáticamente la parte superficial del soporte 50 de catalizador del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Estas figuras 6A y 6B muestran la reacción que se presupone que se produce cuando la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace vibrar dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo.

La figura 6A muestra cuando la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape es baja, mientras que la figura 6B muestra cuando se alimentan hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos y la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape pasa a ser alta.

Ahora, tal como se entenderá a partir de la figura 4, la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se mantiene pobre excepto por un instante, de modo que los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape pasan normalmente a un estado de exceso de oxígeno. Por tanto, el NO que está contenido en los gases de escape, tal como se muestra en la figura 6A, se oxida sobre el platino 51 y pasa a ser NO<sub>2</sub>. A continuación, este NO<sub>2</sub> se suministra con electrones del platino 51 y pasa a ser NO<sub>2</sub><sup>-</sup>. Por tanto, se produce una gran cantidad de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> sobre el platino 51. Este NO<sub>2</sub><sup>-</sup> presenta una fuerte actividad. Anteriormente, este NO<sub>2</sub><sup>-</sup> se denomina NO<sub>2</sub><sup>\*</sup> activo.

Por otro lado, si se alimentan hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, tal como se muestra en la figura 3, los hidrocarburos se reforman y pasan a estar radicalizados dentro del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Como resultado, tal como se muestra en la figura 6B, la concentración de hidrocarburos alrededor del NO<sub>2</sub><sup>\*</sup> activo pasa a ser más alta. A este respecto, después de producirse el NO<sub>2</sub><sup>\*</sup> activo, si el estado de una alta concentración de oxígeno alrededor del NO<sub>2</sub><sup>\*</sup> activo continúa durante un tiempo predeterminado o más, el NO<sub>2</sub><sup>\*</sup> activo se oxida y se absorbe en la capa 53 básica en forma de iones nitrato NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Sin embargo, si la concentración de hidrocarburos alrededor del NO<sub>2</sub><sup>\*</sup> activo se hace más alta antes de que pase este tiempo predeterminado, tal como se muestra en la figura 6B, el NO<sub>2</sub><sup>\*</sup> activo reacciona sobre el platino 51 con los hidrocarburos HC con radicales mediante lo cual se produce un producto intermedio reductor. Este producto intermedio reductor se adhiere o adsorbe sobre la superficie de la capa 53 básica.

Obsérvese que, en este momento, se considera que el primer producto intermedio reductor producido es un nitrocompuesto R-NO<sub>2</sub>. Si se produce este nitrocompuesto R-NO<sub>2</sub>, el resultado pasa a ser un compuesto de nitrilo R-CN, pero este compuesto de nitrilo R-CN sólo puede sobrevivir durante un instante en este estado, así que inmediatamente pasa a ser un compuesto de isocianato R-NCO. Este compuesto de isocianato R-NCO, cuando se hidroliza, pasa a ser un compuesto de amina R-NH<sub>2</sub>. Sin embargo, en este caso, lo que se hidroliza se considera parte del compuesto de isocianato R-NCO. Por tanto, tal como se muestra en la figura 6B, se cree que la mayoría del producto intermedio reductor que se retiene o se adsorbe sobre la superficie de la capa 53 básica es el compuesto de isocianato R-NCO y el compuesto de amina R-NH<sub>2</sub>.

Por otro lado, tal como se muestra en la figura 6B, si el producto intermedio reductor producido está rodeado por los hidrocarburos HC, el producto intermedio reductor se bloquea por los hidrocarburos HC y la reacción no continuará.

En este caso, si la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se reduce y de ese modo la concentración de oxígeno pasa a ser más alta, los hidrocarburos alrededor del producto intermedio reductor se oxidarán. Como resultado, tal como se muestra en la figura 6A, el producto intermedio reductor y el  $\text{NO}_2^*$  activo reaccionarán. En este momento, el  $\text{NO}_2^*$  activo reacciona con el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> para formar N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O y por consiguiente se elimina el NO<sub>x</sub>.

De este modo, en el catalizador 13 de purificación de gases de escape, al hacer más alta la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape, se produce un producto intermedio reductor. Al hacer más baja la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape y aumentar la concentración de oxígeno, el  $\text{NO}_2^*$  activo reacciona con el producto intermedio reductor y se elimina el NO<sub>x</sub>. Es decir, para que el catalizador 13 de purificación de gases de escape elimine el NO<sub>x</sub>, la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape ha de cambiarse periódicamente.

Obviamente, en este caso, es necesario aumentar la concentración de hidrocarburos hasta una concentración suficientemente alta para producir el producto intermedio reductor y es necesario reducir la concentración de hidrocarburos hasta una concentración suficientemente baja para hacer que el producto intermedio reductor producido reaccione con el  $\text{NO}_2^*$  activo. Es decir, es necesario hacer vibrar la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape dentro de un intervalo predeterminado de amplitud. Obsérvese que, en este caso, es necesario retener una cantidad suficiente de producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> sobre la capa 53 básica, es decir, la parte 54 de superficie de flujo de gases de escape básica, hasta que el producto intermedio reductor producido reacciona con el  $\text{NO}_2^*$  activo. Por este motivo, se proporciona la parte 54 de superficie de flujo de gases de escape básica.

Por otro lado, si se prolonga el periodo de alimentación de los hidrocarburos, el tiempo en el que la concentración de oxígeno se hace más alta pasa a ser más largo en el periodo después de alimentarse los hidrocarburos hasta que se alimentan de nuevo los hidrocarburos. Por tanto, el  $\text{NO}_2^*$  activo se absorbe en la capa 53 básica en forma de nitratos sin producir un producto intermedio reductor. Para evitar esto, es necesario hacer vibrar la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape dentro de un intervalo predeterminado de periodo.

Por tanto, en una realización de la presente invención, para hacer que el NO<sub>x</sub> contenido en los gases de escape y los hidrocarburos reformados reaccione y produzca el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> que contiene nitrógeno e hidrocarburos, la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape porta catalizadores 51 y 52 de metales preciosos. Para retener el producto intermedio reductor producido R-NCO o R-NH<sub>2</sub>, dentro del catalizador 13 de purificación de gases de escape, una parte 54 de superficie de flujo de gases de escape básica está formada alrededor de los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos. Debido a la acción de reducción del producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> que se retiene sobre la parte 54 de superficie de flujo de gases de escape básica, el NO<sub>x</sub> se reduce. Se hace que el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos sea el periodo de vibración requerido para continuar la producción del producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub>. A este respecto, en el ejemplo mostrado en la figura 4, se hace que el intervalo de inyección sea de 3 segundos.

Si el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos, es decir, el periodo de alimentación de los hidrocarburos HC, se hace más largo que el anterior intervalo predeterminado de periodo, el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> desaparece de la superficie de la capa 53 básica. En este momento, el  $\text{NO}_2^*$  activo que se produce sobre el platino Pt 53, tal como se muestra en la figura 7A, difunde en la capa 53 básica en forma de iones nitrato  $\text{NO}_3^-$  y pasa a ser nitratos. Es decir, en este momento, el NO<sub>x</sub> en los gases de escape se absorbe en forma de nitratos dentro de la capa 53 básica.

Por otro lado, la figura 7B muestra el caso en el que se hace que la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape sea la relación aire-combustible estequiométrica o rica cuando el NO<sub>x</sub> se absorbe en forma de nitratos dentro de la capa 53 básica. En este caso, la concentración de oxígeno en los gases de escape disminuye, así que la reacción avanza en el sentido opuesto ( $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2$ ) y por consiguiente los nitratos absorbidos en la capa 53 básica pasan a ser iones nitrato  $\text{NO}_3^-$  uno a uno y, como se muestra en la figura 7B, se liberan de la capa 53 básica en forma de NO<sub>2</sub>. A continuación, el NO<sub>2</sub> liberado se reduce mediante los hidrocarburos HC y CO contenidos en los gases de escape.

La figura 8 muestra el caso de hacer temporalmente rica la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape ligeramente antes de que la capacidad de absorción de NO<sub>x</sub> de la capa 53 básica pase a ser saturada. Obsérvese que, en el ejemplo mostrado en la figura 8, el intervalo de tiempo de este control por riqueza es de 1 minuto o más. En este caso, el NO<sub>x</sub> que se absorbió en la capa 53 básica cuando la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape era pobre se libera todo de una vez de la capa 53 básica y se reduce cuando la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape se hace temporalmente rica. Por tanto, en este caso, la capa 53 básica desempeña el papel de un absorbedor para absorber temporalmente NO<sub>x</sub>.

Obsérvese que, en este momento, en ocasiones la capa 53 básica adsorbe temporalmente el  $\text{NO}_x$ . Por tanto, si se usa el término almacenamiento como un término que incluye tanto absorción como adsorción, en este momento, la capa 53 básica desempeña el papel de un agente de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  para almacenar temporalmente el  $\text{NO}_x$ . Es decir, en este caso, si la relación del aire y el combustible (hidrocarburos) que se alimentan al interior del conducto de admisión del motor, las cámaras 2 de combustión y el conducto de escape aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape se denomina relación aire-combustible de los gases de escape, el catalizador 13 de purificación de gases de escape funciona como catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  que almacena el  $\text{NO}_x$  cuando la relación aire-combustible de los gases de escape es pobre y libera el  $\text{NO}_x$  almacenado cuando la concentración de oxígeno en los gases de escape disminuye.

La figura 9 muestra la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  cuando se hace que el catalizador 13 de purificación de gases de escape funcione como catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  de este modo. Obsérvese que el eje de abscisas de la figura 9 muestra la temperatura de catalizador TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Cuando se hace que el catalizador 13 de purificación de gases de escape funcione como catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$ , como se muestra en la figura 9, cuando la temperatura de catalizador TC es de  $300^\circ\text{C}$  a  $400^\circ\text{C}$ , se obtiene una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  extremadamente alta, pero cuando la temperatura de catalizador TC pasa a ser de  $400^\circ\text{C}$  o una temperatura más alta, la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  disminuye.

De esta manera, cuando la temperatura de catalizador TC pasa a ser de  $400^\circ\text{C}$  o más, la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  disminuye porque si la temperatura de catalizador TC pasa a ser de  $400^\circ\text{C}$  o más, los nitratos se descomponen por el calor y se liberan en forma de  $\text{NO}_2$  desde el catalizador 13 de purificación de gases de escape. Es decir, siempre que se almacene  $\text{NO}_x$  en forma de nitratos, cuando la temperatura de catalizador TC es alta, es difícil obtener una alta tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ . Sin embargo, en el nuevo método de purificación de  $\text{NO}_x$  mostrado de la figura 4 a las figuras 6A y 6B, tal como se entenderá a partir de las figuras 6A y 6B, no se forman nitratos o incluso si se forman, su cantidad es extremadamente pequeña, por consiguiente, como se muestra en la figura 5, incluso cuando la temperatura de catalizador TC es alta, se obtiene una alta tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ .

Por tanto, en la presente invención, un catalizador 13 de purificación de gases de escape está dispuesto en el conducto de escape del motor para hacer reaccionar el  $\text{NO}_x$  contenido en los gases de escape y el hidrocarburo reformado. La superficie de flujo de gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape porta catalizadores 51 y 52 de metales preciosos. Alrededor de los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos, está formada una parte 54 de superficie de flujo de gases de escape básica. El catalizador 13 de purificación de gases de escape tiene la propiedad de reducir el  $\text{NO}_x$  que está contenido en los gases de escape si se hace vibrar la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo y tiene la propiedad de aumentar la cantidad de almacenamiento del  $\text{NO}_x$  que está contenido en los gases de escape si se hace que el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos sea más largo que este intervalo predeterminado. En el momento del funcionamiento del motor, la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace vibrar dentro del intervalo predeterminado de amplitud y dentro del intervalo predeterminado de periodo. Debido a esto, el  $\text{NO}_x$  que está contenido en los gases de escape se reduce en el catalizador 13 de purificación de gases de escape.

Es decir, puede decirse que el método de purificación de  $\text{NO}_x$  que se muestra de la figura 4 a las figuras 6A y 6B es un nuevo método de purificación de  $\text{NO}_x$  diseñado para eliminar  $\text{NO}_x$  sin formar casi ningún nitrato en caso de usar un catalizador de purificación de gases de escape que porta un catalizador de metales preciosos y forma una capa básica que puede absorber  $\text{NO}_x$ . En realidad, cuando se usa este nuevo método de purificación de  $\text{NO}_x$ , la cantidad de nitratos que se detecta de la capa 53 básica pasa a ser mucho más pequeña en comparación con el caso en el que se hace funcionar el catalizador 13 de purificación de gases de escape como catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$ .

A continuación, haciendo referencia a de la figura 10 a la figura 15, se explicará un poco más en detalle el nuevo método de purificación de  $\text{NO}_x$  que se muestra en de la figura 4 a las figuras 6A y 6B.

La figura 10 muestra ampliado el cambio en la relación aire-combustible (A/F)in mostrada en la figura 4. Obsérvese que, tal como se explicó anteriormente, el cambio en la relación aire-combustible (A/F)in de los gases de escape que fluyen al interior de este catalizador 13 de purificación de gases de escape muestra simultáneamente el cambio en la concentración de los hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Obsérvese que, en la figura 10,  $\Delta\text{H}$  muestra la amplitud del cambio en la concentración de hidrocarburos HC que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape, mientras que  $\Delta\text{T}$  muestra el periodo de vibración de la concentración de los hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

Además, en la figura 10, (A/F)b muestra la relación aire-combustible base que muestra la relación aire-combustible del gas de combustión para generar la salida de motor. En otras palabras, esta relación aire-combustible base (A/F)b muestra la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación

de gases de escape cuando se detiene la alimentación de hidrocarburos. Por otro lado, en la figura 10, X muestra el límite superior de la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> que se usa para producir el producto intermedio reductor sin que el NO<sub>2</sub>\* activo producido se almacene en forma de nitratos dentro de la capa 53 básica. Para hacer que el NO<sub>2</sub>\* activo y los hidrocarburos reformados reaccionen y produzcan el producto intermedio reductor, es necesario hacer

5

En otras palabras, en la figura 10, X muestra el límite inferior de la concentración de hidrocarburos requerida para hacer que el NO<sub>2</sub>\* activo y el hidrocarburo reformado reaccionen para producir un producto intermedio reductor. Para producir el producto intermedio reductor, la concentración de hidrocarburos ha de hacerse superior a este límite inferior X. En este caso, se determina si se produce el producto intermedio reductor por la relación de la concentración de oxígeno y la concentración de hidrocarburo alrededor del NO<sub>2</sub>\* activo, es decir, la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub>. El límite superior X de la relación aire-combustible requerida para producir el producto intermedio reductor se denominará a continuación la relación aire-combustible mínima demandada.

10

En el ejemplo mostrado en la figura 10, la relación aire-combustible mínima demandada X pasa a ser rica. Por tanto, en este caso, para producir el producto intermedio reductor, la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> se hace instantáneamente la relación aire-combustible mínima demandada X o menos, es decir, se hace rica. En contraposición a esto, en el ejemplo mostrado en la figura 11, la relación aire-combustible mínima demandada X pasa a ser pobre. En este caso, el producto intermedio reductor se produce manteniendo la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> pobre y haciendo disminuir periódicamente la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub>.

15

20

En este caso, si la relación aire-combustible mínima demandada X pasa a ser rica o pasa a ser pobre depende de la fuerza de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape. En este caso, el catalizador 13 de purificación de gases de escape, por ejemplo, pasa a ser más fuerte en fuerza de oxidación si se aumenta la cantidad portada del metal 51 precioso y pasa a ser más fuerte en fuerza de oxidación si se refuerza la acidez. Por tanto, la fuerza de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape cambia debido a la cantidad portada del metal 51 precioso o la fuerza de la acidez.

25

Ahora, si se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una gran fuerza de oxidación, tal como se muestra en la figura 11, si se mantiene la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> pobre mientras se disminuye periódicamente la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub>, los hidrocarburos acaban oxidándose por completo cuando se reduce la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub>. Como resultado, el producto intermedio reductor ya no puede producirse. En contraposición a esto, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una gran fuerza de oxidación, tal como se muestra en la figura 10, si se hace la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> periódicamente rica, cuando la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> se hace rica, los hidrocarburos se oxidarán parcialmente, sin oxidarse por completo, es decir, los hidrocarburos se reformarán, por consiguiente se producirá el producto intermedio reductor. Por tanto, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una gran fuerza de oxidación, la relación aire-combustible mínima demandada X ha de hacerse rica.

30

35

Por otro lado, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una fuerza de oxidación débil, tal como se muestra en la figura 11, si se mantiene la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> pobre mientras se disminuye periódicamente la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub>, los hidrocarburos se oxidarán parcialmente sin oxidarse por completo, es decir, los hidrocarburos se reformarán y por consiguiente se producirá el producto intermedio reductor. En contraposición a esto, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una fuerza de oxidación débil, tal como se muestra en la figura 10, si se hace la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> periódicamente rica, se escapará una gran cantidad de hidrocarburos del catalizador 13 de purificación de gases de escape sin oxidarse y por consiguiente la cantidad de hidrocarburos que se desperdicia aumentará. Por tanto, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una fuerza de oxidación débil, la relación aire-combustible mínima demandada X tiene que hacerse pobre.

40

45

50

Es decir, se aprende que la relación aire-combustible mínima demandada X, tal como se muestra en la figura 12, se reduce cuanto más grande es la fuerza de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape. De este modo la relación aire-combustible mínima demandada X pasa a ser pobre o rica debido a la fuerza de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape. A continuación, tomando como ejemplo el caso en el que la relación aire-combustible mínima demandada X es rica, se explicará la amplitud del cambio en la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape y el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

55

Ahora, si la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> pasa a ser más grande, es decir, si la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos pasa a ser más alta, la cantidad de alimentación de hidrocarburos requerida para hacer la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> la relación aire-combustible mínima demandada X o menos aumenta y junto con esto también aumenta el exceso de cantidad de hidrocarburos que no contribuyeron a la producción del producto intermedio reductor. En este caso, para eliminar bien el NO<sub>x</sub>, tal como se explicó anteriormente, es necesario hacer que el exceso de hidrocarburos se oxide. Por tanto, para eliminar el NO<sub>x</sub> bien, cuanto mayor es la cantidad de exceso de hidrocarburos, mayor es la cantidad de oxígeno que se requiere.

