

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 727 223**

51 Int. Cl.:

F01N 3/36 (2006.01)

F01N 3/08 (2006.01)

F01N 3/20 (2006.01)

F01N 3/025 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.09.2010 PCT/JP2010/065450**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.03.2012 WO12029190**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.09.2010 E 10848627 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2019 EP 2460998**

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

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.10.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**UMEMOTO, KAZUHIRO;
YOSHIDA, KOHEI y
INOUE, MIKIO**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 727 223 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método de purificación de gases de escape expulsados desde un motor de combustión interna

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un método de purificación de gases de escape expulsados desde un motor de combustión interna.

Antecedentes de la técnica

10 Un método de purificación conocido en la técnica es un motor de combustión interna que dispone, en un conducto de gases de escape del motor, un catalizador de almacenamiento de NO_x que almacena NO_x que está presente en los gases de escape cuando la relación aire-combustible de los gases de escape entrantes es pobre y que libera el NO_x almacenado cuando la relación aire-combustible de los gases de escape entrantes llega a ser rica, que dispone, en el conducto de gases de escape del motor aguas arriba del catalizador de almacenamiento de NO_x, un catalizador de oxidación que tiene una función de adsorción, y que alimenta hidrocarburos al conducto de gases de escape del motor aguas arriba del catalizador de oxidación para enriquecer la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de almacenamiento de NO_x cuando se libera NO_x del catalizador de almacenamiento de NO_x (por ejemplo, véase el documento de patente 1).

15 En este motor de combustión interna, los hidrocarburos que se alimentan cuando se libera NO_x del catalizador de almacenamiento de NO_x se convierten en hidrocarburos gaseosos en el catalizador de oxidación, y los hidrocarburos gaseosos se alimentan al catalizador de almacenamiento de NO_x. Como resultado, el NO_x que se libera del catalizador de almacenamiento de NO_x se reduce de manera adecuada.

20 Además, el documento de patente 2 describe un método para eliminar óxidos de nitrógeno y materia en partículas de los gases de escape empobrecido de un motor de combustión que también contiene bajas concentraciones de óxidos de azufre. La corriente de gases de escape pasa a través de un catalizador de almacenamiento de óxido de nitrógeno y un filtro de partículas, donde los óxidos de nitrógeno y los óxidos de azufre son adsorbidos por el catalizador de almacenamiento en condiciones de gases de escape empobrecidos y la materia particulada se deposita en el filtro de partículas. El catalizador de almacenamiento se desnitra periódicamente en un primer ciclo enriqueciendo la regeneración de los gases de escape del filtro de partículas. La desulfuración del catalizador de almacenamiento de óxido de nitrógeno se lleva a cabo en un segundo ciclo, elevando la temperatura de los gases de escape pobres hasta un valor en el que se inicia la combustión de la materia particulada del filtro de partículas y luego el catalizador de almacenamiento se puede desulfurar enriqueciendo los gases de escape.

Lista de referencias**Documentos de patente**

Documento de patente 1: patente japonesa nº. 3969450

Documento de patente 2: patente de EE.UU. abierta a inspección pública 2001/052232 A1

Compendio de la invención**Problema técnico**

Sin embargo, existe el problema de que cuando el catalizador de almacenamiento de NO_x llega a una temperatura alta, la tasa de purificación de NO_x disminuye.

40 Un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna que utilice selectivamente dos tipos de métodos de alimentación de hidrocarburos y permita obtener una alta tasa de purificación de NO_x, incluso si la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape llega a ser alta.

Solución al problema

45 De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método para purificar los gases de escape expulsados desde un motor de combustión interna, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dentro de un conducto de escape del motor se dispone una válvula de alimentación de hidrocarburo para la alimentación de hidrocarburos, en el conducto de escape del motor aguas abajo de la válvula de alimentación de hidrocarburos se dispone un catalizador de purificación de gases de escape para hacer reaccionar los hidrocarburos inyectados desde la válvula de alimentación de hidrocarburos y el NO_x presente en los gases de escape, se porta un catalizador de metales preciosos sobre una superficie de flujo de gases de escape del catalizador de purificación de gases de escape y se forma una parte superficial de flujo de gases de escape básica alrededor del catalizador de metales preciosos, teniendo el catalizador de purificación de gases de escape la propiedad de reducir el NO_x que está presente en los gases de escape cuando la concentración de hidrocarburos que fluyen en el catalizador de purificación de gases de escape se hace vibrar

dentro de un intervalo de amplitud predeterminado y dentro de un intervalo de período predeterminado, de modo que la relación aire-combustible de los gases de escape se sitúe en una relación predeterminada aire-combustible, y tiene la propiedad de aumento de la cantidad de NO_x almacenada en los gases de escape al alargarse el período de vibración de la concentración de hidrocarburo más que el intervalo predeterminado de período y, en el momento de la operación del motor, se utiliza selectivamente un primer método de alimentación de hidrocarburos en el que se inyecta hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburos según el intervalo predeterminado de amplitud anteriormente mencionado y dentro de dicho intervalo predeterminado de período, de modo que la relación aire-combustible de los gases de escape se sitúe en la relación predeterminada aire-combustible anteriormente mencionada y, por lo tanto, se elimine el NO_x presente en los gases de escape, y un segundo método de alimentación de hidrocarburos en el que se reduce la cantidad de hidrocarburos en la alimentación procedente de la válvula de alimentación de hidrocarburos y se alimenta al interior de una cámara de combustión un combustible requerido para disminuir la relación aire-combustible de los gases de escape hasta la relación aire-combustible predeterminada anterior, durante una segunda mitad de una carrera de expansión o una carrera de escape.

Efectos ventajosos de la invención

Es posible utilizar selectivamente un primer método de alimentación de hidrocarburos y un segundo método de alimentación de hidrocarburos y obtener una alta tasa de purificación de NO_x , incluso si la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape llega a ser alta.

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 de superficie 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 en la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen hacia un catalizador de purificación de gases de escape.
- La figura 5 es una vista que muestra una tasa de purificación de NO_x .
- Las figuras 6A y 6B son vistas para explicar una reacción de oxidación y reducción en un catalizador de purificación de gases de escape.
- Las figuras 7A y 7B son vistas para explicar una reacción de oxidación y reducción en un catalizador de purificación de gases de escape.
- La figura 8 es una vista que muestra un cambio en la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen hacia un catalizador de purificación de gases de escape.
- La figura 9 es una vista de una tasa de purificación de NO_x .
- La figura 10 es un gráfico de tiempo que muestra un cambio en la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen hacia un catalizador de purificación de gases de escape.
- La figura 11 es un gráfico de tiempo que muestra un cambio en la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen hacia un catalizador de purificación de gases de escape.
- La figura 12 es una vista que muestra una relación entre la fuerza de oxidación de un catalizador de purificación de gases de escape y una relación aire-combustible mínima exigida X.
- La figura 13 es una vista que muestra una relación entre una concentración de oxígeno en los gases de escape y una amplitud ΔH de una concentración de hidrocarburos que proporciona la misma tasa de purificación de NO_x .
- La figura 14 es una vista que muestra una relación entre una amplitud ΔH de una concentración de hidrocarburos y una tasa de purificación de NO_x .
- La figura 15 es una vista que muestra una relación de un período de vibración ΔT de una concentración de hidrocarburos y una tasa de purificación de NO_x .
- Las figuras 16A, 16B, y 16C son vistas que muestran mapas de una cantidad de alimentación de hidrocarburos W.
- La figura 17 es una vista que muestra cambios en la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape, etc.
- La figura 18 es una vista que muestra un mapa de una cantidad de NO_x emitido NOXA.
- La figura 19 es una vista que muestra un tiempo de inyección de combustible.

La figura 20 es una vista que muestra un mapa de una cantidad de alimentación de hidrocarburos WR.

Las figuras 21A y 21B son vistas para explicar un primer método de alimentación de hidrocarburos y un segundo método de alimentación de hidrocarburos.

Las figuras 22A, 22B, y 22C son vistas que muestran la cantidad de alimentación de hidrocarburos WA, etc.

- 5 La figura 23 es un gráfico de tiempo que muestra los cambios en la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape, etc.

La figura 24 es un gráfico de tiempo que muestra los cambios en la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape, etc.

Las figuras 25A y 25B son gráficos de tiempo que muestran el control de elevación de la temperatura.

- 10 La figura 26 es una vista que muestra una tasa de purificación de NO_x y una tasa de almacenamiento de NO_x.

La figura 27 es un diagrama de flujo para detectar una relación aire-combustible mínima.

Las figuras 28 y 29 son diagramas de flujo para el control operacional.

La figura 30 es un diagrama de flujo que muestra una rutina de interrupción.

La figura 31 es un diagrama de flujo que muestra una rutina de interrupción.

15 Descripción de las realizaciones

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 del motor, 2 una cámara de combustión de cada cilindro, 3 un inyector de combustible controlado electrónicamente para inyectar combustible en cada cámara 2 de combustión, 4 un colector de admisión y 5 un colector de gases de escape. El colector de admisión 4 está conectado a través de un conducto de admisión 6 a una salida de un compresor 7a de un turbocompresor de gases de escape 7, mientras que una entrada del compresor 7a está conectada a través de un detector de cantidad de aire de admisión 8 a un filtro de aire 9. Dentro del conducto de admisión 6, se dispone una válvula de mariposa 10 accionada por un motor paso a paso. Además, alrededor del conducto de admisión 6, se coloca un dispositivo de refrigeración 11 para refrigerar el aire de admisión que fluye a través del interior del conducto de admisión 6. En el ejemplo mostrado en la figura 1, el agua de refrigeración del motor se guía hacia el interior del dispositivo de refrigeración 11, en el que se usa el agua de refrigeración del motor para refrigerar el aire de admisión.
- 20
- 25

- Por otro lado, el colector de gases de escape 5 está conectado a una entrada de una turbina de gases de escape 7b del turbocompresor de gases de escape 7. La salida de la turbina de escape 7b está conectada a través de un tubo de gases de escape 12 a una entrada del catalizador de purificación de gases de escape 13, mientras que la salida del catalizador de purificación de gases de escape 13 está conectada a un filtro de partículas 14 para atrapar las partículas presentes en los gases de escape. Dentro del tubo de escape 12 aguas arriba del catalizador de purificación de gases de escape 13, se dispone una válvula de alimentación de hidrocarburos 15 para alimentar hidrocarburos compuestos por gasóleo u otro combustible utilizado como combustible para un motor de combustión interna de tipo encendido por compresión. En el ejemplo mostrado en la figura 1, se utiliza gasóleo como hidrocarburos que se alimentan desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15. Cabe resaltar que la presente invención también se puede aplicar a un motor de combustión interna de tipo encendido por chispa, en el que el combustible se quema en una relación aire-combustible empobrecida. En este caso, desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15, se alimentan los hidrocarburos compuestos por gasolina u otro combustible utilizado como combustible de un motor de combustión interna de tipo encendido por chispa.
- 30
- 35

- Por otro lado, el colector de gases de escape 5 y el colector de admisión 4 están conectados entre sí a través de un conducto de recirculación de los gases de escape 16 (denominado en lo sucesivo, "EGR"). Dentro del conducto de EGR 16, se dispone una válvula de control de EGR 17 controlada electrónicamente. Además, alrededor del conducto de EGR 16, se dispone un dispositivo de refrigeración 18 para refrigerar el gas de EGR que fluye a través del interior del conducto de EGR 16. En el ejemplo mostrado en la figura 1, el agua de refrigeración del motor se guía hacia el interior del dispositivo de refrigeración 18, en el que se utiliza el agua de refrigeración del motor para refrigerar el gas de EGR. Por otro lado, cada inyector de combustible 3 está conectado a través de un tubo de alimentación de combustible 19 a un conducto común 20. Este conducto común 20 está conectado a través de una bomba de combustible de descarga variable 21 controlada electrónicamente a un depósito de combustible 22. El combustible que se almacena dentro del depósito de combustible 22, se alimenta mediante la bomba de combustible 21 al interior del conducto común 20. El combustible que se alimenta al interior del conducto común 20 se alimenta a través de cada tubo de alimentación de combustible 19 al inyector de combustible 3.
- 40
- 45
- 50

Una unidad de control electrónico 30 está compuesta por un ordenador digital provisto de una ROM (memoria de sólo lectura) 32, una RAM (memoria de acceso aleatorio) 33, una CPU (microprocesador) 34, un puerto de entrada 35 y un

puerto de salida 36, que están conectados entre sí mediante un bus direccional 31. Aguas abajo del catalizador de purificación de gases de escape 13 está unido un sensor de temperatura 23, para detectar la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape 13. El filtro de partículas 14 tiene unido un sensor de presión diferencial 24 para detectar la presión diferencial antes y después del filtro de partículas 14. Además, aguas abajo del filtro de partículas 14, se dispone un sensor de temperatura 25 para detectar la temperatura del filtro de partículas 14. Asimismo, aguas abajo de la válvula de alimentación de hidrocarburos 15, dentro del tubo de escape 12, se dispone un sensor de relación aire-combustible 26. Las señales de salida de estos sensores de temperatura 23 y 25, el sensor de presión diferencial 24, el sensor de relación aire-combustible 26 y el detector de cantidad de aire de admisión 8 se introducen a través de los correspondientes convertidores AD 37 al puerto de entrada 35. Adicionalmente, un pedal del acelerador 40 tiene un sensor de carga 41 conectado al mismo, que genera una tensión de salida proporcional a la cantidad de depresión L del pedal del acelerador 40. La tensión de salida del sensor de carga 41 se introduce a través de un correspondiente convertidor AD 37 al puerto de entrada 35. Además, en el puerto de entrada 35 se conecta un sensor de ángulo de cigüeñal 42, que genera un impulso de salida cada vez que un árbol de cigüeñal gira, por ejemplo, 15°. Por otro lado, el puerto de salida 36 está conectado a través de los correspondientes circuitos de accionamiento 38 a cada inyector de combustible 3, un motor paso a paso para accionar la válvula de mariposa 10, la válvula de alimentación de hidrocarburos 15, la válvula de control de EGR 17, y la bomba de combustible 21.

La figura 2 muestra esquemáticamente una parte de superficie de un soporte de catalizador que se porta sobre un sustrato del catalizador de purificación de gases de escape 13. En este catalizador de purificación de gases de escape 13, como se muestra en la Figura 2, por ejemplo, se proporciona un soporte de catalizador 50 realizado de alúmina sobre el cual se portan los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos. Además, sobre este soporte de catalizador 50, se forma una capa básica 53 que incluye al menos un elemento seleccionado de potasio K, sodio Na, cesio Cs u otro metal alcalino de este tipo, Ba bario, calcio Ca u otro metal alcalinotérreo de este tipo, un lantanoide u otras tierras raras de este tipo y plata Ag, cobre Cu, hierro Fe, iridio Ir, u otro metal que pueda donar electrones al NO_x. Los gases de escape fluyen a lo largo de la parte superior del soporte del catalizador 50, por lo que se puede decir que los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos se portan sobre la superficie de flujo de gases de escape del catalizador de purificación de gases de escape 13. Asimismo, la superficie de la capa básica 53 presenta basicidad, por lo que la superficie de la capa básica 53 se denomina parte superficial de flujo de gases de escape básica 54.

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

Si los hidrocarburos se inyectan desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15 en los gases de escape, los hidrocarburos se reforman mediante el catalizador de purificación de gases de escape 13. En la presente invención, en este momento, los hidrocarburos reformados se utilizan para eliminar el NO_x en el catalizador de purificación de gases de escape 13. La figura 3 muestra esquemáticamente la acción de reformación realizada en el catalizador de purificación de gases de escape 13 en este momento. Como se muestra en la figura 3, los hidrocarburos HC que se inyectan desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15 se convierten en hidrocarburos radicales HC con un bajo índice de carbonos mediante el catalizador 51.

La figura 4 muestra la temporización de la alimentación de hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15 y los cambios en la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape 13. Cabe señalar 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 de purificación de gases de escape 13, por lo que se puede decir 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 se vuelve mayor, la relación aire-combustible (A/F)_{in} se vuelve menor, por lo que, en la figura 4, cuanto más rica es la relación aire-combustible (A/F)_{in}, mayor es la concentración de hidrocarburos.

