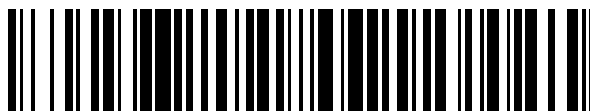


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 628 816**

51 Int. Cl.:

**F01N 3/18** (2006.01)  
**F01N 3/00** (2006.01)  
**F01N 3/36** (2006.01)  
**F01N 3/08** (2006.01)  
**F01N 3/20** (2006.01)  
**F01N 9/00** (2006.01)  
**B01D 53/94** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.08.2011 PCT/JP2011/067998**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.02.2013 WO13018234**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.08.2011 E 11826106 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.05.2017 EP 2574748**

54 Título: **Método de purificación de gases de escape para un motor de combustión interna**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**04.08.2017**

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

72 Inventor/es:  
**BISAIJI, YUKI**

74 Agente/Representante:  
**ZUAZO ARALUZE, Alexander**

ES 2 628 816 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).

**METODO DE PURIFICACIÓN DE GASES DE ESCAPE PARA UN 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 es 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 una válvula de adición de combustible en el conducto de escape del motor aguas arriba del catalizador del almacenamiento de NO<sub>x</sub>, que dispone un sensor de relación aire-combustible en el interior del conducto de escape del motor aguas abajo del catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub>, y que usa la señal de salida del sensor de relación aire-combustible como base para el control de retroalimentación de la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub> hasta una relación aire-combustible objetivo (véase, por ejemplo, el documento de patente 1).

A este respecto, se sabe que este sensor de relación aire-combustible se deteriora gradualmente si se expone al calor de los gases de escape a altas temperaturas durante un largo periodo de tiempo o si se contamina por los HC en los gases de escape, y como resultado, la relación aire-combustible detectada por el sensor de relación aire-combustible ya no puede expresar con precisión la relación aire-combustible real. A este respecto, los gases de escape contienen SO<sub>x</sub>. En este caso, se cree que el sensor de relación aire-combustible está afectado por este SO<sub>x</sub>. Sin embargo, no se conoce en absoluto hasta ahora cómo está afectada la relación aire-combustible detectada por el sensor de relación aire-combustible por este SO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape.

El documento de patente 2 da a conocer un método para detectar el progreso de contaminación por azufre de un catalizador de reducción de almacenamiento de NO<sub>x</sub> a partir del cambio característico en la salida de un sensor de concentración de oxígeno aguas abajo cuando se cambia la relación aire-combustible.

**35 Lista de citas**

Bibliografía de patentes

Documento de patente 1: publicación de patente japonesa (A) n.º 2004-316458

Documento de patente 2: publicación de patente japonesa (A) n.º 2008-286052

**Sumario de la invención****45 Problema técnico**

Por tanto, los inventores estudiaron cómo está afectada la relación aire-combustible detectada por un sensor de relación aire-combustible por el SO<sub>x</sub> contenido en los gases de escape y como resultado descubrieron una relación entre la relación aire-combustible detectada por el sensor de relación aire-combustible y la contaminación por azufre del sensor de relación aire-combustible.

Un objeto de la presente invención es proporcionar un método de purificación de NO<sub>x</sub> de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna que está diseñado para estimar la contaminación por azufre de un catalizador de purificación de gases de escape en el conducto de escape del motor basándose en esta relación descubierta.

**Solución al problema**

Según la presente invención, se proporciona un método de purificación de NO<sub>x</sub> de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna en el que un sensor de relación aire-combustible para detectar una relación aire-combustible de gases de escape está dispuesto en un conducto de escape del motor y se realiza un control de purificación de gases de escape basándose en una relación aire-combustible detectada por el sensor de relación aire-combustible, en el que el sensor de relación aire-combustible está compuesto por un tipo de sensor que tiene un electrolito sólido, cubriendo unos electrodos respectivamente dos superficies laterales del electrolito sólido, y cubriendo una capa de resistencia a la difusión uno de los electrodos y en el que se guían gases de escape a la capa de resistencia a la difusión, cuando cambia la relación aire-combustible de los gases de escape y cambia

la relación aire-combustible detectada por el sensor de relación aire-combustible, el cambio de la relación aire-combustible detectada por el sensor de relación aire-combustible se rige por una cantidad de deposición de componentes de azufre en el sensor de relación aire-combustible, en este momento, cuanto mayor pasa a ser la cantidad de deposición de componentes de azufre en el sensor de relación aire-combustible, más pequeña pasa a ser la cantidad de cambio de la relación aire-combustible detectada por el sensor de relación aire-combustible y más largo pasa a ser el periodo de tiempo de cambio de la relación aire-combustible, y se detecta una cantidad de contaminación por azufre del sensor de relación aire-combustible a partir del cambio de la relación aire-combustible detectada por el sensor de relación aire-combustible en este momento según la reivindicación 1.

Efectos ventajosos de la invención

Es posible detectar una cantidad de contaminación por azufre de un sensor de relación aire-combustible.

# **Breve descripción de los dibujos**

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

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.

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  $\text{NO}_x$ .

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.

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  $\text{NO}_x$ .

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.

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.

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  $\text{NO}_x$ .

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 una vista que muestra un cambio en la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape etc.

La figura 17 es una vista que muestra un mapa de una cantidad de  $\text{NO}_x$  expulsado,  $\text{NO}_x\text{A}$ .

La figura 18 es una vista que muestra un tiempo de inyección de combustible.

La figura 19 es una vista que muestra un mapa de una cantidad de combustible adicional WR.

Las figuras 20A y 20B son vistas que muestran un periodo de inyección de hidrocarburos etc.

Las figuras 21A y 21B son diagramas de tiempo que muestran cambios en una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape.

5 Las figuras 22A y 22B son vistas que muestran la estructura de un sensor de relación aire-combustible mostrado esquemáticamente etc.

Las figuras 23A y 23B son vistas que muestran cambios en una relación aire-combustible que se detecta por un sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo etc.

10 La figura 24 es una vista que muestra un mapa de relación aire-combustible máxima.

La figura 25 es un diagrama de tiempo que muestra cambios en una tasa de caída de la relación aire-combustible máxima.

15 Las figuras 26A y 26B son vistas que muestran cambios en una relación aire-combustible que se detecta por un sensor de relación aire-combustible de lado aguas abajo.

20 La figura 27 es un diagrama de tiempo que muestra cambios en una tasa de disminución de la relación aire-combustible máxima.

La figura 28 es una vista que muestra un cambio en una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape etc.

25 La figura 29 es una vista que muestra un cambio en una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape.

Las figuras 30 y 31 son diagramas de flujo para controles de funcionamiento.

30 La figura 32 es un diagrama de flujo que muestra una realización de una rutina de detección de relación aire-combustible máxima.

La figura 33 es un diagrama de flujo que muestra otra realización de una rutina de detección de relación aire-combustible máxima.

35 La figura 34 es un diagrama de flujo que muestra todavía otra realización de una rutina de detección de relación aire-combustible máxima.

### Descripción de realizaciones

40 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.

55 Por otro lado, el colector 5 de escape está conectado a una entrada de una turbina 7b de escape del turbocompresor 7 de escape. Una salida de la turbina 7b de escape está conectada a través de una tubería 12a de escape a una entrada del catalizador 13 de purificación de gases de escape, mientras que una salida del catalizador 13 de purificación de gases de escape está conectada a través de una tubería 12b de escape a un filtro 14 de partículas para atrapar partículas que están contenidas en los gases de escape.

60 Dentro de la tubería 12a 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 hidrocarburos que se alimentan 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.

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 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. Dentro de la tubería 12a de escape aguas arriba de la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos está dispuesto un sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba para detectar una relación aire-combustible de los gases de escape que se expulsan del motor, mientras que en el interior de la tubería 12b de escape aguas abajo del catalizador 13 de purificación de gases de escape está dispuesto un sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo para detectar una relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen hacia fuera desde el catalizador 13 de purificación de gases de escape. Adicionalmente, aguas abajo del catalizador 13 de purificación de gases de escape está dispuesto un sensor 24 de temperatura para detectar la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape, mientras que en el filtro 14 de partículas, un sensor 26 de presión diferencial está acoplado para detectar una presión diferencial antes y después del filtro 14 de partículas. Las señales de salida de este sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba, sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo, sensor 25 de temperatura, sensor 26 de presión diferencial, y detector 8 de cantidad de aire de admisión se introducen a través de correspondientes convertidores 37 AD respectivamente al puerto 35 de entrada.

Adicionalmente, un pedal 40 de 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 de acelerador. La tensión de salida del sensor 41 de carga se introduce a través de un correspondiente convertidor 37 AD en el 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, 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 la 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.

La figura 4 muestra los tiempos de alimentación de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos y el cambio en la relación aire-combustible (A/F)in 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)in 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)in 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)in 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)in, más alta es la concentración de hidrocarburos.

La figura 5 muestra la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  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 cambiar la relación aire-combustible (A/F)in 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  $\text{NO}_x$  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  $\text{NO}_x$  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  $\text{NO}_x$ . 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 los 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 más 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  $\text{NO}_2$ . A continuación, este  $\text{NO}_2$  se oxida adicionalmente y pasa a ser  $\text{NO}_3$ . Una parte adicional del  $\text{NO}_2$  pasa a ser  $\text{NO}_2^-$ . En este caso, la cantidad de producción de  $\text{NO}_3$  es mucho mayor que la cantidad de producción de  $\text{NO}_2^-$ . Por tanto, sobre el platino Pt 51, se producen una gran cantidad de  $\text{NO}_3$  y una pequeña cantidad de  $\text{NO}_2^-$ . Estos  $\text{NO}_3$  y  $\text{NO}_2^-$  presentan una fuerte actividad. A continuación, estos  $\text{NO}_3$  y  $\text{NO}_2^-$  se denominarán como el  $\text{NO}_x^*$  activo.

Por otro lado, si se alimentan hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, 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, como se muestra en la figura 6B, la concentración de hidrógeno alrededor del  $\text{NO}_x^*$  activo pasa a ser más alta. A este respecto, si, después de producirse el  $\text{NO}_x^*$  activo, el estado de una alta concentración de oxígeno alrededor del  $\text{NO}_x^*$  activo continúa durante un tiempo constante o más, el  $\text{NO}_x^*$  activo se oxida y se absorbe en el interior de la capa 53 básica en forma de iones de nitrato  $\text{NO}_3^-$ . Sin embargo, si, antes de que transcurra este tiempo constante, la concentración de hidrocarburos alrededor del  $\text{NO}_x^*$  activo pasa a ser más alta, como se muestra en la figura 6B, el  $\text{NO}_x^*$  activo reacciona sobre el platino 51 con los hidrocarburos HC con radicales para formar con ello la reducción intermedia. 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- $\text{NO}_2$ . Si se produce este nitrocompuesto R- $\text{NO}_2$ , 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 pasa a ser un compuesto de amina R-NH<sub>2</sub> si se hidroliza. 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 se hace disminuir la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape y por tanto la concentración de oxígeno pasa a ser más alta, los hidrocarburos alrededor del producto intermedio reductor se oxidarán. Como resultado, como se muestra en la figura 6A, el producto intermedio reductor y el NO<sub>x</sub>\* activo reaccionan. En este momento, el NO<sub>x</sub>\* activo reacciona con el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> para pasar a ser N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, por tanto 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. La concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace disminuir y la concentración de oxígeno se aumenta de modo que el NO<sub>x</sub>\* activo reacciona con el producto intermedio reductor y el NO<sub>x</sub> se elimina. Es decir, para que el catalizador 13 de purificación de gases de escape elimine el NO<sub>x</sub>, tiene que cambiarse periódicamente la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

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 hacer descender la concentración de hidrocarburos hasta una concentración suficientemente baja para hacer que el producto intermedio reductor producido reaccione con el NO<sub>x</sub>\* 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 24 superficial de flujo de gases de escape básica, hasta que el producto intermedio reductor reacciona con el NO<sub>x</sub>\* activo. Por este motivo, se proporciona la parte 24 superficial 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 alimentar los hidrocarburos hasta que se alimentan de nuevo los hidrocarburos. Por tanto, el NO<sub>x</sub>\* 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 reaccionen y produzcan 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 los 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 superficial de flujo de gases de escape básica está formada alrededor de los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos. El NO<sub>x</sub> se reduce mediante la acción de reducción del producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> retenido sobre la parte 54 superficial de flujo de gases de escape básica, y se hace que el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos sea el periodo de vibración requerido para la producción continua del producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub>. Por cierto, 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 NO<sub>x</sub>\* activo que se produce sobre el platino Pt 53, tal como se muestra en la figura 7A, se difunde en la capa 53 básica en forma de iones nitrato NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 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 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> → NO<sub>2</sub>), y por consiguiente los nitratos absorbidos en la capa 53 básica pasan a ser iones nitrato NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 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) in 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  $\text{NO}_x$  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  $\text{NO}_x$  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  $\text{NO}_x$ .

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 suministran 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, la abscisa 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°C a 400°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°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°C o más, la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  disminuye porque si la temperatura de catalizador TC pasa a ser de 400°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 una realización de la presente invención, una válvula 15 de alimentación de hidrocarburos para alimentar hidrocarburos está dispuesta en el conducto de escape del motor, un catalizador 13 de purificación de gases de escape para hacer reaccionar el  $\text{NO}_x$  contenido en los gases de escape e hidrocarburos reformados está dispuesto en el conducto de escape del motor aguas abajo de la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, 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, una parte 54 superficial de flujo de gases de escape básica está formada alrededor de los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos, 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 de  $\text{NO}_x$  que está contenido en los gases de escape si el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace más largo que este intervalo predeterminado, y, en el momento de 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 para reducir de ese modo el  $\text{NO}_x$  que está contenido en los gases de escape 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 catalizadores 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 detectan 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  $\text{NO}_x$ . Obsérvese que, este nuevo método de purificación de  $\text{NO}_x$  se denominará a continuación como el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ .

A continuación, con referencia a de la figura 10 a la figura 15, este primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  se explicará un poco más en detalle.

La figura 10 muestra ampliado el cambio en la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> mostrada en la figura 4. Obsérvese que, tal como se explicó anteriormente, el cambio en la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> 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,  $\Delta H$  muestra la amplitud del cambio en concentración de hidrocarburos HC que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape, mientras que  $\Delta T$  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)<sub>b</sub> 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)<sub>b</sub> 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> usada para producir el producto intermedio reductor sin que el NO<sub>x</sub>\* activo producido se almacene casi nada en forma de nitratos dentro de la capa 53 básica. Para hacer que el NO<sub>x</sub>\* activo y los hidrocarburos reformados reaccionen para producir un producto intermedio reductor, la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> tiene que hacerse inferior a este límite superior X de la relación aire-combustible.

En otras palabras, en la figura 10, X muestra el límite inferior de la concentración de hidrocarburos requerida para hacer que el NO<sub>x</sub>\* activo e hidrocarburos reformados 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 hidrocarburos alrededor del NO<sub>x</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.

En el ejemplo mostrado en la figura 10, la relación aire-combustible mínima demandada X es 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, rica. En contraposición a esto, en el ejemplo mostrado en la figura 11, la relación aire-combustible mínima demandada X es pobre. En este caso, la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> se mantiene pobre mientras se reduce periódicamente la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> para formar el producto intermedio reductor.

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.

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 terminan oxidándose completamente cuando se reduce la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub>. Como resultado, un 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 se hace rica la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub>, parte de los hidrocarburos no se oxidarán completamente, pero se oxidarán parcialmente, es decir, los hidrocarburos se reformarán, por consiguiente se producirá un 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.

Por otro lado, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una fuerza de oxidación débil, 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>, parte de los hidrocarburos no se oxidarán completamente, pero se oxidarán parcialmente, es decir, los hidrocarburos se reformarán, y por consiguiente se producirá un 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 expulsarán una gran cantidad de hidrocarburos desde el 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 ha de hacerse pobre.

Es decir, se aprende que la relación aire-combustible mínima demandada X, tal como se muestra en la figura 12, tiene que reducirse 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 explicarán 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 fluye al interior del catalizador 13 de purificación de

gases de escape.

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 contribuyen 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.

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 NO<sub>x</sub> 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 más alta es la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de alimentarse 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 NO<sub>x</sub>. Para obtener la misma tasa de purificación de NO<sub>x</sub>, a partir de la figura 13, se aprende que cuanto más alta 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 NO<sub>x</sub>, cuanto más alta sea la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub>, mayor se hace la amplitud  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos. En otras palabras, para eliminar el NO<sub>x</sub> bien, cuanto menor es la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub>, más puede reducirse la amplitud  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos.

A este respecto, la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> 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 NO<sub>x</sub> bien. La relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> es habitualmente más grande que en el momento 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 200 ppm o más, se puede obtener una excelente tasa de purificación de NO<sub>x</sub>.

Por otro lado, se aprende que cuando la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> es la más alta, si se hace la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos 10000 ppm o similar, se obtiene una excelente tasa de purificación de NO<sub>x</sub>. 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.

Adicionalmente, si el periodo de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos pasa a ser mayor, la concentración de oxígeno alrededor del NO<sub>x</sub><sup>\*</sup> activo pasa a ser más alta en el periodo de tiempo después de alimentar 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, la mayor parte del NO<sub>x</sub><sup>\*</sup> 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 NO<sub>x</sub> disminuye. 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, como se muestra en la figura 15, si el periodo de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos se hace de aproximadamente 0,3 segundos o menos, la tasa de purificación de NO<sub>x</sub> 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.

A continuación, con referencia a de la figura 16 a la figura 19, se explicará en detalle un método de purificación de NO<sub>x</sub> en el caso en el que el catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace funcionar como un catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub>. El método de purificación de NO<sub>x</sub> en el caso en el que el catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace funcionar como un catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub> de este modo se denominará a continuación como el segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>.

En este segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>, tal como se muestra en la figura 16, cuando la cantidad de NO<sub>x</sub> almacenado  $\Sigma NO_x$  de NO<sub>x</sub> que está almacenado en la capa 53 básica supera una cantidad permisible predeterminada MAX, 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 se hace temporalmente rica. Si la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape se hace rica, el NO<sub>x</sub> que estaba almacenado en la capa 53 básica cuando la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape era pobre se libera de la capa 53 básica todo de una vez y se

reduce. Debido a esto, se elimina el  $\text{NO}_x$ .