60

65

En este caso, si se aumenta la concentración de oxígeno en los gases de escape, puede aumentarse la cantidad de oxígeno. Por tanto, para eliminar el  $\text{NO}_x$  bien, cuando la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos es alta, es necesario aumentar la concentración de oxígeno en los gases de escape después de alimentar los hidrocarburos. Es decir, cuanto mayor es la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos, mayor ha de hacerse la amplitud de la concentración de hidrocarburos.

La figura 13 muestra la relación entre la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos y la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos cuando se obtiene la misma tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ . Para obtener la misma tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ , a partir de la figura 13, se aprende que cuanto mayor es la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos, mayor ha de hacerse la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos. Es decir, para obtener la misma tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ , cuanto mayor es la relación aire-combustible base  $(A/E)_b$ , mayor ha de hacerse la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos. En otras palabras, para eliminar el  $\text{NO}_x$  bien, cuanto menor es la relación aire-combustible base  $(A/F)_b$ , más puede reducirse la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos.

A este respecto, la relación aire-combustible base  $(A/F)_b$  pasa a ser la más baja en el momento de una operación de aceleración. En este momento, si la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos es de aproximadamente 200 ppm, es posible eliminar el  $\text{NO}_x$  bien. La relación aire-combustible base  $(A/F)_b$  es normalmente más grande que el tiempo de la operación de aceleración. Por tanto, tal como se muestra en la figura 14, si la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos es de 200 ppm o más, puede obtenerse una excelente tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ .

Por otro lado, se aprende que cuando la relación aire-combustible base  $(A/F)_b$  es la más alta, si se hace la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos 10000 ppm aproximadamente, se obtiene una excelente tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ . Además, si la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos está por encima de 10000 ppm, existe el peligro de que la relación aire-combustible  $(A/F)_b$  se haga rica. Por tanto, existe el peligro de que el nuevo método de purificación de  $\text{NO}_x$  que se muestra desde la figura 4 hasta las figuras 6A y 6B ya no pueda realizarse. Por tanto, en la presente invención, el intervalo predeterminado de la amplitud de la concentración de hidrocarburos se hace de 200 ppm a 10000 ppm.

Además, si el periodo de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos se hace más largo, la concentración de oxígeno alrededor del  $\text{NO}_2^*$  activo se hace más alta en el tiempo desde después de alimentarse los hidrocarburos hasta cuando los hidrocarburos se alimentan de nuevo. En este caso, si el periodo de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos se hace más largo de aproximadamente 5 segundos, el  $\text{NO}_2^*$  activo empieza a absorberse en forma de nitratos dentro de la capa 53 básica. Por tanto, tal como se muestra en la figura 15, si el periodo de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos se hace más largo de aproximadamente 5 segundos, la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  cae. Por tanto, el periodo de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos ha de hacerse de 5 segundos o menos.

Por otro lado, si el periodo de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos se hace de aproximadamente 0,3 segundos o menos, los hidrocarburos alimentados empiezan a acumularse sobre la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape, por tanto, tal como se muestra en la figura 15, si el periodo de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos pasa a ser aproximadamente 0,3 segundos o menos, la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  disminuye. Por tanto, en la presente invención, el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace de desde 0,3 segundos hasta 5 segundos.

Ahora, en una realización de la presente invención, al cambiar la cantidad de inyección y los tiempos de la inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, la amplitud  $\Delta H$  y el periodo de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos se controlan a los valores óptimos según el estado de funcionamiento del motor. La figura 16 y la figura 17 muestran el cambio en la concentración óptima de hidrocarburos según el estado de funcionamiento del motor y la cantidad de inyección  $W$  de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos que provoca estos cambios. Obsérvese que la figura 16 muestra el caso en el que la relación aire-combustible base  $(A/F)_b$  cambia, mientras que la figura 17 muestra el caso en el que la cantidad de aire de admisión  $GA$ , es decir, la cantidad de gases de escape, cambia.

Tal como se explicó anteriormente, para eliminar el  $\text{NO}_x$  bien, a medida que la relación aire-combustible base  $(A/F)_b$  tal como se muestra en la figura 16 pasa a ser mayor, la amplitud de la concentración de hidrocarburos ha de hacerse mayor. Para aumentar la amplitud de la concentración de hidrocarburos, es necesario aumentar la cantidad de inyección  $W$  de hidrocarburos. Por tanto, en una realización de la presente invención, cuanto mayor es la relación aire-combustible base  $(A/F)_b$ , mayor se hace la cantidad de inyección  $W$  de hidrocarburos.

Por otro lado, cuando se alimenta una determinada cantidad de hidrocarburos con una relación aire-combustible base  $(A/F)_b$  constante, si la cantidad de aire de admisión  $GA$  aumenta, es decir, si la cantidad de gases de escape aumenta, la concentración de hidrocarburos en los gases de escape disminuye. En este caso, para mantener la concentración de hidrocarburos en los gases de escape a una concentración constante independientemente de la

cantidad de aire de admisión GA, es necesario aumentar la cantidad de alimentación de hidrocarburos a medida que la cantidad de aire de admisión GA aumenta. Por tanto, en una realización de la presente invención, tal como se muestra en la figura 17, cuanto mayor es la cantidad de aire de admisión GA, mayor se hace la cantidad de inyección W de hidrocarburos.

De este modo, la cantidad de inyección W de hidrocarburos que puede dar lugar al cambio óptimo en la concentración de hidrocarburos según el estado de funcionamiento del motor cambia según el estado de funcionamiento del motor. En una realización de la presente invención, esta cantidad de inyección W de hidrocarburos se almacena como función del par motor demandado TQ del motor y la velocidad del motor N en forma de un mapa tal como se muestra en la figura 18A por adelantado en la ROM 32.

Además, la amplitud de vibración óptima  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos, es decir, el periodo de inyección  $\Delta T$  de los hidrocarburos, también se almacena como función del par motor demandado TQ del motor y la velocidad del motor N en forma de mapa tal como se muestra en la figura 18B por adelantado en la ROM 32. Además, la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> objetivo también se almacena como función del par motor demandado TQ del motor y la velocidad del motor N en forma de mapa tal como se muestra en la figura 18C por adelantado en la ROM 32.

Ahora, cuando todo funciona de manera normal, es decir, cuando la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape pasa a ser una concentración óptima predeterminada y el catalizador 13 de purificación de gases de escape se ocupa de una acción de purificación normal, si se hace la cantidad de inyección W de hidrocarburos la inyección que se encuentra en el mapa mostrado en la figura 18A y se hace el periodo de inyección  $\Delta T$  de los hidrocarburos el periodo de inyección que se encuentra en la figura 18B, se obtiene una excelente acción de purificación de NO<sub>x</sub>.

Sin embargo, cuando debido a algún motivo, la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape no consigue pasar a ser la concentración óptima predeterminada o el catalizador 13 de purificación de gases de escape se deteriora, incluso si se hace la cantidad de inyección W de hidrocarburos la cantidad de inyección que se encuentra en el mapa mostrado en la figura 18A y se hace el periodo de inyección  $\Delta T$  de los hidrocarburos el periodo de inyección que se encuentra en la figura 18B, ya no es posible eliminar el NO<sub>x</sub> de manera eficaz. En este caso, para eliminar el NO<sub>x</sub> de manera eficaz, es necesario cambiar uno o ambos de la cantidad de inyección W de hidrocarburos y el periodo de inyección  $\Delta T$  de los hidrocarburos a un valor diferente del valor mostrado en la figura 18A o la figura 18B según la concentración de hidrocarburos o el estado del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

Por tanto, en la presente invención, uno o ambos de la cantidad de inyección W de hidrocarburos y el periodo de inyección  $\Delta T$  de los hidrocarburos se cambia según la concentración de hidrocarburos o el estado del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Es decir, expresado de manera general, en la presente invención, al menos uno de la amplitud de la concentración de hidrocarburos y el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos se cambia según la concentración de hidrocarburos o el estado del catalizador 13 de purificación de gases de escape. A continuación, esto se explicará con referencia a de la figura 19 a la figura 36.

La figura 19 muestra el cambio en la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador 13 de purificación de gases de escape en un determinado estado de funcionamiento del motor representativo cuando todo está funcionando de manera normal, es decir, el cambio en la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape que fluyen al catalizador 13 de purificación de gases de escape, y la cantidad de inyección W de hidrocarburos. Obsérvese que, a continuación, este estado de funcionamiento del motor representativo se usará como ejemplo para explicar la amplitud de la concentración de hidrocarburos y el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos cambiados según la concentración de hidrocarburos o el estado del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

Ahora, en una realización de la presente invención, se controla la cantidad de alimentación de hidrocarburos por inyección para controlar la amplitud de la concentración de hidrocarburos. Por tanto, en una realización de la presente invención, al menos uno de la cantidad de alimentación de hidrocarburos por inyección y el periodo de alimentación del hidrocarburo se cambia según la concentración de hidrocarburos o el estado del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Por ejemplo, si la capacidad de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape disminuye, la cantidad de hidrocarburos que puede modificarse por inyección se reduce. En este momento, si no se reduce la cantidad de inyección por inyección, la cantidad de hidrocarburos consumida sin contribuir a la purificación de NO<sub>x</sub> termina aumentando.

Por tanto, en una realización de la presente invención, tal como se muestra en la figura 20, cuando la capacidad de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape disminuye, la cantidad de alimentación de hidrocarburos por inyección se reduce. Además, en una realización de la presente invención, para evitar que se reduzca la cantidad total de hidrocarburos que se alimenta incluso si se disminuye la cantidad de alimentación de hidrocarburos por inyección, tal como se muestra en la figura 20, el periodo de alimentación de hidrocarburos se

acorta cuando la capacidad de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape disminuye. Obsérvese que, en este momento, cuando, al igual que cuando la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> pasa a ser la relación aire-combustible mínima demandada X o menos, tal como se muestra en la figura 20, la capacidad de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape disminuye, la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> se hace más pequeña.

A este respecto, si el metal 51 precioso portado sobre el catalizador 13 de purificación de gases de escape se deteriora, la capacidad de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape disminuye. Sin embargo, incluso si el metal 51 precioso portado sobre el catalizador 13 de purificación de gases de escape no está deteriorado, cuando el metal 51 precioso no se activa, es decir, cuando la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape es inferior a la temperatura de activación, la capacidad de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape disminuye. Por tanto, en una realización de la presente invención, cuando la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape es inferior a la temperatura de activación, se determina que la capacidad de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape ha disminuido.

La figura 21 muestra la relación entre el coeficiente de corrección  $WK_1$  para la cantidad de inyección W de hidrocarburos y la temperatura de catalizador TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape, la relación entre el coeficiente de corrección  $\Delta TK_1$  para el periodo de inyección  $\Delta T$  de los hidrocarburos y la temperatura de catalizador TC, y la relación entre el coeficiente de corrección  $AFK_1$  para la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> y la temperatura de catalizador TC. Como se entenderá a partir de la figura 21, los valores de los coeficientes de corrección  $WK_1$ ,  $\Delta TK_1$  y  $AFK_1$  se hacen 1,0 cuando la temperatura de catalizador TC es superior a la temperatura de activación  $T_0$  y disminuyen gradualmente cuando la temperatura de catalizador TC pasa a ser menor que la temperatura de activación  $T_0$ . Por tanto, si la temperatura de catalizador TC pasa a ser la temperatura de activación  $T_0$  o menos, la cantidad de inyección W de hidrocarburos por inyección se reduce, el periodo de inyección  $\Delta T$  de los hidrocarburos se hace más corto y la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> se reduce.

Por otro lado, la figura 22 muestra la relación entre el coeficiente de corrección  $WK_2$  para la cantidad de inyección W de hidrocarburos y la capacidad de oxidación M del catalizador 13 de purificación de gases de escape, la relación del coeficiente de corrección  $\Delta TK_2$  para el periodo de inyección  $\Delta T$  de los hidrocarburos y la capacidad de oxidación M, y la relación entre el coeficiente de corrección  $AFK_2$  para la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> y la capacidad de oxidación M en el caso en el que la capacidad de oxidación M del catalizador 13 de purificación de gases de escape cambia debido al deterioro del metal 51 precioso. Como se entenderá a partir de la figura 22, los valores del coeficiente de corrección  $WK_2$ ,  $\Delta TK_2$  y  $AFK_2$  se hacen 1,0 cuando la capacidad de oxidación M es un valor de referencia  $M_0$  o más y se reducen gradualmente cuando la capacidad de oxidación M pasa a ser el valor de referencia  $M_0$  o menos, es decir, cuando el metal 51 precioso portado sobre el catalizador 13 de purificación de gases de escape se deteriora. A partir de la figura 22, se entiende que si la capacidad de oxidación M pasa a ser el valor de referencia  $M_0$  o menos, la cantidad de inyección W de hidrocarburos por inyección se reduce, el periodo de inyección  $\Delta T$  de los hidrocarburos se acorta y la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> se reduce.

Por otro lado, si la cantidad de hidrocarburos pasa a ser insuficiente en comparación con la cantidad requerida para una reducción de  $NO_x$ , cuando se reduce el  $NO_x$  en el catalizador 13 de purificación de gases de escape, la tasa de purificación de  $NO_x$ ; disminuye. Por tanto, cuando no hay suficiente cantidad de hidrocarburos requerida para una reducción de  $NO_x$  en el catalizador 13 de purificación de gases de escape, tal como se muestra en la figura 23, la cantidad de alimentación de hidrocarburos por inyección se aumenta.

De este modo, tiene lugar un estado insuficiente de la cantidad de hidrocarburos requerida para una reducción de  $NO_x$  en el catalizador 13 de purificación de gases de escape en respuesta a diversas circunstancias. El estado representativo se da cuando la cantidad de contaminación de azufre en el extremo de lado aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape aumenta. Es decir, los gases de escape contienen  $SO_x$ . Este  $SO_x$  se almacena a veces en forma de sulfatos en la capa básica 43 cuando fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape. La acción de almacenamiento de este  $SO_x$  ocurre en primer lugar en el extremo de lado aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Por tanto, a medida que pasa el tiempo, la cantidad de sulfatos que se almacenan en la capa 53 básica en el extremo aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape aumenta gradualmente.

Si la cantidad de sulfatos almacenados aumenta, la basicidad de la capa 53 básica pasa a ser más débil. Como resultado, la capacidad de oxidación del metal 51 precioso en el extremo de lado aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape aumenta y la ubicación principal en la que se realiza la acción de reducción de  $NO_x$  se desvía hacia el lado aguas abajo. Sin embargo, si la capacidad de oxidación del metal 51 precioso en el extremo de lado aguas arriba de catalizador 13 de purificación de gases de escape aumenta de este modo, una gran cantidad de hidrocarburos termina oxidándose en el extremo de lado aguas arriba de catalizador 13 de purificación de gases de escape, es decir, termina consumiéndose. Como resultado, la cantidad de hidrocarburos en la ubicación principal en la que se realiza la acción de reducción del  $NO_x$ , es decir, en el lado aguas abajo del catalizador 13 de purificación de gases de escape, termina pasando a ser insuficiente en comparación con la cantidad necesaria para una reducción del  $NO_x$ .

Por tanto, en una realización de la presente invención, cuando la cantidad de almacenamiento de  $\text{SO}_x$ , es decir, la cantidad contaminante de azufre, del extremo de lado aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape pasa a ser mayor que una cantidad contaminante de referencia predeterminada, se determina que no hay suficiente cantidad de hidrocarburos requerida para una reducción del  $\text{NO}_x$  en el catalizador 13 de purificación de gases de escape. En este momento, en una realización de la presente invención, la cantidad de alimentación de hidrocarburos por inyección se aumenta para compensar la escasez de hidrocarburos. Por este motivo, en una realización de la presente invención, tal como se muestra en la figura 24, cuando la cantidad contaminante de azufre S supera la cantidad contaminante de referencia  $S_0$ , el valor del coeficiente de corrección  $WK_3$  para la cantidad de inyección W de hidrocarburos se aumenta.

Como otra situación en la que no hay suficiente cantidad de hidrocarburos requerida para una reducción de  $\text{NO}_x$  en el catalizador 13 de purificación de gases de escape, puede mencionarse, por ejemplo, el caso en el que el orificio de boquilla de la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos se atasca, de modo que la cantidad de inyección de hidrocarburos se reduce. Si la cantidad de inyección de hidrocarburos se reduce de este modo, la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  disminuye. Por tanto, en una realización de la presente invención, en este momento, la cantidad de inyección de hidrocarburos por inyección se aumenta de modo que se obtiene una excelente tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ . Es decir, en una realización de la presente invención, tal como se muestra en la figura 24, cuando la cantidad de escasez de hidrocarburo WD de la cantidad de hidrocarburos requerida para una reducción de  $\text{NO}_x$  supera la cantidad de referencia  $WD_0$ , el valor del coeficiente de corrección  $WK_4$  para la cantidad de inyección W de hidrocarburos se aumenta.

Como otra situación más en la que no hay suficientes hidrocarburos requeridos para una reducción de  $\text{NO}_x$  en el catalizador 13 de purificación de gases de escape, puede mencionarse el caso en el que la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> se ha desviado hacia el lado pobre. Si la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> se desvía hacia el lado pobre de este modo, la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  disminuye. Por tanto, en una realización de la presente invención, cuando la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> se desvía una cantidad predeterminada o más hacia el lado pobre, la cantidad de hidrocarburos por inyección se aumenta de modo que se obtiene una excelente tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ . Es decir, en una realización de la presente invención, tal como se muestra en la figura 24, cuando la desviación  $\Delta(A/F)_b$  hacia el lado pobre de la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> supera un valor de referencia  $\Delta(A/F)_0$ , el valor del coeficiente de corrección  $WK_5$  para la cantidad de inyección W de hidrocarburos se aumenta.

Por otro lado, si la cantidad de inyección W de hidrocarburos por inyección supera un determinado límite, existe el peligro de que los hidrocarburos inyectados se acumulen en el catalizador 13 de purificación de gases de escape. Por tanto, en una realización de la presente invención, cuando la cantidad de inyección W de hidrocarburos por inyección pasa a ser una cantidad de referencia predeterminada  $W_0$  o más, el periodo de inyección de hidrocarburos se hace más largo. Es decir, en una realización de la presente invención, tal como se muestra en la figura 24, cuando la cantidad de inyección W de hidrocarburos supera una cantidad de referencia  $W_0$ , el valor del coeficiente de corrección  $\Delta TK_3$  para el periodo de inyección  $\Delta T$  de los hidrocarburos se hace más grande.