La figura 5 muestra la tasa de purificación de NO_x mediante el catalizador de purificación de gases de escape 13 con respecto a la temperaturas del catalizador TC de purificación de gases de escape 13 cuando se suministran periódicamente hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15, es decir, cambiando periódicamente la concentración de hidrocarburos que fluye hacia la purificación de escape catalizador 13 para, tal como se muestra en la figura 4, cambiar la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape 13. Los autores de la presente invención se han dedicado durante mucho tiempo a la investigación llevada a cabo sobre la purificación de NO_x. En el proceso de investigación, aprendieron que, si se hace vibrar la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape 13 dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo, es decir, que si se inyecta hidrocarburos procedentes de la válvula de alimentación 15 a intervalos predeterminados de alimentación, de modo que la relación aire-combustible de los gases de escape se sitúe dentro de una relación aire-combustible predeterminada, como se muestra en la figura 5, se obtiene una tasa de purificación de NO_x extremadamente alta, incluso en una región de temperatura elevada de 400 °C o superior.

Asimismo, en este momento, una gran cantidad de producto intermedio reductor que contiene nitrógeno e hidrocarburos continúa reteniéndose o adsorbiéndose sobre la superficie de la capa básica 53, es decir, sobre la parte superficial de flujo de gases de escape básica 54 del catalizador de purificación de gases de escape 13. Se ha aprendido que este producto intermedio reductor desempeña un papel central en la obtención de una tasa de purificación de NO_x elevada. A continuación, esto se explicará con referencia a las figuras 6A y 6B. Cabe señalar que, estas figuras 6A y 6B muestran esquemáticamente la parte superficial del soporte de catalizador 50 del catalizador de purificación de gases de escape 13. Estas figuras 6A y 6B muestran la reacción que se presupone que tiene lugar cuando la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape 13 se hace vibrar dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de período, es decir, cuando se inyectan hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 a intervalos predeterminados de alimentación, de modo que la relación aire-combustible de los gases de escape se sitúa en una relación predeterminada aire-combustible.

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

Ahora, como se entenderá a partir de la figura 4, la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape 13 se mantiene pobre excepto por un instante, de manera que los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape 13 pasan normalmente a un estado de exceso de oxígeno. Por lo tanto, el NO que está presente en los gases de escape, como se muestra en la figura 6A, se oxida sobre el platino 51 y se convierte en NO_2 . A continuación, este NO_2 recibe electrones del platino 51 y se convierte en NO_2^- . Por lo tanto, sobre el platino 51 se produce una gran cantidad de NO_2^- . Este NO_2^- tiene una actividad fuerte. Anteriormente, este NO_2^- inestable se denomina NO_2^* activo.

Por otro lado, si los hidrocarburos se alimentan desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15, como se muestra en la figura 3, los hidrocarburos se reforman y se les añaden radicales dentro del catalizador de purificación de gases de escape 13. Como resultado, según se muestra en la figura 6B, la concentración de hidrocarburos alrededor del NO_2^* activo se vuelve más alta. En este sentido, después de que se produzca el NO_2^* activo, si continúa el estado de una concentración de oxígeno elevada alrededor del NO_2^* activo durante un tiempo predeterminado o más, el NO_2^* activo se oxida y se absorbe en la capa básica 53 en forma de iones nitrato NO_3^- . Sin embargo, si la concentración de hidrocarburos alrededor del NO_2^* activo se hace más alta antes de que pase este tiempo predeterminado, como se muestra en la figura 6B, el NO_2^* activo reacciona sobre el platino 51 con los hidrocarburos radicales HC, por lo que se produce un producto intermedio reductor. Este producto intermedio reductor se adhiere o se adsorbe sobre la superficie de la capa básica 53.

Cabe señalar que, en este momento, el primer producto intermedio reductor producido se considera un nitrocompuesto R-NO_2 . Si se produce este nitrocompuesto R-NO_2 , el resultado pasa a ser un compuesto de nitrilo R-CN , pero este compuesto de nitrilo R-CN sólo puede sobrevivir un instante en este estado, por lo que de inmediato pasa a ser un compuesto de isocianato R-NCO . Este nitrocompuesto R-NO_2 , cuando se hidroliza, pasa a ser un compuesto de amina R-NH_2 . Sin embargo, en este caso, lo que se hidroliza se considera parte del compuesto de isocianato R-NCO . Por lo tanto, 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 básica 53 es el compuesto de isocianato R-NCO y el compuesto de amina R-NH_2 .

Por otro lado, como se muestra en la figura 6B, si el producto intermedio reductor producido está rodeado por los hidrocarburos HC, el producto intermedio reductor es bloqueado por los hidrocarburos HC y la reacción no continuará avanzando. En este caso, si se reduce la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape 13, con el consiguiente aumento de la concentración de oxígeno, se oxidarán los hidrocarburos alrededor del producto intermedio reductor. Como resultado, como se muestra en la figura 6A, el producto intermedio reductor y el NO_2^* activo reaccionarán. En este momento, el NO_2^* activo reacciona con el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH_2 para formar N_2 , CO_2 y H_2O y, en consecuencia, se elimina el NO_x .

De esta manera, en el catalizador de purificación de gases de escape 13, al hacer que aumente la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape 13, se produce un producto intermedio reductor. Al hacer que disminuya la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape 13 y al elevarse la concentración de oxígeno, el NO_2^* activo reacciona con el producto intermedio reductor y se elimina el NO_x . Es decir, con el fin de que el catalizador de purificación de gases de escape 13 elimine el NO_x , la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape 13 debe cambiarse periódicamente.

Evidentemente, en este caso, es necesario elevar la concentración de hidrocarburos hasta una concentración suficientemente alta para producir el producto intermedio reductor y es necesario disminuir la concentración de hidrocarburos hasta una concentración suficientemente baja para hacer que el producto intermedio reductor producido reaccione con el NO_2^* activo. Es decir, la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape 13 debe hacerse vibrar dentro de un intervalo predeterminado de amplitud. Cabe

señalar que, en este caso, debe mantenerse una cantidad suficiente de producto intermedio reductor R-NCO o R-NH₂ en la capa básica 53, es decir, en la parte superficial de flujo de gases de escape básica 24, hasta que el producto intermedio reductor producido reaccione con el NO₂* activo. Por este motivo, se proporciona la parte superficial de flujo de gases de escape básica 24.

5 Por otra parte, si se alarga el período de alimentación de hidrocarburos, el tiempo en el que aumenta la concentración de oxígeno se alarga en el período posterior a la alimentación de hidrocarburos hasta la siguiente alimentación de hidrocarburos. Por lo tanto, el NO₂* activo se absorbe en la capa básica 53 en forma de nitratos sin producir un producto intermedio reductor. Para evitar esto, es necesario hacer que la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape 13 vibre dentro de un intervalo predeterminado de período.

10 Por lo tanto, en una realización de la presente invención, para hacer que el NO_x presente en los gases de escape y los hidrocarburos reformados reaccionen y produzcan el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH₂ que contiene nitrógeno e hidrocarburos, los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos se portan sobre la superficie de flujo de gases de escape del catalizador de purificación de gases de escape 13. Para retener el producto intermedio reductor producido R-NCO o R-NH₂ dentro del catalizador de purificación de gases de escape 13, se forma una parte superficial de flujo de gases de escape básica 54 alrededor de los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos. Para retener el producto intermedio reductor producido R-NCO o R-NH₂ dentro del catalizador de purificación de gases de escape 13, se forma una parte superficial de flujo de gases de escape básica 54 alrededor de los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos. El NO_x se reduce por la acción reductora del producto intermedio reductor R-NCO o R-NH₂ retenido en la parte superficial de flujo de gases de escape básica 54, y el período de vibración de la concentración de hidrocarburos, es decir, el período de alimentación de hidrocarburos procedentes de la válvula de alimentación de hidrocarburos 15 se constituye en el período requerido para asegurar la presencia continua del producto intermedio reductor R-NCO o R-NH₂. Incidentalmente, en el ejemplo que se muestra en la figura 4, el intervalo de inyección es de 3 segundos.

Si el período de vibración de la concentración de hidrocarburos, es decir, el período de alimentación de los hidrocarburos HC, se hace más largo que el intervalo predeterminado de periodo anterior, el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH₂ desaparece de la superficie de la capa básica 53. En este momento, el NO₂* activo que se produce sobre el platino Pt 53, como se muestra en la figura 7A, se difunde en la capa básica 53 en forma de iones nitrato NO₃⁻ y se convierte en nitratos. Es decir, en este momento, el NO_x en los gases de escape se absorbe en forma de nitratos dentro de la capa básica 53.

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 de purificación de gases de escape 13 sea la relación aire-combustible estequiométrica o rica cuando el NO_x se absorbe en forma de nitratos dentro de la capa básica 53. En este caso, la concentración de oxígeno en los gases de escape disminuye, por lo que la reacción avanza en la dirección opuesta (NO₃⁻ → NO₂) y, por lo tanto, los nitratos absorbidos en la capa básica 53 se convierten en iones nitrato NO₃⁻ uno por uno y, como se muestra en la figura 7B, se liberan desde la capa básica 53 en forma de NO₂. A continuación, el NO₂ liberado es reducido por los hidrocarburos HC y el CO presentes en los gases de escape.

La figura 8 muestra el caso en el que se hace que la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape 13 sea temporalmente rica ligeramente antes de que se sature la capacidad de absorción de NO_x de la capa básica 53. Cabe señalar que, en el ejemplo mostrado en la figura 8, el intervalo de tiempo de este control rico es de 1 minuto o más. En este caso, el NO_x que fue absorbido por la capa básica 53 cuando la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape era pobre se libera de una sola vez de la capa básica 53 y se reduce cuando la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape se enriquece temporalmente. Por lo tanto, en este caso, la capa básica 53 desempeña el papel de un absorbente para absorber temporalmente NO_x.

Cabe señalar que, en este momento, a veces la capa básica 53 adsorbe temporalmente el NO_x. Por lo tanto, si se utiliza el término de almacenamiento como un término que incluye tanto la absorción como la adsorción, en este momento, la capa básica 53 cumple la función de un agente de almacenamiento de NO_x para almacenar temporalmente el NO_x. Es decir, en este caso, si la relación aire-combustible (hidrocarburos) que se suministran al conducto de admisión del motor, las cámaras de combustión 2, y el conducto de gases de escape aguas arriba del catalizador de purificación de gases de escape 13, se denomina relación aire-combustible de los gases de escape, el catalizador de purificación de gases de escape 13 funciona como un catalizador de almacenamiento de NO_x que almacena el NO_x cuando la relación aire-combustible de los gases de escape es pobre y libera el NO_x almacenado cuando o disminuye la concentración de oxígeno en los gases de escape.

La figura 9 muestra la tasa de purificación de NO_x al hacer que el catalizador de purificación de gases de escape 13 funcione de esta manera como un catalizador de almacenamiento de NO_x. Cabe señalar que, la abscisa de la figura 9 muestra la temperatura de catalizador TC del catalizador de purificación de gases de escape 13. Al hacer que el catalizador de purificación de gases de escape 13 funcione como un catalizador de almacenamiento de 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 NO_x extremadamente alta, pero cuando la temperatura de catalizador TC llega a ser una temperatura de 400 °C o más alta, la tasa de purificación de NO_x disminuye.

De esta manera, cuando la temperatura de catalizador TC llega a ser de 400 °C o más, la tasa de purificación de NO_x disminuye porque si la temperatura de catalizador TC llega a ser de 400 °C o más, los nitratos se descomponen por calor y se liberan en forma de NO₂ desde el catalizador de purificación de gases de escape 13. Es decir, siempre que se almacene NO_x en forma de nitratos, cuando la temperatura de catalizador TC es alta, es difícil obtener una alta tasa de purificación de NO_x. Sin embargo, en el método de purificación de NO_x nuevo mostrado de la figura 4 a las figuras 6A y 6B, como se entenderá a partir de las figuras 6A y 6B, no se forman los nitratos o incluso si se forman, su cantidad es extremadamente pequeña, por lo tanto, como se muestra en la figura 5, incluso cuando la temperatura de catalizador TC es alta, se obtiene una alta tasa de purificación de NO_x.

Por lo tanto, en la presente invención, una válvula de alimentación de hidrocarburo 15 se dispone dentro del conducto de gases de escape del motor para alimentar hidrocarburos, un catalizador de purificación de gases de escape 13 se dispone aguas abajo de la válvula de alimentación de hidrocarburos 15 dentro del conducto de gases de escape del motor para hacer que reaccionen los hidrocarburos inyectados procedentes la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 y el NO_x presente en los gases de escape, los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos se portan sobre la superficie de flujo de gases de escape del catalizador de purificación de gases de escape 13, se forma una parte superficial de flujo de gases de escape básica 54, alrededor de los catalizadores de metales preciosos 51 y 52, teniendo el catalizador de purificación de gases de escape 13 la propiedad de reducir el NO_x que está presente en los gases de escape si se inyectan hidrocarburos a intervalos de alimentación predeterminados desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15, de modo que la relación aire-combustible de los gases de escape se sitúe en la relación aire-combustible predeterminada y tiene la propiedad de aumentar la cantidad almacenada de NO_x que está presente en los gases de escape si los intervalos de alimentación de hidrocarburos se hacen más largos que los intervalos de alimentación predeterminados, y, en el momento de funcionamiento del motor, los hidrocarburos se inyectan desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15 según los intervalos de alimentación predeterminados anteriores, de modo que la relación aire-combustible de los gases de escape se sitúe en la relación predeterminada aire-combustible anteriormente mencionada. Debido a esto, el NO_x que está presente en los gases de escape se reduce en el catalizador de purificación de gases de escape 13.

Es decir, puede decirse que el método de purificación de NO_x que se muestra de la figura 4 a las figuras 6A y 6B es un método de purificación de NO_x nuevo diseñado para eliminar NO_x sin formar casi ningún nitrato en el caso de usar un catalizador de purificación de gases de escape que porta un catalizador de metales preciosos y forma una capa básica que puede absorber NO_x. En la actualidad, cuando se usa este método de purificación de NO_x nuevo, la cantidad de nitratos que se detectan desde la capa básica 53 llega a ser mucho más pequeña en comparación con el caso en el que se hace que el catalizador de purificación de gases de escape 13 funcione como un catalizador de almacenamiento de NO_x. Cabe señalar que, este método de purificación de NO_x nuevo se denominará más adelante primer método de purificación de NO_x.

A continuación, haciendo referencia a las figuras de 10 a 15, se explicará este primer método de purificación de NO_x con un poco más de detalle.

La figura 10 muestra de manera ampliada el cambio en la relación aire-combustible (A/F)_{in} que se muestra en la figura 4. Cabe señalar que, como se explicó anteriormente, el cambio en la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape que fluyen al interior de este catalizador de purificación de gases de escape 13 muestra simultáneamente el cambio en la concentración de los hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape 13. Cabe señalar que, en la figura 10, ΔH muestra la amplitud de la relación aire-combustible (A/F)_{in}, es decir, la amplitud de los cambios en la concentración de hidrocarburos HC que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape 13, mientras que ΔT muestra el período de vibración de la concentración de los hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape 13, es decir, el período de alimentación de los hidrocarburos.

Además, en la figura 10, (A/F)_b se muestra la relación aire-combustible de base que muestra la relación aire-combustible de los gases de combustión para generar la salida del motor. En otras palabras, esta relación aire-combustible de base (A/F)_b muestra la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape 13 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)_{in} que se utiliza para producir el producto intermedio reductor sin que se almacene el NO₂* activo producido en forma de nitratos dentro de la capa básica 53. Para hacer que el NO₂* activo y los hidrocarburos reformados reaccionen y produzcan el producto intermedio reductor, es necesario hacer que la relación aire-combustible (A/F) sea inferior al límite superior X de esta relación aire-combustible. El límite superior X de la relación aire-combustible requerido para producir este producto intermedio reductor se denominará en lo sucesivo relación aire-combustible mínima exigida.