La cantidad de  $\text{NO}_x$  almacenado  $\Sigma\text{NO}_x$  se calcula, por ejemplo, a partir de la cantidad de  $\text{NO}_x$  que se expulsa del motor. En esta realización según la presente invención, la cantidad de  $\text{NO}_x$  que se expulsa  $\text{NO}_x$  de  $\text{NO}_x$  que se expulsa del motor por unidad de tiempo se almacena como función del par de salida de motor  $T_e$  y velocidad de motor  $N$  en la forma de un mapa tal como se muestra en la figura 17 de antemano en la ROM 32. La cantidad de  $\text{NO}_x$  almacenado  $\Sigma\text{NO}_x$  se calcula a partir de la cantidad de  $\text{NO}_x$  expulsado  $\text{NO}_x$ . En este caso, tal como se explicó anteriormente, el periodo durante el que la relación aire-combustible  $(A/F)_{in}$  de los gases de escape se hace rica es habitualmente de 1 minuto o más.

En este segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ , tal como se muestra en la figura 18, el inyector 3 de combustible inyecta combustible adicional  $WR$  a la cámara 2 de combustión además del combustible para su uso en generación de salida  $Q$  de modo que la relación aire-combustible  $(A/F)_{in}$  de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace rica. Obsérvese que, en la figura 18, la abscisa indica el ángulo del cigüeñal. Este combustible adicional  $WR$  se inyecta en un tiempo en el que se quemará, pero no aparecerá como salida de motor, es decir, ligeramente antes de  $\text{ATDC}90^\circ$  después del centro de punto muerto de compresión. Esta cantidad de combustible  $WR$  se almacena como función del par de salida de motor  $T_e$  y velocidad de motor  $N$  en la forma de un mapa tal como se muestra en la figura 19 de antemano en la ROM 32. Evidentemente, en este caso, también es posible hacer aumentar la cantidad de alimentación de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos para hacer la relación aire-combustible  $(A/F)_{in}$  de los gases de escape rica.

Ahora, volviendo otra vez a la explicación del primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ , para usar el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  para eliminar el  $\text{NO}_x$  bien tal como se explicó anteriormente, la amplitud  $\Delta H$  y periodo de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos tienen que controlarse de forma adecuada. Es decir, para usar el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  para eliminar el  $\text{NO}_x$  bien, es necesario controlar la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos de modo que la relación aire-combustible  $(A/F)_{in}$  de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape pasa a ser la relación aire-combustible mínima demandada  $X$  o menos, y es necesario controlar el periodo de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos de 0,3 segundos a 5 segundos.

En este caso, en la presente invención, se controla la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos controlando la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos y se controla el periodo de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos controlando el periodo de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos. En este caso, la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos puede controlarse controlando al menos uno de tiempo de inyección o presión de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos. Sin embargo, a continuación, la presente invención se explicará con referencia al caso de controlar la cantidad de inyección controlando el tiempo de inyección mientras se mantiene la presión de inyección constante.

Ahora bien, en esta realización según la presente invención, se encuentran de antemano mediante experimentos el grado de apertura óptimo de la válvula 10 de mariposa y el grado de apertura óptimo de la válvula 17 de control de EGR, según el estado de funcionamiento del motor. Además, también se encuentra de antemano mediante experimentos la relación aire-combustible base  $(A/F)_b$  óptima que se obtiene cuando la válvula 10 de mariposa y la válvula 17 de control de EGR se hacen los grados de apertura óptimos. En el momento de funcionamiento del motor, se controla la cantidad de inyección de combustible desde el inyector 3 de combustible de modo que la relación aire-combustible de los gases de escape que se expulsan desde el motor pasan a ser esta relación aire-combustible base  $(A/F)_b$  óptima.

Adicionalmente, se encuentran de antemano mediante experimentos el periodo de inyección de hidrocarburos óptimo  $\Delta T$  y el periodo de inyección de hidrocarburos óptimo  $WT$  que proporcionan la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  más alta cuando está realizándose la acción de purificación de  $\text{NO}_x$  del primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ . Este periodo de inyección de hidrocarburos óptimo  $\Delta T$  se almacena como función de la velocidad de motor  $N$  y del par de salida de motor  $T_e$  en la forma de un mapa tal como se muestra en la figura 20A de antemano en la ROM 32, y este periodo de inyección de hidrocarburos óptimo  $WT$  también se almacena como función de la velocidad de motor  $N$  y del par de salida de motor  $T_e$  en la forma de un mapa tal como se muestra en la figura 20B de antemano en la ROM 32.

La figura 21A muestra el cambio de la relación aire-combustible  $(A/F)_{in}$  de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape cuando el periodo de inyección de hidrocarburos se hace el periodo de inyección de hidrocarburos óptimo  $\Delta T$  que se muestra en la figura 20A y el periodo de inyección de hidrocarburos se hace el periodo de inyección de hidrocarburos óptimo  $WT$  que se muestra en la figura 20B, mientras que la figura 21B muestra el cambio de la relación aire-combustible que se detecta por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo en este momento. Tal como se entenderá a partir de la figura 21A y la figura 21B, una relación aire-combustible máxima de lado rico  $(A/F)_r$  de la relación aire-combustible  $(A/F)_{in}$  de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape es rica, mientras que la

relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> de la relación aire-combustible que se detecta por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo es pobre. Esto se considera que es porque parte de los depósitos de hidrocarburos alimentados, una vez en el catalizador 13 de purificación de gases de escape, se evapora entonces con una diferencia de tiempo, mediante que el cambio en la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen hacia fuera desde el catalizador 13 de purificación de gases de escape se suaviza, de modo que el valor máximo de la relación aire-combustible pasa a ser más pequeño.

A continuación, se explicarán de manera sencilla las estructuras del sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba y el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo que se usan en la presente invención. Obsérvese que, este sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba y sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo tienen la misma estructura. La figura 22A muestra esquemáticamente las estructuras de los sensores 23 y 24 de relación aire-combustible.

Haciendo referencia a la figura 22A, la parte 60 sensora de cada uno de los sensores 23 y 24 de relación aire-combustible está compuesta por un electrolito 61 sólido con forma de copa de pared delgada hecho de circonio Zr, un electrodo 62 de película delgada de platino que cubre la circunferencia interna del electrolito 61 sólido, un electrodo 63 de película delgada de platino que cubre la circunferencia externa del electrolito 61 sólido, y una capa 64 de resistencia a la difusión que está compuesta por alumina que cubre el entorno del electrodo 63. Esta parte 60 sensora está cubierta por una cubierta 66 protectora que tiene un gran número de orificios 65. Esta parte 60 sensora está dispuesta en los gases de escape. Los gases de escape pasan a través de los orificios 65 y se guían a la parte superior de la capa 64 de resistencia a la difusión. Tal como se muestra en la figura 22A, se aplica un voltaje E constante a través de los electrodos 62 y 63. En este momento, una corriente I fluye entre los electrodos 62 y 63 según la relación aire-combustible de los gases de escape tal como se muestra en la figura 22B. En la presente invención, la relación aire-combustible se encuentra desde este valor I de corriente basándose en la relación que se muestra en la figura 22B. Es decir, se detecta la relación aire-combustible desde las salidas de los sensores 23 y 24 de relación aire-combustible.

A este respecto, los gases de escape contienen SO<sub>x</sub>. En este caso, se cree que los sensores 23 y 24 de relación aire-combustible están afectados por este SO<sub>x</sub>. Sin embargo, cómo están afectadas las relaciones aire-combustible, que se detectan por los sensores 23 y 24 de relación aire-combustible, por el SO<sub>x</sub> que está contenido en estos gases de escape no se ha conocido en absoluto hasta ahora. Por tanto, los inventores estudiaron cómo están afectadas las relaciones aire-combustible, que se detectan por los sensores 23 y 24 de relación aire-combustible, por el SO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape y como resultado descubrieron una relación entre las relaciones aire-combustible que se detectan por los sensores 23 y 24 de relación aire-combustible y la contaminación por azufre de los sensores 23 y 24 de relación aire-combustible.

A continuación, esto se explicará con referencia al ejemplo del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo. La línea continua en la figura 23A muestra cómo es el cambio de la relación aire-combustible que se detecta por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo que se muestra en la figura 21A. Es decir, la línea continua de la figura 23A muestra el cambio en la relación aire-combustible que se detecta por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo cuando el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo no está contaminado por azufre. A este respecto, se aprendió que si los componentes de azufre se depositan en el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo, cuanto mayor es la cantidad de deposición de los componentes de azufre en el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo, como se muestra mediante la línea discontinua en la figura 23A, menor es la cantidad de cambio de la relación aire-combustible que se detecta por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo y mayor es el periodo de tiempo de cambio de la relación aire-combustible.

Se cree que la razón es la siguiente: es decir, en el sensor de relación aire-combustible que se muestra en la figura 22A, el oxígeno e hidrocarburos que están contenidos en los gases de escape se difunden dentro de la capa 64 de resistencia a la difusión para alcanzar el electrodo 63, se realiza una acción de oxidación de hidrocarburos en el electrodo 63, y, si son ricos en oxígeno en este momento, los iones de oxígeno se mueven dentro del electrolito 61 sólido desde el electrodo 63 al 62, mientras que si son pobres en oxígeno, los iones de oxígeno se mueven dentro del electrolito 61 sólido desde el electrodo 62 al 63, y se usa una corriente I generada debido a esto para detectar la relación aire-combustible.

A este respecto, si los gases de escape contienen SO<sub>x</sub>, este SO<sub>x</sub> también penetrará dentro de la capa 64 de resistencia a la difusión. Por una parte, este SO<sub>x</sub> reaccionará con el platino en el electrodo 63 para formar PtS, mientras que por otra parte este SO<sub>x</sub> se adsorberá sobre la alumina en forma de SO<sub>2</sub> o en forma de iones de azufre dentro de la capa 64 de resistencia a la difusión. Si se forman PtS en el electrodo 63, se hace disminuir la tasa de oxidación de los hidrocarburos en el electrodo 63, por lo que el valor I de corriente cambia lentamente durante un largo periodo de tiempo. Adicionalmente, si se adsorbe SO<sub>x</sub> en la alumina, los poros dentro de la capa 64 de resistencia a la difusión se cerrarán, de modo que los hidrocarburos de alto peso molecular tardarán hasta que se difunden al electrodo 63. Por tanto, también debido a esto, el valor I de corriente cambiará lentamente durante un largo periodo de tiempo. Por tanto, si el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo está contaminado por azufre, la cantidad de cambio de la relación aire-combustible que se detecta por el sensor 24 de

relación aire-combustible de lado aguas abajo pasará a ser más pequeña y el periodo de tiempo de cambio de la relación aire-combustible pasará a ser mayor.

En este caso, cuanto más aumenta la cantidad de deposición de los componentes de azufre en el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo, menor pasará a ser la cantidad de cambio de la relación aire-combustible que se detecta por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo y mayor pasará a ser, junto con este, el periodo de tiempo de cambio de la relación aire-combustible, de modo que se hace posible detectar la cantidad de contaminación por azufre del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo a partir del cambio de la relación aire-combustible que se detecta por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo. Esto mismo es cierto para el sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba.

Por tanto, en la presente invención, cada uno de los sensores 23 y 24 de relación aire-combustible es un tipo de sensor que tiene un electrolito 61 sólido, cubriendo los electrodos 62 y 63 respectivamente las dos superficies laterales del electrolito 61 sólido, y cubriendo una capa 64 de resistencia a la difusión uno de los electrodos 63 y en el que los gases de escape se guían a esta capa 64 de resistencia a la difusión. Cuando la relación aire-combustible de los gases de escape cambia y las relaciones aire-combustible que se detectan por los sensores 23 y 24 de relación aire-combustible cambian, los cambios de las relaciones aire-combustible que se detectan por los sensores 23 y 24 de relación aire-combustible se rigen por las cantidades de deposición de los componentes de azufre en los sensores 23 y 24 de relación aire-combustible. En este momento, cuanto mayores pasan a ser las cantidades de deposición de los componentes de azufre en los sensores 23 y 24 de relación aire-combustible, menores pasan a ser los cambios de las relaciones aire-combustible detectadas por los sensores 23 y 24 de relación aire-combustible y mayores pasan a ser los periodos de tiempo de cambio de las relaciones aire-combustible. Las cantidades de contaminación por azufre de los sensores 23 y 24 de relación aire-combustible se detectan a partir de los cambios de las relaciones aire-combustible que se detectan por los sensores 23 y 24 de relación aire-combustible en este momento.

A continuación, se explicará el método específico de detección de las cantidades de contaminación por azufre de los sensores 23 y 24 de relación aire-combustible con referencia de nuevo al ejemplo del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo. Tal como se muestra en la figura 23A mediante la línea discontinua, si el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo está contaminado por azufre, la relación aire-combustible máxima de lado rico de la relación aire-combustible que se detecta por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo cambia desde (A/F)<sub>p</sub> a (A/F)<sub>z</sub>. Es decir, si el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo está contaminado por azufre, la cantidad de cambio de la relación aire-combustible con respecto a la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> disminuye desde ΔAF<sub>p</sub> a ΔAF<sub>z</sub>. Por tanto, en una realización según la presente invención, se detecta la cantidad de contaminación por azufre del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo a partir de la relación aire-combustible máxima de lado rico de la relación aire-combustible que se detecta por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo o a partir de la cantidad de cambio de la relación aire-combustible con respecto a la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub>.

La figura 23B muestra la relación entre la tasa de disminución ΔAFR de la relación de aire-combustible máxima de lado rico de la relación aire-combustible que se detecta por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo y la cantidad de contaminación por azufre. Obsérvese que, la tasa de disminución ΔAFR de esta relación aire-combustible máxima se expresa mediante la siguiente fórmula

$$\Delta AFR = (\Delta AF_p - \Delta AF_z) / \Delta AF_p$$

$$\Delta AF_p = (A/F)_b - (A/F)_p$$

en la que

$$\Delta AF_z = (A/F)_b - (A/F)_z$$

En la fórmula anterior, la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> se determina según el estado de funcionamiento del motor si se determina. Por otra parte, se encuentra de antemano mediante experimentos la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> que se detecta por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo cuando el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo no está contaminado por azufre. Esta relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub>, que se encuentra de antemano mediante experimentos, se almacena como función de la velocidad de motor N y del par de salida de motor T<sub>e</sub> en la forma de un mapa tal como se muestra en la figura 24 de antemano en la ROM 32. Por tanto, ΔAF<sub>p</sub> se determina según el estado de funcionamiento del motor si se determina.

Por otra parte, la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>z</sub> es un valor que se detecta por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo. ΔAF<sub>z</sub> se calcula a partir de esta relación aire-combustible máxima de

lado rico (A/F)<sub>z</sub> detectada y la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> que se determina a partir del estado de funcionamiento del motor. Es decir, la tasa de disminución  $\Delta AFR$  de la relación aire-combustible máxima se calcula a partir de la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>z</sub> que se detecta por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo. Tal como se muestra en la figura 23B, cuanto más aumenta la tasa de disminución  $\Delta AFR$  de la relación aire-combustible máxima, mayor pasa a ser la cantidad de contaminación por azufre del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo.

Ahora bien, si los gases de escape contienen azufre, tal como se muestra mediante la línea continua en la figura 25, a lo largo del tiempo transcurrido, la tasa de disminución  $\Delta AFR$  de la relación aire-combustible máxima pasa a ser gradualmente mayor. Por otra parte, incluso si la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos se obstruye y la cantidad de alimentación de hidrocarburos disminuye, la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>z</sub> que se detecta por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo pasa a ser mayor y como resultado la tasa de disminución  $\Delta AFR$  de la relación aire-combustible máxima aumenta. Sin embargo, la obstrucción de la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos se produce relativamente rápido. Una vez que se produce la obstrucción, como se muestra mediante la línea discontinua en la figura 25, la relación ya no cambiará tanto, así que si se monitoriza continuamente el cambio junto con el tiempo de la tasa de disminución  $\Delta AFR$  de la relación aire-combustible máxima, se puede determinar si la contaminación por azufre del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo provocó que la tasa de disminución  $\Delta AFR$  de la relación aire-combustible máxima se hiciera mayor o que la obstrucción de la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos provocara que la tasa de disminución  $\Delta AFR$  de la relación aire-combustible máxima aumentara.

Por tanto, en la realización según la presente invención, se determina que el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo se ha contaminado por azufre o que la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos se ha obstruido a partir del cambio con el tiempo de la tasa de disminución  $\Delta AFR$  de la relación aire-combustible máxima, es decir, a partir del cambio de la relación aire-combustible que se detecta por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo.

A continuación, con referencia a la figura 26A, se explicará otra realización. En esta realización, la cantidad de contaminación por azufre del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo se encuentra a partir del valor integrado de la diferencia entre la relación aire-combustible detectada por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo y la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub>. Es decir, cuando se inyectan hidrocarburos una vez desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos y la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape cambia instantáneamente, si el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo no está contaminado por azufre, tal como se muestra en la figura 26A mediante la línea continua, la relación aire-combustible que se detecta por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo termina cambiando instantáneamente dentro de un periodo de tiempo predeterminado que se muestra mediante A en la figura 26A.

En contraposición a esto, cuando el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo está contaminado por azufre, tal como se muestra en la figura 26A mediante la línea descontinua, la relación aire-combustible que se detecta por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo continúa cambiando superando el periodo de tiempo predeterminado A. Obsérvese que, este periodo de tiempo predeterminado A es el periodo de tiempo durante el cual se completa sustancialmente el cambio instantáneo de la relación aire-combustible que se detecta por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo cuando se inyectan hidrocarburos una vez desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos en el caso en el que el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo no está contaminado por azufre.

En esta realización, en la figura 26A, se calculan el valor integrado de la diferencia SA entre la relación aire-combustible detectada por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo y la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> en un periodo de tiempo predeterminado A, es decir, el área SA, y el valor integrado de la diferencia SB entre la relación aire-combustible detectada por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo y la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> en un periodo de tiempo B entre un periodo de tiempo A y periodo de tiempo A, es decir, el área SB. En este caso, a partir de la figura 26A, se aprende que, cuando el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo no está contaminado por azufre como se muestra mediante la línea continua, el área SA es grande, pero el área SB es casi cero, y a la inversa, cuando el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo está contaminado por azufre como se muestra mediante la línea discontinua, el área SA pasa a ser más pequeña y el área SB pasa a ser más grande.