Por otro lado, por ejemplo, si el portador 50 del catalizador 13 de purificación de gases de escape se deteriora y el área superficial del portador 50 pasa a ser más pequeña, la capacidad de retención del producto intermedio reductor que se produce dentro del catalizador 13 de purificación de gases de escape disminuye. Si la capacidad de retención del producto intermedio reductor disminuye, la cantidad del producto intermedio reductor que se retiene sobre la capa 53 básica se reduce y por consiguiente la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  disminuye. En este caso, para obtener una excelente tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ , es necesario aumentar la cantidad del producto intermedio reductor retenido. Por este motivo, es necesario acortar el periodo de alimentación de hidrocarburos. Por tanto, en una realización de la presente invención, cuando la capacidad de retención del producto intermedio reductor disminuye, tal como se muestra en la figura 25, el periodo de inyección de hidrocarburos se hace más corto. Es decir, en una realización de la presente invención, tal como se muestra en la figura 26, si la capacidad de retención de producto intermedio N pasa a ser un valor de referencia predeterminado  $N_0$  o menos, el valor del coeficiente de corrección  $\Delta TK_4$  para el periodo de inyección  $\Delta T$  de los hidrocarburos se reduce.

La figura 27 y la figura 28 muestran una rutina de control de la cantidad de alimentación de hidrocarburo. Obsérvese que esta rutina de control se ejecuta por interrupción cada intervalo de tiempo predeterminado.

Haciendo referencia a la figura 27, en primer lugar, en la etapa 60, la cantidad de inyección W de hidrocarburos se calcula a partir del mapa mostrado en la figura 18A. A continuación, en la etapa 61, el periodo de inyección  $\Delta T$  de los hidrocarburos se calcula a partir del mapa mostrado en la figura 18B. A continuación, en la etapa 62, se determina si la temperatura de catalizador TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape es inferior a la temperatura de activación  $T_0$  mostrada en la figura 21. Cuando  $TC < T_0$ , la rutina pasa a la etapa 63.

En la etapa 63, el valor del coeficiente de corrección  $WK_1$  que se encuentra en la relación mostrada en la figura 21 se multiplica por W para calcular la cantidad de inyección final W de hidrocarburos. A continuación, en la etapa 64, el

valor del coeficiente de corrección  $\Delta TK_1$  que se encuentra en la relación mostrada en la figura 21 se multiplica por  $\Delta T$  para calcular el periodo de inyección final  $\Delta T$  de los hidrocarburos. A continuación, en la etapa 65, el valor del coeficiente de corrección  $AFK_1$  que se encuentra en la relación mostrada en la figura 21 se multiplica por la relación aire-combustible base  $(A/F)_b$  que se encuentra en el mapa de la figura 18C o la relación aire-combustible base  $(A/F)_b$  calculada a partir de la cantidad  $W$  de hidrocarburos y la cantidad de aire de admisión para calcular la relación aire-combustible base  $(A/F)_b$  final. La válvula 10 de mariposa se usa para controlar la cantidad de aire de admisión de modo que la relación aire-combustible base  $(A/F)_b$  pasa a ser esta relación aire-combustible base  $(A/F)_b$  final.

Por otro lado, cuando, en la etapa 62,  $TC \geq T_0$ , la rutina pasa a la etapa 66 en la que se determina si la capacidad de oxidación  $M$  del catalizador 13 de purificación de gases de escape es inferior al valor de referencia  $M_0$  mostrado en la figura 22. Cuando  $M < M_0$ , la rutina pasa a la etapa 67. En la etapa 67, el valor del coeficiente de corrección  $WK_2$  que se encuentra en la relación mostrada en la figura 22 se multiplica por  $W$  para calcular la cantidad de inyección final  $W$  de hidrocarburos. A continuación, en la etapa 68, el valor del coeficiente de corrección  $\Delta TK_2$  que se encuentra en la relación mostrada en la figura 22 se multiplica por  $\Delta T$  para calcular el periodo de inyección final  $\Delta T$  de los hidrocarburos.

A continuación, en la etapa 69, el valor del coeficiente de corrección  $AFK_2$  que se encuentra en la relación mostrada en la figura 22 se multiplica por la relación aire-combustible base  $(A/F)_b$  que se encuentra en el mapa de la figura 18C o la relación aire-combustible base  $(A/F)_b$  calculada a partir de la cantidad de inyección  $W$  de hidrocarburos y la cantidad de aire de admisión para calcular la relación aire-combustible base  $(A/F)_b$  final. La válvula 10 de mariposa se usa para controlar la cantidad de aire de admisión de modo que la relación aire-combustible base  $(A/F)_b$  pasa a ser esta relación aire-combustible base  $(A/F)_b$  final.

Por otro lado, cuando se determina, en la etapa 66, que  $M \geq M_0$ , la rutina pasa a la etapa 70 en la que se determina si la cantidad contaminante de azufre  $S$  del catalizador 13 de purificación de gases de escape pasa a ser mayor que la cantidad contaminante de referencia  $S_0$  mostrada en la figura 24. Cuando  $S > S_0$ , la rutina pasa a la etapa 71 en la que el valor del coeficiente de corrección  $WK_3$  que se encuentra en la relación mostrada en la figura 24 se multiplica por  $W$  para calcular la cantidad de inyección final  $W$  de hidrocarburos.

Por otro lado, cuando se determina en la etapa 70 que  $S \leq S_0$ , la rutina pasa a la etapa 72 en la que se determina si la cantidad de escasez de hidrocarburo  $WD$  es mayor que la cantidad de referencia  $MD_0$  mostrada en la figura 24. Cuando  $WD > MD_0$ , la rutina pasa a la etapa 73 en la que el valor del coeficiente de corrección  $WK_4$  que se encuentra en la relación mostrada en la figura 24 se multiplica por  $W$  para calcular la cantidad de inyección final  $W$  de hidrocarburos.

Por otro lado, cuando se determina en la etapa 72 que  $WD \leq MD_0$ , la rutina pasa a la etapa 74 en la que se determina si la cantidad de desviación hacia pobre  $\Delta(A/F)_b$  de la relación aire-combustible base es mayor que el valor de referencia  $\Delta(A/F)_0$  mostrado en la figura 24. Cuando  $\Delta(A/F)_b > \Delta(A/F)_0$ , la rutina pasa a la etapa 75 en la que el valor del coeficiente de corrección  $WK_5$  que se encuentra en la relación mostrada en la figura 24 se multiplica por  $W$  para calcular la cantidad de inyección final  $W$  de hidrocarburos.

Por otro lado, cuando se determina en la etapa 74 que  $\Delta(A/F)_b \leq \Delta(A/F)_0$ , la rutina pasa a la etapa 76 en la que se determina que la cantidad de inyección  $W$  de hidrocarburos por inyección es mayor que la cantidad de referencia  $W_0$  mostrada en la figura 24. Cuando  $W > W_0$ , la rutina pasa a la etapa 77 en la que el valor del coeficiente de corrección  $\Delta TK_3$  que se encuentra en la relación mostrada en la figura 24 se multiplica por  $\Delta T$  para calcular el periodo de inyección final  $\Delta T$  de los hidrocarburos.

Por otro lado, cuando se determina en la etapa 76 que  $W \leq W_0$ , la rutina pasa a la etapa 78 en la que se determina que la capacidad de retención de producto intermedio  $N$  pasa a ser inferior al valor de referencia  $N_0$  mostrado en la figura 26. Cuando  $N < N_0$  la rutina pasa a la etapa 79 en la que el valor del coeficiente de corrección  $\Delta TK_4$  que se encuentra en la relación mostrada en la figura 26 se multiplica por  $\Delta T$  para calcular el periodo de inyección final  $\Delta T$  de los hidrocarburos.

La figura 29A, la figura 29B y la figura 29C muestran una realización de los medios de determinación para determinar la capacidad de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape y la cantidad de escasez de hidrocarburo en el catalizador 13 de purificación de gases de escape. En esta realización, tal como se muestra en la figura 29A, además del sensor 23 de temperatura que está dispuesto en la entrada del filtro 14 de partículas, está dispuesto un sensor 26 de temperatura en la salida del filtro 14 de partículas. Además, el filtro 14 de partículas porta platino. Por tanto, el filtro 14 de partículas tiene una función de oxidación. Obsérvese que, en lugar de este filtro 14 de partículas también es posible usar un catalizador que tiene una función de oxidación. Es decir, en esta realización, dentro del conducto de escape del motor, aguas abajo del catalizador 13 de purificación de gases de escape, está dispuesto un catalizador que tiene una función de oxidación o el filtro 14 de partículas.

La figura 29B muestra el cambio de temperatura en el filtro 14 de partículas o, en el caso en el que se usa un catalizador que tiene una función de oxidación en lugar del filtro 14 de partículas, el cambio de temperatura en el

5 catalizador. Incluso cuando el catalizador 13 de purificación de gases de escape está funcionando de manera normal, parte de los hidrocarburos pasa directamente a través del catalizador 13 de purificación de gases de escape, de modo que los hidrocarburos fluyen al interior del filtro de partículas o catalizador 14. Los hidrocarburos se oxidan dentro del filtro de partículas o catalizador 14, de modo que el calor de la reacción de oxidación de los hidrocarburos provoca que la temperatura del filtro de partículas o catalizador 14 aumente gradualmente desde la entrada hasta la salida del filtro de partículas o catalizador 14.

10 En la figura 29B, la línea continua "a" muestra el cambio de temperatura dentro del filtro de partículas o catalizador 14 cuando el catalizador 13 de purificación de gases de escape está funcionando de manera normal. En este momento, la diferencia de temperatura entre la temperatura de entrada y la temperatura de salida se muestra mediante  $\Delta TC_0$ . Por otro lado, si la capacidad de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape disminuye, la cantidad de hidrocarburos que se oxidan en el catalizador 13 de purificación de gases de escape disminuye, de modo que la cantidad de hidrocarburos que fluyen al interior del filtro de partículas o catalizador 14 aumenta. Por tanto, en este momento, tal como se muestra mediante la figura 29B, como muestra la línea continua "b", el gradiente de temperatura pasa a ser mayor. En este momento, la diferencia de temperatura entre la temperatura de entrada y la temperatura de salida, es decir, el aumento de la temperatura de gases de escape en el tiempo desde cuando los gases de escape fluyen al interior del filtro de partículas o catalizador 14 hasta cuando fluyen hacia fuera se muestra mediante  $\Delta TC_1$ .

20 En una realización de la presente invención, tal como se muestra en la figura 29C, cuando el aumento  $\Delta TC$  de la temperatura de gases de escape en el tiempo desde cuando los gases de escape fluyen al interior del filtro de partículas o catalizador 14 hasta cuando fluyen hacia fuera es mayor que el aumento de referencia predeterminado  $\Delta TC_0$ , se determina que la capacidad de oxidación M del catalizador 13 de purificación de gases de escape ha disminuido.

25 En contraposición a esto, si la cantidad de hidrocarburos que se alimenta al catalizador 13 de purificación de gases de escape pasa a ser más pequeña en comparación con una cantidad habitual, la cantidad de hidrocarburos que fluyen al interior del filtro de partículas o catalizador 14 pasa a ser más pequeña. Por tanto, en este momento, tal como muestra la línea continua "c" en la figura 29B, el gradiente de temperatura pasa a ser más pequeño. En este momento, la diferencia de temperatura entre la temperatura de entrada y la temperatura de salida, es decir, el aumento de la temperatura de gases de escape en el tiempo desde cuando los gases de escape fluyen al interior del filtro de partículas o catalizador 14 hasta cuando fluyen hacia fuera, se muestra mediante  $\Delta TC_2$ .

35 En una realización de la presente invención, tal como se muestra en la figura 29C, cuando el aumento  $\Delta TC$  en la temperatura de gases de escape en el tiempo desde cuando los gases de escape fluyen al interior del filtro de partículas o catalizador 14 hasta cuando fluyen hacia fuera es más pequeño que el aumento de referencia predeterminado  $\Delta TC_0$ , se determina que no hay suficiente cantidad de hidrocarburos requerida para una reducción del  $NO_x$  en el catalizador 13 de purificación de gases de escape y la cantidad de escasez de hidrocarburo DW se hace un valor positivo.

40 La figura 30 muestra una rutina para ejecutar el método de determinación explicado basándose en la figura 29A a la figura 29C. Esta rutina se ejecuta cada tiempo predeterminado.

45 Haciendo referencia a la figura 30, en primer lugar, en la etapa 80, se determina si el estado de funcionamiento del motor es un estado de funcionamiento predeterminado adecuado para la determinación o no. Cuando el estado de funcionamiento del motor es el estado de funcionamiento predeterminado adecuado para la determinación, la rutina pasa a la etapa 81. En la etapa 81, la diferencia de temperatura  $\Delta TC$  entre la temperatura de entrada y la temperatura de salida del filtro de partículas o catalizador 14 se calcula a partir de las señales de salida de los sensores 23 y 26 de temperatura. A continuación, en la etapa 82, esta diferencia de temperatura  $\Delta TC$  se usa como base para calcular la capacidad de oxidación M en la figura 29C. A continuación, en la etapa 83, esta diferencia de temperatura  $\Delta TC$  se usa como base para calcular la cantidad de escasez de hidrocarburo WD en la figura 29C.

55 La figura 31A, la figura 31B y la figura 31C muestran otra realización de los medios de determinación para determinar la capacidad de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape y la cantidad de escasez de hidrocarburo en el catalizador 13 de purificación de gases de escape. En esta realización, tal como se muestra en la figura 31A, un sensor 27 de concentración de oxígeno está dispuesto aguas abajo del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

60 Cuando la cantidad de alimentación de hidrocarburos se hace una cantidad de alimentación habitual predeterminada y el catalizador 13 de purificación de gases de escape es normal, se consume una cantidad predeterminada de oxígeno en el catalizador 13 de purificación de gases de escape según el estado de funcionamiento del motor. Por otro lado, si se determina el estado de funcionamiento del motor, se determina la concentración de oxígeno en los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Por tanto, en este caso, si se detecta la concentración de oxígeno en los gases de escape que fluyen hacia fuera del catalizador 13 de purificación de gases de escape mediante el sensor 27 de concentración de oxígeno, es posible encontrar la

65

cantidad de consumo de oxígeno en el catalizador 13 de purificación de gases de escape a partir de los resultados de la detección.

5 Ahora, si la capacidad de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape disminuye, la cantidad de consumo de oxígeno en el catalizador 13 de purificación de gases de escape disminuye. Además, incluso cuando la cantidad de hidrocarburos que se alimenta al catalizador 13 de purificación de gases de escape pasa a ser insuficiente en comparación con la cantidad habitual, la cantidad de consumo de oxígeno en el catalizador 13 de purificación de gases de escape disminuye. Por tanto, si se detecta que la cantidad de consumo de oxígeno en el catalizador 13 de purificación de gases de escape ha disminuido, se aprende que la capacidad de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape ha disminuido o la cantidad de hidrocarburos que se alimenta al catalizador 13 de purificación de gases de escape pasa a ser insuficiente.

15 Por tanto, en esta realización, en primer lugar, se determina si la cantidad de consumo de oxígeno en el catalizador 13 de purificación de gases de escape se ha reducido con respecto a una cantidad de consumo de referencia predeterminada determinada por el estado de funcionamiento del motor, es decir, la cantidad de consumo en el momento de funcionamiento normal. En este momento, cuando se determina que la cantidad de consumo de oxígeno en el catalizador 13 de purificación de gases de escape se ha reducido con respecto a la cantidad de consumo de referencia, la cantidad de alimentación de hidrocarburos se aumenta. La figura 31B, D, muestra la concentración de oxígeno que detecta el sensor 27 de concentración de oxígeno antes de que la cantidad de alimentación de hidrocarburos se aumente, mientras que la figura 31B, Dd, muestra la concentración de oxígeno que detecta el sensor 27 de concentración de oxígeno después de que la cantidad de alimentación de hidrocarburos se aumente. Obsérvese que la figura 31B,  $\Delta D$ , muestra la caída en la concentración de oxígeno en los gases de escape que fluyen hacia fuera del catalizador 13 de purificación de gases de escape cuando la cantidad de alimentación de hidrocarburos se aumenta.

25 Ahora, cuando la capacidad de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape ha disminuido, incluso si se aumenta la cantidad de alimentación de hidrocarburos, la cantidad de consumo por oxidación en el catalizador 13 de purificación de gases de escape de oxígeno no aumenta tanto. Por tanto, la caída  $\Delta D$  en la concentración de oxígeno pasa a ser más pequeña. En contraposición a esto, cuando la cantidad de hidrocarburos que se alimenta al catalizador 13 de purificación de gases de escape es insuficiente, si se aumenta la cantidad de alimentación de hidrocarburos, la cantidad de consumo por oxidación en el catalizador 13 de purificación de gases de escape aumenta y por tanto la caída  $\Delta D$  en la concentración de oxígeno pasa a ser mayor.

35 Por tanto, en esta realización, cuando la cantidad de consumo de oxígeno dentro del catalizador 13 de purificación de gases de escape es más pequeña que una cantidad de consumo de referencia predeterminada, la cantidad de alimentación de hidrocarburos se aumenta. En este momento, cuando la caída  $\Delta D$  de la concentración de oxígeno en los gases de escape que fluyen hacia fuera del catalizador 13 de purificación de gases de escape es más pequeña que la caída de referencia predeterminada  $\Delta D_0$  mostrada en la figura 31C, se determina que la capacidad de oxidación M del catalizador 13 de purificación de gases de escape ha disminuido.

40 Por otro lado, en una realización de la presente invención, cuando la cantidad de consumo de oxígeno dentro del catalizador 13 de purificación de gases de escape es más pequeña que una cantidad de consumo de referencia predeterminada, la cantidad de alimentación de hidrocarburos se aumenta. En este momento, cuando la caída  $\Delta D$  de la concentración de oxígeno en los gases de escape que fluyen hacia fuera del catalizador 13 de purificación de gases de escape es mayor que la caída de referencia predeterminada  $\Delta D_0$ , se determina que la cantidad de hidrocarburos que se requiere para una reducción del  $\text{NO}_x$  en el catalizador 13 de purificación de gases de escape es insuficiente y la cantidad de escasez de hidrocarburo WD se hace un valor positivo.

50 La figura 32 muestra la rutina para ejecutar el método de determinación explicado basándose en la figura 31A a la figura 31C. Esta rutina se ejecuta por interrupción cada intervalo de tiempo predeterminado.