En el ejemplo mostrado en la figura 10, la relación aire-combustible mínima exigida X es rica, por lo tanto, en este caso, para producir el producto intermedio reductor, la relación aire-combustible (A/F)_{in} se convierte instantáneamente en la relación aire-combustible mínima exigida X o menos, es decir, rica. A diferencia de esto, en el ejemplo mostrado en la figura 11, la relación aire-combustible mínima exigida X es pobre. En este caso, la relación aire-combustible (A/F)_{in} se mantiene pobre mientras se reduce periódicamente la relación aire-combustible (A/F)_{in} con el fin de producir el producto intermedio reductor.

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

Ahora, si se usa un catalizador de purificación de gases de escape 13 con una alta fuerza oxidante, como se muestra en la figura 11, si se mantiene la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$ pobre mientras se reduce periódicamente la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$, los hidrocarburos terminan oxidándose completamente cuando se reduce la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$. Como resultado, ya no se puede producir el producto intermedio reductor. A diferencia de esto, cuando se usa un catalizador de purificación de gases de escape 13 con una alta fuerza oxidante, como se muestra en la figura 10, si se enriquece la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$ periódicamente, cuando se enriquece la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$, los hidrocarburos se oxidarán parcialmente, sin llegar a oxidarse completamente, es decir, los hidrocarburos se reformarán, por consiguiente, se producirá el producto intermedio reductor. Por lo tanto, cuando se utiliza un catalizador de purificación de gases de escape 13 con una alta fuerza de oxidación, debe enriquecerse la relación aire-combustible mínima exigida X .

Por otro lado, cuando se usa un catalizador de purificación de gases de escape 13 con una fuerza oxidante reducida, como se muestra en la figura 11, si se mantiene la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$ pobre mientras se reduce periódicamente la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$, los hidrocarburos se oxidarán parcialmente sin llegar a oxidarse completamente, es decir, los hidrocarburos se reformarán y en consecuencia se producirá el producto intermedio reductor. A diferencia de esto, cuando se usa un catalizador de purificación de gases de escape 13 con una fuerza oxidante reducida, como se muestra en la Figura 10, si se enriquece la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$ periódicamente, se expulsará una gran cantidad de hidrocarburos desde el catalizador de purificación de gases de escape 13 sin oxidar y, en consecuencia, aumentará la cantidad de hidrocarburos que se consume de forma innecesaria. Por lo tanto, cuando se usa un catalizador de purificación de gases de escape 13 con una fuerza de oxidación reducida, debe empobrecerse la relación aire-combustible mínima exigida X .

Es decir, se aprende que la relación aire-combustible mínima exigida X , como se muestra en la figura 12, debe reducirse cuanto más alta sea la fuerza oxidante del catalizador de purificación de gases de escape 13. De este modo, la relación aire-combustible mínima exigida X exigida se empobrece o enriquece debido a la fuerza oxidante del catalizador de purificación de gases de escape 13. Más adelante, tomando como ejemplo el caso en el que la relación aire-combustible mínima exigida X es rica, se explicará la amplitud ΔT de la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$, es decir, la amplitud ΔT del cambio en la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape 13 o el período de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape 13, es decir, el período de alimentación ΔT de los hidrocarburos.

Ahora, si la relación aire-combustible de base $(A/F)_b$ se hace más grande, es decir, si la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos se vuelve más alta, aumenta la cantidad de alimentación de hidrocarburos requerida para hacer que la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$ sea la relación aire-combustible mínima exigida X o menos y, junto con esto, también aumenta la cantidad excesiva de hidrocarburos que no contribuyeron a la producción del producto intermedio reductor. En este caso, para eliminar bien el NO_x , como se explicó anteriormente, es necesario oxidar el exceso de hidrocarburos. Por lo tanto, para eliminar bien el NO_x , cuanto mayor sea la cantidad excesiva de hidrocarburos, mayor será la cantidad de oxígeno requerida.

En este caso, si aumenta la concentración de oxígeno en los gases de escape, se puede aumentar la cantidad de oxígeno. Por lo tanto, para eliminar bien el NO_x , cuando la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos es alta, es necesario elevar la concentración de oxígeno en los gases de escape después de alimentar los hidrocarburos. Es decir, cuanto mayor sea la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos, mayor tendrá que 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 ΔH de la concentración de hidrocarburos cuando se obtiene la misma tasa de purificación de NO_x . Para obtener la misma tasa de purificación de NO_x , por medio de la figura 13, se aprende que cuanto mayor sea la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos, mayor tendrá que hacerse la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos. Es decir, para obtener la misma tasa de purificación de NO_x , cuanto mayor sea la relación aire-combustible de base $(A/F)_b$, mayor tendrá que hacerse la amplitud T de la concentración de hidrocarburo. En otras palabras, para eliminar el NO_x bien, cuanto más baja sea la relación aire-combustible de base $(A/F)_b$, más podrá reducirse la amplitud ΔT de la concentración de hidrocarburos.

En este sentido, la relación aire-combustible de base $(A/F)_b$ se vuelve mínima en el momento de una operación de aceleración. En este momento, si la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos es de aproximadamente 200 ppm, es posible eliminar el NO_x bien. La relación aire-combustible de base $(A/F)_b$ es normalmente mayor que el tiempo de operación de aceleración. Por lo tanto, como se muestra en la figura 14, si la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos es de 200 ppm o más, se puede obtener una excelente tasa de purificación de NO_x .

Por otra parte, se aprende que cuando la relación aire-combustible de base (A/F)_b es máxima, si se hace que la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos sea de 10.000 ppm o aproximada, se obtiene una excelente tasa de purificación de NO_x. Por lo tanto, en la presente invención, se hace que el intervalo predeterminado de la amplitud de la concentración de hidrocarburos sea de 200 ppm a 10.000 ppm.

5 Además, si el período de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos se hace más largo, la concentración de oxígeno alrededor del NO₂* activo se vuelve más alta en el momento después de que se alimentan los hidrocarburos con respecto al momento de la siguiente alimentación. En este caso, si el período de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos se prolonga más de aproximadamente 5 segundos, el NO₂* activo se comienza a absorber en forma de nitratos dentro de la capa básica 53. Por lo tanto, como se muestra en la figura 15, si el período de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos se prolonga más de aproximadamente 5 segundos, disminuye la tasa de purificación de NO_x. Por consiguiente, el período de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos, es decir, el período de alimentación de los hidrocarburos, se debe ajustar en 5 segundos o menos.

10 Por otro lado, si el período de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos llega a ser de aproximadamente 0,3 segundos o menos, los hidrocarburos alimentados comienzan a acumularse sobre la superficie de flujo de gases de escape del catalizador de purificación de gases de escape 13, por lo tanto, como se muestra en la figura 15, si el período de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburo llega a ser de aproximadamente 0,3 segundos o menos, disminuye la tasa de purificación de NO_x. Por lo tanto, en la presente invención, el período de vibración ΔT de la concentración de los hidrocarburos, es decir, el período de alimentación de los hidrocarburos, se debe ajustar en un intervalo de 0,3 segundos a 5 segundos.

15 Ahora, para eliminar el NO_x utilizando el primer método de purificación de NO_x, como se explicó anteriormente, la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape 13 debe reducirse hasta la relación aire-combustible mínima exigida X. En esta realización de acuerdo con la presente invención, la cantidad de alimentación de hidrocarburos W que permite que la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape se reduzca hasta la relación aire-combustible mínima exigida, se almacena de antemano en función de la cantidad de inyección Q procedente del inyector de combustible 3 y la velocidad de motor N en forma de un mapa como el que se muestra en la figura 16A en la ROM 32.

20 Por otro lado, la figura 16B muestra el tiempo de retención del producto intermedio reductor durante el cual el producto intermedio reductor producido puede retenerse sobre la capa básica 53 del catalizador de purificación de gases de escape 13. Este producto intermedio reductor es fácilmente desorbido de la capa básica 53 si aumenta la temperatura TC del catalizador de purificación de gases de escape 13. Por lo tanto, como se muestra en la figura 16B, a medida que aumenta la temperatura TC del catalizador de purificación de gases de escape 13, se reduce el tiempo de retención del producto intermedio reductor. En este sentido, si el período de alimentación ΔT de los hidrocarburos se vuelve más largo que el tiempo de retención del producto intermedio reductor, surge un período durante el cual no hay producto intermedio reductor y la tasa de purificación de NO_x termina cayendo. Para evitar que se produzca un período de este tipo durante el cual no se produce producto intermedio reductor, el período de alimentación ΔT de los hidrocarburos debe ser igual al tiempo de retención del producto intermedio reductor o más corto que el tiempo de retención del producto intermedio reductor. Por lo tanto, en esta realización de acuerdo con la presente invención, el período de alimentación ΔT de los hidrocarburos se hace más corto cuanto más alta sea la temperatura TC del catalizador de purificación de gases de escape 13. Este período de alimentación ΔT de los hidrocarburos se almacena de antemano de manera similar en función de la cantidad de inyección Q y la velocidad de motor N en forma de un mapa como el que se muestra en la figura 16C en la ROM 32.

25 A continuación, al citar de la figura 17 a la figura 20, se explicará específicamente el método de purificación de NO_x en el caso de hacer que el catalizador de purificación de gases de escape 13 funcione como un catalizador de almacenamiento de NO_x. Un método de purificación de NO_x en el caso de hacer que el catalizador de purificación de gases de escape 13 funcione como un catalizador de almacenamiento de NO_x de esta manera se denominará en lo sucesivo segundo método de purificación de NO_x.

30 En este segundo método de purificación de NO_x, como se muestra en la figura 17, cuando la cantidad de NO_x almacenada ΣNO_x que se almacena en la capa básica 53 excede la cantidad predeterminada permitida MAX, la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape 13 se enriquece temporalmente. Cuando se enriquece la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape, el NO_x que se almacenó en la capa básica 53 cuando se empobreció la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape, se libera de una sola vez desde la capa básica 53 y se reduce. Debido a esto, se elimina el NO_x.

35 La cantidad de NO_x almacenada ΣNO_x , por ejemplo, se calcula a partir de la cantidad de NO_x que se expulsa desde el motor. En esta realización de acuerdo con la presente invención, la cantidad de NO_x expulsada NOXA que se expulsa desde el motor por unidad de tiempo se almacena de antemano en función de la cantidad de inyección Q y la velocidad de motor N en forma de un mapa, tal como se muestra en la figura 18 en la ROM 32. La cantidad de NO_x almacenada ΣNO_x se calcula a partir de esta cantidad de NO_x expulsada NOXA. En este caso, como se ha mostrado anteriormente, el período en el que se enriquece la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape es generalmente de 1 minuto o más.

En este segundo método de purificación de NO_x , como se muestra en la figura 19, se inyecta combustible adicional WR en la cámara de combustión 2 desde el inyector de combustible 3, además del combustible de uso de combustión Q, para enriquecer la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape 13. Cabe señalar que, la abscisa en la figura 19 muestra el ángulo del cigüeñal. Este combustible adicional WR se quema en el momento en que se inyecta, aunque no aparecerá como gas de salida del motor, es decir, ligeramente antes de ATDC60° después del punto muerto superior de compresión. Esta cantidad de combustible WR se almacena de antemano en función de la cantidad de inyección Q y la velocidad de motor N en forma de un mapa tal como se muestra en la figura 20 en la ROM 32. Evidentemente, en este caso, es posible aumentar la cantidad de alimentación de hidrocarburos procedente de la válvula de alimentación de hidrocarburos 15 para enriquecer la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape.

Ahora, como se ha explicado anteriormente, para eliminar el NO_x utilizando el primer método de purificación de NO_x , la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape 13 debe reducirse a la relación aire-combustible mínima exigida X. En este caso, en la realización explicada hasta este momento, los hidrocarburos W que se alimentan desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 se utilizan para reducir la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape hasta la relación aire-combustible mínima exigida X. El método de alimentación de hidrocarburos W sólo desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15 para reducir de esta manera la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape hasta la relación aire-combustible mínima exigida X se denominará en lo sucesivo primer método de alimentación de hidrocarburos. El cambio en la relación aire-combustible (A/F)_{in} mediante este primer método de alimentación de hidrocarburos se muestra esquemáticamente en la figura 21A.

Por otra parte, si el combustible se inyecta desde el inyector de combustible 3 hacia la cámara de combustión 2 después de 70°, después del punto muerto superior de compresión, en la segunda mitad de la carrera de expansión o en la carrera de escape, es decir, si se inyecta combustible después de completar la combustión del combustible de uso de combustión, este combustible se descompondrá térmicamente sin que se produzca una llama y sin quemarse. Es decir, el combustible se reforma para formar hidrocarburos con un pequeño índice de carbonos. La inyección realizada de esta manera después de la combustión del combustible de uso de combustión se denomina inyección posterior.

El método de alimentación de los hidrocarburos utilizando esta inyección posterior se muestra esquemáticamente en la figura 21A como segundo método de alimentación de hidrocarburos. Como se muestra en la figura 21A, en este segundo método de alimentación de hidrocarburos, los hidrocarburos WA alimentados desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15 y el combustible WB alimentado por inyección posterior, se utilizan para hacer que la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape 13, sea la relación aire-combustible mínima exigida X. Este combustible WB alimentado por inyección posterior se muestra en la figura 21B que es similar a la figura 19. En esta realización de acuerdo con la presente invención, esta inyección posterior se realiza desde 70° a 150° después del punto muerto superior de compresión mostrado por el intervalo θ en la figura 21B.

Ahora, en el primer método de alimentación de hidrocarburos, la mayoría de los hidrocarburos que se alimentan desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15 se utilizan para consumir el oxígeno, es decir, para reducir la relación aire-combustible (A/F)_{in}, mientras que sólo una pequeña parte de los hidrocarburos que se alimentan desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15 se utiliza para producir el producto intermedio reductor. Es decir, la cantidad de hidrocarburos que se utiliza para producir el producto intermedio reductor es extremadamente pequeña.

Por lo tanto, en el segundo método de alimentación de hidrocarburos, se alimenta exactamente desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15, la cantidad de hidrocarburos WA requerida para la producción del producto intermedio reductor, el oxígeno es consumido por el combustible WB alimentado por inyección posterior y, por lo tanto, disminuye la relación aire-combustible (A/F)_{in}. Cabe señalar que el combustible WB alimentado por inyección posterior también está compuesto por hidrocarburos, pero estos hidrocarburos se reforman para formar hidrocarburos con un índice de carbonos pequeño y, por lo tanto, se oxidan y eliminan por completo. En consecuencia, no se produce ningún producto intermedio reductor a partir de este combustible alimentado WB. El producto intermedio reductor es producido por los hidrocarburos WA que están parcialmente oxidados.

A este respecto, el producto intermedio reductor se produce a partir de un NO_x y un hidrocarburo radical, de modo que si se hace que la cantidad (en moles) de los hidrocarburos radicales sea la misma que la cantidad de NO_x (en moles), teóricamente se puede reducir todo el NO_x . Sin embargo, para reducir todo el NO_x , en la práctica, se necesita una cantidad de hidrocarburos radicales varias veces superior en comparación con el NO_x . Por lo tanto, en esta realización de acuerdo con la presente invención, si bien esto se toma en cuenta, la cantidad de alimentación WA de hidrocarburos se hace, como se muestra en la figura 22A, que aumente cuanto mayor sea la cantidad de NO_x a reducir, es decir, la cantidad de NO_x expulsado desde el motor NOXA.

Es decir, en esta realización de acuerdo con la presente invención, cuando se está utilizando el segundo método de alimentación de hidrocarburos, la cantidad de alimentación WA de los hidrocarburos que se alimentan desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15, se determina de acuerdo con la cantidad de NO_x en los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape 13.

Aquí, la cantidad de NO_x NOXA que es expulsada del motor, como se muestra en la figura 18, es en función de la cantidad de inyección Q y la velocidad de motor N. La cantidad de alimentación WA de los hidrocarburos es también en función de la cantidad de inyección Q y la velocidad de motor N. Por lo tanto, en esta realización de acuerdo con la presente invención, la cantidad alimentada WA de hidrocarburos se almacena de antemano en función de la cantidad de inyección Q y la velocidad de motor N en forma de un mapa tal como el que se muestra en la figura 22B en la ROM 32.