Es decir, se aprende que la cantidad de contaminación por azufre del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo se produce notablemente en la relación del área SB con respecto al área SA. La figura 26B muestra la relación entre la proporción SB/SA del área SB con respecto al área SA y la cantidad de contaminación por azufre. Se aprende que cuanto mayor es esta proporción SB/SA, mayor es la cantidad de contaminación por azufre.

Por tanto, en esta realización según la presente invención, se calculan los valores integrados de las diferencias SA y SB entre la relación aire-combustible detectada por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo y

la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub>. La relación aire-combustible que se detecta por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo cuando la relación aire-combustible de los gases de escape cambia instantáneamente termina cambiando instantáneamente dentro del periodo de tiempo predeterminado A a menos que el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo esté contaminado por azufre, pero si la cantidad de contaminación por azufre del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo aumenta, continúa cambiando durante el periodo de tiempo predeterminado A. La cantidad de contaminación por azufre del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo se detecta a partir de la proporción SB/SA del valor integrado SA en el periodo de tiempo predeterminado A y el valor integrado SB cuando se supera el periodo de tiempo predeterminado A.

En este caso, como valor del valor integrado SA se puede usar el valor promedio de las relaciones aire-combustible aunque fluctúe varias veces. Para el valor del valor integrado SB, se puede usar también el valor promedio de las relaciones aire-combustible aunque fluctúe varias veces.

De este modo, la cantidad de contaminación por azufre del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo se puede encontrar a partir de la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>z</sub> que se detecta por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo y se puede encontrar también a partir de la relación SB/SA de los valores integrados de las diferencias SA y SB entre la relación aire-combustible detectada por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo y la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub>. Por tanto, si se expresan estos de manera exhaustiva, se almacena de antemano como valor de referencia un valor que representa el cambio de la relación aire-combustible detectada por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo cuando no se produce contaminación por azufre, y se detecta la cantidad de contaminación por azufre del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo a partir de un valor, que representa el cambio de la relación aire-combustible detectada por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo, para este valor de referencia.

En este caso, en la realización que se muestra en la figura 23A, el valor que representa el cambio de la relación aire-combustible detectada por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo es la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>z</sub>, mientras que el valor de referencia es la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> que se almacena de antemano mostrado en la figura 24. Por otro lado, en la realización que se muestra en la figura 26A, el valor que representa el cambio de la relación aire-combustible detectada por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo es la proporción SB/SA del valor integrado SA dentro del periodo de tiempo predeterminado A y el valor integrado SB cuando se supera el periodo de tiempo predeterminado A. En este caso, el valor de referencia es aproximadamente cero (SB/SA=0).

A este respecto, también es posible encontrar estos valores de referencia de antemano o es posible medirlos. Sin embargo, en el último caso, es decir, el caso de medir los valores de referencia, cuando el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo está contaminado por azufre, se hace necesario realizar un procesamiento para restaurar la contaminación por azufre antes de medir los valores de referencia. A continuación, esto se explicará con referencia a la figura 27 basándose en el ejemplo del caso de encontrar la cantidad de contaminación por azufre del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo a partir de la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>z</sub>.

Haciendo referencia a la figura 27, si la tasa de disminución  $\Delta AFR$  de la relación aire-combustible máxima alcanza el valor RX permisible predeterminado, se realiza un procesamiento para la restauración de contaminación por azufre del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo. En este caso, el SO<sub>x</sub> que se depositó en el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo se libera del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo si la temperatura del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo supera la temperatura de descomposición de SO<sub>x</sub> de 650°C o similar, o se libera el SO<sub>x</sub> que se depositó en el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo, del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo si se hace rica la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo y la temperatura del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo supera la temperatura de liberación de SO<sub>x</sub> de 500°C o similar. Por tanto, cuando deba hacerse que el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo libere el SO<sub>x</sub>, es decir, cuando deba restablecerse la contaminación por azufre del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo, se hace ascender la temperatura del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo hasta la temperatura de descomposición de SO<sub>x</sub> de 650°C o similar, o se hace ascender la temperatura del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo hasta la temperatura de liberación de SO<sub>x</sub> de 500°C o similar, y la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo se hace rica.

Tal como se muestra en la figura 27, cuando finaliza el procesamiento para la restauración de contaminación por azufre del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo, se usa la relación aire-combustible que se detecta por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo como base para detectar la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> de valor de referencia. Obsérvese que, aunque la cantidad de alimentación de hidrocarburos sea la misma, esta relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> cambia junto con un cambio en la temperatura del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo, es decir, la temperatura

de los gases de escape, y el cambio de la velocidad de flujo de los gases de escape. Por tanto, en esta realización según la presente invención, la temperatura de los gases de escape que está dentro de un intervalo de temperatura predeterminado y la velocidad de flujo de los gases de escape, es decir, la cantidad de aire de admisión, que está dentro de un intervalo de velocidad de flujo predeterminado, se suponen como condiciones de detección para la

detección de la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub>. Cuando se satisfacen las condiciones de detección, se usa la relación aire-combustible que se detecta por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo como base para detectar la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> de valor de referencia.

Tal como se muestra en la figura 27, si se detecta esta relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> de valor de referencia, cada vez que las condiciones de detección se satisfagan posteriormente, la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>z</sub> se detecta a partir de la relación aire-combustible que se detecta por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo y se calcula la tasa de disminución  $\Delta AFR$  de la relación aire-combustible máxima a partir de las relaciones aire-combustible máximas de lado rico (A/F)<sub>p</sub> y (A/F)<sub>z</sub>. Obsérvese que, en esta realización según la presente invención, por ejemplo, si se supone que se usa combustible con alta concentración de azufre, tal como se muestra en la figura 27 mediante la línea discontinua, la tasa de disminución  $\Delta AFR$  de la relación aire-combustible máxima cambia rápidamente y el intervalo para la tasa de disminución  $\Delta AFR$  de la relación aire-combustible máxima para alcanzar el valor RX permisible pasa a ser más pequeño. Por tanto, es posible detectar a partir de esto que se ha usado combustible con alta concentración de azufre.

Adicionalmente, si se aumenta la cantidad de alimentación de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, el cambio de la relación aire-combustible que se detecta por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo pasa a ser mayor y, como resultado, el cambio de la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>z</sub> se puede detectar con más precisión. Por tanto, en la realización según la presente invención, tal como se muestra en la figura 28, cuando se detecta la relación máxima de lado de aire-combustible (A/F)<sub>p</sub> de valor de referencia y la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>z</sub>, se aumenta la cantidad de alimentación de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos en comparación con la cantidad de alimentación de hidrocarburos que se determina a partir del estado de funcionamiento del motor. Es decir, la relación aire-combustible máxima de lado rico de la relación aire-combustible de los gases de escape se aproxima adicionalmente al lado rico.

Ahora bien, si los gases de escape contienen SO<sub>2</sub>, este SO<sub>2</sub> se oxida sobre el platino Pt 53 y pasa a ser SO<sub>3</sub>. A continuación, este SO<sub>3</sub> se almacena dentro de la capa 53 básica, se difunde en la capa 53 básica en forma de iones de azufre SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, y forma sulfatos estables. Sin embargo, estos sulfatos son estables y difíciles de descomponer. Si solo se hace rica la relación aire-combustible de los gases de escape, los sulfatos permanecerán como están sin descomponerse. En este caso, si la cantidad de almacenamiento de los sulfatos almacenados aumenta, la tasa de purificación de NO<sub>x</sub> disminuirá. Por tanto, cuando aumenta la cantidad de sulfatos almacenada, es necesario hacer que el catalizador 13 de purificación de gases de escape libere el SO<sub>x</sub> almacenado.

A este respecto, en este caso, si se hace que la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape ascienda a la temperatura de descomposición de SO<sub>x</sub> de 650°C o similar o se hace que la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape ascienda a la temperatura de liberación de SO<sub>x</sub> de 500°C o similar y se hace rica la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape, es posible hacer que el catalizador 13 de purificación de gases de escape libere el SO<sub>x</sub> almacenado.

Por tanto, en esta realización según la presente invención, cuando el SO<sub>x</sub> almacenado deba liberarse del catalizador 13 de purificación de gases de escape, se controla la cantidad de combustible WR para la adición a la cámara 2 de combustión haciendo rica y pobre alternativamente 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 tal como se muestra en la figura 29 y mediante esto hacer que la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape ascienda a la temperatura de liberación de SO<sub>x</sub> de 500°C o similar y hacer rica intermitentemente la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape para hacer que el catalizador 13 de purificación de gases de escape libere el SO<sub>x</sub> almacenado.

Por otro lado, tal como se explicó anteriormente, en la presente invención, la relación aire-combustible que se detecta por el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo se usa como base para calcular la cantidad de contaminación por azufre del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo. A este respecto, si aumenta la cantidad de deposición de SO<sub>x</sub> en el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo, también aumenta la cantidad almacenada de SO<sub>x</sub> en el catalizador 13 de purificación de gases de escape. Es decir, la cantidad de contaminación por azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape se puede estimar a partir de la cantidad de contaminación por azufre del sensor de relación aire-combustible. Por tanto, en la realización según la presente invención, la cantidad de contaminación por azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape se estima a partir del cambio de la relación aire-combustible que se detecta mediante el sensor de relación aire-combustible. Específicamente hablando, en la realización según la presente invención, la cantidad de contaminación por azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape se estima a partir de la cantidad de contaminación por azufre del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo. En este caso, en la



realización según la presente invención, cuando la tasa de disminución  $\Delta AFR$  de la relación aire-combustible máxima supera el valor permisible, se determina que la contaminación por azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape también supera el valor permisible. En este momento, la relación aire-combustible ( $A/F$ ) in de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape conmuta

alternativamente entre rica y pobre tal como se muestra en la figura 29 para liberar el  $NO_x$  almacenado del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

A continuación, se explicará la rutina para el control operativo del motor que se muestra en las figuras 30 y 31. Obsérvese que, esta rutina se ejecuta mediante interrupción cada un intervalo de tiempo constante.

Haciendo referencia a la figura 30, en primer lugar, en la etapa 70, se determina a partir de la señal de salida del sensor 25 de temperatura si la temperatura TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape supera la temperatura de activación TCo. Cuando  $TC < TCo$ , es decir, cuando el catalizador 13 de purificación de gases de escape no está activado, se determina que debe usarse el segundo método de purificación de  $NO_x$ , entonces la rutina avanza a la etapa 71. En la etapa 71, la cantidad de  $NO_x$  NOXA que se libera por unidad de tiempo se calcula a partir del mapa que se muestra en la figura 17. A continuación, en la etapa 72, se aumenta  $\Sigma NOX$  mediante la cantidad de  $NO_x$  de escape NOXA para calcular la cantidad de  $NO_x$  almacenado  $\Sigma NOX$ . A continuación, en la etapa 73, se determina si la cantidad de  $NO_x$  almacenado  $\Sigma NOX$  supera un valor permisible MAX.

Cuando se determina en la etapa 73 que  $\Sigma NOX \leq MAX$ , la rutina avanza a la etapa 74 en la que se realiza un procesamiento para inyectar combustible desde el inyector 3 de combustible. En este momento, se inyecta combustible desde el inyector 3 de combustible de modo que se obtiene una relación aire-combustible pobre predeterminada que se determina a partir del estado de funcionamiento del motor. En contraposición a esto, cuando se determina en la etapa 73 que  $\Sigma NOX > MAX$ , la rutina avanza a la etapa 75 en la que se realiza el control de riqueza I. Es decir, la cantidad de combustible adicional WR se calcula a partir del mapa que se muestra en la figura 19 y se realiza una acción de inyección del combustible adicional. En este momento, se libera el  $NO_x$  almacenado del catalizador 13 de purificación de gases de escape. A continuación, en la etapa 76, se borra  $\Sigma NOX$ .

Por otro lado, cuando se determina en la etapa 70 que  $TC \geq TCo$ , es decir, cuando el catalizador 13 de purificación de gases de escape está activado, la rutina avanza a la etapa 77 en la que se determina si  $TC < TCo$  se mantuvo en el momento de la interrupción previa. Cuando  $TC < TCo$  se mantuvo en el momento de la interrupción previa, es decir, cuando el catalizador 13 de purificación de gases está activado en ese momento, la rutina avanza a la etapa 78 en la que se realiza un control de riqueza II. En este momento también, se calcula la cantidad de combustible adicional WR a partir del mapa que se muestra en la figura 19 y se realiza una acción de inyección del combustible adicional para hacer que el catalizador 13 de purificación de gases de escape libere el  $NO_x$  almacenado. A continuación, en la etapa 79, se borra  $\Sigma NOX$ .

En contraposición a esto, cuando  $TC \geq TCo$  se mantuvo incluso en el momento de la interrupción previa, es decir, cuando el catalizador 13 de purificación de gases de escape ya estaba activado, la rutina avanza a la etapa 80, en la que se realiza la acción de purificación de  $NO_x$  mediante el primer método de purificación de  $NO_x$  según la presente invención. Es decir, cuando el catalizador 13 de purificación de gases de escape no está activado, la acción de purificación de  $NO_x$  se realiza mediante el segundo método de purificación de  $NO_x$ , y cuando el catalizador 13 de purificación de gases de escape está activado, el segundo método de purificación de  $NO_x$  se conmuta por el primer método de purificación de  $NO_x$ .

Si el catalizador 13 de purificación de gases de escape almacena  $NO_x$ , cuando el segundo método de purificación de  $NO_x$  se conmuta por el primer método de purificación de  $NO_x$ , se hace que el catalizador 13 de purificación de gases de escape libere el  $NO_x$  almacenado todo de una vez sin reducción. Por tanto, en el ejemplo que se muestra en la figura 30, para impedir que se haga que el catalizador 13 de purificación de gases de escape libere el  $NO_x$  almacenado todo de una vez sin reducción de esta manera, justo antes de que el segundo método de purificación de  $NO_x$  se conmute por el primer método de purificación de  $NO_x$ , en la etapa 78, se realiza el control de riqueza II para hacer que el catalizador 13 de purificación de gases de escape libere el  $NO_x$  almacenado mediante el segundo método de purificación de  $NO_x$ .

Ahora bien, en referencia a la figura 31, en primer lugar, en la etapa 80, se determina si la regeneración del filtro 14 de partículas está en progreso. Cuando la regeneración del filtro 14 de partículas no está en progreso, la rutina avanza a la etapa 81 en la que se determina a partir de la señal de salida del sensor 26 de presión diferencial si la presión diferencial  $\Delta P$  antes y después del filtro 14 de partículas supera un valor PX límite predeterminado. Cuando  $\Delta P \leq PX$ , la rutina avanza a la etapa 83 en la que se determina si se está realizando un procesamiento para hacer que el catalizador 13 de purificación de gases de escape libere el  $SO_x$  almacenado, es decir, un procesamiento para la restauración de contaminación por azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Cuando el procesamiento para la restauración de contaminación por azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape no está en progreso, la rutina avanza a la etapa 84 en la que se calcula la tasa de disminución  $\Delta AFR$  de la relación aire-combustible máxima y se determina si la tasa de disminución calculada  $\Delta AFR$  de la relación aire-combustible máxima supera un valor RX permisible. Cuando  $\Delta AFR \leq RX$ , la rutina avanza a la etapa 86.

En las etapas 86 y 87, se controla la cantidad de combustible que se alimenta al interior de una cámara 2 de combustión de motor basándose en la señal de salida del sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba de modo que la relación aire-combustible de los gases de escape que se expulsan del motor pasa a ser una relación aire-combustible predeterminada, y se controla la cantidad de inyección de hidrocarburos de la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos basándose en la señal de salida del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo de modo que la amplitud del cambio en la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape pasa a estar dentro de un intervalo predeterminado de amplitud.

Específicamente hablando, en la etapa 86, se controla la cantidad de inyección de combustible desde el inyector 3 de combustible basándose en la señal de salida del sensor 23 de relación aire-combustible de lado aguas arriba de modo que la relación aire-combustible de los gases de escape que se expulsan desde el motor pasa a ser la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> óptima según el estado de funcionamiento del motor. A continuación, en la etapa 87, se usa un control de retroalimentación basado en la señal de salida del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo para la acción de purificación de NO<sub>x</sub> mediante el primer método de purificación de NO<sub>x</sub>. Es decir, la relación aire-combustible máxima de lado rico, que se detecta mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo cuando el periodo de inyección de hidrocarburos se hace el periodo de inyección de hidrocarburos  $\Delta T$  óptimo mostrado en la figura 20A y el periodo de inyección de hidrocarburos se hace el periodo de inyección de hidrocarburos WT óptimo mostrado en la figura 20B, se almacena de antemano como la relación aire-combustible máxima objetivo. En la etapa 87, la relación aire-combustible máxima de lado rico que se detecta mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo se hace la relación aire-combustible máxima objetivo mediante el control de retroalimentación del tiempo de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos.

Por otro lado, cuando se determina en la etapa 81 que  $\Delta P > P_X$ , la rutina avanza a la etapa 83 en la que se realiza un procesamiento para la regeneración del filtro 14 de partículas. A continuación, finaliza el ciclo de procesamiento. Adicionalmente, cuando se determina en la etapa 84 que  $\Delta AFR > R_X$ , la rutina avanza a la etapa 85 en la que se realiza un procesamiento para hacer que el catalizador 13 de purificación de gases de escape libere el SO<sub>x</sub> almacenado, es decir, un procesamiento para la restauración de contaminación por azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Al mismo tiempo que esto, se restaura también la contaminación por azufre del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo.

Ahora bien, tal como se explicó anteriormente, la tasa de disminución  $\Delta AFR$  de la relación aire-combustible máxima se calcula basándose en un valor de referencia. Este valor de referencia puede encontrarse de antemano o puede medirse. Sin embargo, si se mide realmente el valor de referencia, tal como se explicó anteriormente, se hace necesario realizar un procesamiento para la restauración de contaminación por azufre del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo antes de medir el valor de referencia. En este momento, es decir, cuando deba restaurarse la contaminación por azufre del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo, tal como se explicó anteriormente, se hace ascender la temperatura del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo hasta la temperatura de descomposición de SO<sub>x</sub> de 650°C o similar o se hace ascender la temperatura del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo hasta la temperatura de liberación de SO<sub>x</sub> de 500°C o similar y la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo se hace rica.

A continuación, se explicarán varios ejemplos para la medición de este valor de referencia.