55 Haciendo referencia a la figura 32, en primer lugar, en la etapa 90, se determina si el estado de funcionamiento del motor es un estado de funcionamiento predeterminado adecuado para la determinación. Cuando el estado de funcionamiento del motor es el estado de funcionamiento predeterminado adecuado para la determinación, la rutina pasa a la etapa 91 en la que el sensor 27 de concentración de oxígeno se usa para detectar la concentración de oxígeno D. A continuación, en la etapa 92, esta concentración de oxígeno D detectada se usa como base para calcular la cantidad de consumo de oxígeno DX en el catalizador 13 de purificación de gases de escape. A continuación, en la etapa 93, se determina si la cantidad de consumo de oxígeno DX calculada es la cantidad de consumo de referencia  $\text{DX}_0$  o más. Cuando  $\text{DX} < \text{DX}_0$ , la rutina pasa a la etapa 94.

60 En la etapa 94, la cantidad de alimentación de hidrocarburos se aumenta. A continuación, en la etapa 95, el sensor 27 de concentración de oxígeno se usa para calcular la concentración de oxígeno Dd. A continuación, en la etapa 95, se calcula la caída  $\Delta D$  de la concentración de oxígeno en los gases de escape que fluyen hacia fuera del catalizador 13 de purificación de gases de escape. A continuación, en la etapa 97, esta caída  $\Delta D$  se usa como base para calcular la capacidad de oxidación M en la figura 31C, a continuación, en la etapa 98, esta caída  $\Delta D$  se usa

como base para calcular la cantidad de escasez de hidrocarburo WD en la figura 31C.

La figura 33A y la figura 33B muestran un ejemplo para encontrar una cantidad contaminante de azufre S. La cantidad de SO<sub>x</sub> que está contenida en los gases de escape se determina si se determina el estado de funcionamiento del motor. Por tanto, en este ejemplo, la cantidad de SO<sub>x</sub> SOXA que se escapa del motor por unidad de tiempo se almacena como función del par motor requerido TQ y la velocidad del motor N del motor en forma de mapa tal como se muestra en la figura 33A por adelantado dentro de la ROM 32. La cantidad de SO<sub>x</sub> que se almacena en el catalizador 13 de purificación de gases de escape se considera proporcional a la cantidad de SO<sub>x</sub> SOXA que se escapa del motor. Por tanto, en este ejemplo, tal como se muestra en la etapa 100 de la rutina de cálculo para la cantidad contaminante de azufre de la figura 33B ejecutada cada unidad de tiempo, el producto o la cantidad de SO<sub>x</sub> SOXA y la constante proporcional C se suma a S para calcular la cantidad contaminante de azufre S.

La figura 34 muestra la rutina para calcular una cantidad de desviación hacia pobre  $\Delta(A/F)_b$  de la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub>. Esta rutina se ejecuta por interrupción cada intervalo de tiempo predeterminado.

Haciendo referencia a la figura 34, en primer lugar, en la etapa 110, se determina si el estado de funcionamiento del motor es un estado de funcionamiento predeterminado adecuado para la determinación. Cuando el estado de funcionamiento del motor es un estado de funcionamiento predeterminado adecuado para la determinación, la rutina pasa a la etapa 111 en la que la diferencia ((A/F)<sub>in</sub>-(A/F)<sub>b</sub>) entre la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> actual que detecta el sensor 25 de relación aire-combustible y la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> que se calcula a partir del mapa mostrado en la figura 18C se hace la cantidad de desviación hacia pobre  $\Delta(A/F)_b$ .

La figura 35A y la figura 35B muestran una realización de medios de determinación para determinar la capacidad de retención de producto intermedio del catalizador 13 de purificación de gases de escape. En esta realización, tal como se muestra en la figura 35A, un sensor 28 de amoniaco está dispuesto aguas abajo del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Además, en esta realización, es preferible disponer un catalizador 29 de reducción selectivo de NO<sub>x</sub> que adsorbe amoniaco aguas abajo del filtro 14 de partículas.

Ahora, se aprende que cuando se realiza el nuevo método de purificación de NO<sub>x</sub> según la presente invención, si se hace la relación aire-combustible del gas de combustión dentro de la cámara 2 de combustión temporalmente rica, fluye amoniaco NH<sub>3</sub> hacia fuera del catalizador 13 de purificación de gases de escape. El mecanismo de producción de amoniaco no resulta necesariamente evidente, pero probablemente se usa el siguiente mecanismo para producir amoniaco NH<sub>3</sub>.

Es decir, si se hace rica la relación aire-combustible del gas de combustión dentro de la cámara 2 de combustión, es decir, si se quema el combustible en la cámara 2 de combustión con oxígeno insuficiente, se produce una gran cantidad de monóxido de carbono CO. Este monóxido de carbono CO provoca un gas acuoso que produce una reacción con la humedad contenida en los gases de escape en el catalizador 51 de metales preciosos del catalizador 13 de purificación de gases de escape ( $CO+H_2O \rightarrow H_2+CO_2$ ). Como resultado, se produce hidrógeno H<sub>2</sub>. Este hidrógeno H<sub>2</sub> reacciona con el compuesto de amina R-NH<sub>2</sub> que está retenido sobre la capa 53 básica del catalizador 13 de purificación de gases de escape, por consiguiente se produce amoniaco NH<sub>3</sub>. Además, debido a este hidrógeno H<sub>2</sub>, se favorece la acción de hidrólisis del compuesto de isocianato R-NCO que está retenido sobre la capa 53 básica, por consiguiente se produce amoniaco NH<sub>3</sub>.

Por tanto, cuando la relación aire-combustible del gas de combustión dentro de la cámara 2 de combustión se hace rica, cuanto mayor es la cantidad de producto intermedio reductor RNCO o R-NH<sub>2</sub> retenido en la capa 53 básica, mayor es la cantidad de amoniaco. Por tanto, resulta posible estimar la capacidad de retención de producto intermedio N a partir de la cantidad de amoniaco generada en este momento. Por tanto, en una realización de la presente invención, cuando la relación aire-combustible del gas de combustión dentro de la cámara 2 de combustión se hace rica, se determina que la capacidad de retención del producto intermedio reductor N disminuye cuando la cantidad de amoniaco  $\Sigma AM$  que fluye hacia fuera del catalizador 13 de purificación de gases de escape es más pequeña que la cantidad de referencia predeterminada  $\Sigma AM_0$  mostrada en la figura 35B.

La figura 36 es una vista que muestra una rutina para ejecutar el método de determinación explicado basándose en la figura 35A y la figura 35B.

Haciendo referencia a la figura 36, en primer lugar, en la etapa 120, se determina si el estado de funcionamiento del motor es un estado de funcionamiento predeterminado adecuado para la determinación. Cuando el estado de funcionamiento del motor es un estado de funcionamiento predeterminado adecuado para la determinación, la rutina pasa a la etapa 121 en la que la relación aire-combustible del gas de combustión dentro de la cámara 2 de combustión se hace rica.

A continuación, en la etapa 122, el sensor 28 de amoniaco se usa para detectar la concentración de amoniaco. A continuación, en la etapa 123, la cantidad de amoniaco AM se calcula a partir de la cantidad de gases de escape, es decir, la cantidad de aire de admisión, y la concentración de amoniaco. A continuación, en la etapa 124, la cantidad

de amoniaco AM se suma al valor acumulado de la cantidad de amoniaco  $\Sigma AM$ . A continuación, en la etapa 125, se determina si ha pasado el tiempo predeterminado. Cuando no ha pasado el tiempo predeterminado, la rutina vuelve a la etapa 122. En contraposición a esto, cuando ha pasado un tiempo predeterminado, la rutina pasa a la etapa 126 en la que el valor acumulado de la cantidad de amoniaco, es decir, la cantidad de generación de amoniaco  $\Sigma AM$ , se usa como base para calcular la capacidad de retención de producto intermedio N en la figura 35B.

Obsérvese que, como otra realización, en el conducto de escape del motor aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape, puede disponerse un catalizador de oxidación para modificar los hidrocarburos.

10 **Lista de números de referencia**

- 4 colector de admisión
- 5 colector de escape
- 7 turbocompresor de escape
- 12 tubería de escape
- 13 catalizador de purificación de gases de escape
- 14 filtro de partículas
- 15 válvula de alimentación de hidrocarburos

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna en el que un catalizador (13) de purificación de gases de escape está dispuesto en un conducto de escape del motor para hacer reaccionar el NO<sub>x</sub> contenido en los gases de escape e hidrocarburos reformados, una superficie de flujo de gases de escape del catalizador (13) de purificación de gases de escape porta un catalizador (51, 52) de metales preciosos y una parte (54) de superficie de flujo de gases de escape básica está formada alrededor del catalizador (51, 52) de metales preciosos, el catalizador (13) de purificación de gases de escape tiene la propiedad de reducir el NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape si se provoca una vibración de la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo y tiene la propiedad de aumentar en la cantidad de almacenamiento de NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape si se prolonga el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos más que el intervalo predeterminado, y, en el momento del funcionamiento del motor, la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape se hace vibrar dentro de dicho intervalo predeterminado de amplitud y dentro de dicho intervalo predeterminado de periodo y se reduce de ese modo el NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape en el catalizador (13) de purificación de gases de escape, en el que en dicho catalizador (13) de purificación de gases de escape, el NO<sub>x</sub> contenido en los gases de escape e hidrocarburos reformados se hace reaccionar produciéndose de ese modo un producto intermedio reductor que contiene nitrógeno e hidrocarburos y en el que el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos es el periodo de vibración requerido para continuar produciendo el producto intermedio reductor.
2. Sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 1, en el que el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos está entre 0,3 segundos y 5 segundos.
3. Sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 2, en el que el intervalo predeterminado de la amplitud de la concentración de hidrocarburos es de 200 ppm a 10000 ppm.
4. Sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 1, en el que dicho catalizador (51, 52) de metales preciosos hace que el NO<sub>x</sub> contenido en los gases de escape y los hidrocarburos reformados reaccione para producir el producto intermedio de reacción que contiene nitrógeno e hidrocarburo, el producto intermedio reductor producido se retiene sobre la parte (54) de superficie de flujo de gases de escape básica, una acción de reducción del producto intermedio reductor que está retenido sobre la parte (54) de superficie de flujo de gases de escape básica reduce el NO<sub>x</sub>, y el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos es el periodo de vibración necesario para continuar produciendo el producto intermedio reductor.
5. Sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 1, en el que al menos uno de la amplitud de la concentración de hidrocarburos y el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos se cambia según la concentración de hidrocarburos o un estado del catalizador (13) de purificación de gases de escape.
6. Sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 5, en el que cuanto más alta es una relación aire-combustible base que muestra una relación aire-combustible de un gas de combustión para generar una salida de motor, mayor se hace la amplitud de la concentración de hidrocarburos.
7. Sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 5, en el que, alimentando intermitentemente hidrocarburos desde una válvula (15) de alimentación de hidrocarburos al interior del conducto de escape del motor o alimentando hidrocarburos al interior de una cámara (2) de combustión en una mitad posterior de una carrera de expansión o durante una carrera de escape, se hace que la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape vibre dentro de dicho intervalo predeterminado de amplitud y dentro de dicho intervalo predeterminado de periodo, y se hace que cambie al menos uno de una cantidad de alimentación de hidrocarburos por inyección y un periodo de alimentación de hidrocarburos según la concentración de hidrocarburos o el estado del catalizador (13) de purificación de gases de escape.
8. Sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 7, en el que si la capacidad de oxidación del catalizador (13) de purificación de gases de escape disminuye, la cantidad de alimentación de hidrocarburos por inyección se reduce.
9. Sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 8, en el que si la capacidad de oxidación del catalizador (13) de purificación de gases de escape disminuye,

el periodo de alimentación de hidrocarburos se acorta.

- 5 10. Sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 9, en el que si la capacidad de oxidación del catalizador (13) de purificación de gases de escape disminuye, una relación aire-combustible base que muestra una relación aire-combustible de un gas de combustión para generar una salida de motor se hace más pequeña.
- 10 11. Sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 8, en el que cuando una temperatura del catalizador (13) de purificación de gases de escape es inferior a una temperatura de activación, se determina que la capacidad de oxidación del catalizador (13) de purificación de gases de escape disminuye.
- 15 12. Sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 8, en el que un catalizador que tiene una función de oxidación o filtro (14) de partículas está dispuesto en el conducto de escape del motor aguas abajo del catalizador (13) de purificación de gases de escape y en el que se determina que la capacidad de oxidación del catalizador (13) de purificación de gases de escape disminuye cuando un aumento de una temperatura de gases de escape en el tiempo desde cuando los gases de escape fluyen al interior del catalizador que tiene una función de oxidación o filtro (14) de partículas hasta cuando fluyen hacia fuera es mayor que un aumento de referencia predeterminado.
- 20 13. Sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 8, en el que una cantidad de alimentación de hidrocarburos aumenta cuando una cantidad de consumo de oxígeno en el catalizador (13) de purificación de gases de escape es más pequeña que una cantidad de consumo de referencia predeterminada y en el que, en este momento, se determina que la capacidad de oxidación del catalizador (13) de purificación de gases de escape disminuye cuando una caída en la concentración de oxígeno en los gases de escape que fluyen hacia fuera del catalizador (13) de purificación de gases de escape es más pequeña que una caída de referencia predeterminada.
- 25 14. Sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 7, en el que la cantidad de alimentación de hidrocarburos por inyección se aumenta cuando no hay suficiente cantidad de hidrocarburos requerida para una reducción de NO<sub>x</sub> en el catalizador (13) de purificación de gases de escape.
- 30 15. Sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 14, en el que se determina que no hay suficiente cantidad de hidrocarburos requerida para una reducción de NO<sub>x</sub> en el catalizador (13) de purificación de gases de escape cuando una cantidad contaminante de azufre en un extremo de lado aguas arriba del catalizador (13) de purificación de gases de escape pasa a ser mayor que una cantidad contaminante de referencia predeterminada.
- 35 16. Sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 14, en el que un catalizador que tiene una función de oxidación o filtro (14) de partículas está dispuesto en el conducto de escape del motor aguas abajo del catalizador (13) de purificación de gases de escape y en el que se determina que no hay suficiente cantidad de hidrocarburos requerida para una reducción de NO<sub>x</sub> en el catalizador (13) de purificación de gases de escape cuando un aumento de una temperatura de gases de escape en el tiempo desde cuando los gases de escape fluyen al interior del catalizador que tiene una función de oxidación o filtro (14) de partículas hasta cuando fluyen hacia fuera es más pequeño que un aumento de referencia predeterminado.
- 40 45 50 55 17. Sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 14, en el que una cantidad de alimentación de hidrocarburos aumenta cuando una cantidad de consumo de oxígeno en el catalizador (13) de purificación de gases de escape es más pequeña que una cantidad de consumo de referencia predeterminada y en el que, en este momento, se determina que no hay suficiente cantidad de hidrocarburos requerida para una reducción de NO<sub>x</sub> en el catalizador (13) de purificación de gases de escape cuando una caída en la concentración de oxígeno en los gases de escape que fluyen hacia fuera desde el catalizador (13) de purificación de gases de escape es mayor que una caída de referencia predeterminada.
- 60 18. Sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 14, en el que se determina que no hay suficiente cantidad de hidrocarburos requerida para una reducción de NO<sub>x</sub> en el catalizador (13) de purificación de gases de escape cuando una relación aire-combustible base que muestra una relación aire-combustible de un gas de combustión para generar una salida de motor se desvía hacia el lado pobre una cantidad predeterminada o más.
- 65 19. Sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 14, en el que el periodo de alimentación de los hidrocarburos se hace más largo cuando la cantidad de alimentación de hidrocarburos pasa a ser una cantidad de referencia predeterminada o más.

20. Sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 7, en el que el catalizador (51, 52) de metales preciosos hace que el  $\text{NO}_x$  contenido en los gases de escape y los hidrocarburos reformados reaccione y produzca un producto intermedio reductor que contiene nitrógeno e hidrocarburos, el producto intermedio reductor producido se retiene sobre la parte (54) de superficie de flujo de gases de escape básica, y el periodo de alimentación de los hidrocarburos se hace más corto cuando la capacidad de retención del producto intermedio reductor disminuye.
- 5
21. Sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 20, en el que se determina que la capacidad de retención del producto intermedio reductor disminuye si una cantidad de amoníaco que fluye hacia fuera desde el catalizador (13) de purificación de gases de escape es más pequeña que una cantidad de referencia predeterminada cuando una relación aire-combustible de un gas de combustión en la cámara (2) de combustión se hace rica.
- 10
22. Sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 1, en el que dicho catalizador (51, 52) de metales preciosos está compuesto por platino Pt y al menos uno de rodio Rh y paladio Pd.
- 15
23. Sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 1, en el que una capa (53) básica que contiene un metal alcalino, un metal alcalinotérreo, una tierra rara, o un metal que puede donar electrones al  $\text{NO}_x$  está formada en la superficie de flujo de gases de escape del catalizador (13) de purificación de gases de escape y en el que la superficie de dicha capa (53) básica forma la parte (54) de superficie de flujo de gases de escape básica.
- 20