Por otro lado, si se determina la cantidad de inyección Q y la velocidad de motor N, se determina la relación aire-combustible de base $(A/F)_b$, se determina la relación aire-combustible mínima exigida X, y se determina la cantidad de alimentación WA del hidrocarburos. Por lo tanto, como se entenderá a partir de la figura 21A, en este momento, también se determina la cantidad de alimentación de combustible WB debido a la inyección posterior. Por consiguiente, en esta realización de acuerdo con la presente invención, la cantidad de alimentación de combustible WB debida a la inyección posterior también se almacena de antemano en función de la cantidad de inyección Q y la velocidad de motor N en forma de un mapa tal como se muestra en la figura 22C en la ROM 32.

La figura 23 y la figura 24 respectivamente muestran ejemplos específicos del segundo control de alimentación de hidrocarburos.

En el ejemplo mostrado en la figura 23, se muestra el caso en el que el combustible WB se alimenta por inyección posterior en varias carreras de expansión consecutivas desde un poco antes de que los hidrocarburos WA se alimenten desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15 hasta justo después de que se alimenten los hidrocarburos WA. En este caso, debido a la alimentación del combustible WB mediante inyección posterior, disminuye la relación aire-combustible (A/F) . Debido a la alimentación de hidrocarburos WA, la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$ se reduce hasta la relación aire-combustible mínima exigida X.

Por otro lado, en el ejemplo mostrado en la figura 24, cuando se inicia el segundo control de alimentación de hidrocarburos, el combustible WB se alimenta por inyección posterior en cada carrera de expansión. Por lo tanto, en este ejemplo, si se inicia el segundo control de alimentación de hidrocarburos, la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$ se reduce continuamente. Cuando se alimentan hidrocarburos WA, la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$ se reduce hasta la relación aire-combustible mínima exigida X.

En este sentido, el combustible alimentado por inyección posterior reacciona fácilmente con el oxígeno debido a la descomposición térmica, de modo que, si se alimenta combustible mediante inyección posterior, existe la ventaja de que es posible consumir oxígeno más fácilmente en comparación con en el caso de alimentación de hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15. Por otro lado, cuando se usa la inyección posterior, existe la inconveniencia de que sean necesarios tanto la inyección posterior como el control de alimentación de hidrocarburos WA.

Por lo tanto, en la presente invención, teniendo esto en cuenta, en el momento de operación del motor, se utilizan selectivamente un primer método de alimentación de hidrocarburos en el que se inyecta hidrocarburos W desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15 según el intervalo de alimentación predeterminado ΔT , de modo que la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$ de los gases de escape se sitúe en una relación de aire-combustible predeterminada X y, por lo tanto, se elimine el NO_x presente en los gases de escape, y un segundo método de alimentación de hidrocarburos en el que se reduce la cantidad alimentada de hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15 y se alimenta el combustible WB requerido para hacer que la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$ de los gases de escape se sitúe en la relación aire-combustible predeterminada X dentro de la cámara de combustión 2 durante la segunda mitad de la carrera de expansión o la carrera de escape.

Por otro lado, como se ha explicado anteriormente, en el combustible WB procedente de la inyección posterior es más fácil de oxidar los hidrocarburos WA. Por lo tanto, la alimentación de combustible WB por inyección posterior produce un mayor calor de reacción de oxidación con respecto a la alimentación de hidrocarburos WA. Por consiguiente, en esta realización de acuerdo con la presente invención, el segundo método de alimentación de hidrocarburos se usa cuando se eleva la temperatura de un dispositivo de tratamiento de gases de escape, tal como el catalizador de purificación de gases de escape 13 o el filtro de partículas 14.

La figura 25A muestra el control de elevación de la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape 13. Por ejemplo, en el momento de funcionamiento del motor, si disminuye la carga del motor, disminuye la temperatura de los gases de escape, y disminuye la temperatura TC del catalizador de purificación de gases de escape 13 por debajo de la temperatura de activación predeterminada TC_0 , disminuye la tasa de purificación de NO_x . Por lo tanto, como se muestra en la figura 25A, cuando la temperatura TC del catalizador de purificación de gases de escape 13 es más alta que la temperatura de activación TC_0 , se utiliza el primer método de alimentación de hidrocarburos, mientras que cuando la temperatura TC del catalizador de purificación de gases de escape 13 disminuye por debajo de la temperatura de activación TC_0 , se utiliza el segundo método de alimentación de hidrocarburos para elevar la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape 13.

Es decir, en la realización mostrada en la figura 25A, cuando la temperatura TC del catalizador de purificación de gases de escape 13 disminuye por debajo de la temperatura de activación predeterminada TC_0 , el primer método de

alimentación de hidrocarburos se cambia al segundo método de alimentación de hidrocarburos y se lleva a cabo una acción de elevación de la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape 13.

La figura 25B muestra el control de elevación de la temperatura del filtro de partículas 14. Para quemar las partículas depositadas sobre el filtro de partículas 14 para regenerar el filtro de partículas 14, es necesario elevar la temperatura TD del filtro de partículas 14 hasta una temperatura de regeneración TX de 600 °C o más. Por lo tanto, en la realización mostrada en la figura 25B, cuando debe regenerarse el filtro de partículas 14, el primer método de alimentación de hidrocarburos se cambia al segundo método de alimentación de hidrocarburos. Debido a esto, se realiza una acción de elevación de la temperatura del filtro de partículas 14. Cabe señalar que, en esta realización, si la temperatura TD del filtro de partículas 14 supera la temperatura de regeneración TX, se continúa la alimentación subsiguiente de una pequeña cantidad de combustible WB por inyección posterior para mantener la temperatura TD del filtro de partículas 14 a la temperatura de regeneración TX o más.

A continuación, se explicará el método de control operacional de la presente invención.

La figura 26 muestra la tasa de purificación de NO_x en el momento en el que se lleva a cabo el tratamiento de purificación de NO_x mediante el primer método de purificación de NO_x y la tasa de almacenamiento de NO_x en el catalizador de purificación de gases de escape 13 en el momento en el que se usa el segundo método de purificación de NO_x. En la presente invención, cuando la tasa de purificación de NO_x es mayor que la tasa de almacenamiento de NO_x, es decir, cuando la temperatura TC del catalizador de purificación de gases de escape 13 es relativamente alta, se utiliza el primer método de purificación de NO_x, mientras que cuando la tasa de almacenamiento de NO_x es mayor que la tasa de purificación de NO_x, es decir, cuando la temperatura TC del catalizador de purificación de gases de escape 13 es baja, se utiliza el segundo método de purificación de NO_x. Por lo tanto, en el momento del encendido del motor, generalmente se usa el segundo método de purificación de NO_x, mientras que cuando la temperatura TC del catalizador de purificación de gases de escape 13 pasa a ser alta, el segundo método de purificación de NO_x se cambia al primer método de purificación de NO_x.

Por otro lado, en la presente invención, cuando se lleva a cabo el segundo control de alimentación de hidrocarburos utilizando el primer método de purificación de NO_x, la cantidad de combustible WB por inyección posterior se controla con retroalimentación, de modo que la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape se sitúe de manera fiable en la relación aire-combustible mínima exigida X. Para este control de retroalimentación, es necesario detectar la relación de aire-combustible mínima real cuando se usa el segundo método de alimentación de hidrocarburos.

La figura 27 muestra la rutina para detectar esta relación de aire-combustible mínima real. Esta rutina se ejecuta por interrupción a cada tiempo predeterminado durante exactamente el tiempo de detección de la relación aire-combustible que se muestra en la figura 23 y la figura 24.

Haciendo referencia a la figura 27, primero, en la etapa 60, se lee la relación aire-combustible (A/F)_n de los gases de escape que es detectada por el sensor de la relación aire-combustible 26. A continuación, en la etapa 61, se detecta la relación aire-combustible (A/F)_{in} que se vuelve el mínimo dentro del tiempo de detección de la relación aire-combustible. A continuación, en la etapa 62, se determina si ha transcurrido el tiempo de detección de la relación aire-combustible. Cuando ha transcurrido el tiempo de detección de la relación aire-combustible, la rutina avanza a la etapa 63, en la que se calcula la relación aire-combustible (A/F)_n que se vuelve el mínimo, se convierte en la relación aire-combustible mínima (A/F)_t.

La figura 28 y la figura 29 muestran una rutina de control operacional del motor. Esta rutina también se realiza por interrupción a cada tiempo predeterminado.

Haciendo referencia a la figura 28, primero, en la etapa 70, se determina si se ajusta el indicador de selección que indique que se debe seleccionar el primer método de purificación de NO_x. Cuando no se ajusta el indicador de selección, la rutina avanza a la etapa 71 en la que se determina si la tasa de purificación de NO_x en el momento en el que se utiliza el primer método de purificación de NO_x para un tratamiento de purificación de NO_x, es mayor que la tasa de almacenamiento de NO_x para la purificación de escape catalizador 13 en el momento en el que se está utilizando el segundo método de purificación de NO_x. Cuando la tasa de purificación de NO_x es más baja que la tasa de almacenamiento de NO_x, la rutina avanza a la etapa 72 de la figura 29 en la que se ejecuta el segundo método de purificación de NO_x.

Es decir, en la etapa 72, la cantidad de NO_x NOXA expulsada por unidad de tiempo se calcula a partir del mapa que se muestra en la figura 18. A continuación, en la etapa 73, la ΣNOX es aumentada por la cantidad de NO_x NOXA expulsada para calcular la cantidad de NO_x almacenada ΣNOX. A continuación, en la etapa 74, se determina si la cantidad de NO_x almacenada ΣNOX supera el valor admisible MAX. Cuando ΣNOX > MAX, la rutina avanza a la etapa 75 en la que se calcula la cantidad de combustible adicional WR a partir del mapa que se muestra en la figura 20 y se lleva a cabo la acción de inyección de combustible adicional. A continuación, en la etapa 76, se borra ΣNOX.

Por otro lado, cuando se determina en la etapa 71 de la figura 28 que la tasa de purificación de NO_x es mayor que la tasa de almacenamiento de NO_x, la rutina avanza a la etapa 77 en la que se ajusta el indicador de selección, luego la rutina avanza a la etapa 78. Una vez que se ajusta el indicador de selección, la rutina salta de la etapa 70 a la etapa 78. En la etapa 78, se determina si se ajusta un indicador de elevación de temperatura I que muestre que el control

de elevación de temperatura del catalizador de purificación de gases de escape 13 mostrado en la figura 25A se debe realizar. Cuando no se ajusta el indicador de elevación de temperatura I, la rutina avanza a la etapa 79.

En la etapa 79, se determina si la temperatura TC del catalizador de purificación de gases de escape 13, que es detectada por el sensor de temperatura 23, se sitúa por encima de la temperatura de activación TC_0 . Cuando $TC \geq TC_0$, la rutina avanza a la etapa 80 en la que se determina si se ajusta un indicador de elevación de temperatura II que muestre que se debe llevar a cabo el control de elevación de temperatura del filtro de partículas 14 mostrado en la figura 25B. Cuando no se ajusta el indicador de elevación de temperatura II, la rutina avanza a la etapa 81, en la que se determina si la presión diferencial ΔP antes y después del filtro de partículas 14, que es detectada por el sensor de presión diferencial 24, supera el valor permisible PX. Cuando $\Delta P \leq PX$, la rutina avanza a la etapa 82 de la figura 29 en la que los hidrocarburos son alimentados por el primer método de alimentación de hidrocarburos.

Es decir, en la etapa 82, se calcula la cantidad de alimentación W de hidrocarburos a partir del mapa que se muestra en la figura 16A. A continuación, en la etapa 83, se calcula el período de alimentación ΔT de los hidrocarburos a partir del mapa que se muestra en la figura 16C. A continuación, en la etapa 84, se lleva a cabo el control de alimentación de hidrocarburos en el que la cantidad de alimentación W de hidrocarburos se alimenta desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15 mediante el período de alimentación ΔT .

Por otro lado, cuando se determina en la etapa 79 de la figura 28 que $TC < TC_0$, la rutina avanza a la etapa 85 en la que se ajusta el indicador de elevación de temperatura I y se termina el ciclo de procesamiento. Una vez que se ajusta el indicador de elevación de temperatura I, la rutina avanza a la etapa 78 y finaliza el ciclo de procesamiento. Es decir, cuando se ajusta el indicador de elevación de temperatura I, se detiene el control de la alimentación de hidrocarburos por el primer método de alimentación de hidrocarburos. En este momento, en la rutina de interrupción del tiempo que se muestra en la figura 30, se realiza el control de elevación de la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape 13.

Además, cuando se determina en la etapa 81 de la figura 28 que $\Delta P > PX$, la rutina avanza a la etapa 86 en la que se ajusta el indicador de elevación de temperatura II y se termina el ciclo de procesamiento. Una vez que se ajusta el indicador de elevación de temperatura II, la rutina avanza a la etapa 80 y finaliza el ciclo de procesamiento. Es decir, cuando se ajusta el indicador de elevación de temperatura II, se detiene el control de la alimentación de hidrocarburos por el primer método de alimentación de hidrocarburos. En este momento, en la rutina de interrupción de tiempo que se muestra en la figura 31, se lleva a cabo el control de elevación de la temperatura del filtro de partículas 14.

Refiriéndose a la rutina de interrupción del tiempo que se muestra en la figura 30, primero, en la etapa 90, se determina si se ajusta el indicador de elevación de temperatura I. Cuando se ajusta el indicador de elevación de temperatura I, la rutina avanza a la etapa 91 en la que se determina si la temperatura TC del catalizador de purificación de gases de escape 13 es superior a la temperatura ($TC_0 + \alpha$) de la temperatura de activación TC_0 más un valor de la constante α . Cuando $TC \leq TC_0 + \alpha$, la rutina avanza a la etapa 92 en la que se lleva a cabo el control de elevación de temperatura del catalizador de purificación de gases de escape 13 mostrado en la figura 25A.

Es decir, primero, en la etapa 92, se calcula la cantidad de alimentación WA de hidrocarburos a partir del mapa que se muestra en la figura 22B. A continuación, en la etapa 93, se calcula la cantidad de alimentación de combustible WB debida a la inyección posterior a partir del mapa mostrado en la figura 22C. A continuación, en la etapa 94, se determina si se ha completado la detección de la relación de aire-combustible mínima (A/F)t por la rutina mostrada en la figura 27. Cuando se determina por primera vez que se ha detectado la relación de aire-combustible mínima (A/F)t, la rutina avanza a la etapa 95. Después de eso, la rutina salta a la etapa 98.

En la etapa 95, se determina si la relación aire-combustible mínima detectada (A/F)t se sitúa por encima de la relación aire-combustible ($X-\beta$) de la relación aire-combustible mínima exigida X menos el valor de la constante β . Cuando $(A/F)t \geq X-\beta$, es decir, cuando la relación aire-combustible mínima detectada (A/F)t se sitúa en la relación aire-combustible ($X-\beta$), la rutina avanza a la etapa 97 en la que el valor de corrección ΔWB para la cantidad de alimentación de combustible WB se aumenta mediante el valor de la constante ΔK . Luego, la rutina avanza a la etapa 98. A diferencia de esto, cuando se determinó en la etapa 95 que $(A/F)t < X-\beta$, la rutina avanza a la etapa 96, en la que el valor de corrección ΔWB se reduce mediante el valor de la constante K, luego la rutina avanza a la etapa 98.

En la etapa 98, la cantidad de alimentación de combustible WB se calcula a partir del valor de corrección ΔWB . A continuación, en la etapa 99, se alimenta la cantidad de alimentación WA de hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15 por el período de alimentación ΔT que se calcula a partir del mapa que se muestra en la figura 16C, y, como se muestra en la figura 23, desde poco antes de la acción de alimentación de los hidrocarburos, se alimenta la cantidad de alimentación WA de hidrocarburos a la cámara de combustión 2 mediante inyección posterior. Por otro lado, cuando se determina en la etapa 91 que $TC > TC_0 + \alpha$, la rutina avanza a la etapa 100 en la que se ajusta el indicador de elevación de temperatura I.