Tal como se explicó anteriormente, si se realiza el procesamiento para la restauración de contaminación por azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape, la contaminación por azufre del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo también se restaura. Por tanto, en el primer ejemplo, cuando se satisfacen las condiciones de detección después de terminar el procesamiento para la restauración de contaminación por azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape, la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> se detecta a partir de la relación aire-combustible que se detecta mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo. Obsérvese que, tal como se explicó anteriormente, se determina que las condiciones de detección se satisfacen cuando la temperatura de los gases de escape está dentro de un intervalo de temperatura predeterminado y la velocidad de flujo de los gases de escape, es decir, la cantidad de aire de admisión, está dentro de un intervalo de velocidad de flujo predeterminado.

La figura 32 muestra la rutina de detección de las relaciones aire-combustible máximas de lado rico (A/F)<sub>p</sub> y (A/F)<sub>z</sub> para poner en marcha este ejemplo. Esta rutina se ejecuta mediante interrupción cada un intervalo de tiempo predeterminado.

Haciendo referencia a la figura 32, en primer lugar, en la etapa 100, se determina si el procesamiento para la restauración de contaminación por azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape está en progreso. Si el procesamiento para la restauración de contaminación por azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape está en progreso, se finaliza el ciclo de procesamiento. En contraposición a esto, si el procesamiento para la restauración de contaminación por azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape no está en progreso, la rutina avanza a la etapa 101 en la que se determina si se satisfacen las condiciones de detección. Si no se

satisfacen las condiciones de detección en este momento, se finaliza el ciclo de procesamiento. En contraposición a esto, cuando se satisfacen las condiciones de detección, la rutina avanza a la etapa 102 en la que se determina si ha finalizado la detección de la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> de referencia mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo. Cuando la detección de la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> no ha terminado, la rutina avanza a la etapa 103 en la que se determina si ha transcurrido un tiempo fijo desde el final del procesamiento para la restauración de contaminación por azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Cuando no ha transcurrido el tiempo fijo desde el final del procesamiento para la restauración de contaminación por azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape, la rutina avanza a la etapa 104 en la que se detecta la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> de referencia mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo.

Es decir, cuando no ha transcurrido el tiempo fijo desde el final del procesamiento para la restauración de contaminación por azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape, se cree que el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo no está contaminado por azufre. Por tanto, cuando se satisfacen las condiciones de detección cuando no ha transcurrido el tiempo fijo desde el final del procesamiento para la restauración de contaminación por azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape, se detecta la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> de referencia. Por otro lado, cuando se determina en la etapa 102 que ha finalizado la detección de la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> de referencia o cuando se determina en la etapa 103 que ha transcurrido el tiempo fijo desde el final del procesamiento para la restauración de contaminación por azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape, la rutina avanza a la etapa 105 en la que se detecta la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>z</sub> a partir de la relación aire-combustible que se detecta mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo. Es decir, cada vez que se satisfacen las condiciones de detección, se detecta la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>z</sub>. La tasa de disminución  $\Delta AFR$  de la relación aire-combustible máxima se calcula a partir de la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> de referencia más nueva y la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>z</sub> más nueva en la etapa 84 de la figura 31.

Por otro lado, en el momento de regeneración del filtro 14 de partículas, se hace aumentar la cantidad de alimentación de hidrocarburos y la temperatura del filtro 14 de partículas se hace ascender hasta 650°C o similar. Por tanto, si se realiza un procesamiento para la regeneración del filtro 14 de partículas, la contaminación por azufre del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo también se restaura. Por tanto, en un segundo ejemplo, cuando se satisfacen las condiciones de detección después de finalizar el procesamiento para la regeneración del filtro 14 de partículas, se detecta la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> a partir de la relación aire-combustible que se detecta mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo.

La figura 33 muestra una rutina de detección de la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> y (A/F)<sub>z</sub> para poner en marcha este segundo ejemplo. Esta rutina también se ejecuta mediante interrupción cada un intervalo de tiempo predeterminado.

Haciendo referencia a la figura 33, en primer lugar, en la etapa 110, se determina si el procesamiento para la regeneración del filtro 14 de partículas está en progreso. Cuando el procesamiento para la regeneración del filtro 14 de partículas está en progreso, se finaliza el ciclo de procesamiento. En contraposición a esto, cuando el procesamiento para la regeneración del filtro 14 de partículas no está en progreso, la rutina avanza a la etapa 111 en la que se determina si se satisfacen las condiciones de detección. Si no se satisfacen las condiciones de detección en este momento, se finaliza el ciclo de procesamiento. En contraposición a esto, cuando se satisfacen las condiciones de detección, la rutina avanza a la etapa 112 en la que se determina si ha terminado la detección de la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> de referencia mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo. Cuando la detección de la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> no ha terminado, la rutina avanza a la etapa 113 en la que se determina si ha transcurrido el tiempo fijo desde el final del procesamiento para la regeneración del filtro 14 de partículas. Cuando no ha transcurrido el tiempo fijo desde el final del procesamiento para la regeneración del filtro 14 de partículas, la rutina avanza a la etapa 114 en la que se detecta la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> de referencia mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo.

Es decir, cuando no ha transcurrido el tiempo fijo desde el final del procesamiento para la regeneración del filtro 14 de partículas, se cree que el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo no está contaminado por azufre. Por tanto, cuando se satisfacen las condiciones de detección cuando no ha transcurrido el tiempo fijo desde el final del procesamiento para la regeneración del filtro 14 de partículas, se detecta la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> de referencia. Por otro lado, cuando se determina en la etapa 112 que ha terminado la detección de la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> de referencia o en la etapa 113 que transcurrió el tiempo fijo desde el final del procesamiento para la regeneración del filtro 14 de partículas, la rutina avanza a la etapa 115 en la que la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>z</sub> se detecta a partir de la relación aire-combustible que se detecta mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo. Es decir, en también este caso, se detecta la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>z</sub> cada vez que se satisfacen las condiciones de detección. La tasa de disminución  $\Delta AFR$  de la relación aire-combustible máxima se calcula a partir de esta relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> de referencia más nueva y la relación aire-combustible

máxima de lado rico (A/F)<sub>z</sub> más nueva.

Por otro lado, tal como se explicó anteriormente, antes de que esté activado el catalizador 13 de purificación de gases de escape, la acción de purificación de NO<sub>x</sub> se realiza mediante el segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>. En este momento, si la cantidad de NO<sub>x</sub> almacenado ΣNO<sub>x</sub> que se almacena en la capa 53 básica supera la cantidad permisible predeterminada MAX, se realiza un procesamiento rico para 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. En este caso, si se supone que se realiza este procesamiento rico en el momento de alta carga de motor, en este momento, la temperatura del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo se hace ascender hasta la temperatura de liberación de SO<sub>x</sub> de 500°C o similar y la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo pasa a ser rica. Por tanto, en este momento, se restaura la contaminación por azufre del sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo.

Por tanto, en un tercer ejemplo, cuando se realiza un procesamiento rico en el momento del funcionamiento de alta carga de motor, si se satisfacen las condiciones de detección después de acabar el procesamiento rico, se detecta la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> a partir de la relación aire-combustible que se detecta mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo.

La figura 34 muestra una rutina de detección de la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> y (A/F)<sub>z</sub> para poner en marcha este tercer ejemplo. Esta rutina también se ejecuta cada un intervalo de tiempo predeterminado.

Haciendo referencia a la figura 34, en primer lugar, en la etapa 120, se determina si el procesamiento rico en el momento de funcionamiento de alta carga de motor está en progreso. Cuando el procesamiento rico está en progreso, se finaliza el ciclo de procesamiento. En contraposición a esto, cuando el procesamiento rico no está en progreso, la rutina avanza a la etapa 121 en la que se determina si se satisfacen las condiciones de detección. Si no se satisfacen las condiciones de detección en este momento, se finaliza el ciclo de procesamiento. En contraposición a esto, cuando se satisfacen las condiciones de detección, la rutina avanza a la etapa 122 en la que se determina si ha terminado la detección de la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> de referencia mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo. Cuando la detección de la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> no ha terminado, la rutina avanza a la etapa 123 en la que se determina si ha transcurrido el tiempo fijo desde el final del procesamiento rico. Cuando no ha transcurrido el tiempo fijo desde el final del procesamiento rico, la rutina avanza a la etapa 124 en la que se detecta la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> de referencia mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo.

Es decir, cuando no ha transcurrido el tiempo fijo desde el final del procesamiento rico en el momento de funcionamiento de alta carga de motor, se cree que el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo no está contaminado por azufre. Por tanto, cuando no ha transcurrido el tiempo fijo desde el final del procesamiento rico y cuando se satisfacen las condiciones de detección, se detecta la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> de referencia. Por otro lado, cuando se determina en la etapa 122 que ha terminado la detección de la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>p</sub> de referencia o cuando se determina en la etapa 123 que ha transcurrido el tiempo fijo desde el final del procesamiento rico, la rutina avanza a la etapa 125 en la que se detecta la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>z</sub> a partir de la relación aire-combustible que se detecta mediante el sensor 24 de relación aire-combustible de lado aguas abajo. Es decir, también en este caso, se detecta la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>z</sub> cada vez que se satisfacen las condiciones de detección. La tasa de disminución ΔAFR de la relación aire-combustible máxima se calcula a partir de esta relación aire-combustible máxima de lado rico de (A/F)<sub>p</sub> de referencia más nueva y la relación aire-combustible máxima de lado rico (A/F)<sub>z</sub> más nueva.

Obsérvese que, como otra realización, también es posible disponer un catalizador de oxidación para reformar los hidrocarburos dentro del conducto de escape del motor aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

#### Lista de números de referencia

- 4 colector de admisión
- 5 colector de escape
- 7 turbocompresor de escape
- 12a, 12b...tubería de escape
- 13 catalizador de purificación de gases de escape

- 14 filtro de partículas
- 15 válvula de alimentación de hidrocarburos

## REIVINDICACIONES

1. Método de purificación de NOx de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna en el que un sensor (23, 24) de relación aire-combustible para detectar una relación aire-combustible de gases de escape está dispuesto en un conducto de escape del motor y se realiza un control de purificación de gases de escape basándose en una relación aire-combustible detectada por el sensor (23, 24) de relación aire-combustible, en el que el sensor de relación aire-combustible está compuesto por un tipo de sensor que tiene un electrolito (61) sólido, electrodos (62, 63) cubriendo respectivamente dos superficies laterales del electrolito (61) sólido, y una capa (64) de resistencia a la difusión cubriendo uno de los electrodos (62, 63) y en el que se guían los gases de escape a la capa (64) de resistencia a la difusión, cuando cambia la relación aire-combustible de los gases de escape y cambia la relación aire-combustible detectada por el sensor (23, 24) de relación aire-combustible, el cambio de la relación aire-combustible detectada por el sensor (23, 24) de relación aire-combustible se rige por una cantidad de deposición de componentes de azufre en el sensor (23, 24) de relación aire-combustible, en este momento, cuanto mayor pasa a ser la cantidad de deposición de componentes de azufre en el sensor (23, 24) de relación aire-combustible, más pequeña pasa a ser la cantidad de cambio de la relación aire-combustible detectada por el sensor (23, 24) de relación aire-combustible, y más largo pasa a ser el periodo de tiempo de cambio de la relación aire-combustible, y se detecta una cantidad de contaminación por azufre del sensor (23, 24) de relación aire-combustible a partir del cambio de la relación aire-combustible detectada por el sensor (23, 24) de relación aire-combustible en este momento, en el que un catalizador (13) de purificación de gases de escape está dispuesto en el conducto de escape del motor y se estima la cantidad de contaminación por azufre de dicho catalizador (13) de purificación de gases de escape a partir del cambio de la relación aire-combustible detectada por el sensor (24) de relación aire-combustible, en el que una válvula (15) de alimentación de hidrocarburos para alimentar hidrocarburos está dispuesta en el conducto de escape del motor aguas arriba de dicho catalizador (13) de purificación de gases de escape, el NOx contenido en los gases de escape e hidrocarburos reformados se hacen reaccionar en dicho catalizador (13) de purificación de gases de escape, una superficie de flujo de gases de escape de dicho catalizador (13) de purificación de gases de escape porta unos catalizadores (51,52) de metales preciosos y una parte (54) superficial de flujo de gases de escape básica está formada alrededor de dichos catalizadores (51,52) de metales preciosos, reduciendo dicho catalizador (13) de purificación de gases de escape el NOx que está contenido en los gases de escape si 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 e incrementándose la cantidad de almacenamiento de NOx que está contenido en los gases de escape si el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace mayor que el intervalo predeterminado, en el momento de funcionamiento del motor, el periodo de inyección de hidrocarburos desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos se controla de modo que la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape vibra dentro del intervalo predeterminado de periodo, y la inyección de una cantidad de hidrocarburos desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos se controla de modo que la amplitud del cambio de concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape pasa a estar dentro del intervalo predeterminado de amplitud, y en el que, en dicho catalizador (13) de purificación de gases de escape, el NOx contenido en los gases de escape e hidrocarburos reformados reaccionan mediante lo cual se produce un producto intermedio reductor que contiene nitrógeno e hidrocarburos y en el que el periodo de inyección de los hidrocarburos es el periodo necesario para la producción continua del producto intermedio reductor.
2. Método de purificación de NOx de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1 en el que dicho sensor (24) de relación aire-combustible está dispuesto aguas abajo del catalizador (13) de purificación de gases de escape y la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos se controla basándose en una señal de salida del sensor (24) de relación aire-combustible de modo que la amplitud del cambio en la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape pasa a estar dentro del intervalo predeterminado de amplitud.
3. Método de purificación de NOx de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1 en el que dicho sensor de relación aire-combustible está compuesto por un sensor (23) de relación aire-combustible de lado aguas arriba que está dispuesto en el conducto de escape del motor aguas arriba de la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos y un sensor (24) de relación aire-combustible de lado aguas abajo que está dispuesto en el conducto de escape del motor aguas abajo del catalizador (13) de purificación de gases de escape, la cantidad de combustible alimentada en una cámara (2) de combustión del motor se controla basándose en una señal de salida de dicho sensor (23) de relación aire-combustible de lado aguas arriba de modo que la relación aire-combustible de los gases de escape que se expulsan del motor pasa a ser una relación aire-combustible predeterminada, y la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos se controla basándose en una señal de salida de dicho sensor (24) de relación aire-combustible de lado aguas abajo de modo que la amplitud del cambio en la concentración de los

hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape pasa a estar dentro del intervalo predeterminado de amplitud.

4. Método de purificación de NO<sub>x</sub> de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1 en el que dicho sensor (24) de relación aire-combustible está dispuesto aguas abajo del catalizador (13) de purificación de gases de escape, y se determina si el sensor (24) de relación aire-combustible de lado aguas abajo está contaminado por azufre o la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos está obstruida por el cambio de la relación aire-combustible detectada por el sensor (24) de relación aire-combustible.
5. Método de purificación de NO<sub>x</sub> de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que el periodo de inyección de los hidrocarburos es de 0,3 segundos a 5 segundos.
6. Método de purificación de NO<sub>x</sub> de un sistema de purificación de gases de escape de un motor 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.
7. Método de purificación de NO<sub>x</sub> de un sistema de purificación de gases de escape de un motor 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 NO<sub>x</sub> está formada en la superficie de flujo de gases de escape del catalizador (13) de purificación de gases de escape y en el que una superficie de dicha capa (53) básica forma dicha parte (54) superficial de flujo de gases de escape básica.
8. Método de purificación de NO<sub>x</sub> de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que dicho sensor (24) de relación aire-combustible está dispuesto aguas abajo del catalizador (13) de purificación de gases de escape, un valor que representa el cambio de la relación aire-combustible detectada por el sensor (24) de relación aire-combustible cuando no se produce la contaminación por azufre se encuentra de antemano como valor de referencia, y se detecta la cantidad de contaminación por azufre del sensor (24) de relación aire-combustible desde un valor que representa el cambio de la relación aire-combustible detectada por el sensor (24) de relación aire-combustible hasta el valor de referencia.
9. Método de purificación de NO<sub>x</sub> de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 8, en el que el valor que representa el cambio de la relación aire-combustible detectada por el sensor (24) de relación aire-combustible es una relación de aire-combustible máxima de lado rico.
10. Método de purificación de NO<sub>x</sub> de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 8 en el que se calcula un valor integrado de una diferencia entre la relación aire-combustible detectada por el sensor (24) de aire-combustible y una relación aire-combustible base, la relación aire-combustible que se detecta por el sensor (24) de relación aire-combustible, cuando la relación aire-combustible de los gases de escape cambia instantáneamente, termina cambiando instantáneamente dentro de un periodo de tiempo predeterminado si el sensor de relación aire-combustible no está contaminado con azufre, pero si la contaminación por azufre del sensor (24) de relación aire-combustible aumenta, continúa cambiando a lo largo de dicho periodo de tiempo predeterminado, y el valor que representa el cambio de la relación aire-combustible detectada por el sensor (24) de relación aire-combustible es una relación de dicho valor integrado en dicho periodo de tiempo predeterminado y el valor integrado cuando se supera dicho periodo de tiempo predeterminado.
11. Método de purificación de NO<sub>x</sub> de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 8 en el que dicho valor de referencia se detecta cuando se restablece la contaminación por azufre del sensor (24) de relación aire-combustible por una temperatura de gases de escape que se hace aumentar o por una relación aire-combustible de los gases de escape que se hace enriquecer o ambos.
12. Método de purificación de NO<sub>x</sub> de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 8 en el que cuando se encuentra el valor que representa el cambio de la relación aire-combustible detectada por el sensor (24) de relación aire-combustible, una relación de aire-combustible máxima de lado rico de una relación aire-combustible de los gases de escape se aproxima adicionalmente a un lado rico.