Fig.1

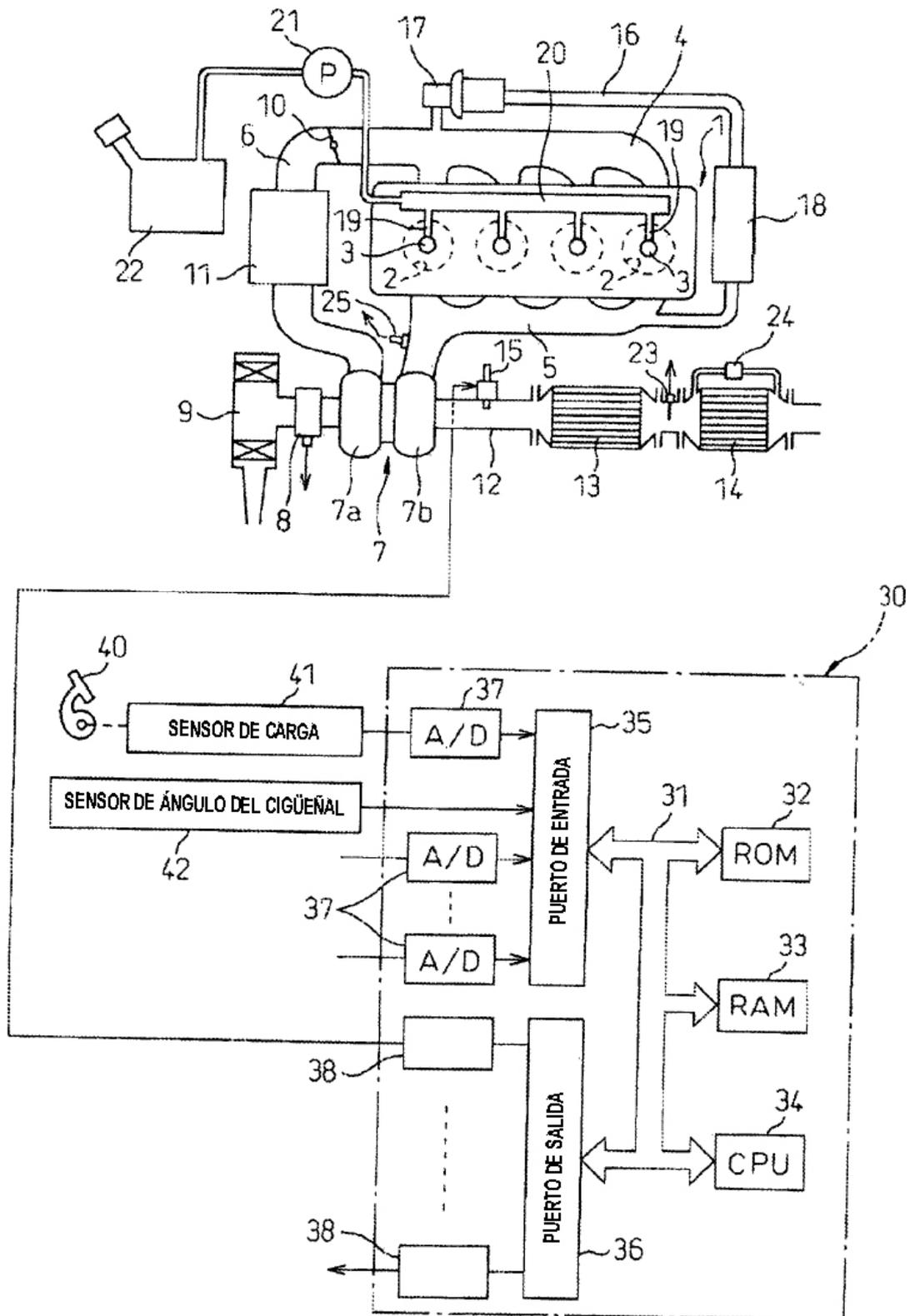


Fig. 2

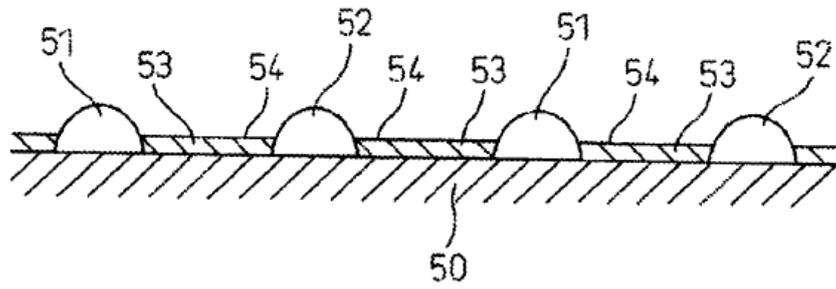


Fig. 3

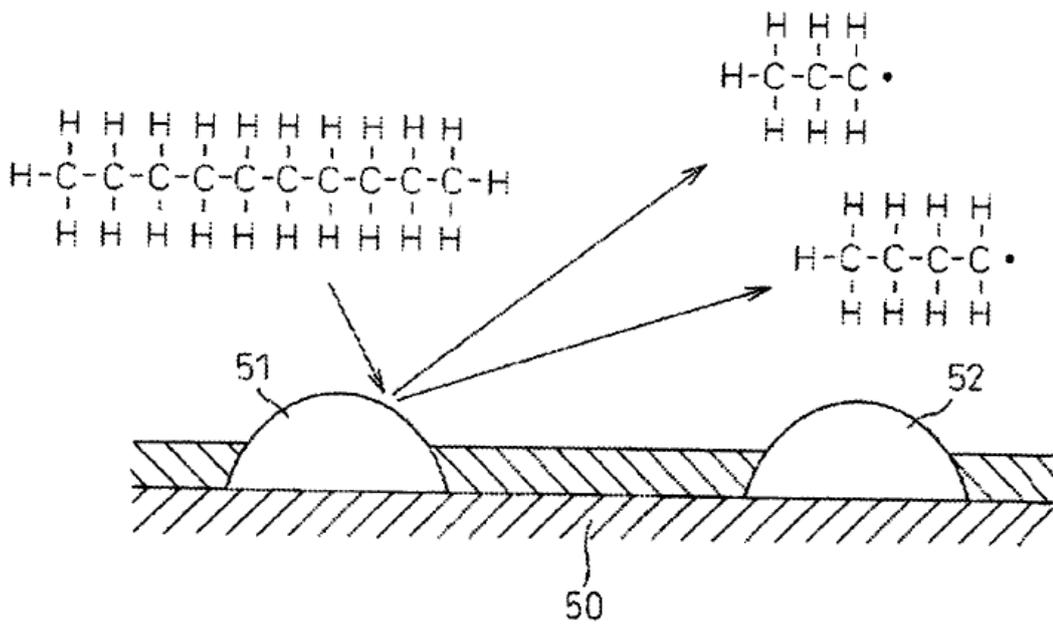


Fig.4

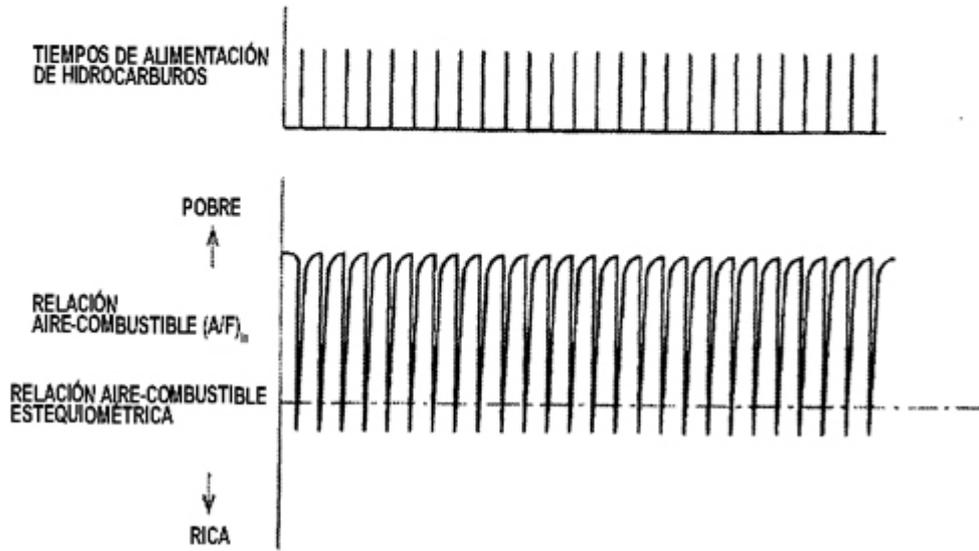


Fig.5

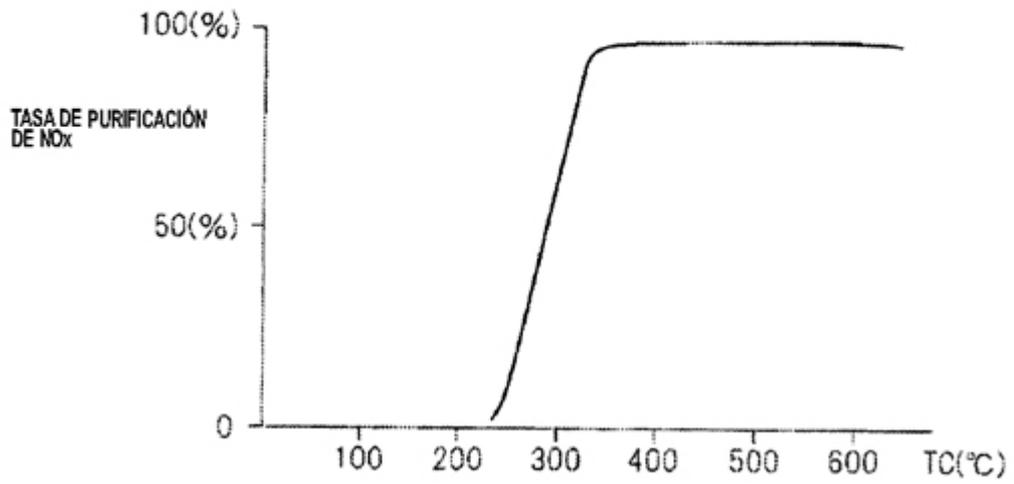


Fig. 6A

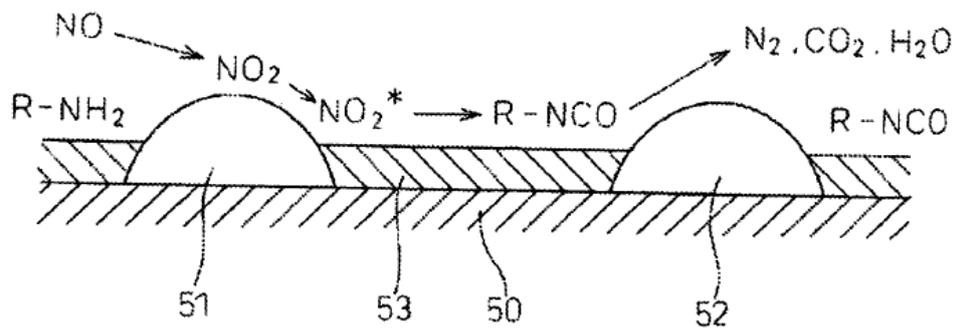


Fig. 6B

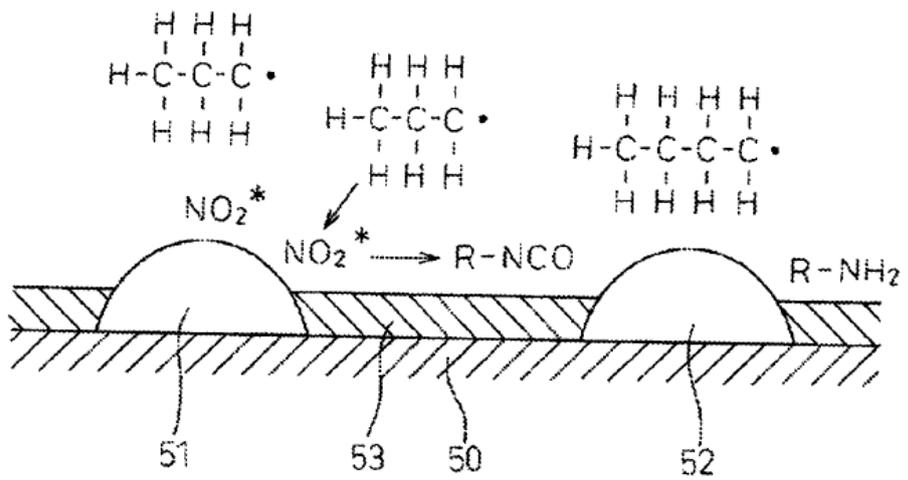


Fig. 7A

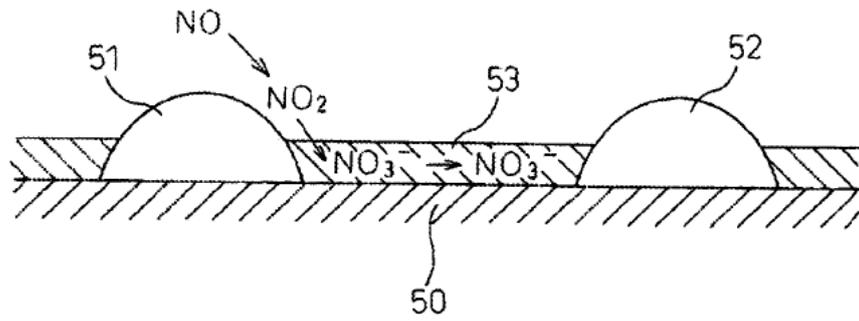


Fig. 7B

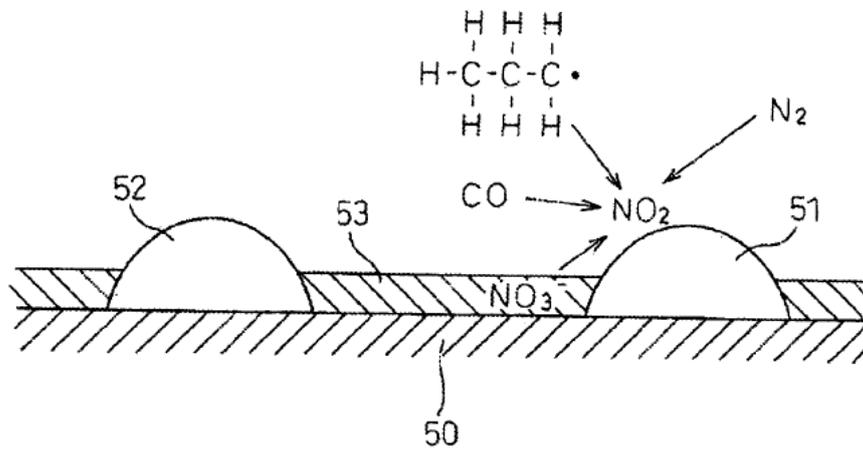


Fig.8

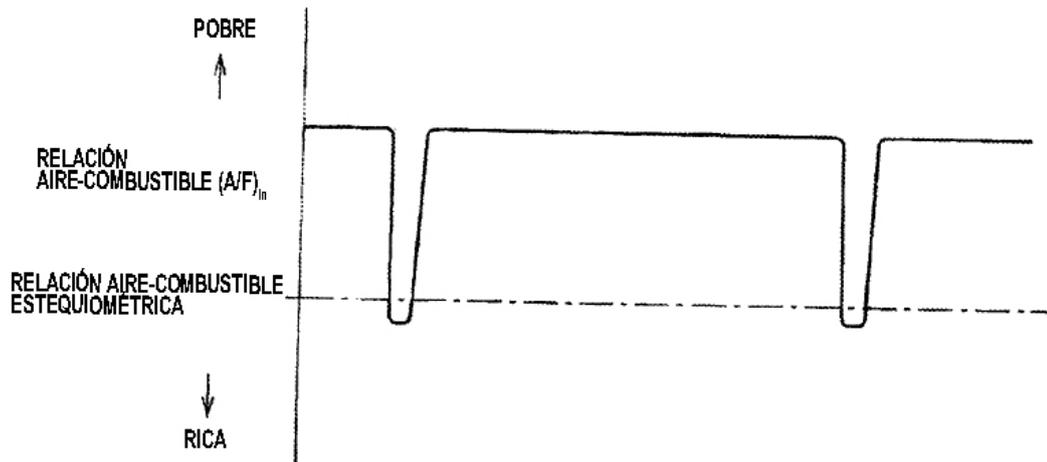


Fig.9

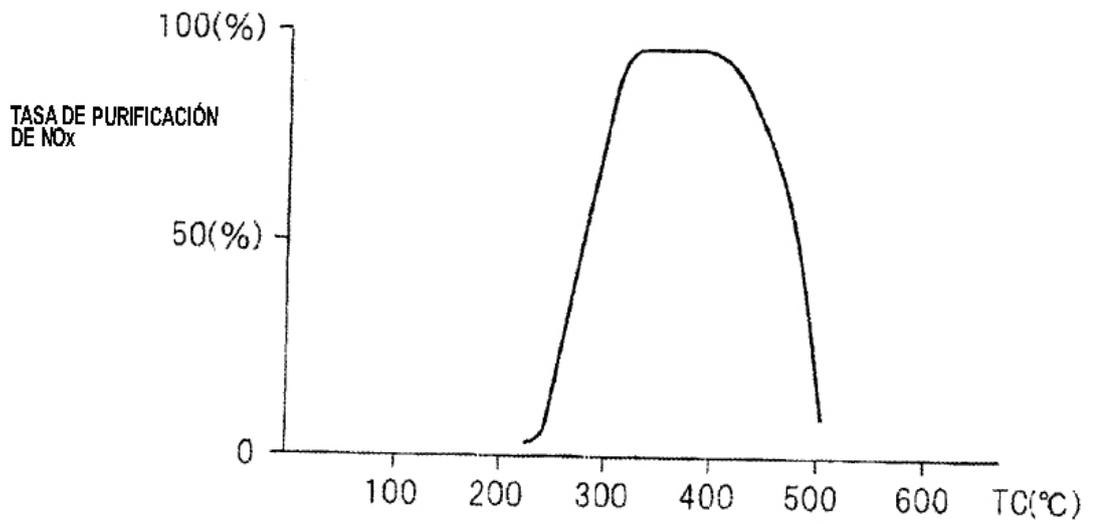


Fig.10