A continuación, si se hace referencia a la rutina de interrupción del tiempo que se muestra en la figura 31, primero, en la etapa 110, se determina si se ajusta el indicador de elevación de temperatura II. Cuando se ajusta el indicador de elevación de temperatura II, la rutina avanza a la etapa 111 en la que se determina si la temperatura TD del filtro de

partículas 14 es más alta que la temperatura de regeneración TX. Cuando $TD \leq TX$, la rutina avanza a la etapa 112 en la que se lleva a cabo el control de elevación de temperatura del filtro de partículas 14 mostrado en la figura 25B.

5 Es decir, primero, en la etapa 112, se calcula la cantidad de alimentación WA de hidrocarburos a partir del mapa que se muestra en la figura 22B, a continuación, en la etapa 113, se calcula la cantidad de alimentación de combustible WB debida a la inyección posterior a partir del mapa que se muestra en la figura 22C. A continuación, en la etapa 114, se determina si se ha completado la detección de la relación aire-combustible mínima $(A/F)_t$ por la rutina mostrada en la figura 27. Cuando se determina por primera vez que se ha detectado la relación de aire-combustible mínima $(A/F)_t$, la rutina avanza a la etapa 115. Después de eso, la rutina salta a la etapa 118.

10 En la etapa 115, se determina si la relación aire-combustible mínima detectada $(A/F)_t$ ha caído por debajo de la relación aire-combustible $(X-\beta)$ de la relación aire-combustible mínima exigida X menos el valor de la constante β . Cuando $(A/F)_t \geq X-\beta$, la rutina avanza a la etapa 117 en la que el valor de corrección ΔWB para la cantidad de alimentación de combustible WB se aumenta mediante el valor de la constante K. Luego, la rutina avanza a la etapa 118. A diferencia de esto, cuando se determina en la etapa 115 que $(A/F)_t < X-\beta$, la rutina avanza a la etapa 116, en la que el valor de corrección ΔWB se reduce mediante el valor de la constante K, luego la rutina avanza a la etapa 118.

15 En la etapa 118, la cantidad de alimentación de combustible WB se calcula a partir del valor de corrección ΔWB . A continuación, en la etapa 119, se alimenta la cantidad de alimentación WA de hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15 según el período de alimentación ΔT que se calcula a partir del mapa que se muestra en la figura 16C, y, como se muestra en la figura 23, desde un poco antes de la acción de alimentación de los hidrocarburos, la cantidad de alimentación WB de combustible se alimenta a la cámara de combustión 2 mediante inyección posterior.

20 Por otro lado, cuando se determina en la etapa 111 que $TD > TX$, la rutina avanza a la etapa 120 en la que se lleva a cabo el control de mantenimiento de temperatura que mantiene la temperatura TD del filtro de partículas 14 a la temperatura de regeneración TX o más, por medio de inyección posterior como se muestra en la figura 25B. A continuación, en la etapa 121, se determina si se ha completado el procesamiento de regeneración. Cuando se considera que se ha completado el procesamiento de regeneración, la rutina avanza a la etapa 122 en la que se ajusta el indicador de elevación de temperatura II.

Cabe señalar que, como otra realización, en el conducto de gases de escape del motor aguas arriba del catalizador de purificación de gases de escape 13, se puede disponer un catalizador de oxidación para reformar los hidrocarburos.

Lista de números de referencia

- 30 4 ... colector de admisión
- 5 ... colector de escape
- 7 ... turbocompresor de gases de escape
- 12 ... tubo de gases de escape
- 13 ... catalizador de purificación de gases de escape
- 35 14 ... filtro de partículas
- 15 ... válvula de alimentación de hidrocarburos

REIVINDICACIONES

1. El método de purificación de gases de escape expulsados desde un motor de combustión interna (1), en el que se dispone una válvula de alimentación de hidrocarburos (15) para la alimentación de hidrocarburos dentro de un conducto de gases de escape del motor,
- 5 se dispone un catalizador de purificación de gases de escape (13) para provocar una reacción entre los hidrocarburos inyectados desde la válvula de alimentación de hidrocarburos (15) y el NO_x presente en los gases de escape, en el conducto de gases de escape del motor aguas abajo de la válvula de alimentación de hidrocarburos (15),
- se porta un catalizador de metales preciosos (51, 52) sobre una superficie de flujo de gases de escape del catalizador de purificación de gases de escape (13) y se forma una parte superficial de flujo de gases de escape básica (54) alrededor del catalizador de metal precioso (51, 52), y
- 10 el catalizador de purificación de gases de escape (13) que reduce el NO_x que está presente en los gases de escape cuando la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape (13) se hace vibrar dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de período, de modo que se obtenga una relación aire-combustible de gases de escape que se sitúe en una relación aire-combustible predeterminada (X), y que aumenta la cantidad almacenada de NO_x que está presente en los gases de escape cuando se alarga el período de vibración de la concentración de hidrocarburo más que el intervalo predeterminado de período, caracterizado por que
- 15 en el momento de funcionamiento del motor, se utilizan selectivamente un primer método de alimentación de hidrocarburos en el que se inyecta hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburos (15) según dicho intervalo predeterminado de amplitud y dentro de dicho intervalo predeterminado de tiempo, de modo que la relación aire-combustible de los gases de escape se sitúe en dicha relación aire-combustible predeterminada (X) y, por lo tanto, se elimine el NO_x presente en los gases de escape, y un segundo método de alimentación de hidrocarburos en el que se reduce la cantidad de hidrocarburos procedentes de la válvula de alimentación de hidrocarburos (15) en comparación con el primer método de alimentación de hidrocarburos y se alimenta adicionalmente un combustible necesario para reducir la relación aire-combustible de gases de escape hasta dicha relación aire-combustible predeterminada (X) desde un inyector de combustible (3) a una cámara de combustión (2) durante la segunda mitad de una carrera de expansión o de una carrera de escape.
- 20 en el momento de funcionamiento del motor, se utilizan selectivamente un primer método de alimentación de hidrocarburos en el que se inyecta hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburos (15) según dicho intervalo predeterminado de amplitud y dentro de dicho intervalo predeterminado de tiempo, de modo que la relación aire-combustible de los gases de escape se sitúe en dicha relación aire-combustible predeterminada (X) y, por lo tanto, se elimine el NO_x presente en los gases de escape, y un segundo método de alimentación de hidrocarburos en el que se reduce la cantidad de hidrocarburos procedentes de la válvula de alimentación de hidrocarburos (15) en comparación con el primer método de alimentación de hidrocarburos y se alimenta adicionalmente un combustible necesario para reducir la relación aire-combustible de gases de escape hasta dicha relación aire-combustible predeterminada (X) desde un inyector de combustible (3) a una cámara de combustión (2) durante la segunda mitad de una carrera de expansión o de una carrera de escape.
- 25 2. El método de purificación de gases de escape expulsados desde un motor de combustión interna (1) según la reivindicación 1, en el que dicho segundo método de alimentación de hidrocarburos se usa cuando se eleva la temperatura de un dispositivo de tratamiento de gases de escape.
- 30 3. El método de purificación de gases de escape expulsados desde un motor de combustión interna (1) según la reivindicación 2, en el que dicho dispositivo de tratamiento de gases de escape comprende dicho catalizador de purificación de gases de escape (13) y en el que, cuando la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape (13) cae por debajo de una temperatura de activación predeterminada, el primer método de alimentación de hidrocarburos se cambia al segundo método de alimentación de hidrocarburos, y se realiza una acción de elevación de la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape (13).
- 35 4. El método de purificación de gases de escape expulsados desde un motor de combustión interna (1) según la reivindicación 2, en el que dicho dispositivo de tratamiento de escape comprende un filtro de partículas (14) que se dispone dentro del conducto de gases de escape del motor y en el que, cuando el filtro (14) debe regenerarse, el primer método de alimentación de hidrocarburos se cambia al segundo método de alimentación de hidrocarburos, y se realiza una acción de elevación de la temperatura del filtro de partículas (14).
- 40 5. El método de purificación de gases de escape expulsados desde un motor de combustión interna (1) según la reivindicación 1, en el que el NO_x presente en los gases de escape y los hidrocarburos reformados se hacen reaccionar dentro de dicho catalizador de purificación de los gases de escape (13), por lo que se produce un producto intermedio reductor que contiene nitrógeno e hidrocarburos y en el que dicho período de vibración de la concentración de hidrocarburo es un período de vibración necesario para la producción continua del producto intermedio reductor.
- 45 6. El método de purificación de gases de escape expulsados desde un motor de combustión interna (1) según la reivindicación 5, en el que dicho período de vibración de la concentración de hidrocarburo está entre 0,3 segundos y 5 segundos.
- 50 7. El método de purificación de gases de escape expulsados desde un motor de combustión interna (1) según la reivindicación 1, en el que dicho catalizador de metales preciosos (51, 52) está compuesto por platino Pt y al menos uno de rodio Rh y paladio Pd.
- 55 8. El método de purificación de gases de escape expulsados desde un motor de combustión interna (1) según la reivindicación 1, en el que una capa básica (53) que contiene un metal alcalino, un metal alcalinotérreo, una tierra rara, o un metal que puede donar electrones a NO_x se forma en la superficie de flujo de gases de escape del catalizador de

purificación de gases de escape (13) y en el que la superficie de dicha capa básica (53) forma dicha parte superficial de flujo de gases de escape básica (54).

- 5 9. El método de purificación de gases de escape expulsados desde un motor de combustión interna (1) según la reivindicación 1, en el que cuando se usa dicho segundo método de alimentación de hidrocarburos, se determina una cantidad de alimentación de hidrocarburos que se alimenta desde la válvula de alimentación de hidrocarburos (15), de acuerdo con una cantidad de NO_x en los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape (13).