Fig.1

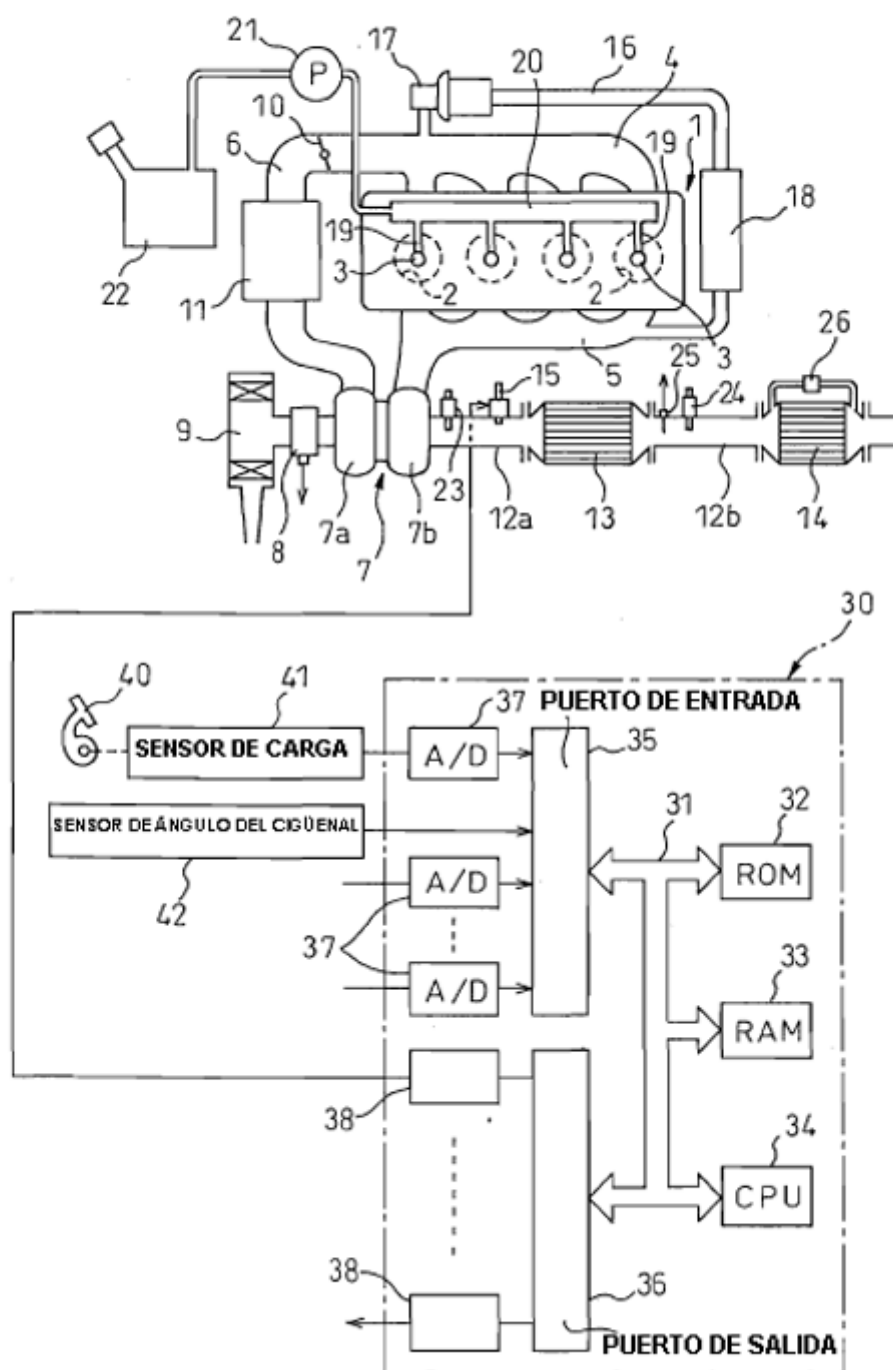




Fig. 2

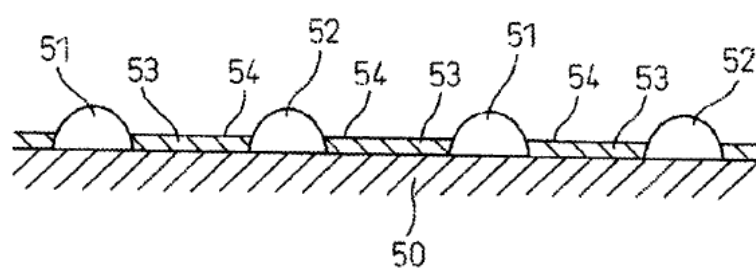


Fig. 3

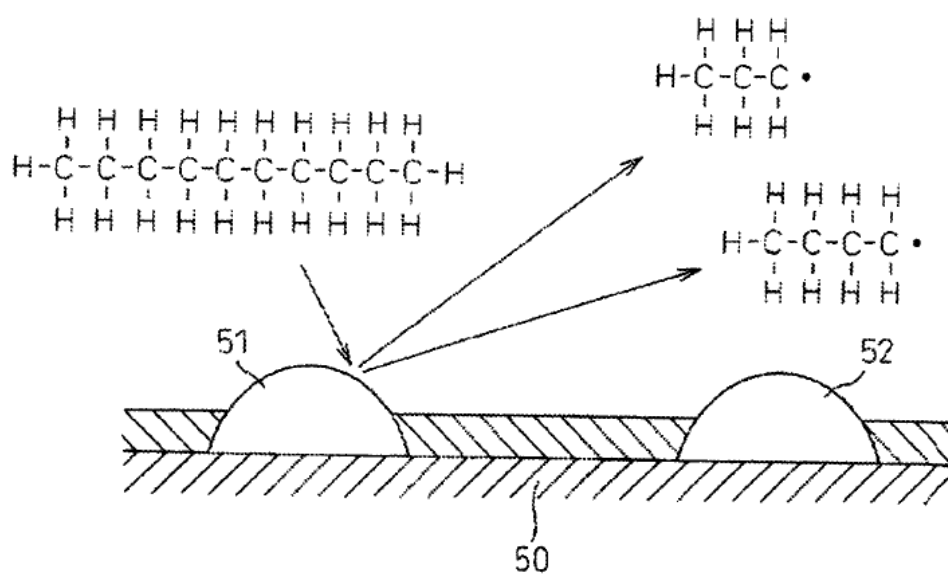


Fig.4

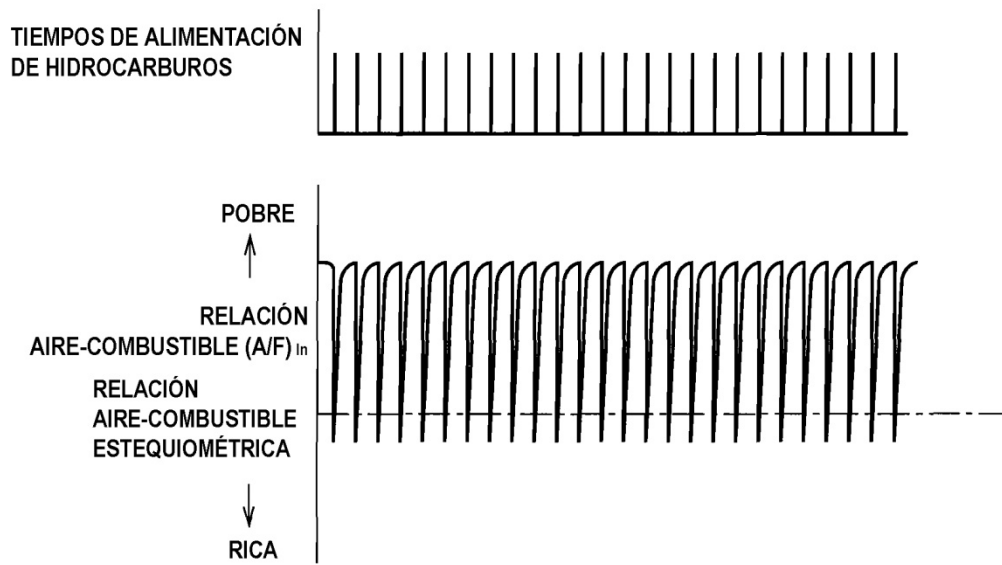


Fig.5

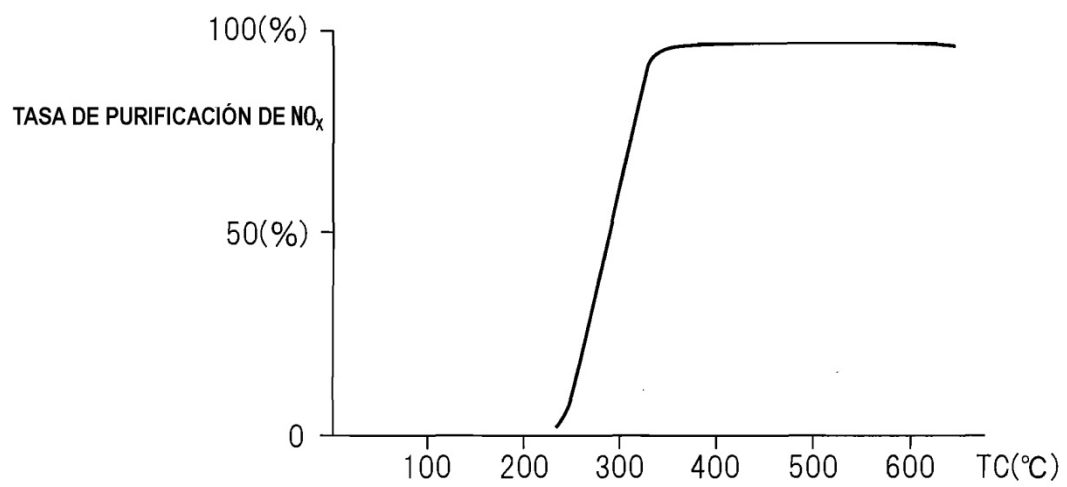


Fig.6A

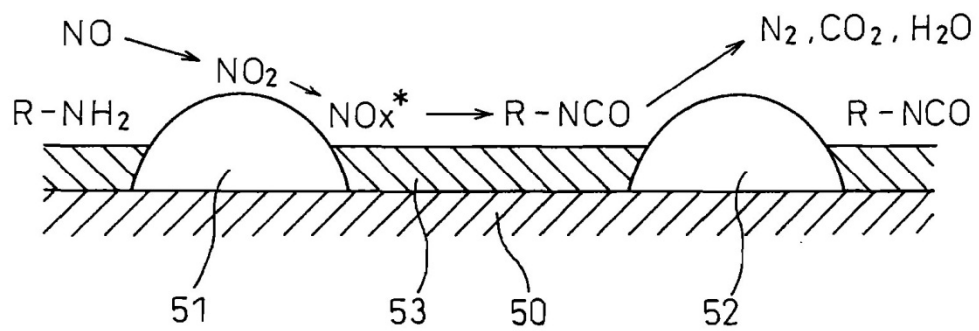


Fig.6B

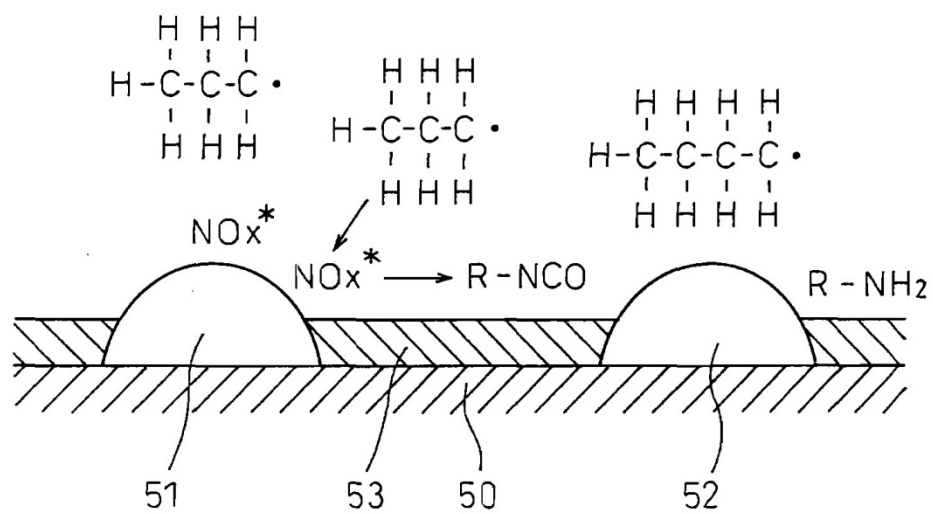


Fig.7A

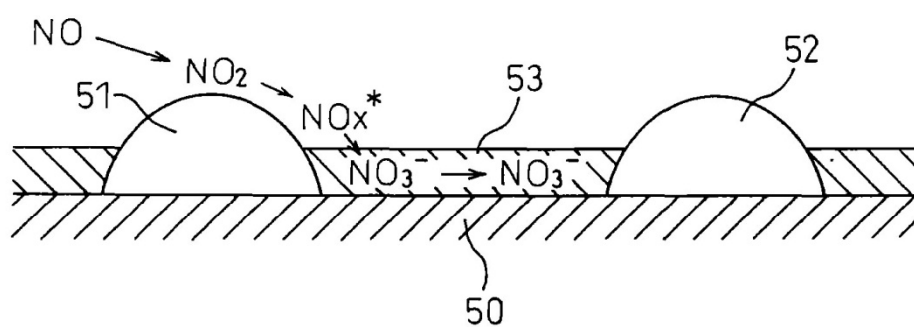


Fig.7B

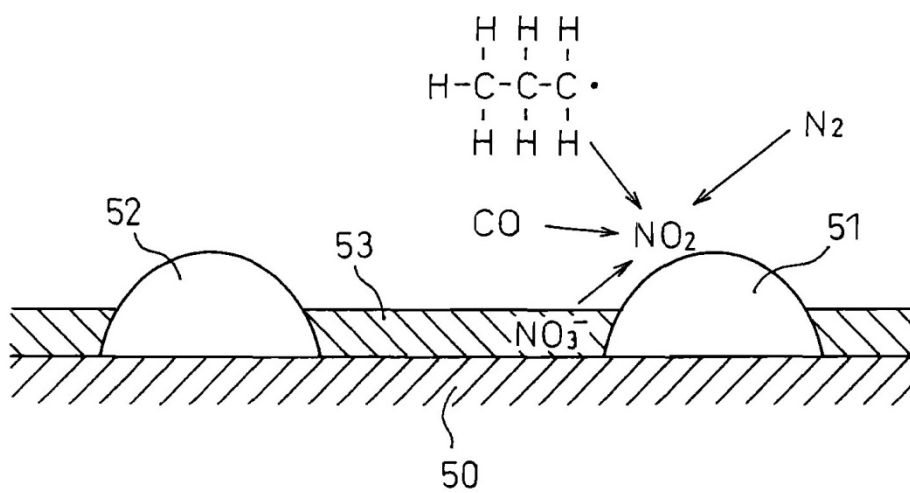


Fig.8

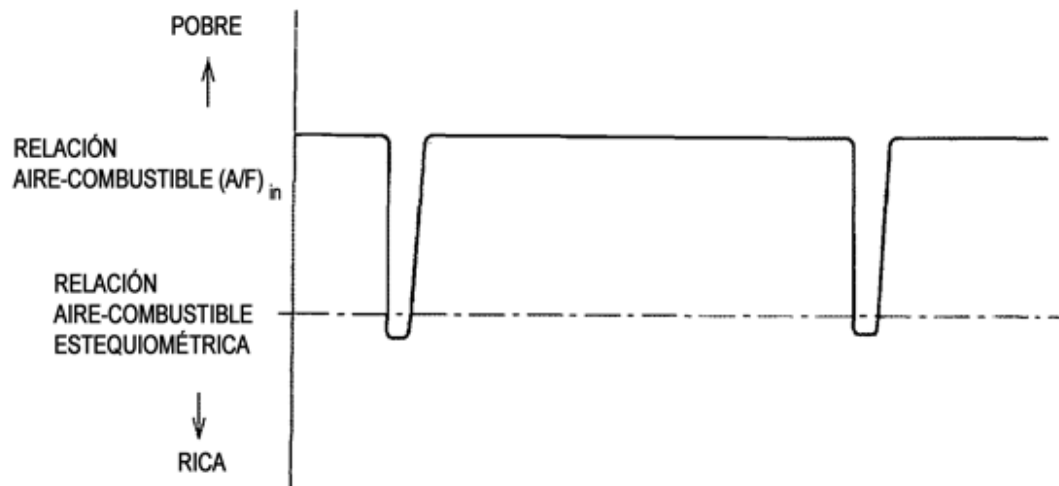


Fig.9