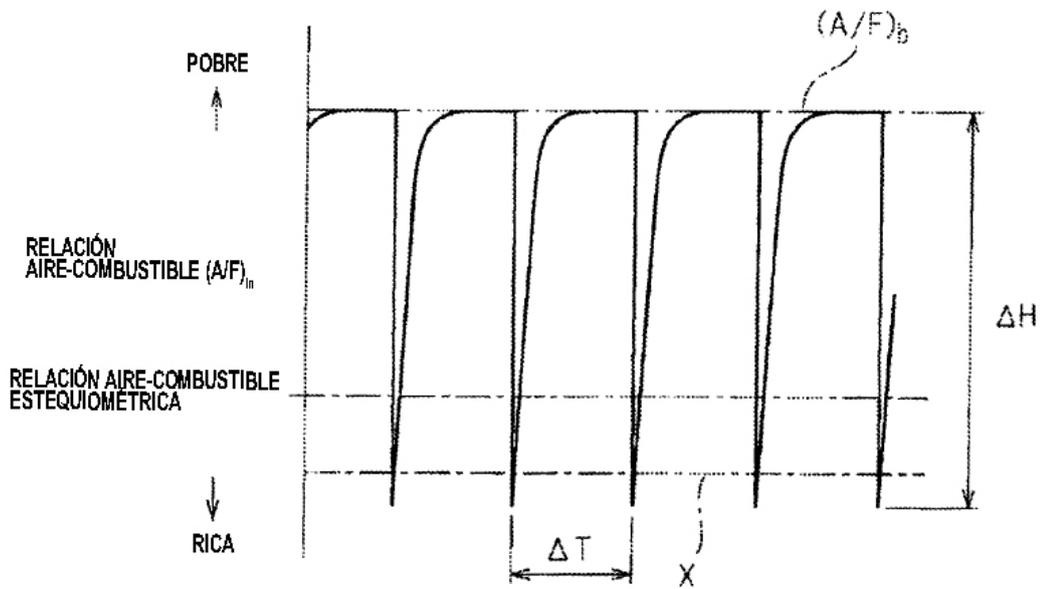


Fig.11

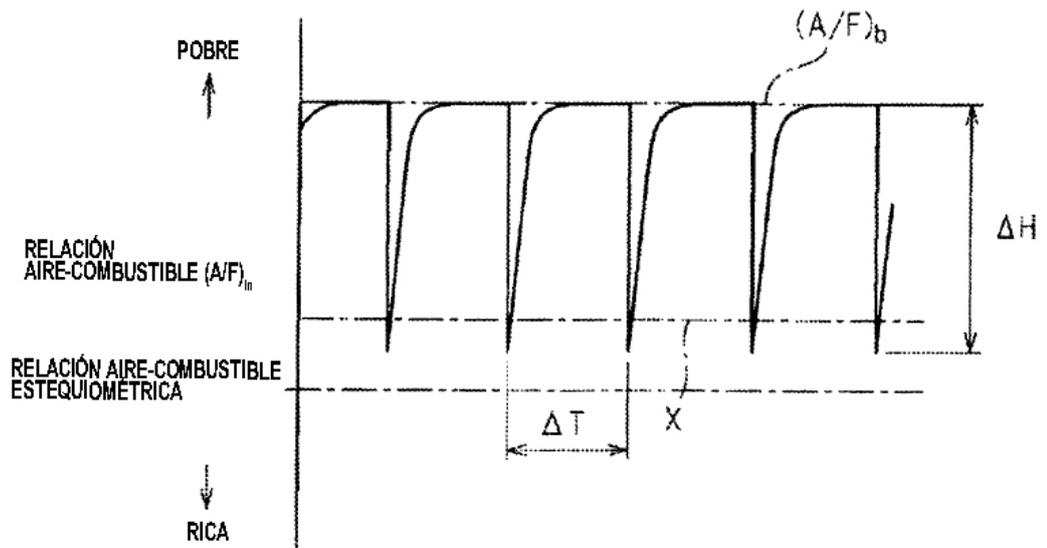


Fig.12

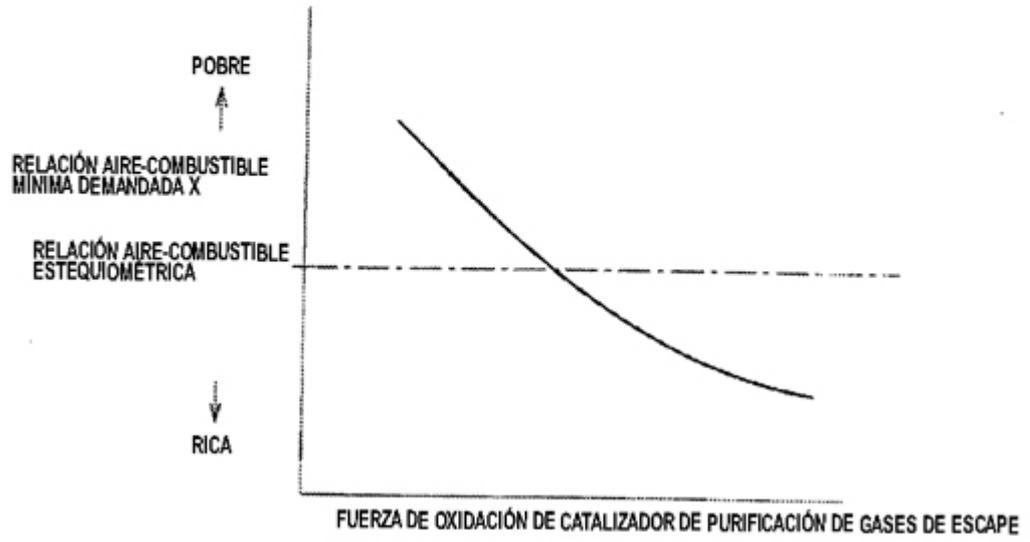


Fig.13

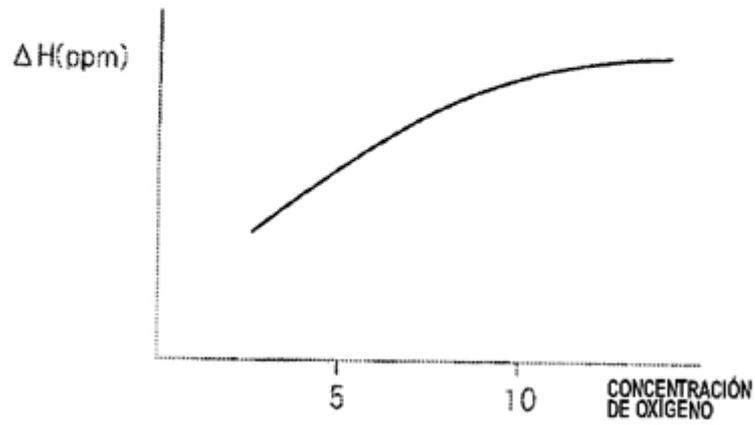


Fig.14

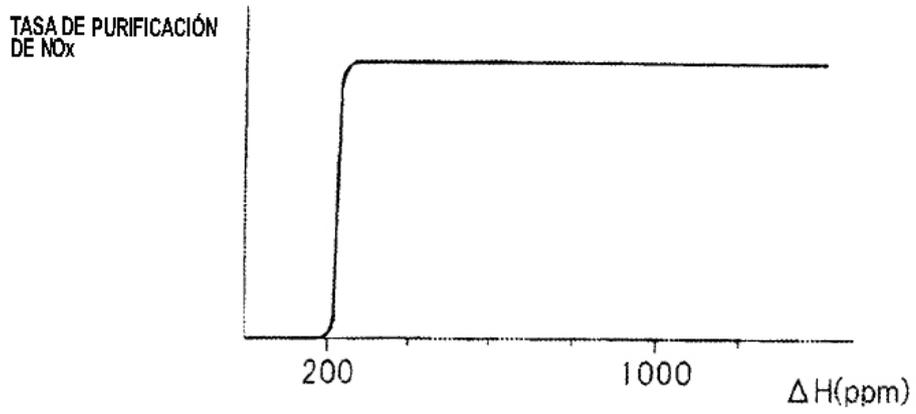


Fig.15

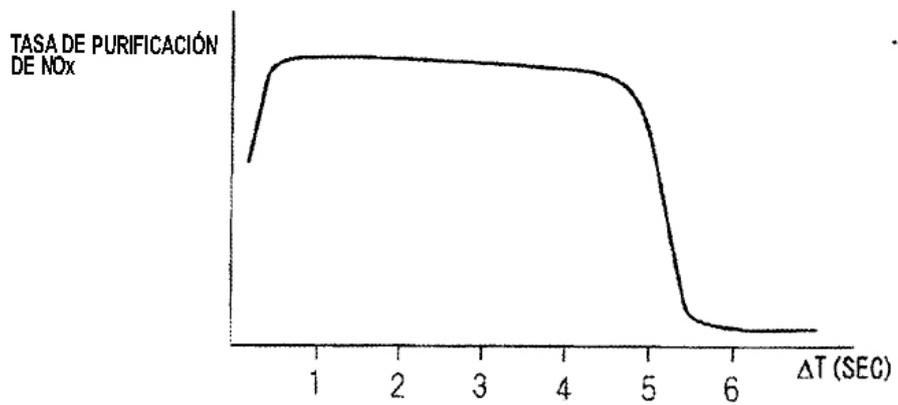


Fig.16

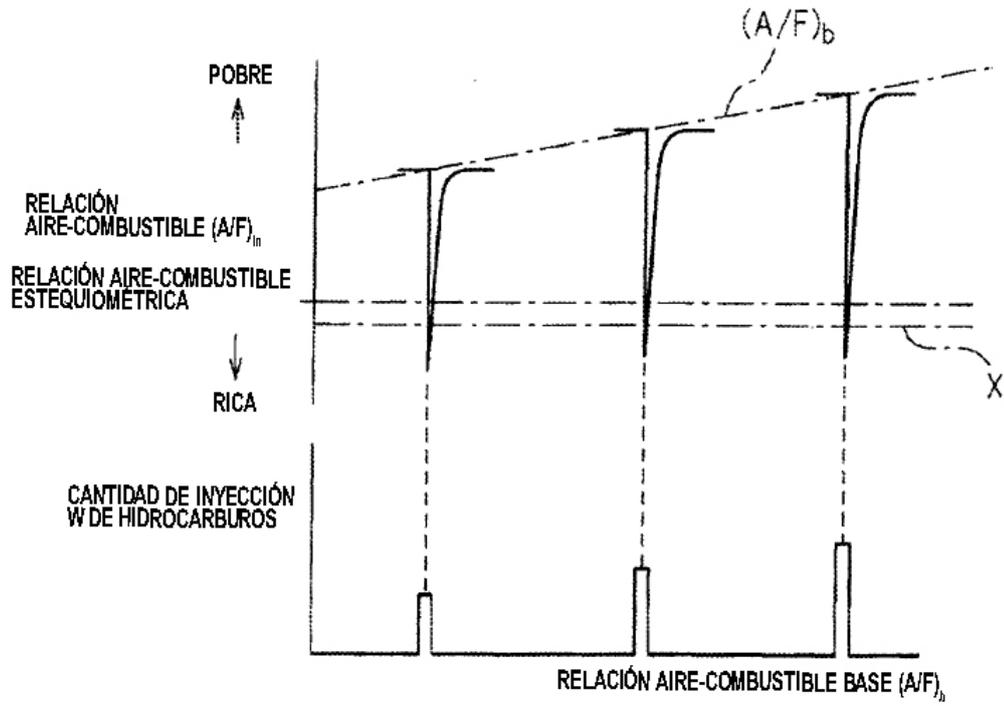


Fig.17

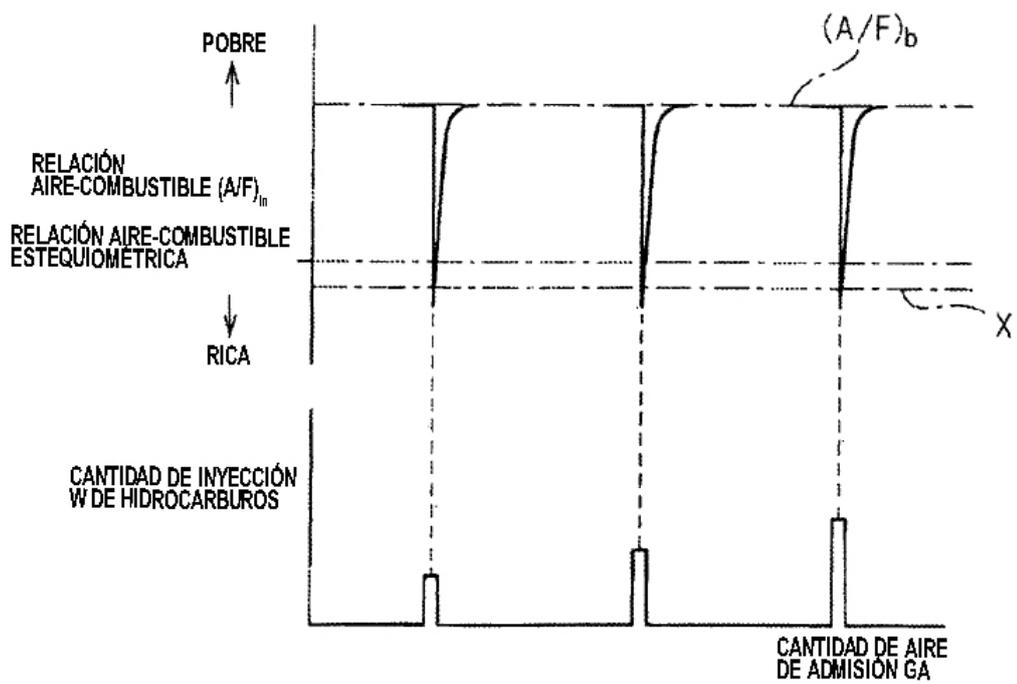


Fig.18A

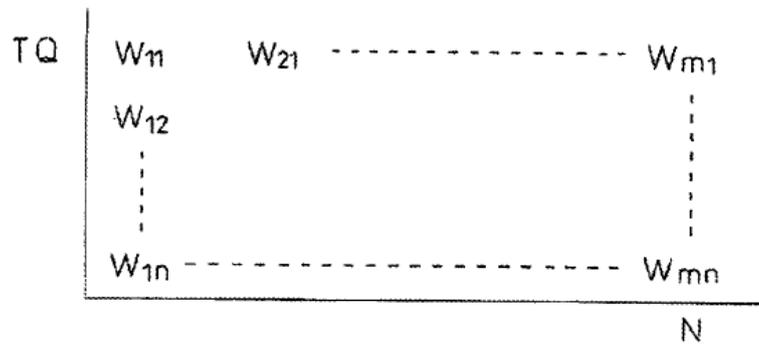


Fig.18B

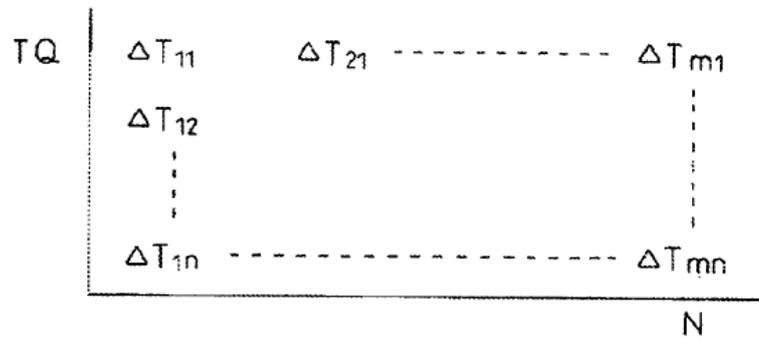


Fig.18C

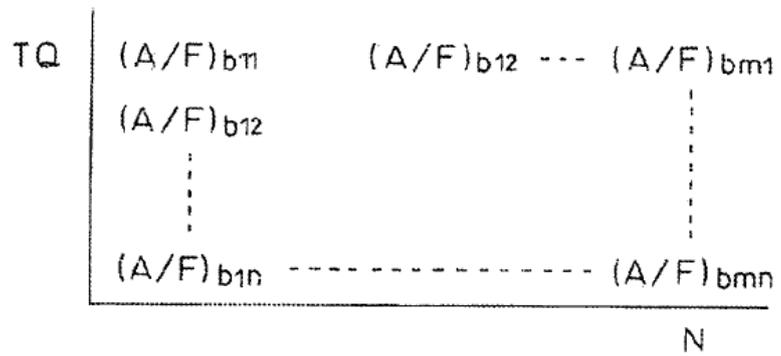


Fig.19

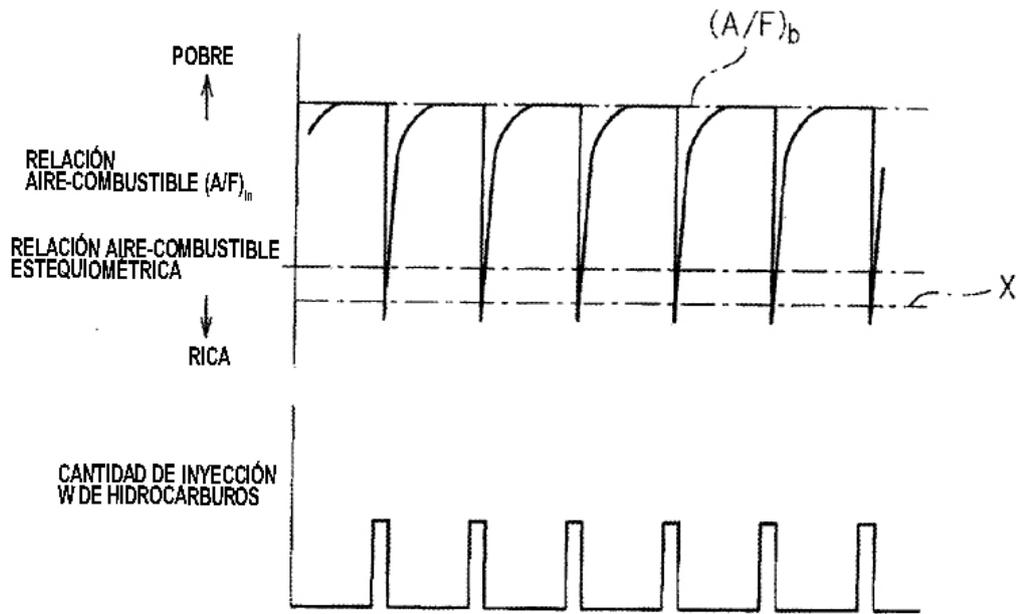