Fig.1

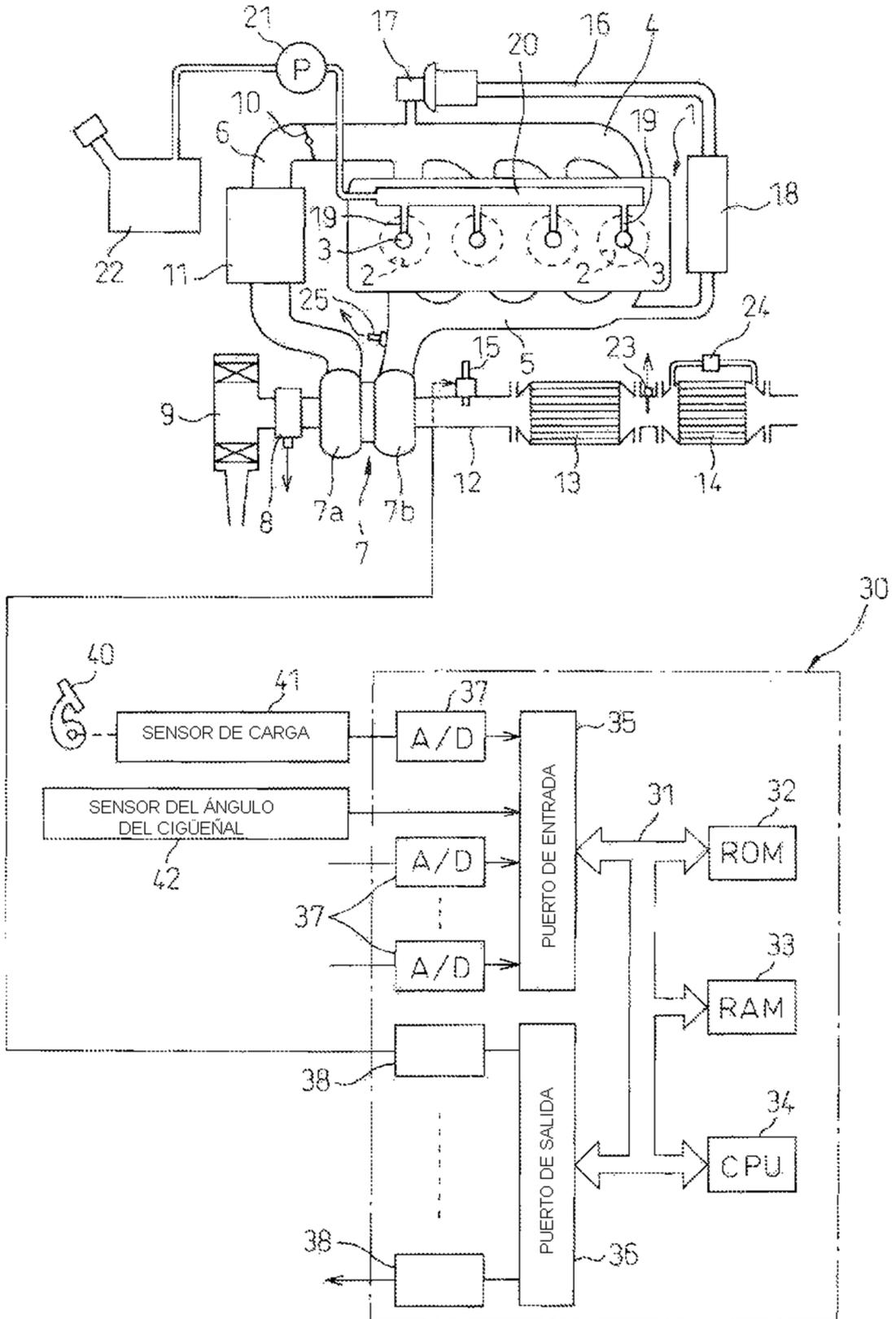


Fig. 2

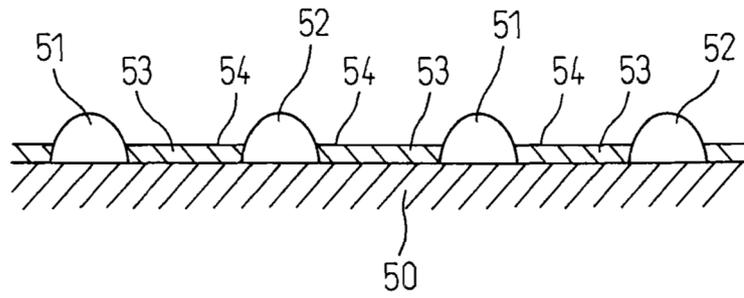


Fig. 3

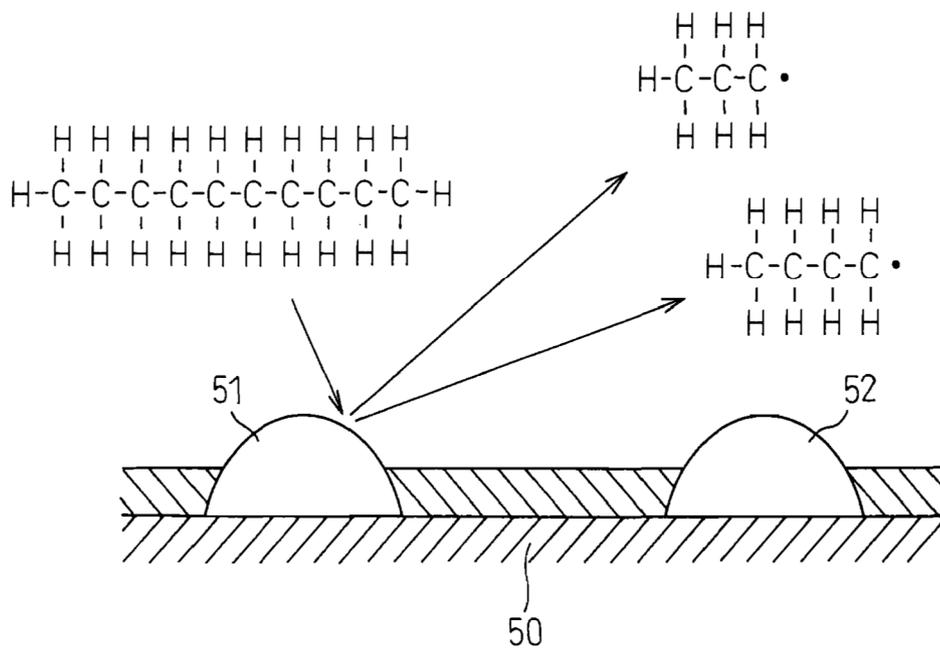


Fig.4

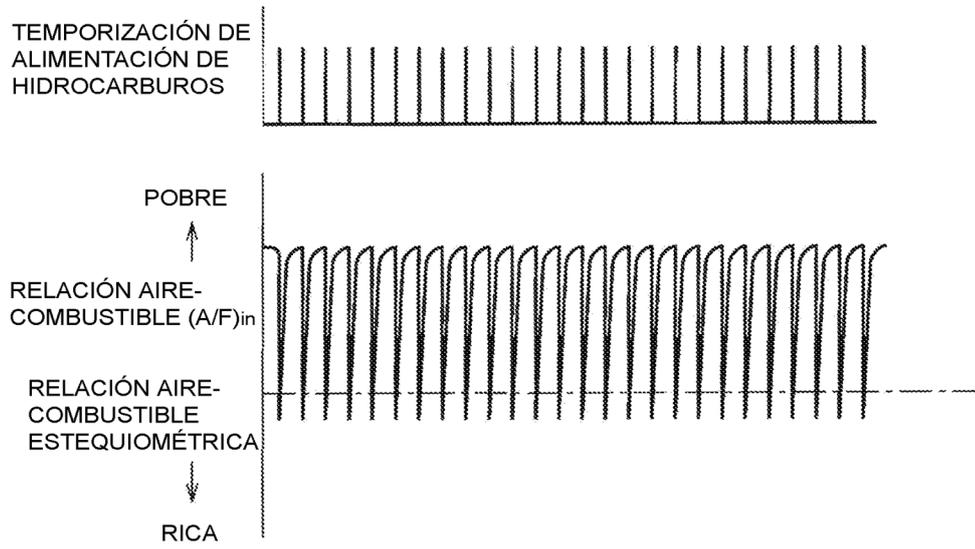


Fig.5

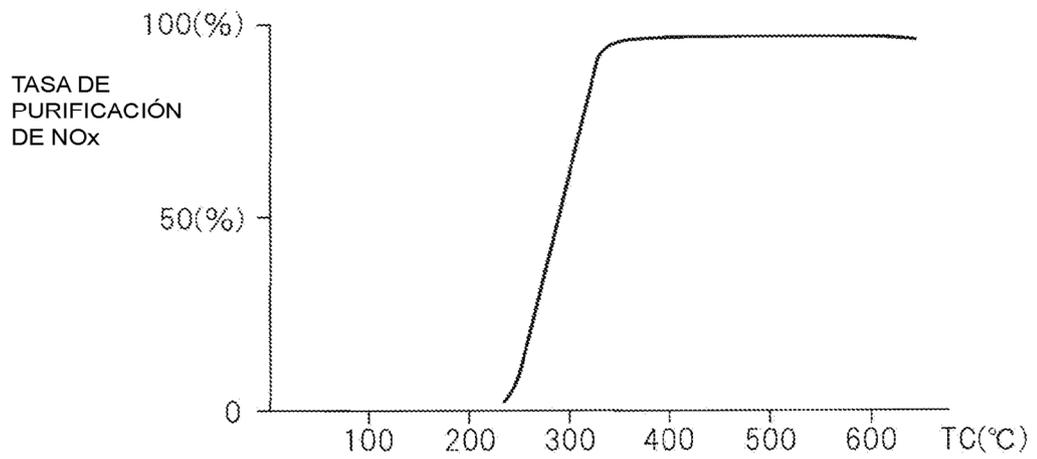


Fig. 6A

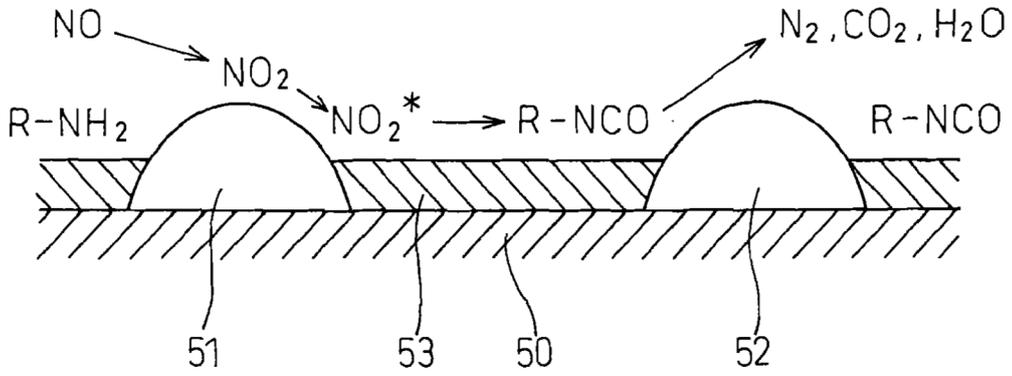


Fig. 6B

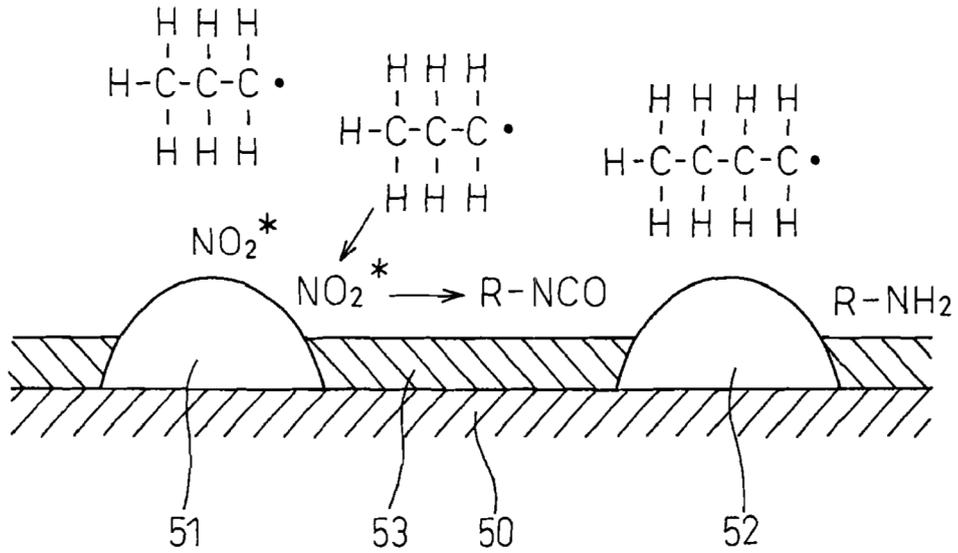


Fig. 7A

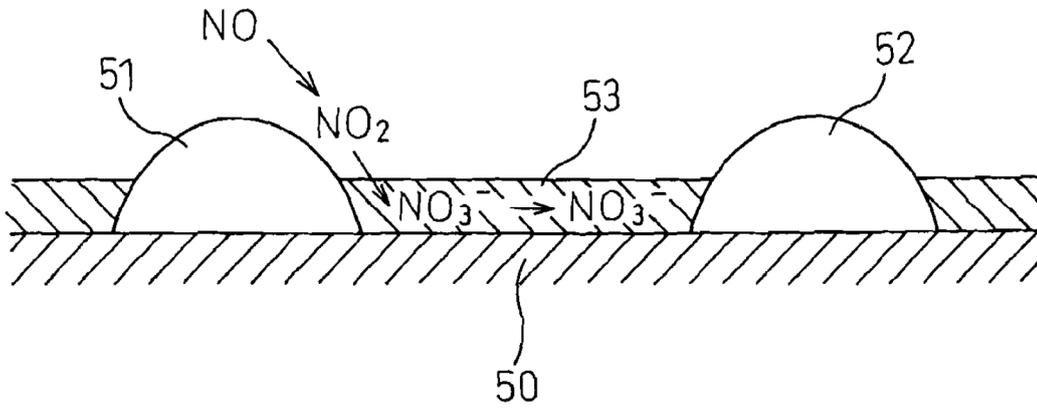


Fig. 7B

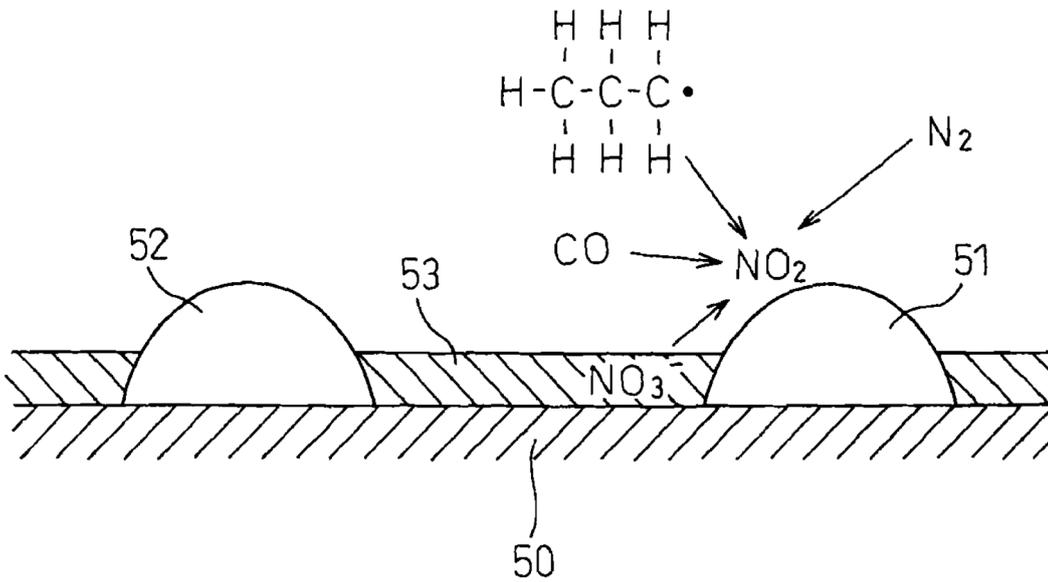


Fig.8

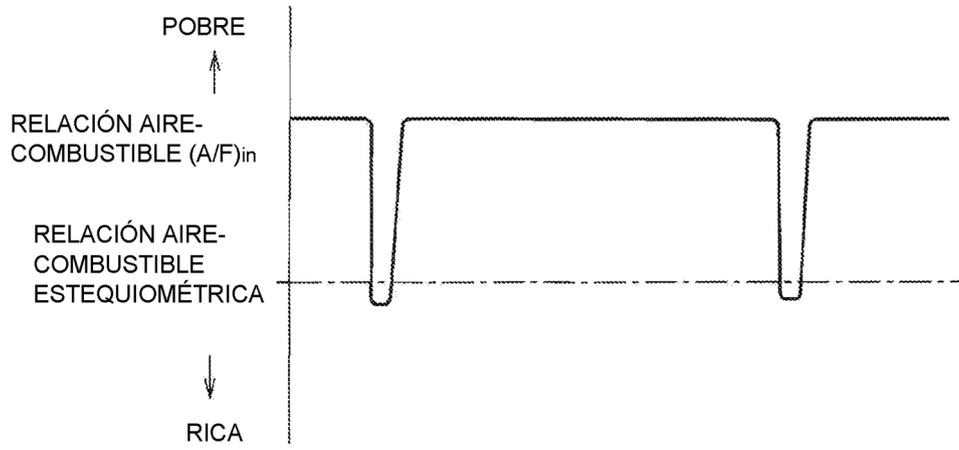


Fig.9