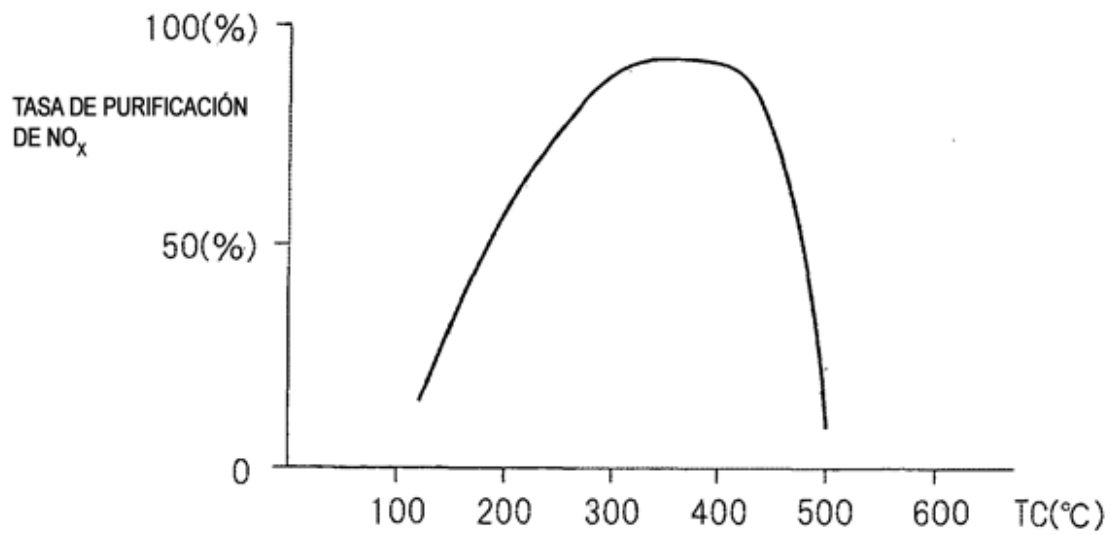


Fig.10

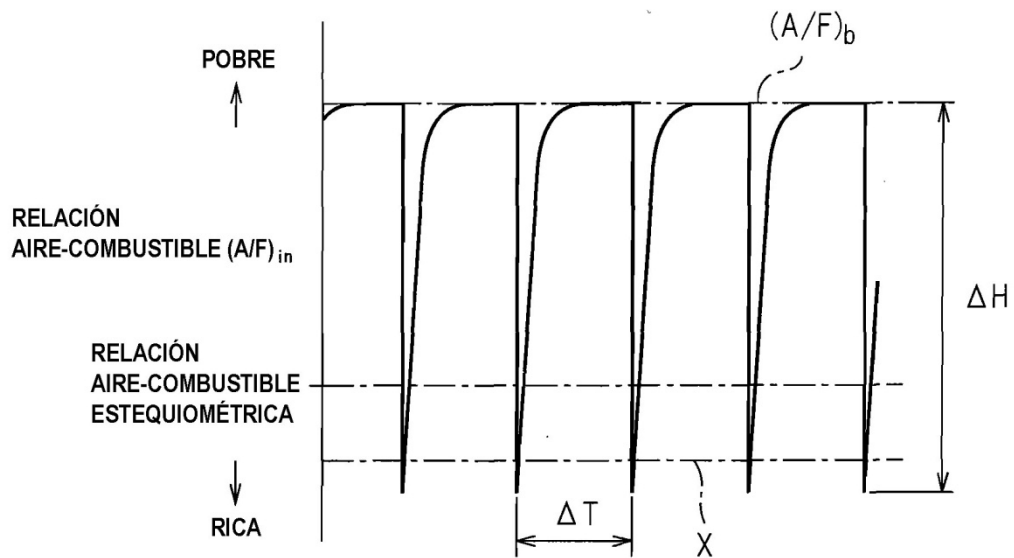


Fig.11

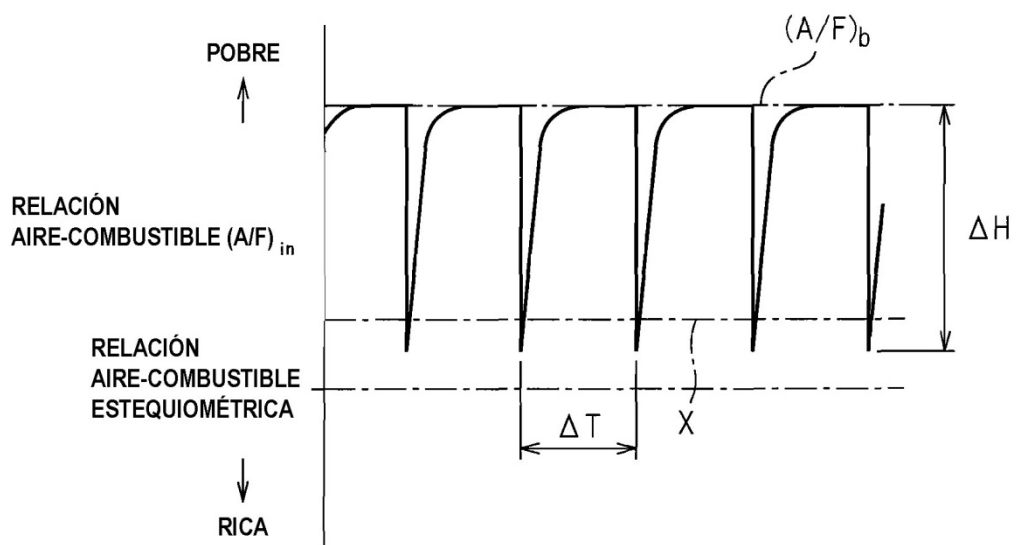


Fig.12

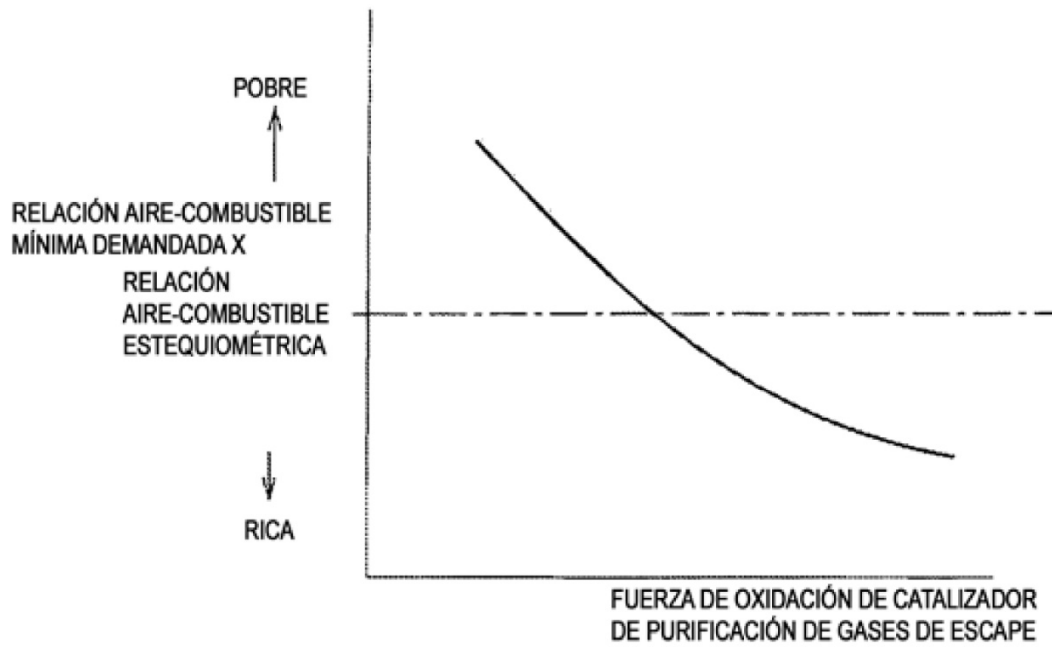


Fig.13

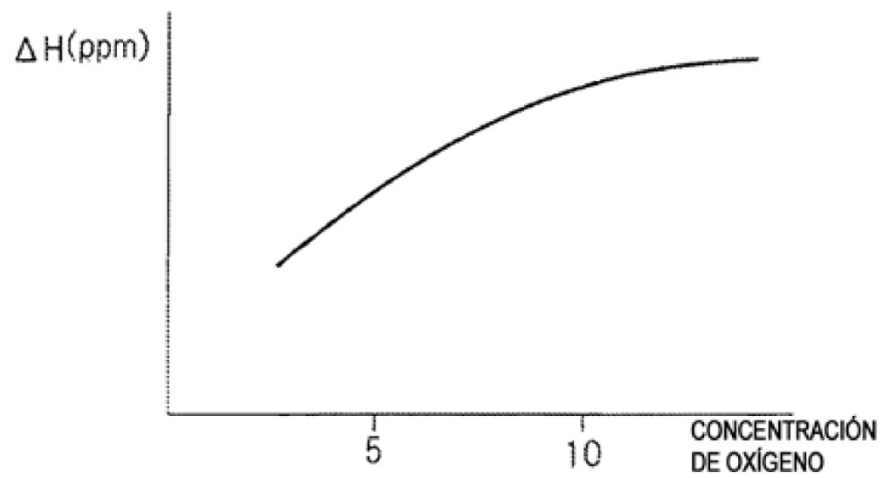


Fig.14

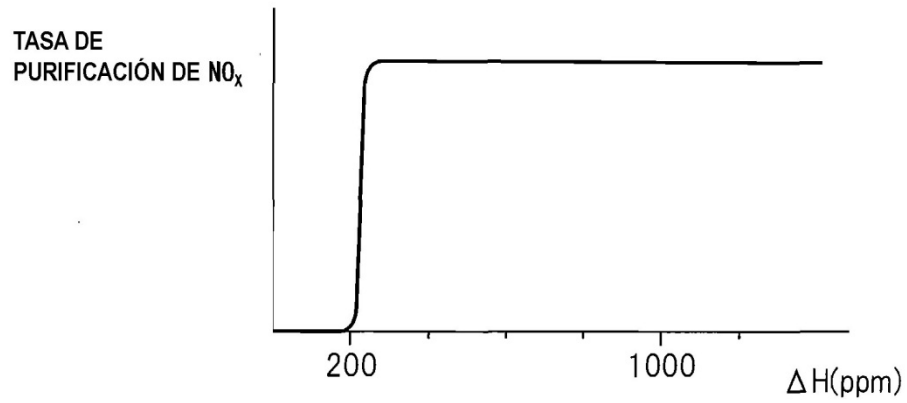


Fig.15

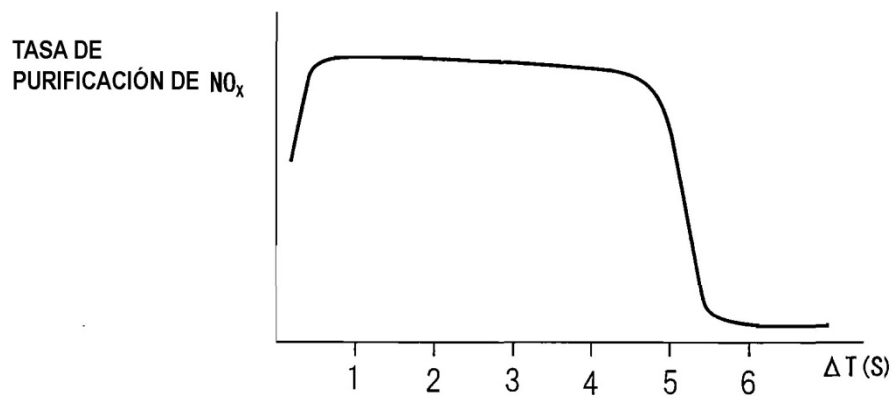




Fig.16

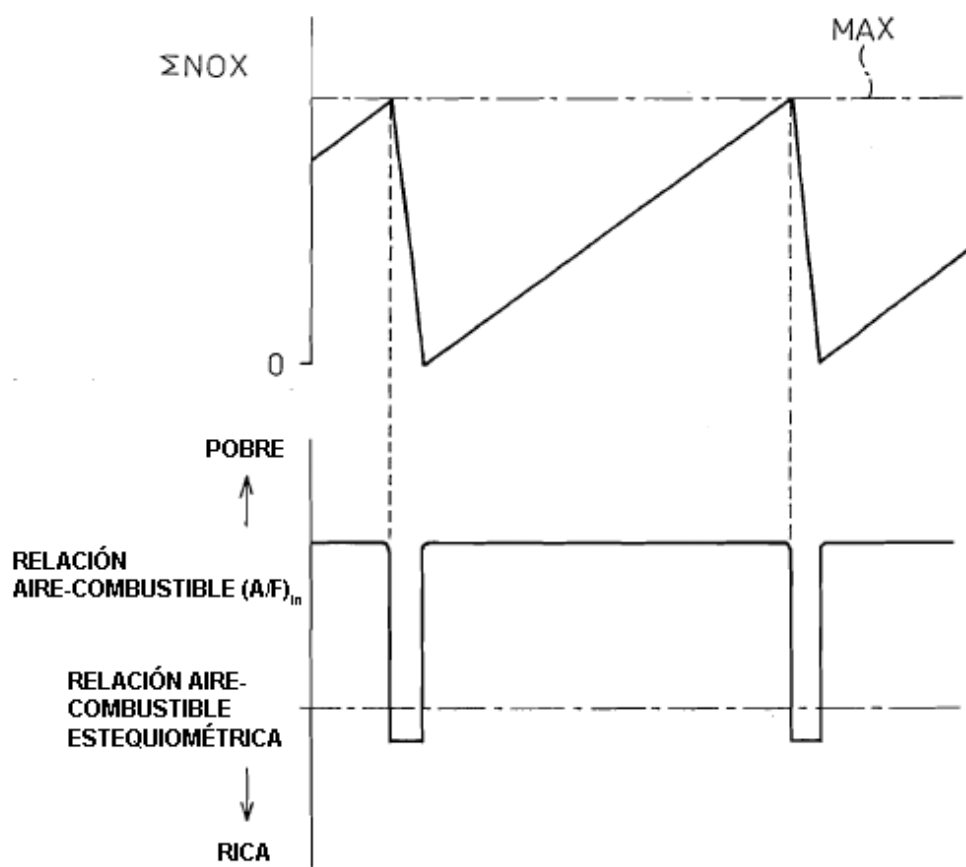


Fig.17

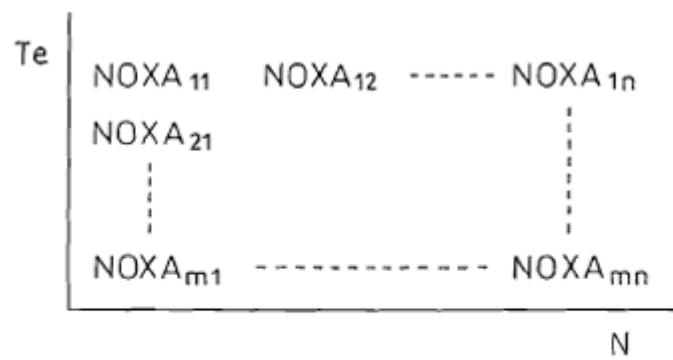


Fig.18

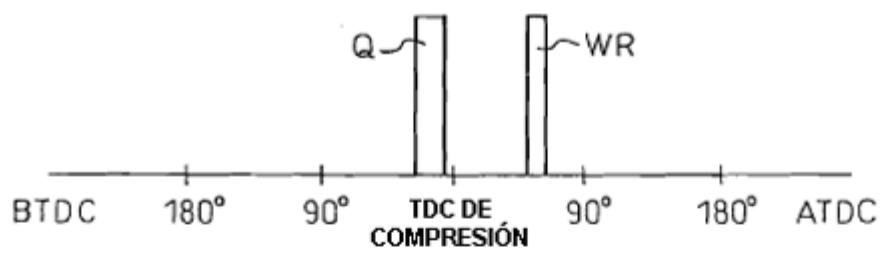


Fig.19