Fig.20

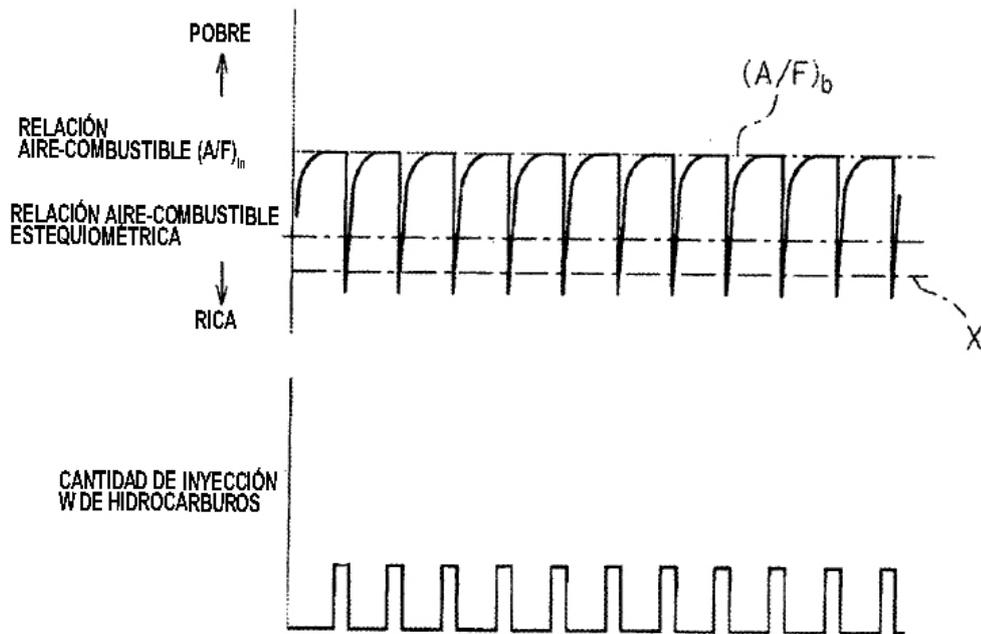


Fig.21

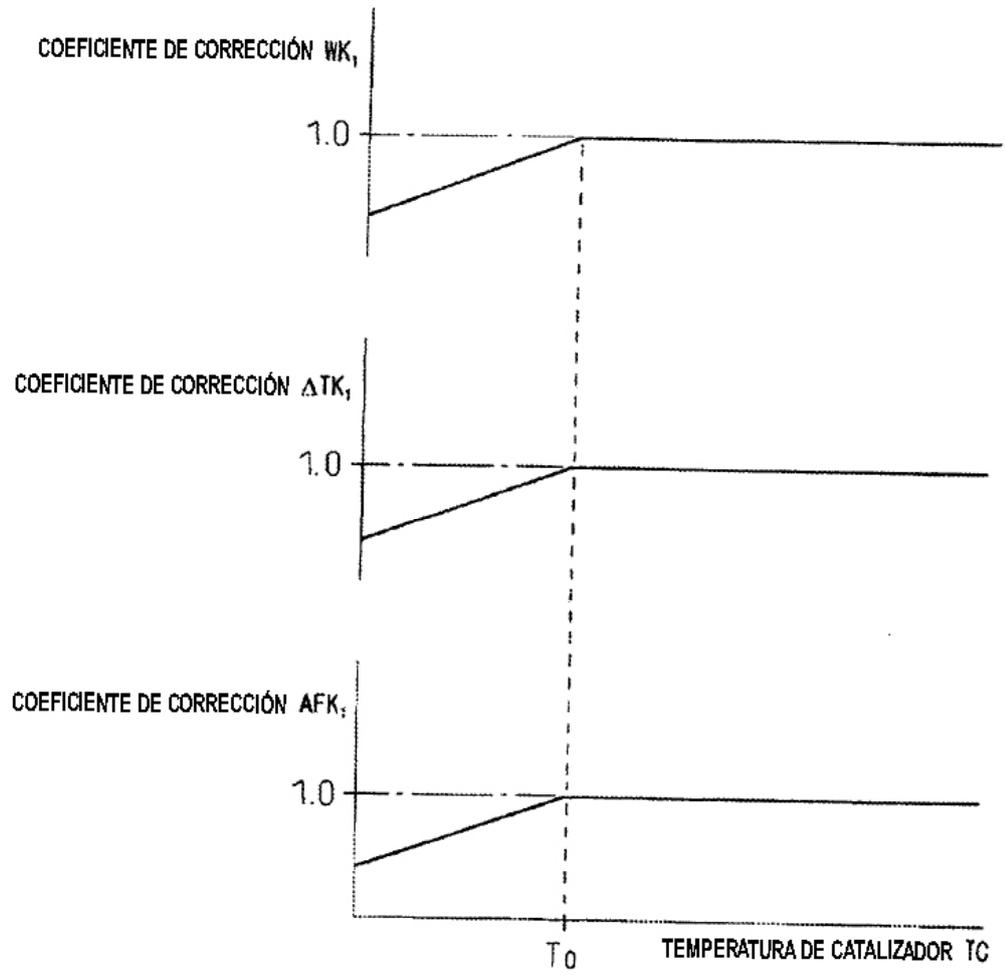


Fig. 22

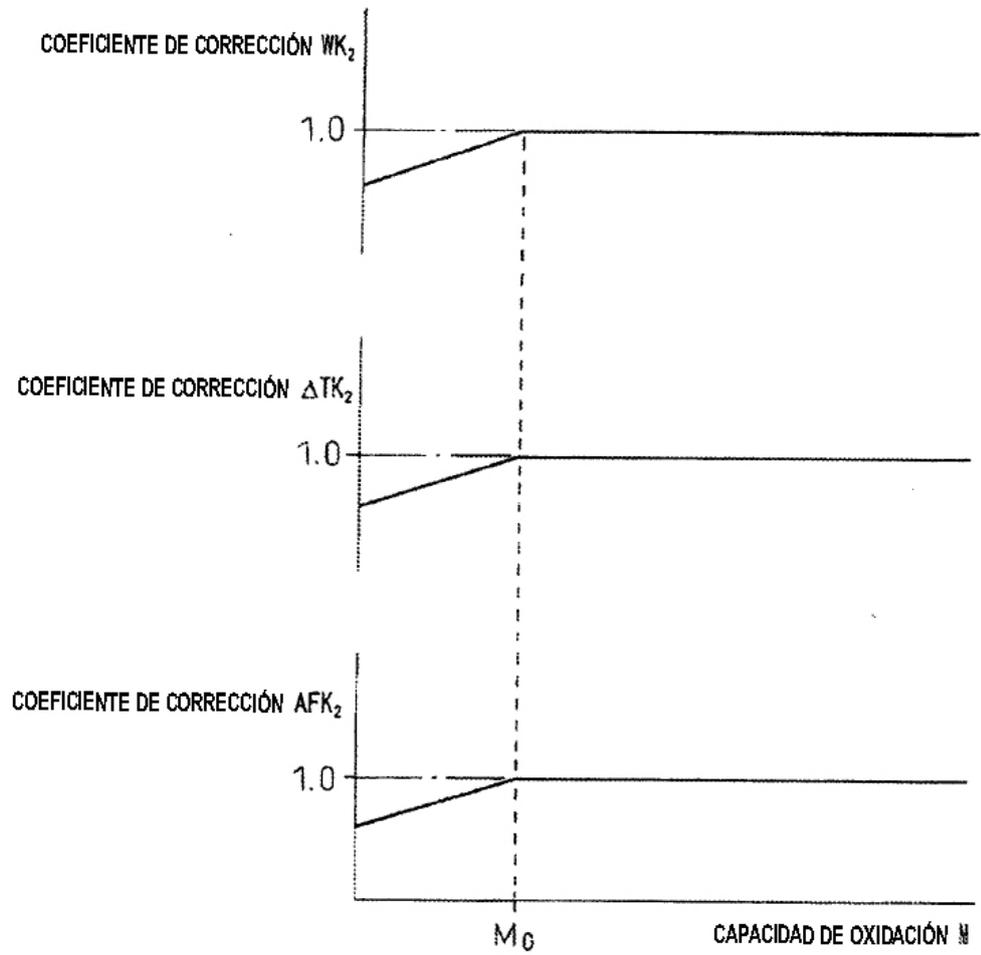


Fig.23

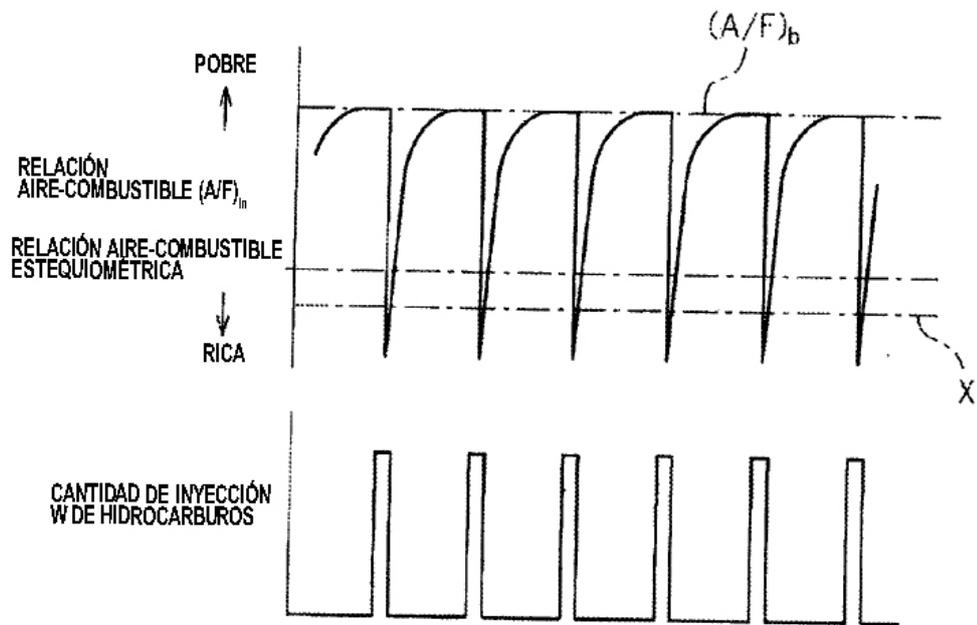


Fig. 24

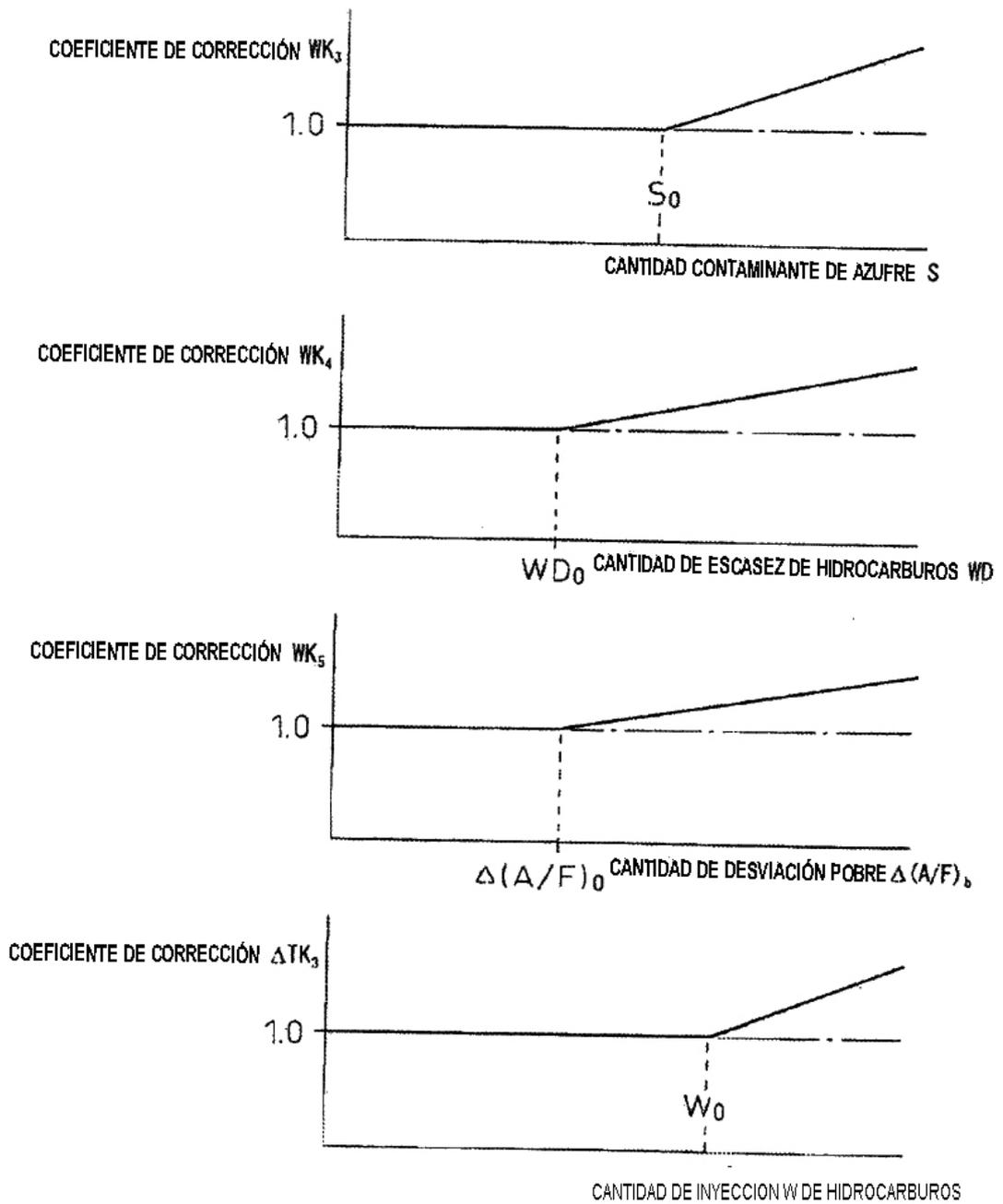


Fig.25

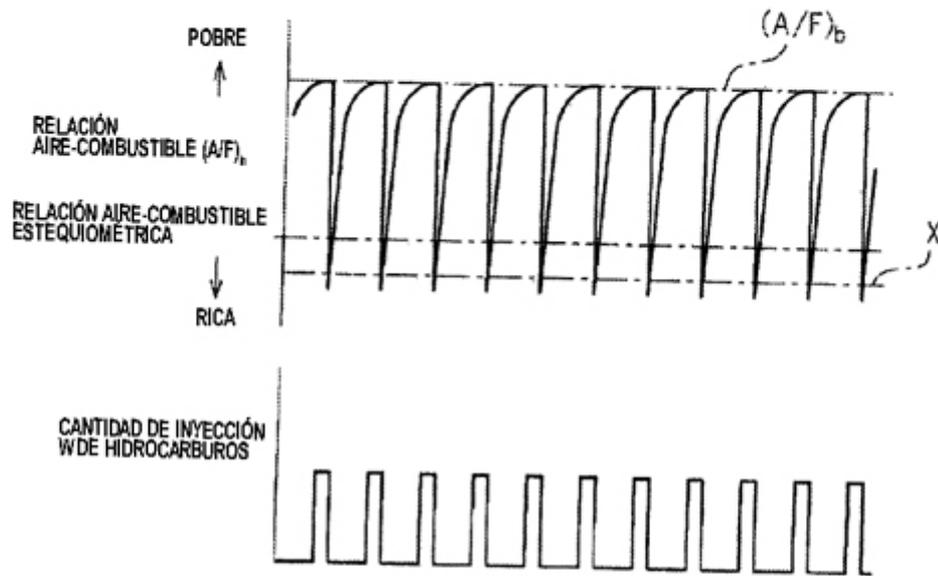


Fig.26

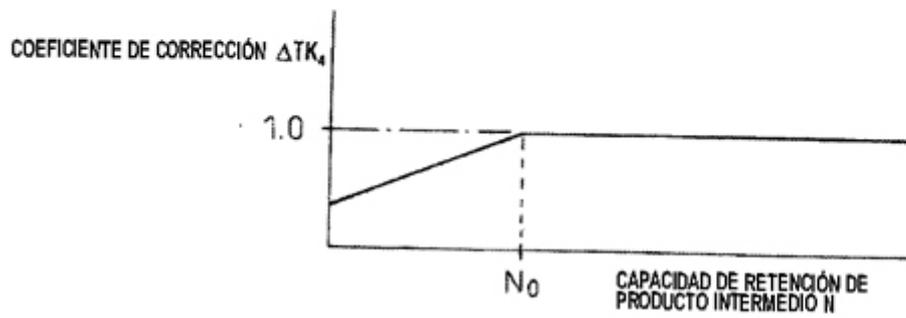


Fig.27

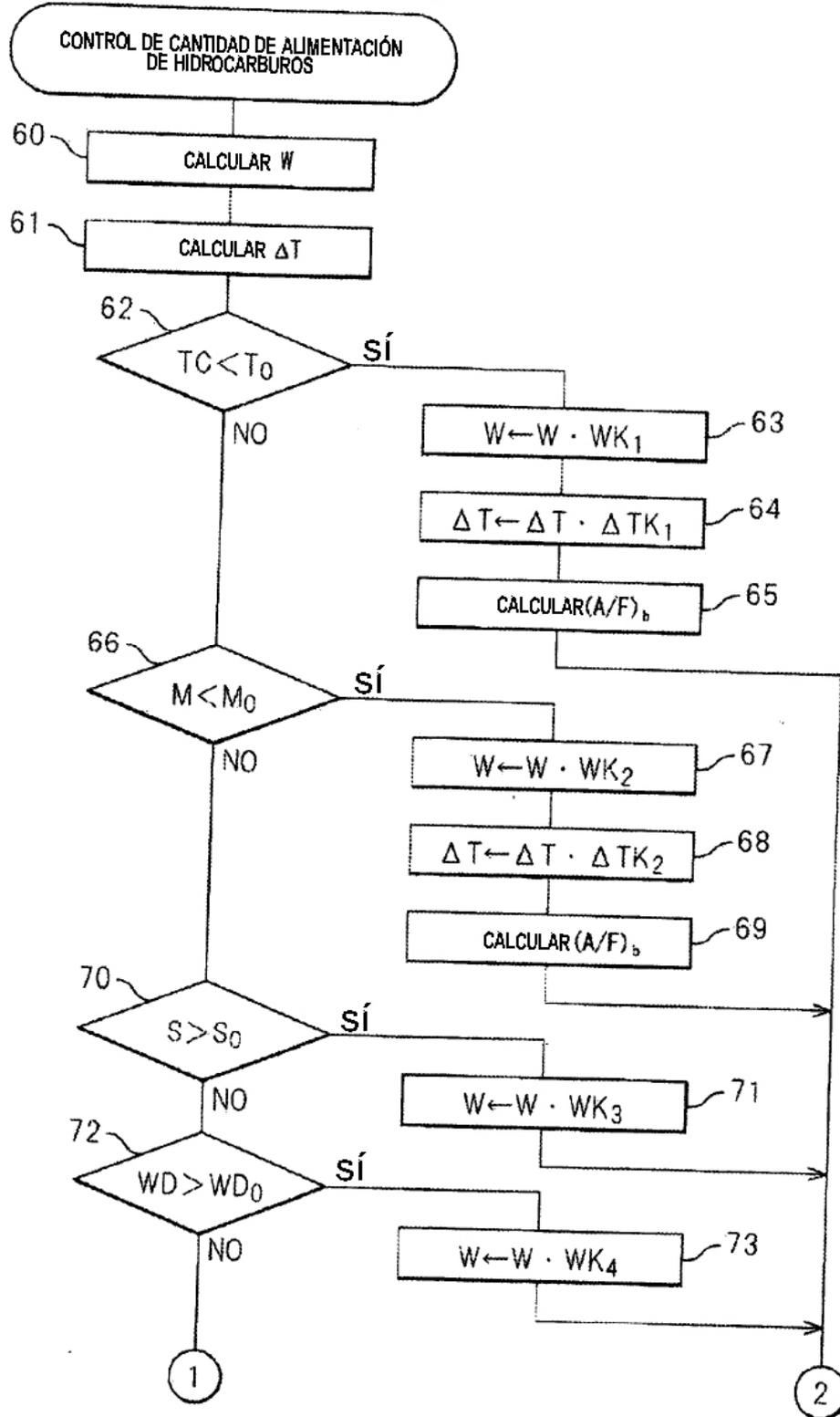


Fig.28

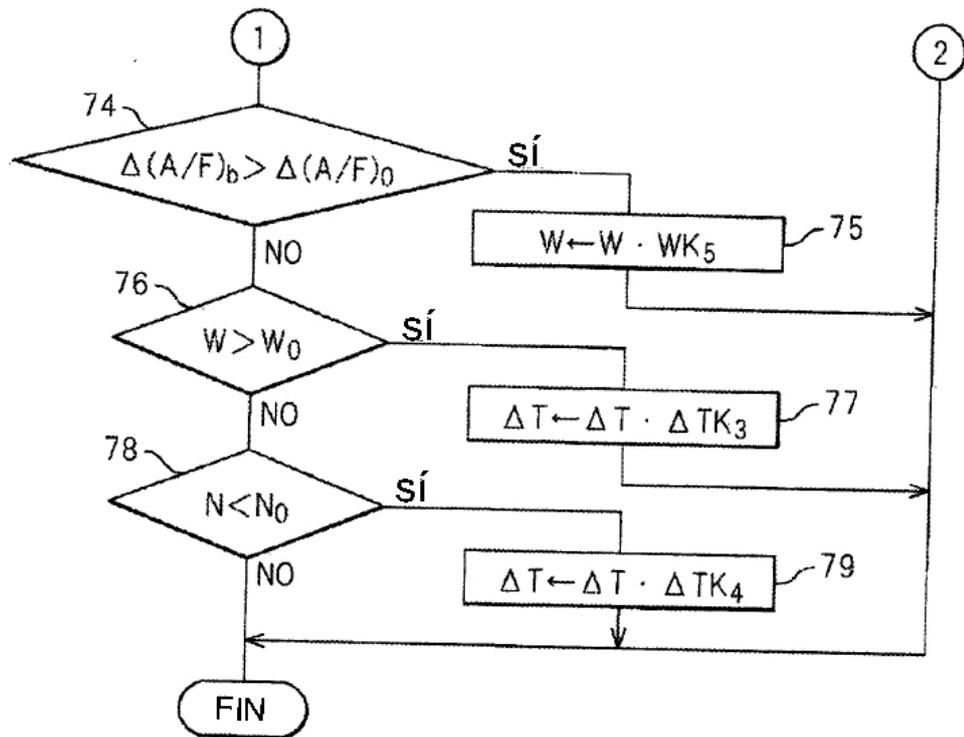


Fig. 29A

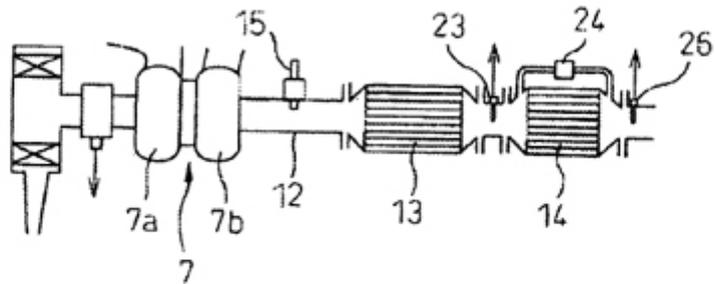


Fig. 29B

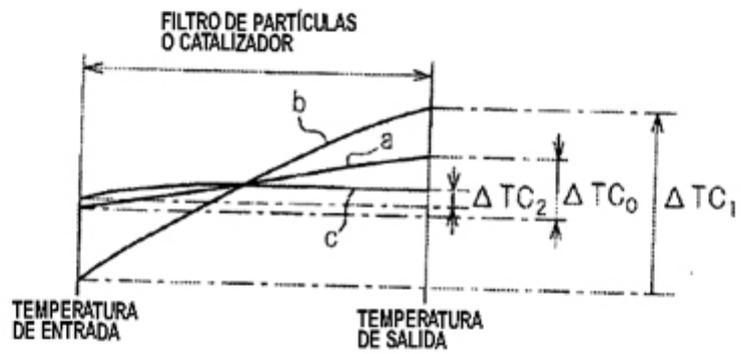