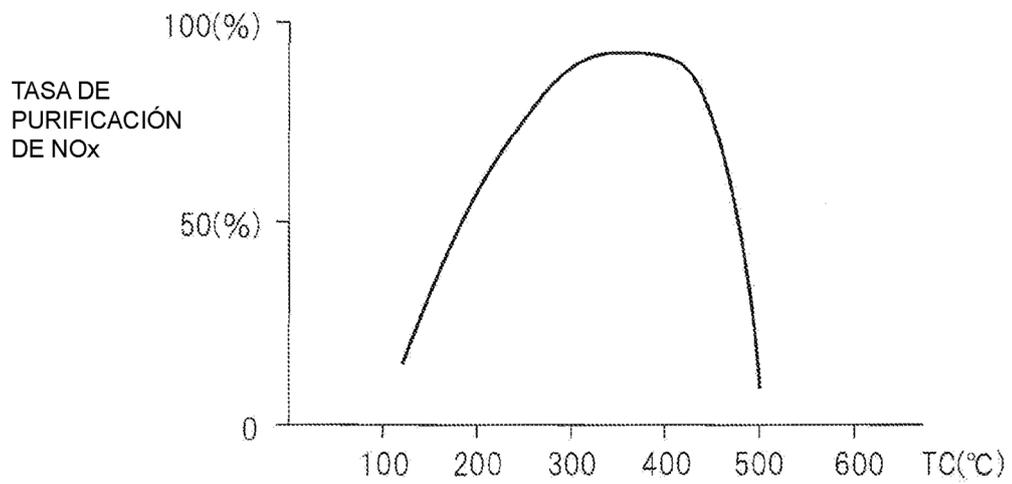


Fig.10

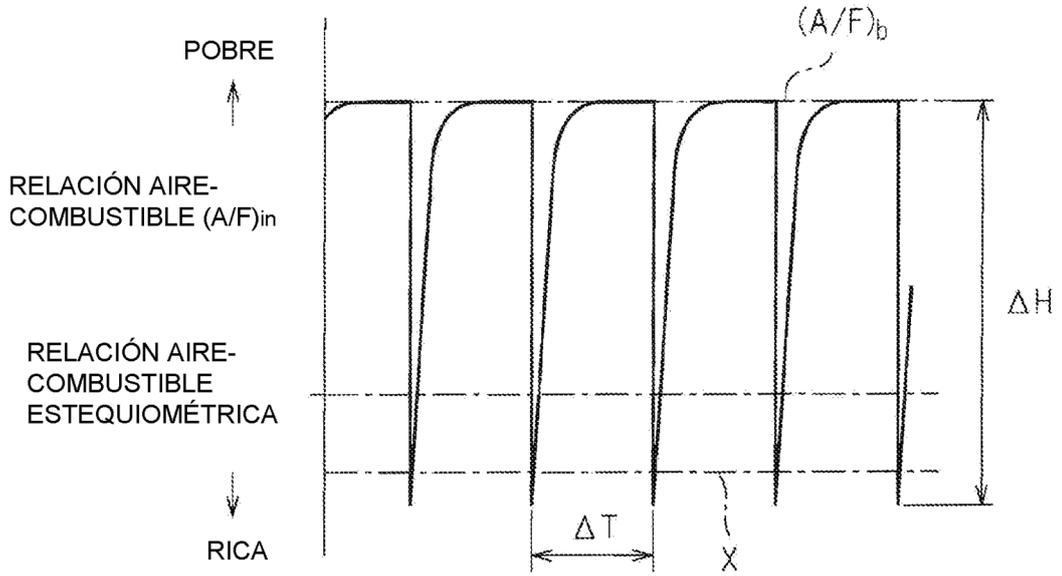


Fig.11

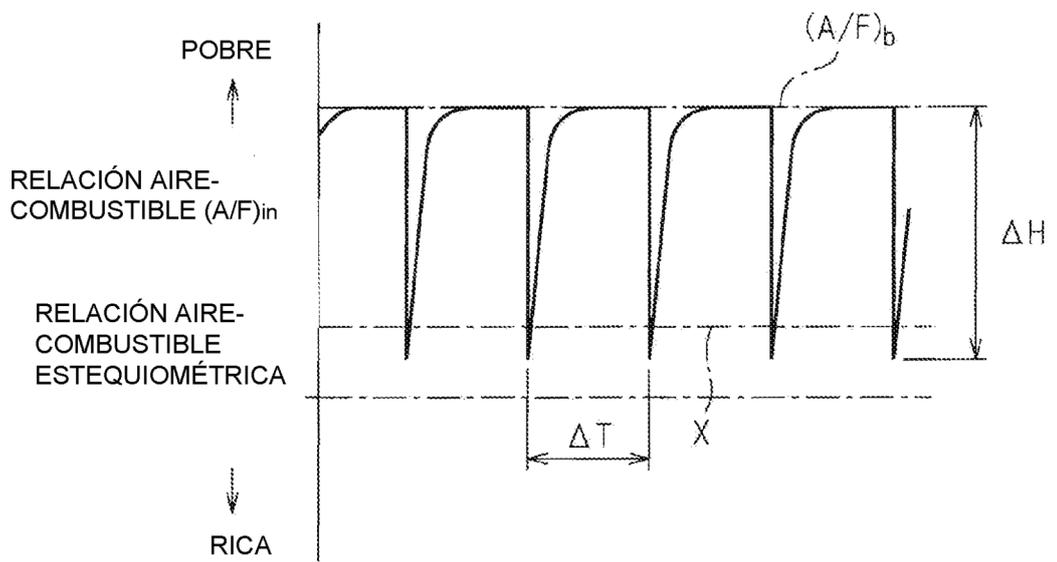


Fig.12

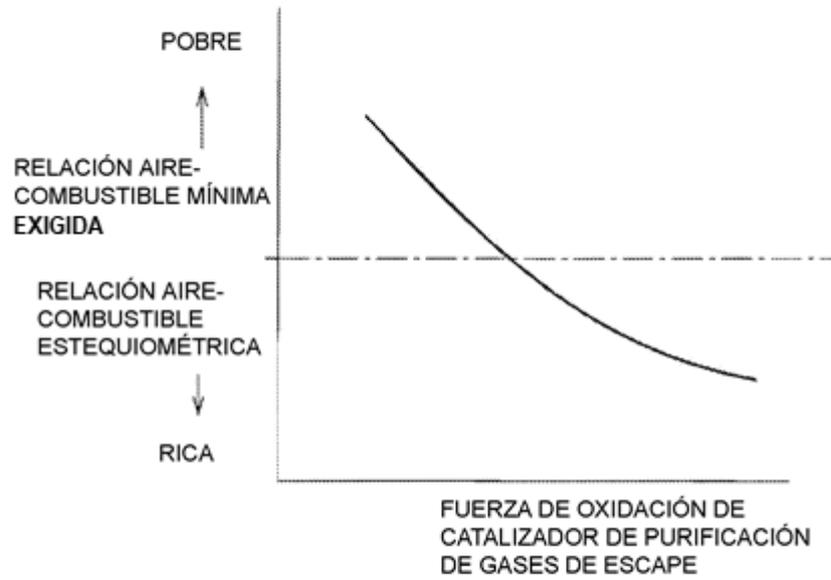


Fig.13

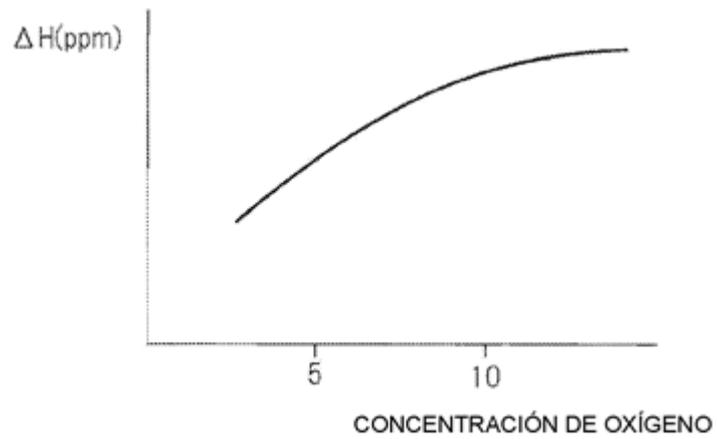


Fig.14

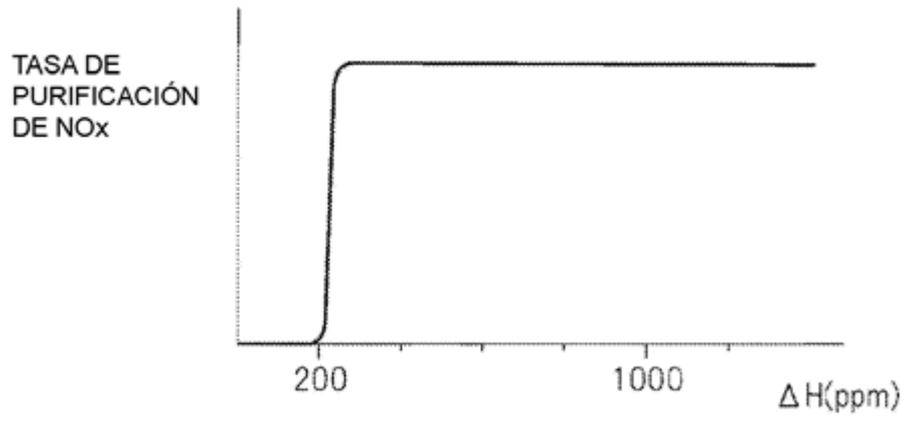


Fig.15

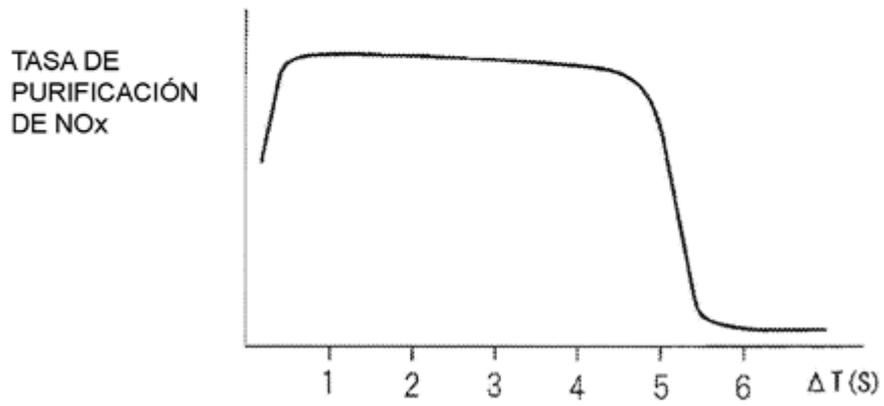


Fig.16A

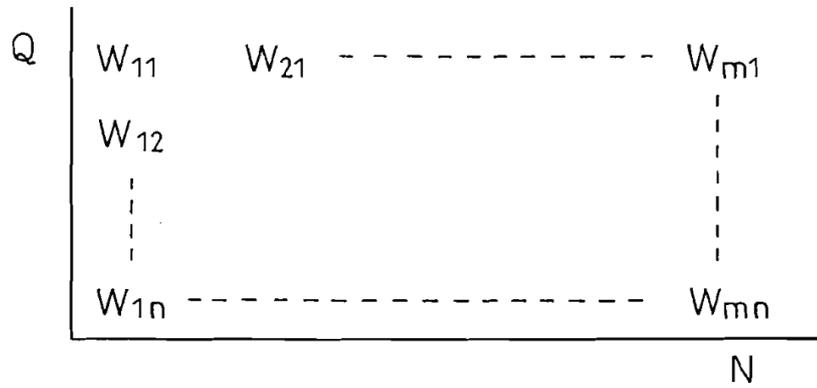


Fig.16B

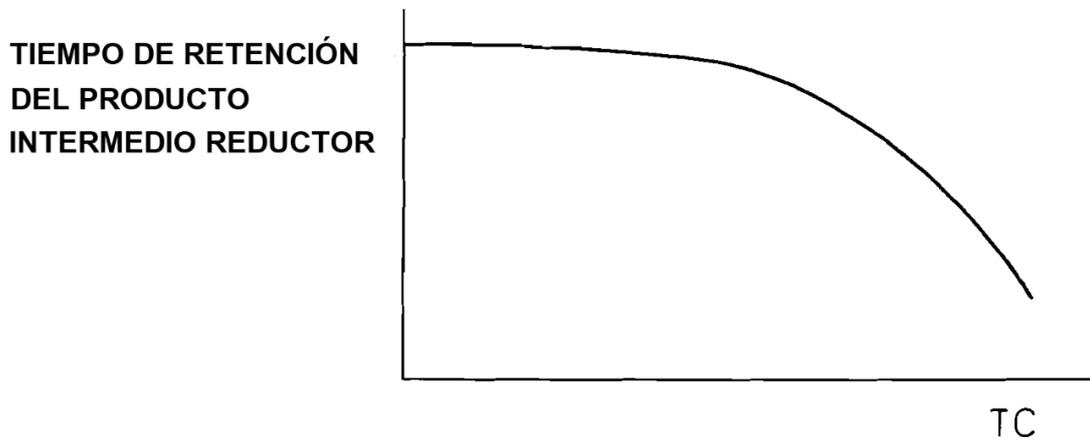


Fig.16C

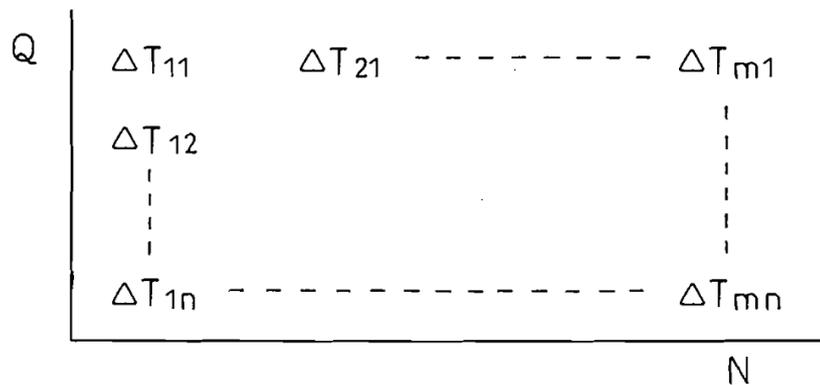


Fig.17

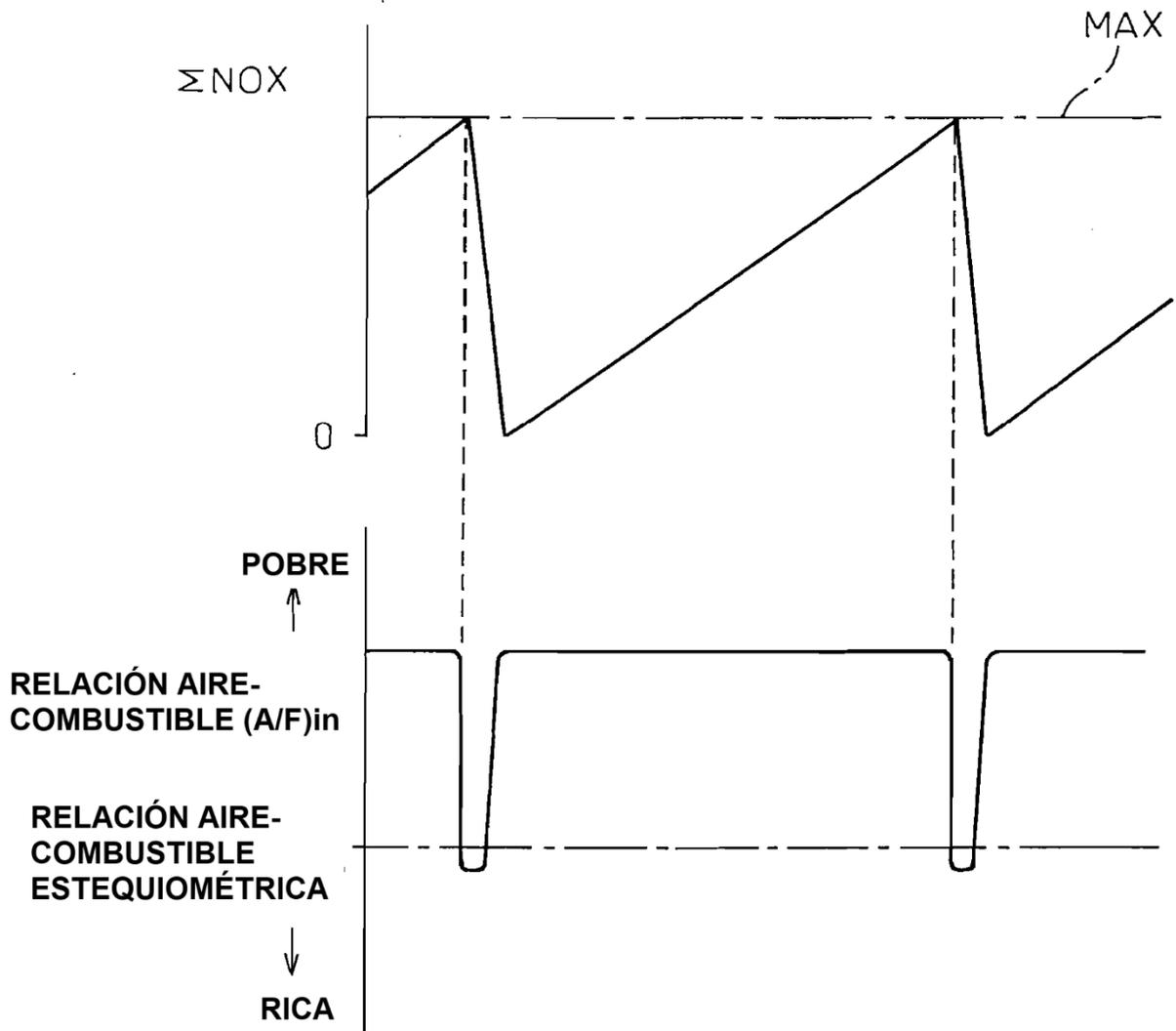