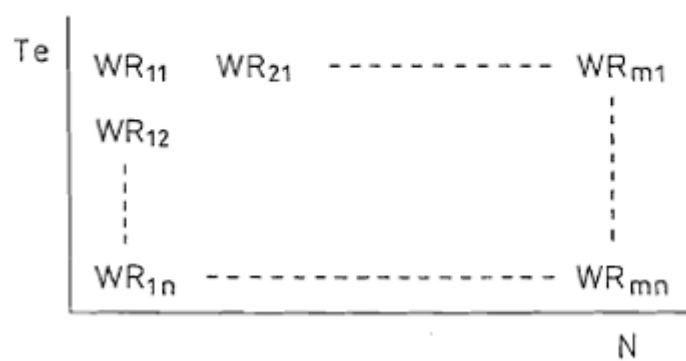


Fig.20A

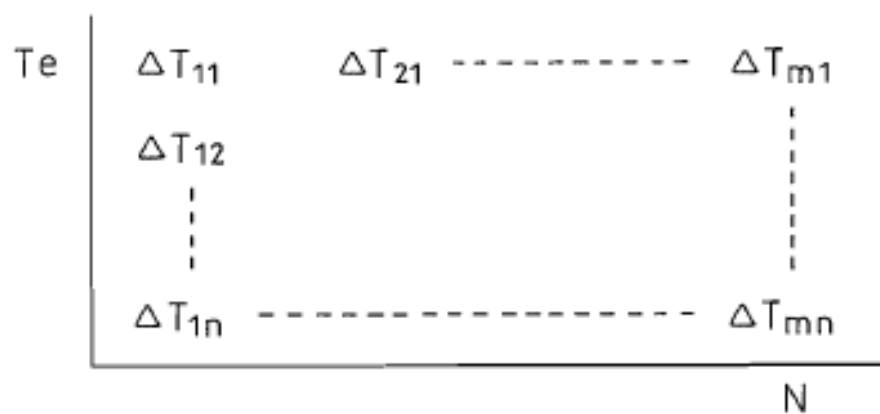


Fig.20B

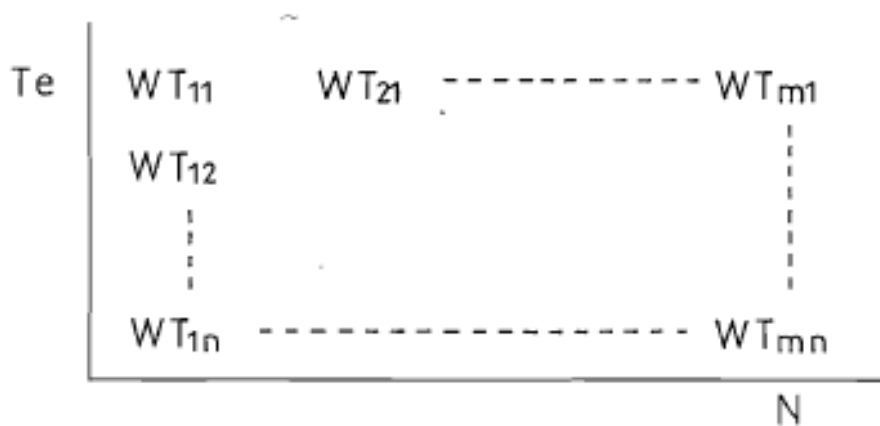


Fig.21A

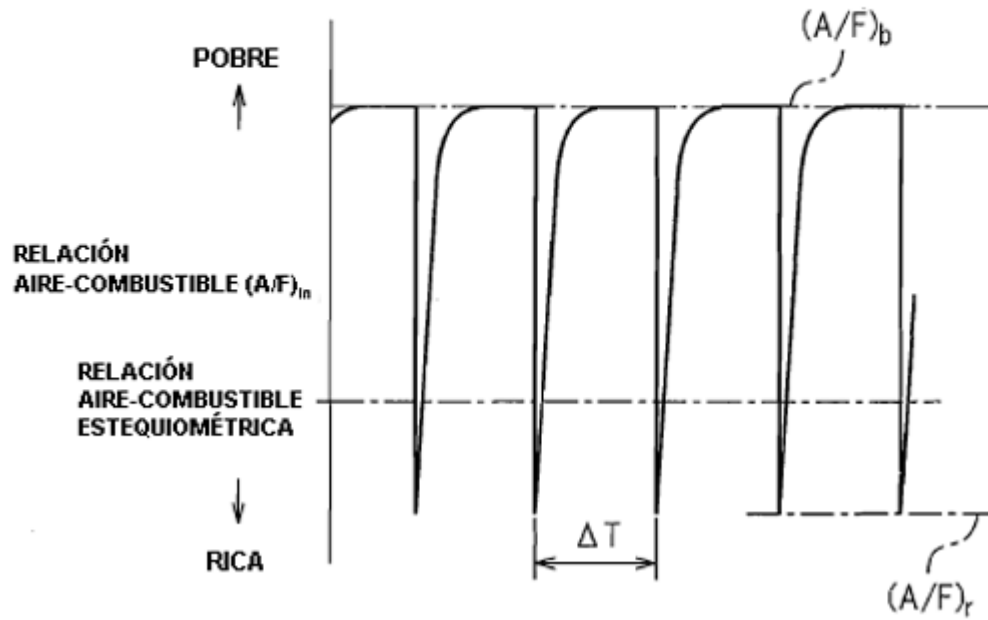


Fig.21B

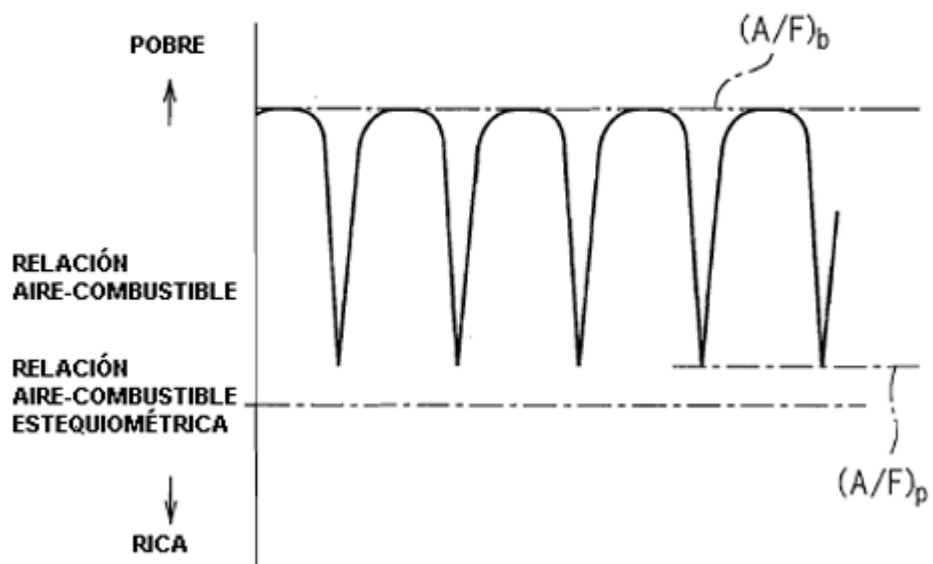


Fig.22A

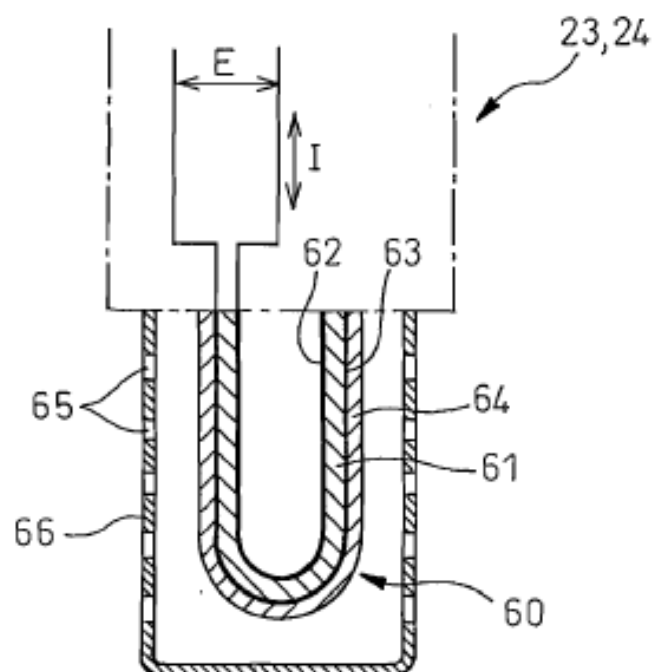


Fig.22B

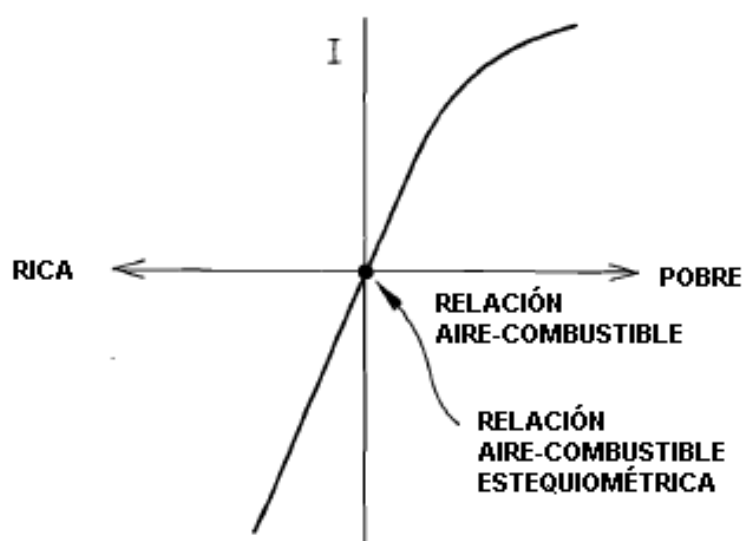


Fig.23A

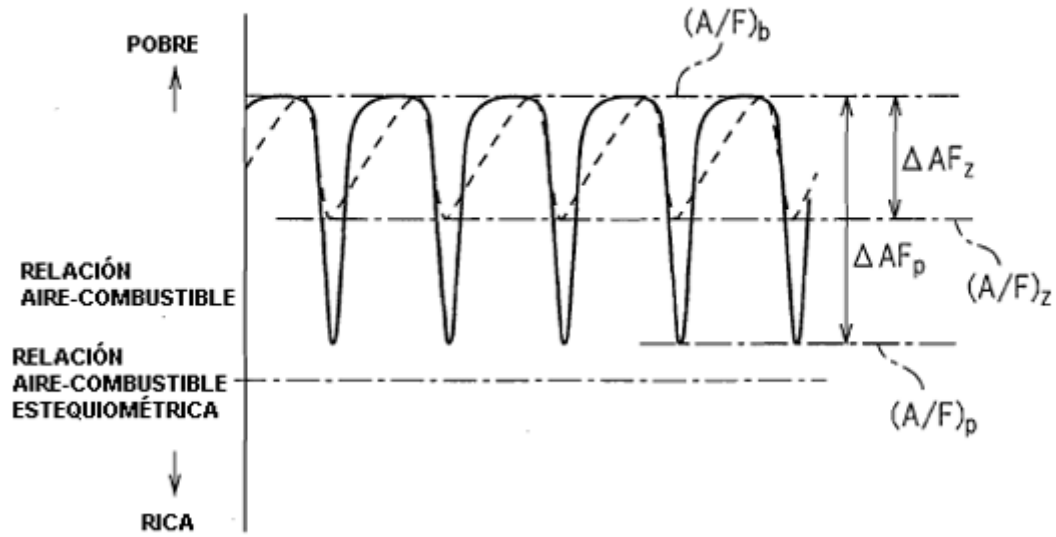


Fig.23B

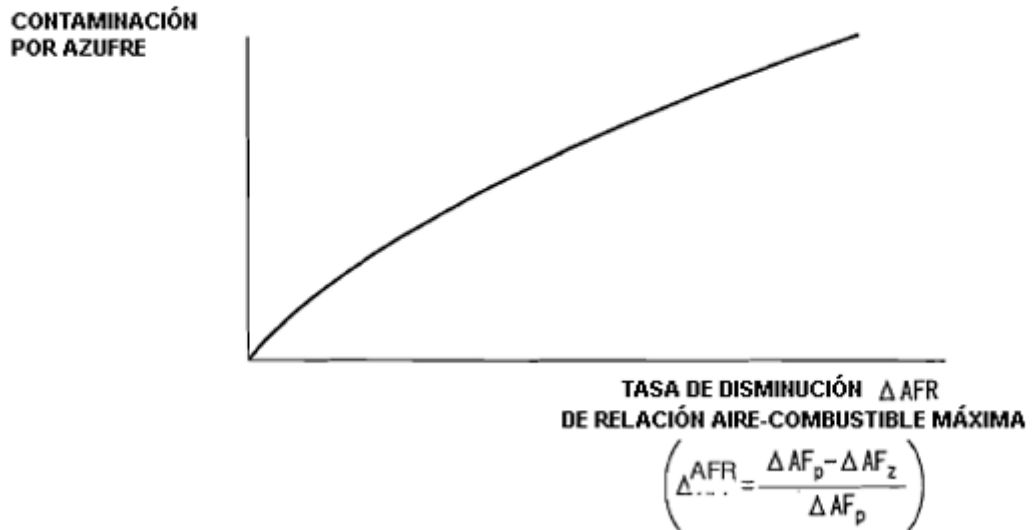


Fig.24

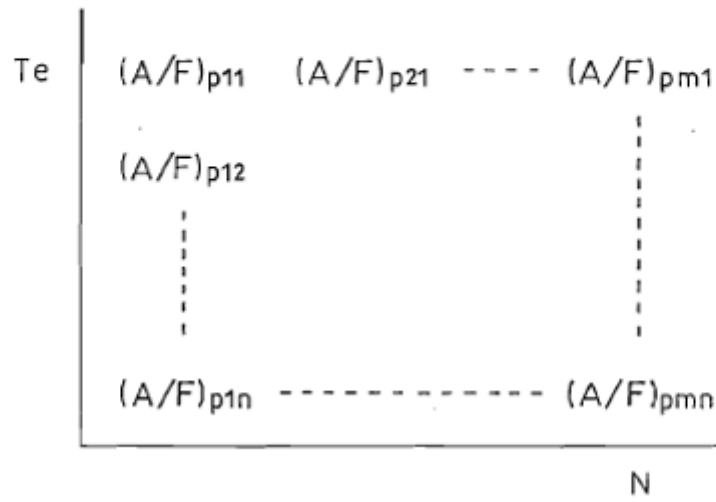


Fig.25