Fig. 29C

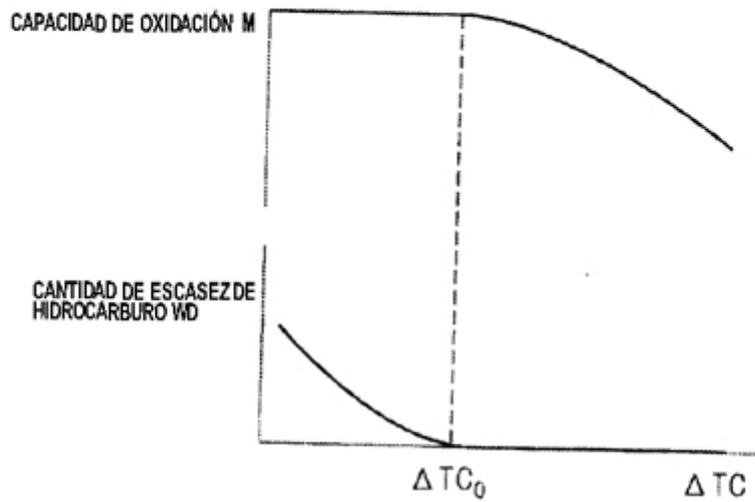


Fig.30

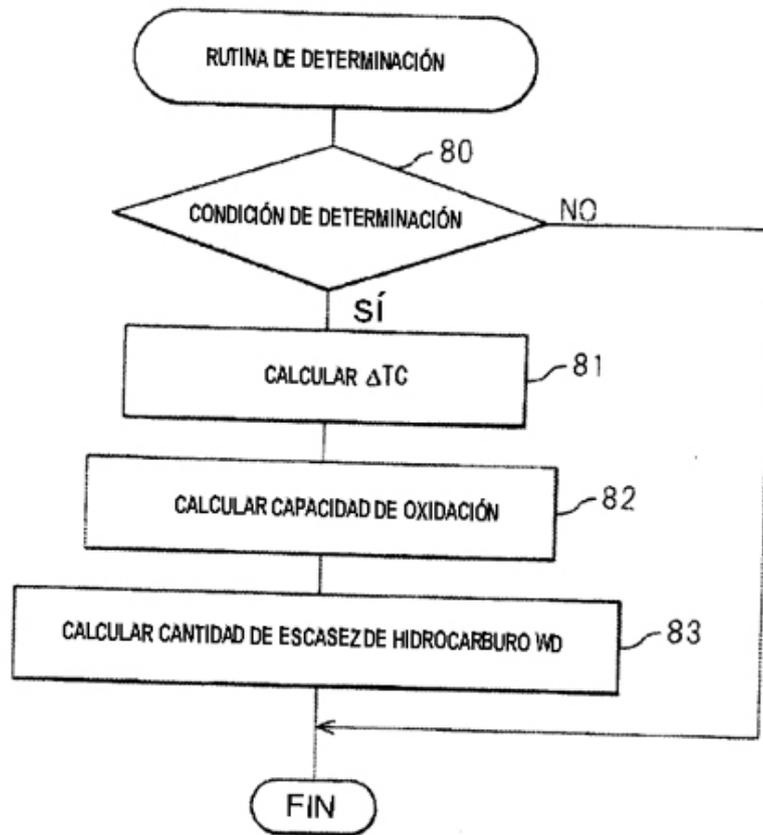


Fig.31 A

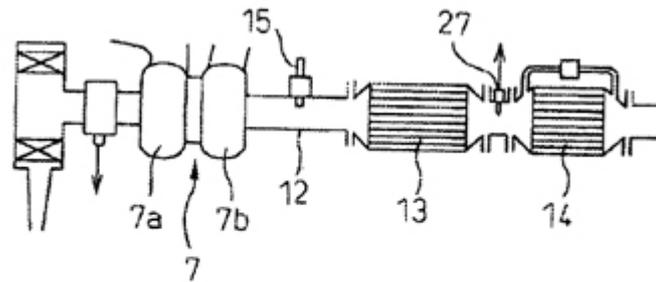


Fig.31B

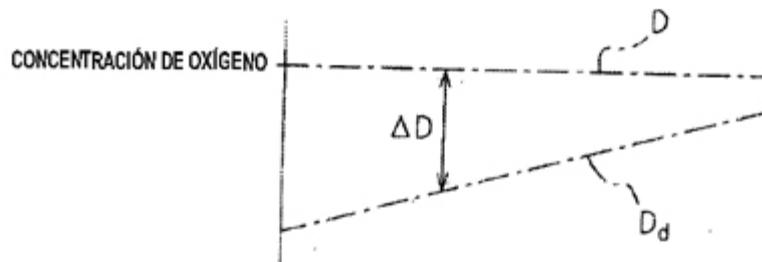


Fig.31C

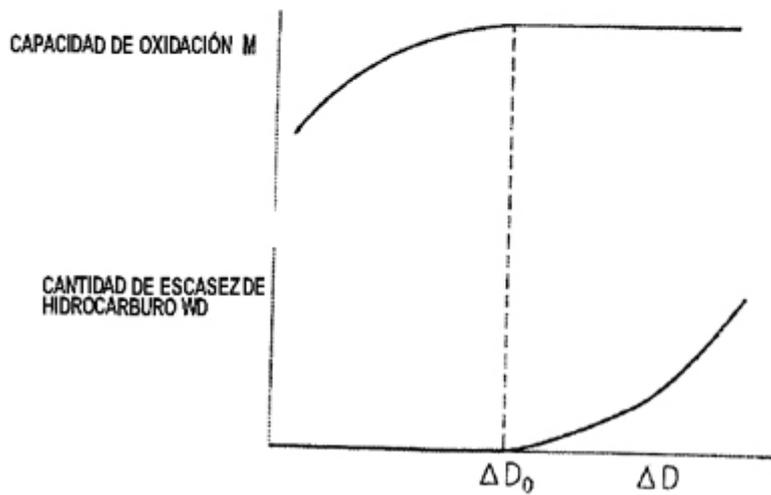


Fig.32

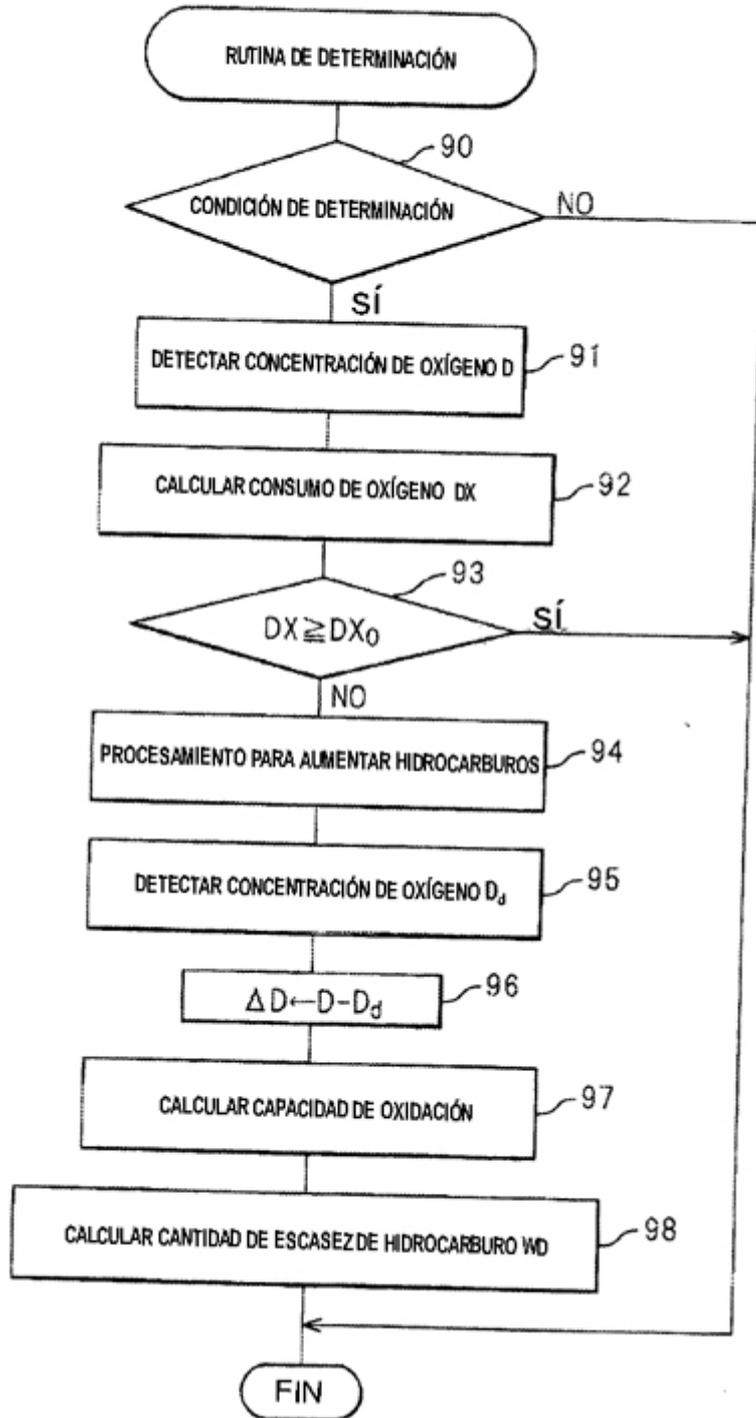


Fig.33A

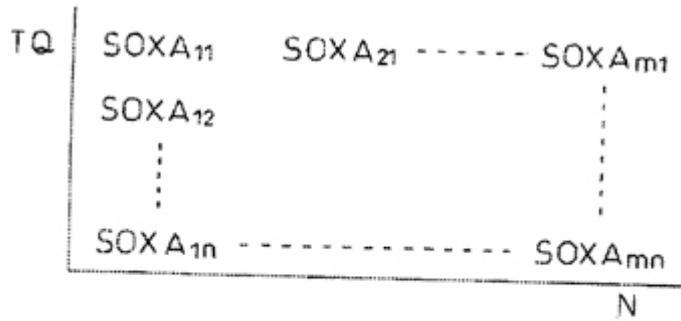


Fig.33B

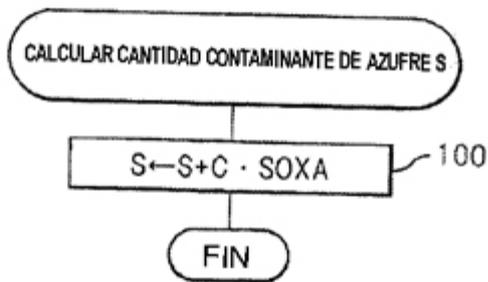


Fig.34

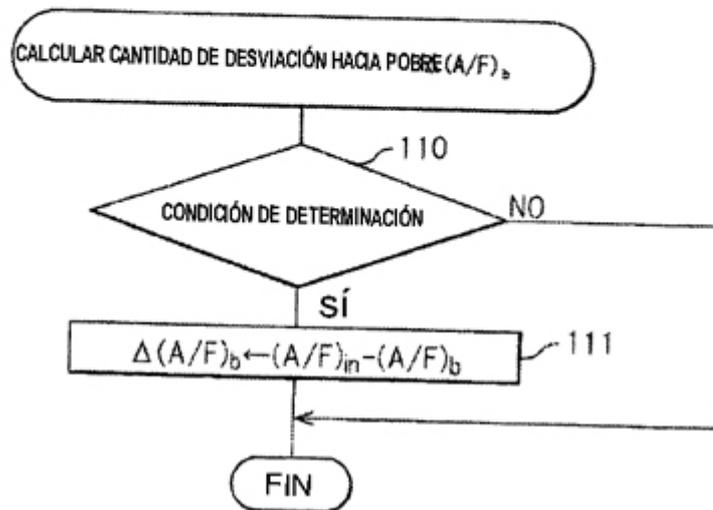


Fig.35A

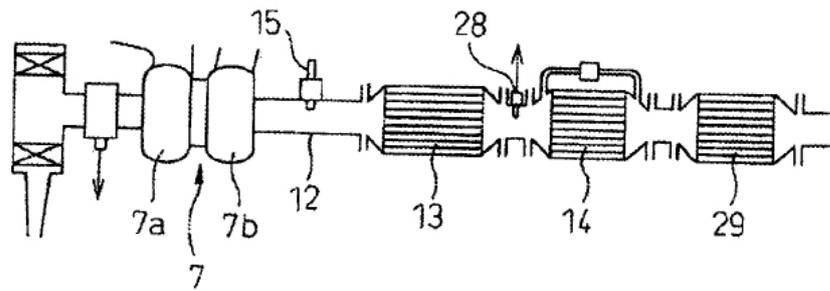


Fig.35B

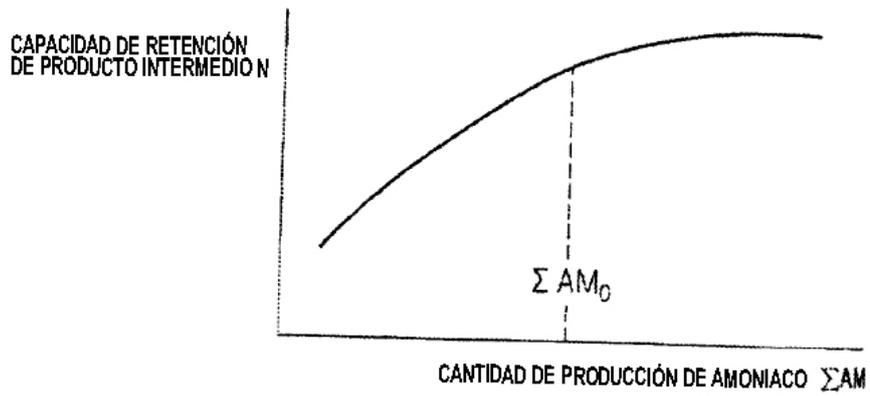


Fig.36