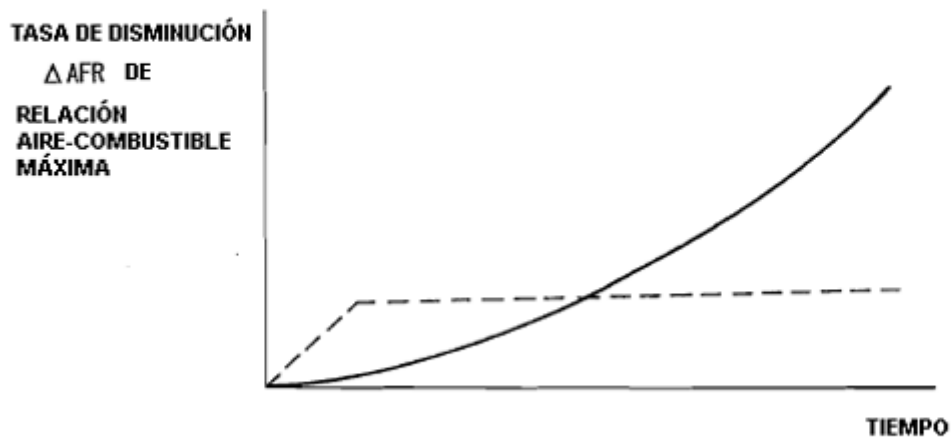


Fig.26A

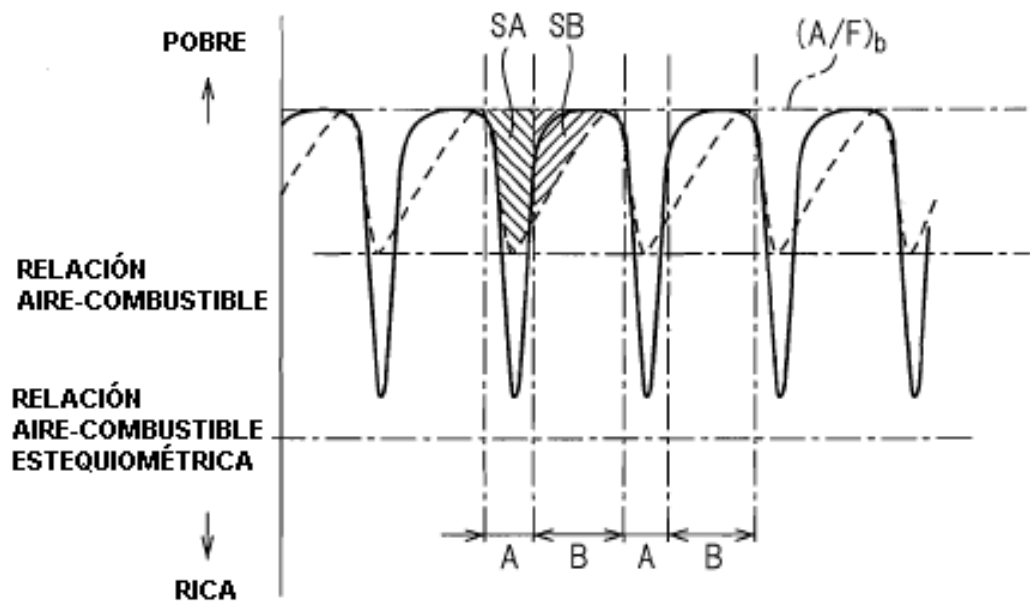


Fig.26B

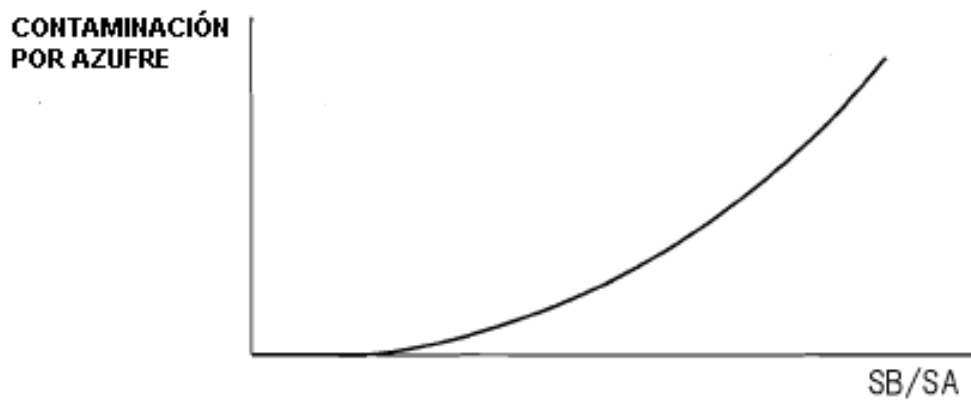




Fig.27

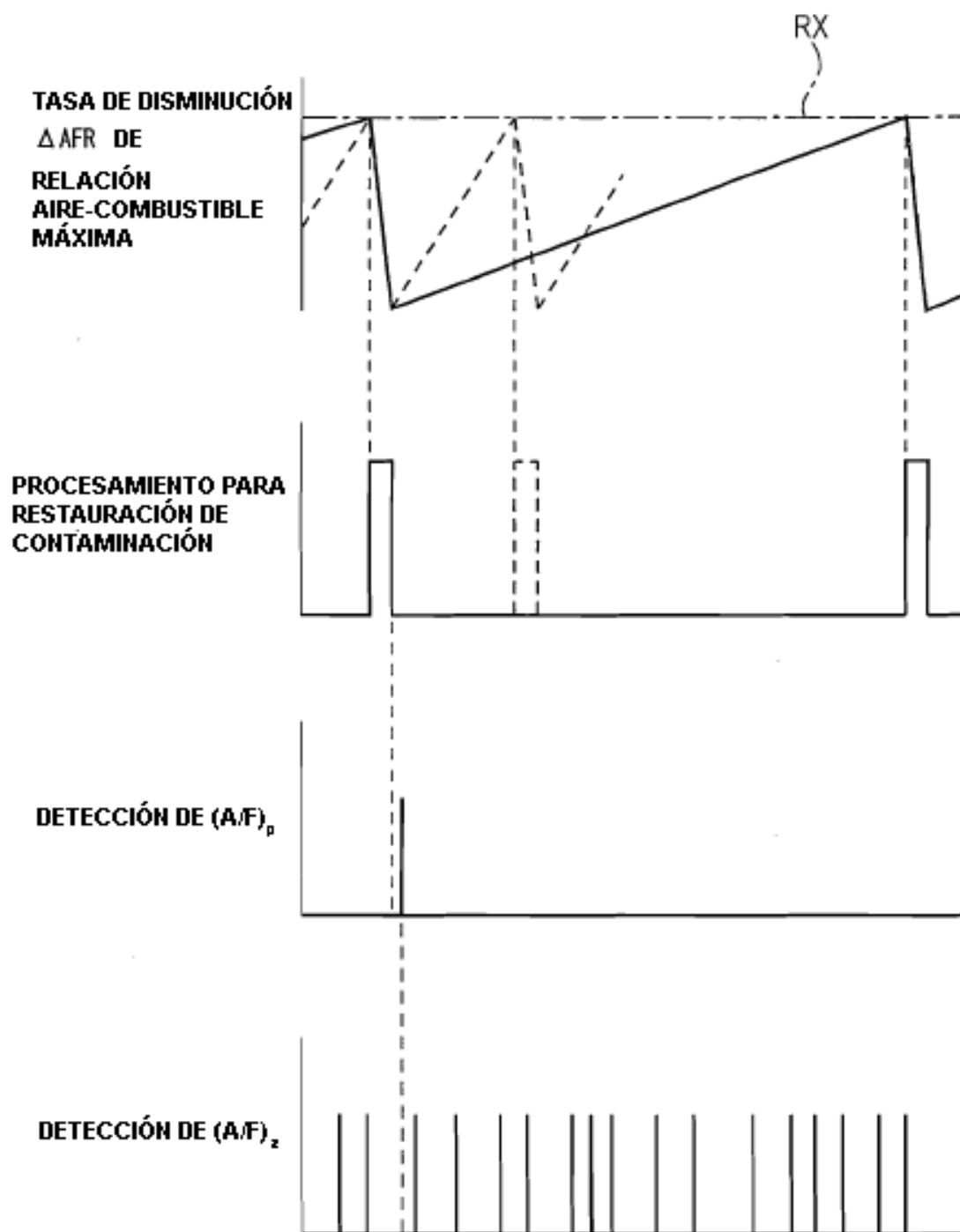


Fig.28

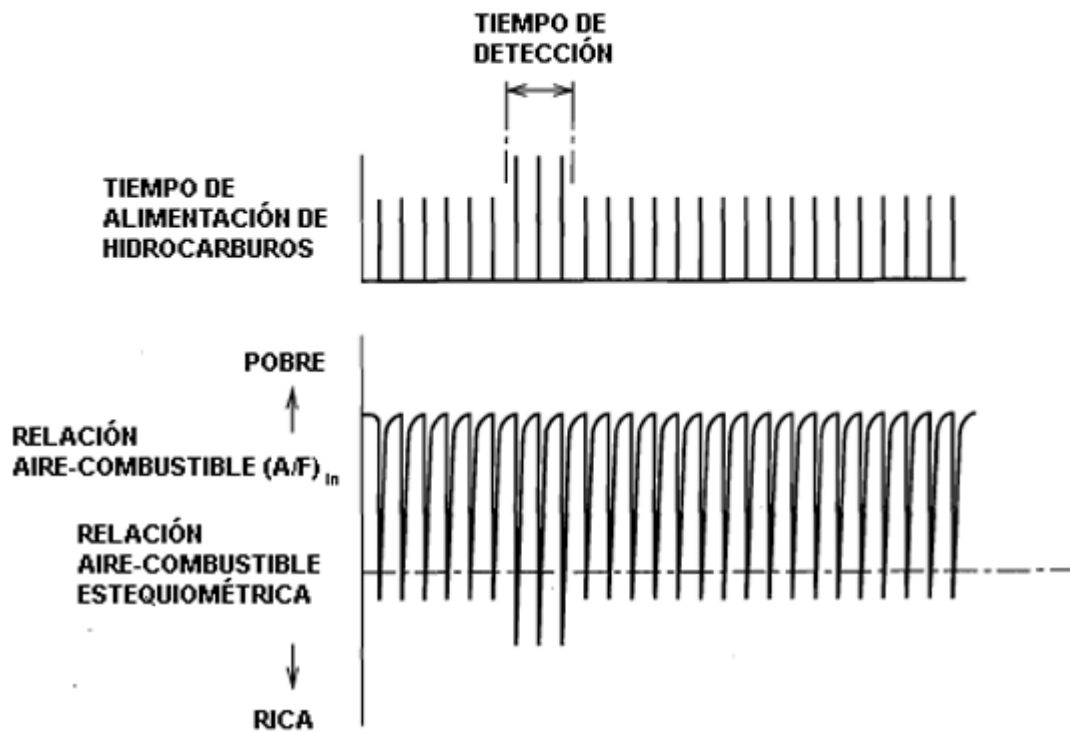


Fig.29

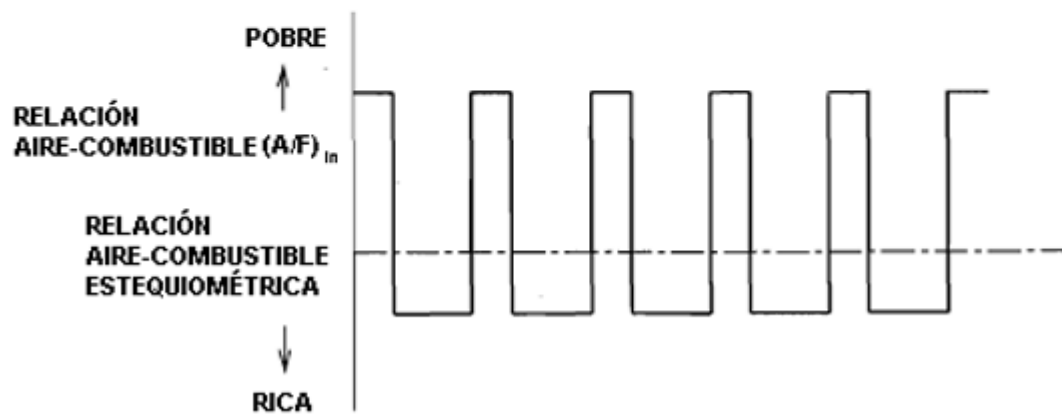


Fig.30

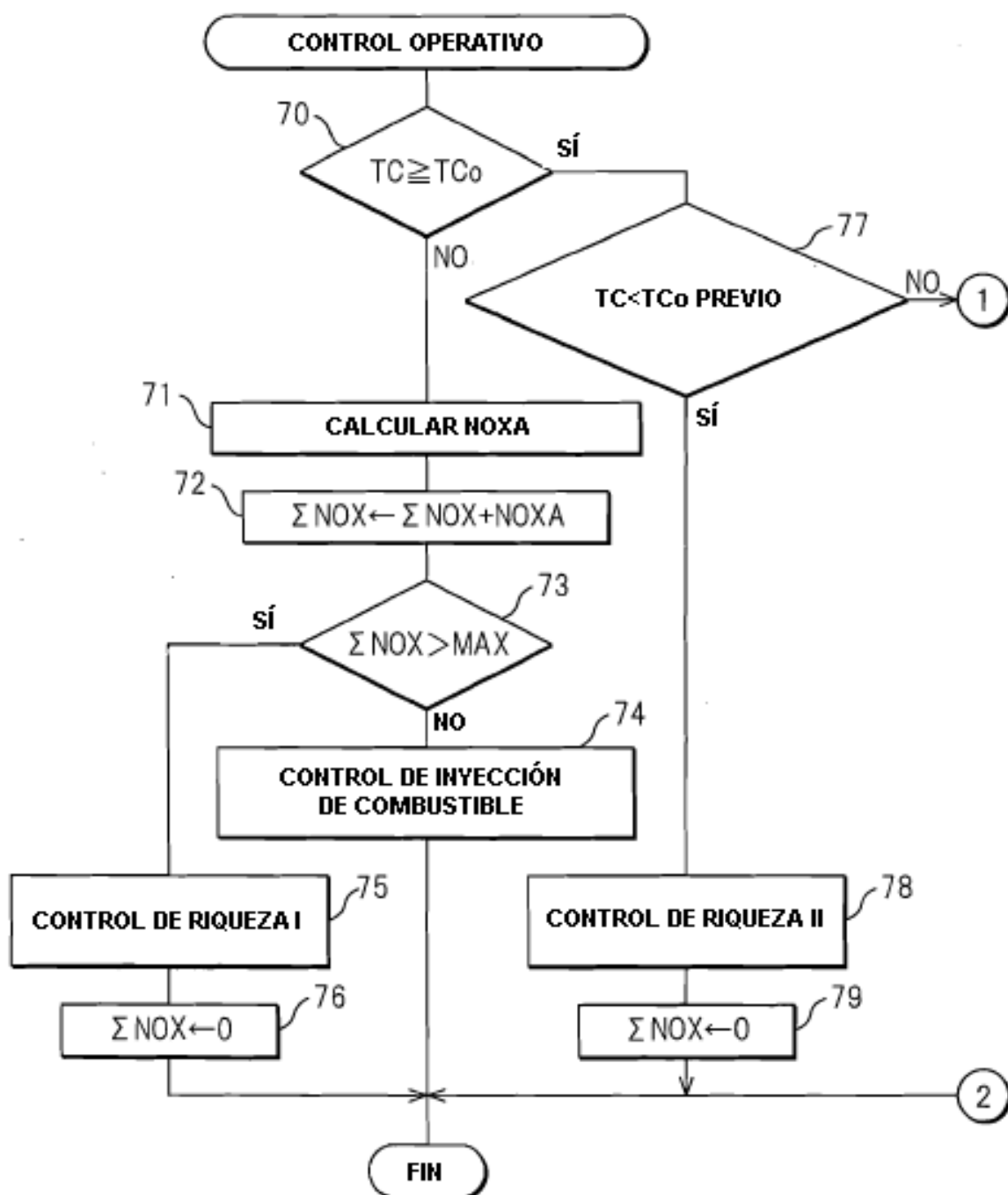


Fig.31

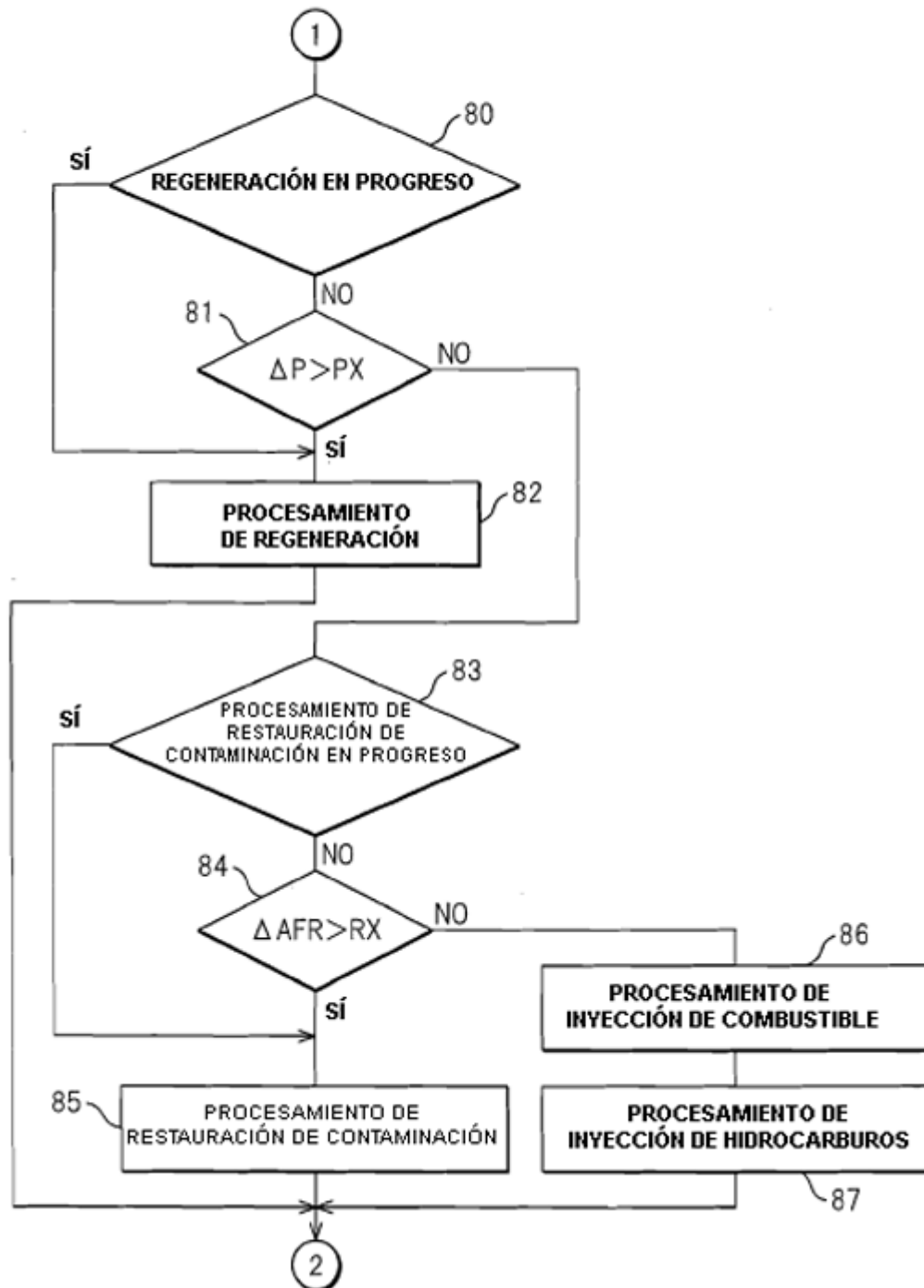


Fig.32

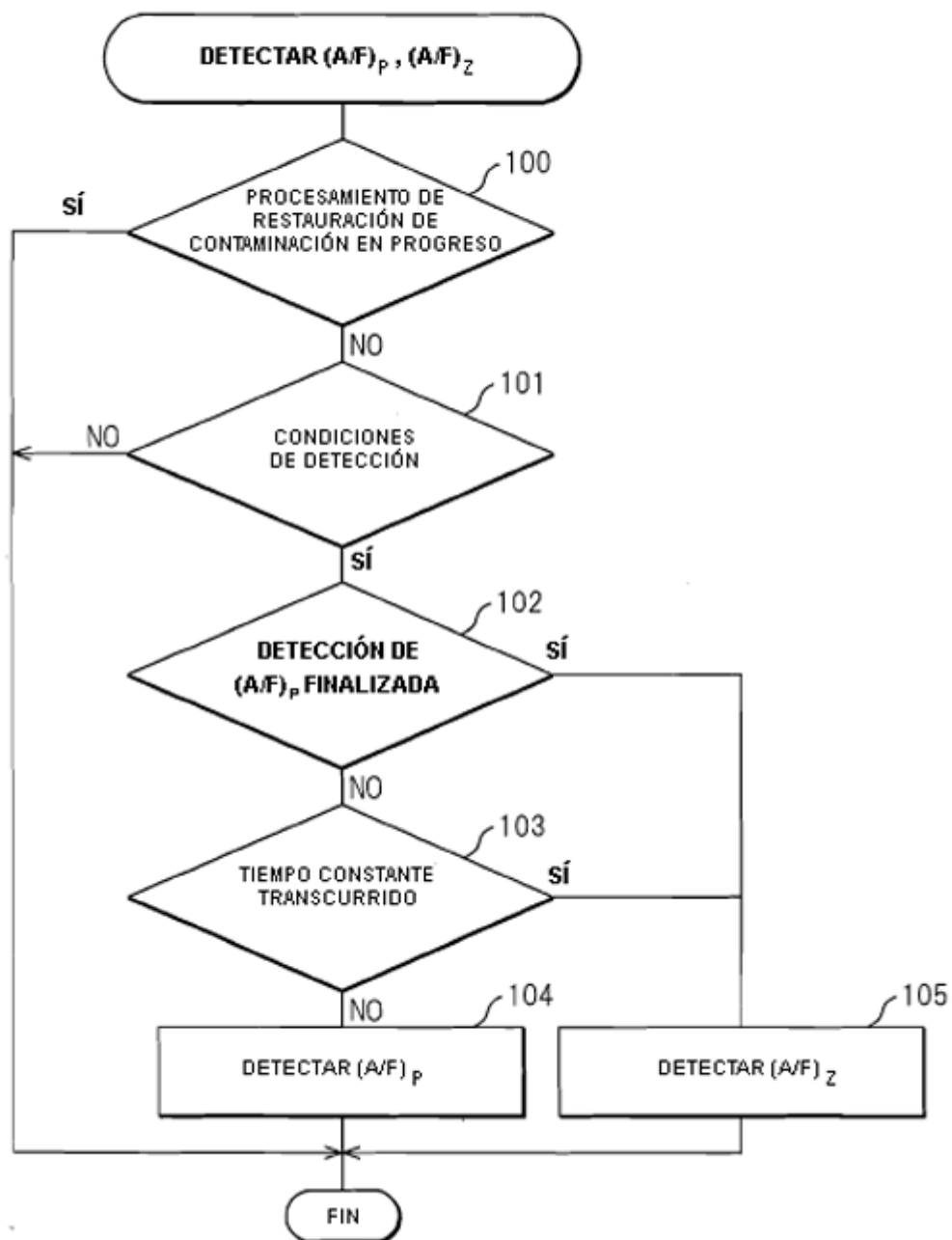


Fig.33

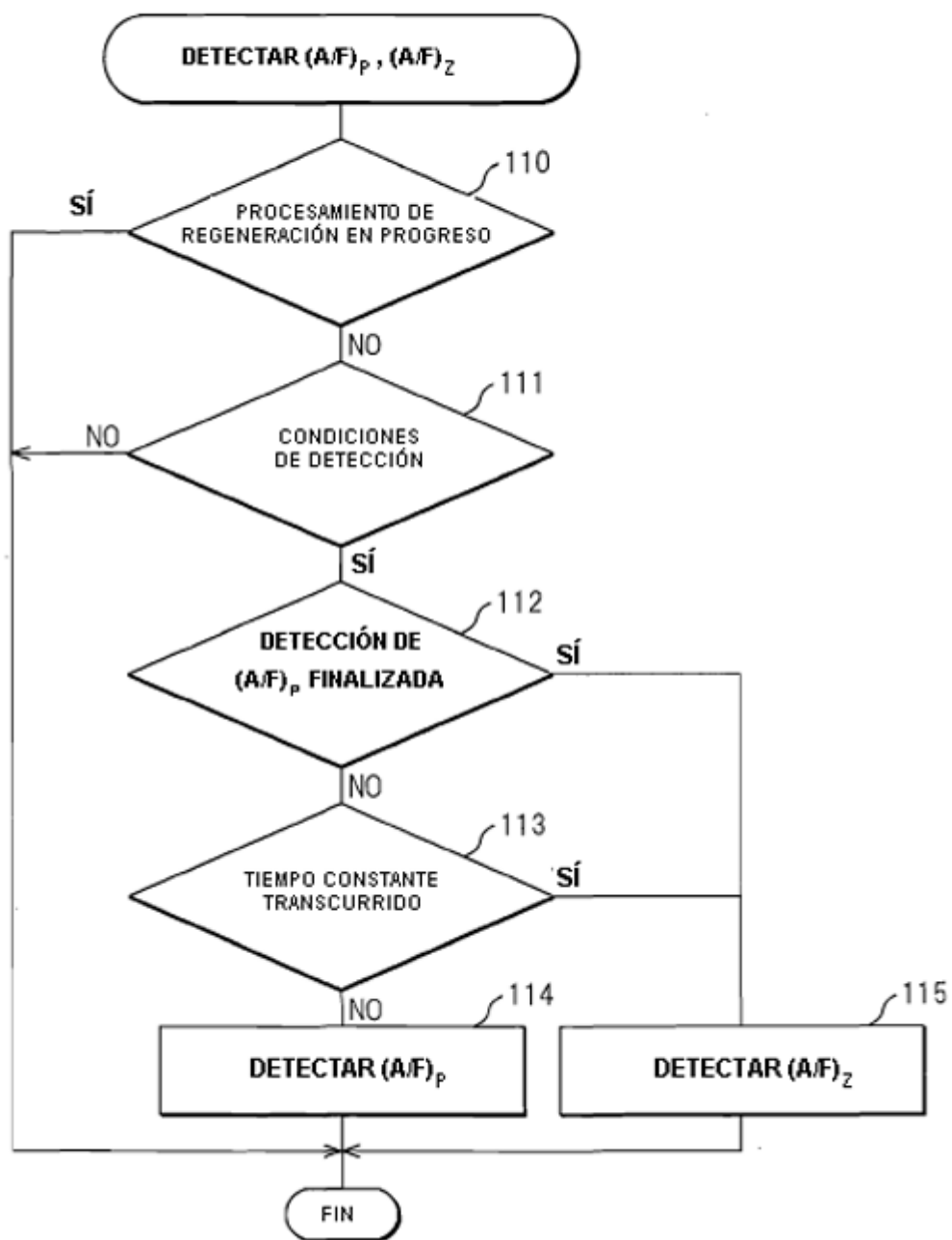


Fig.34