Fig.18

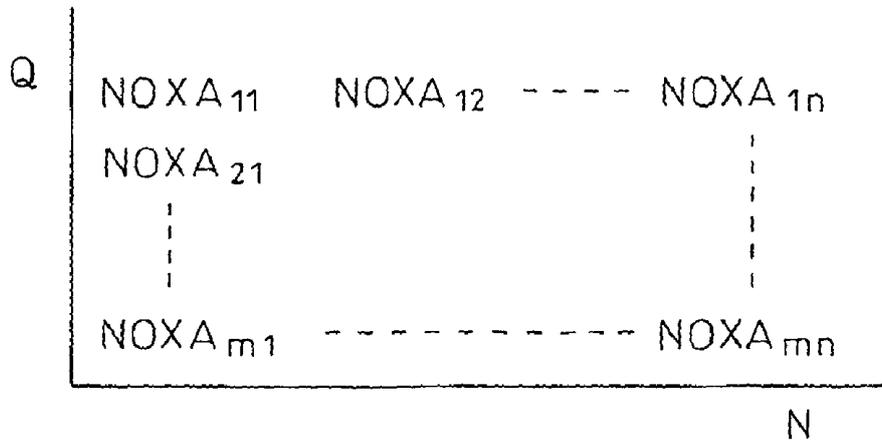


Fig.19

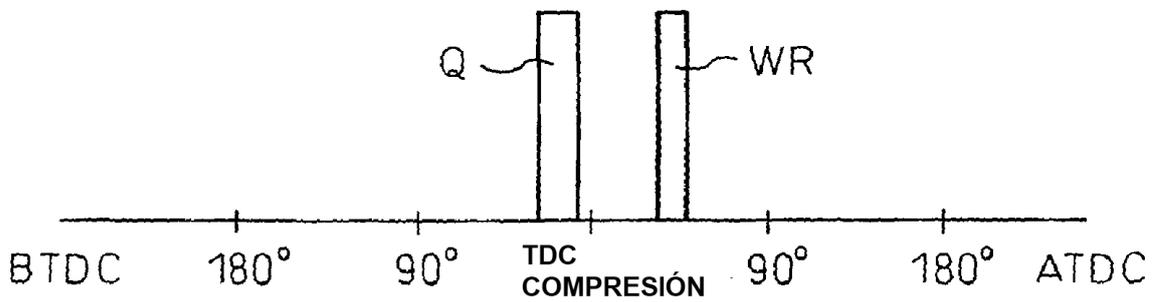


Fig.20

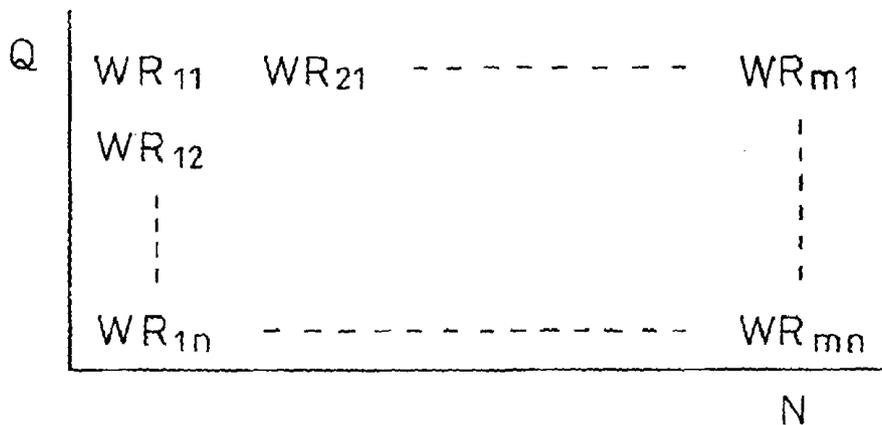


Fig.21A

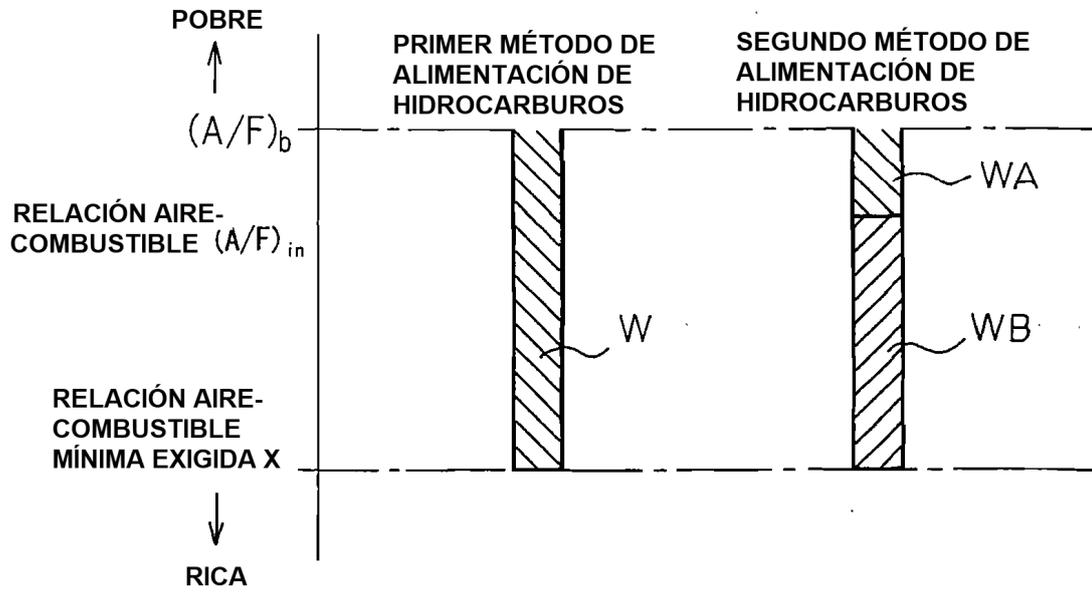


Fig.21B

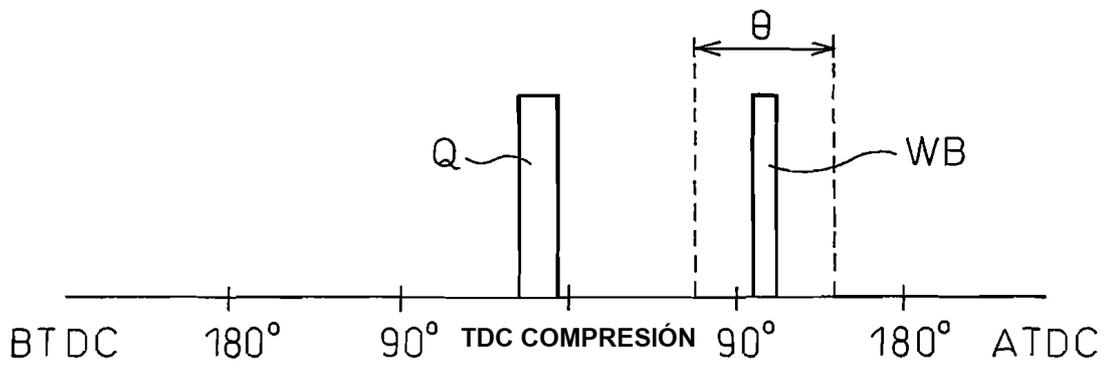


Fig.22A

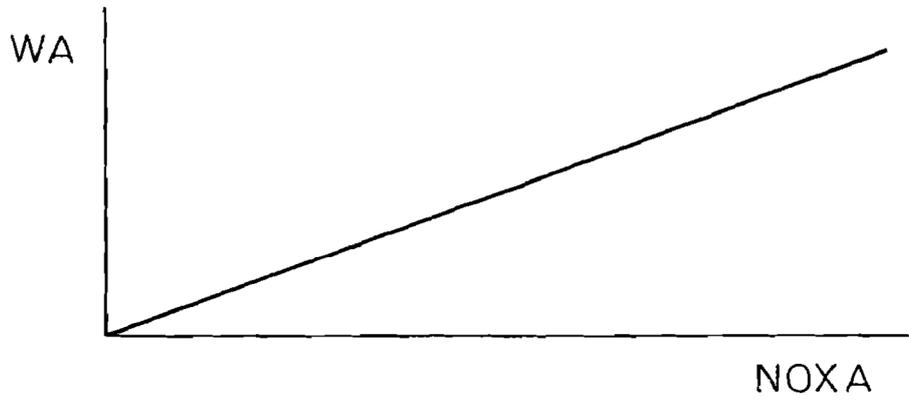


Fig.22B

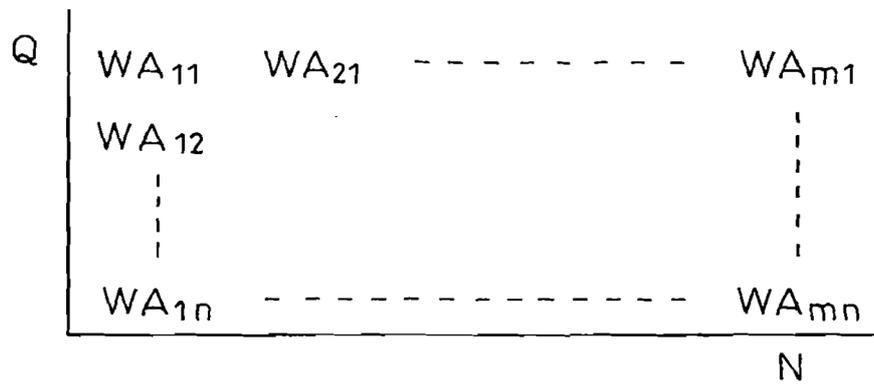


Fig.22C

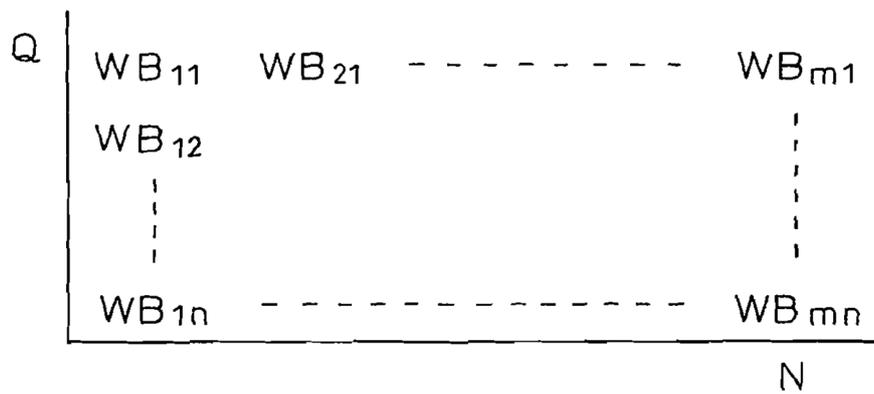


Fig.23

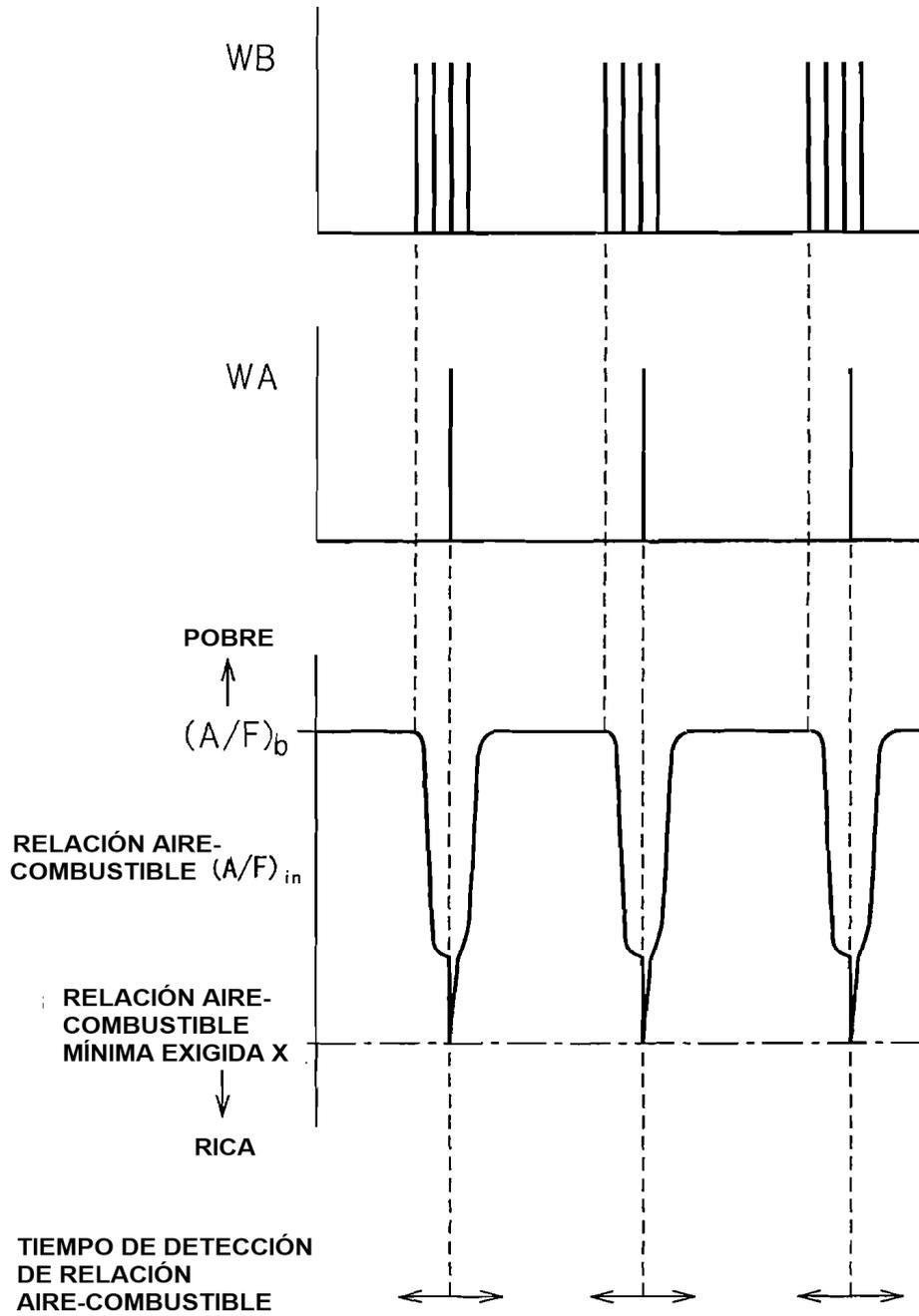


Fig.24

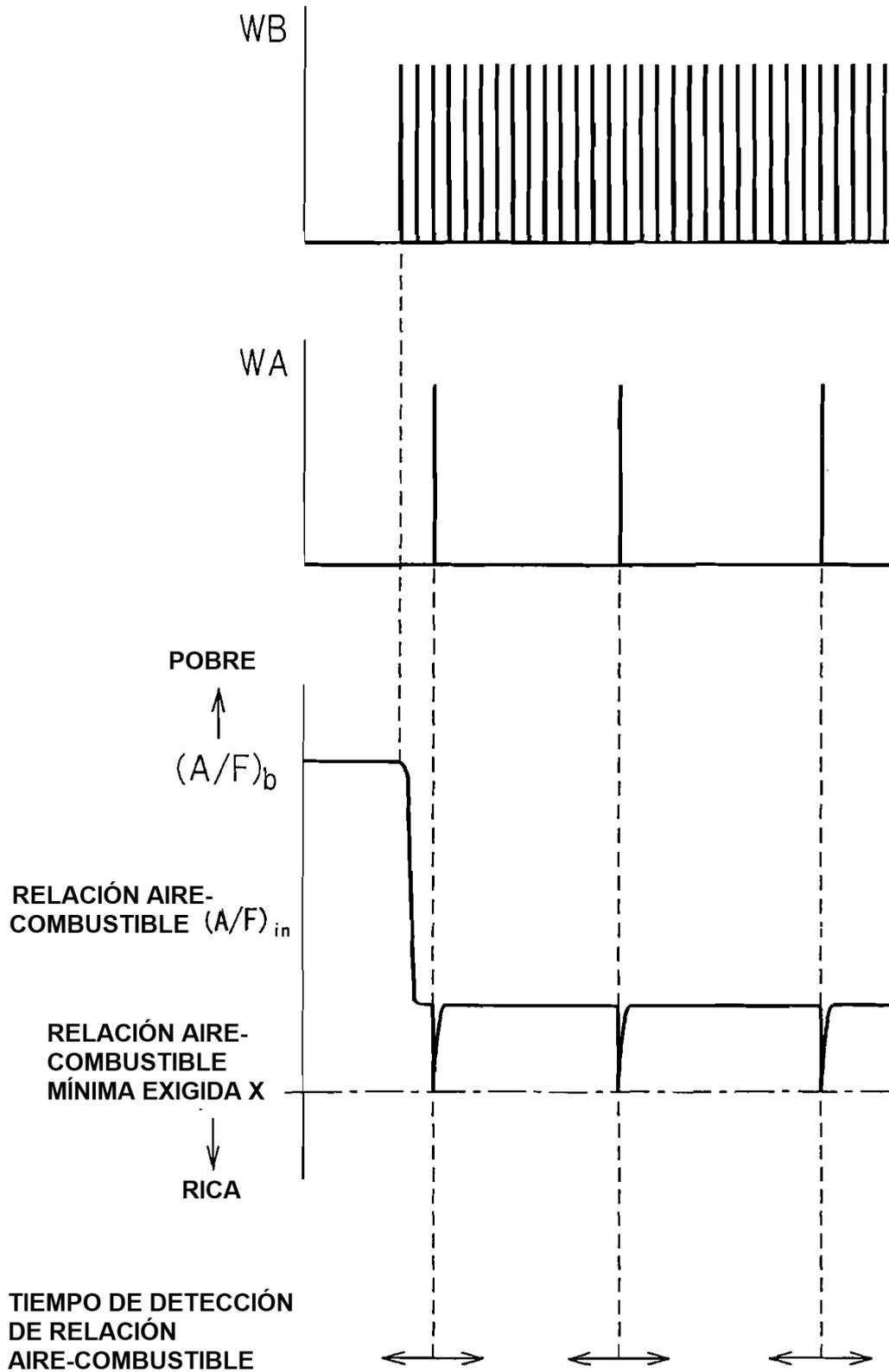


Fig.25A

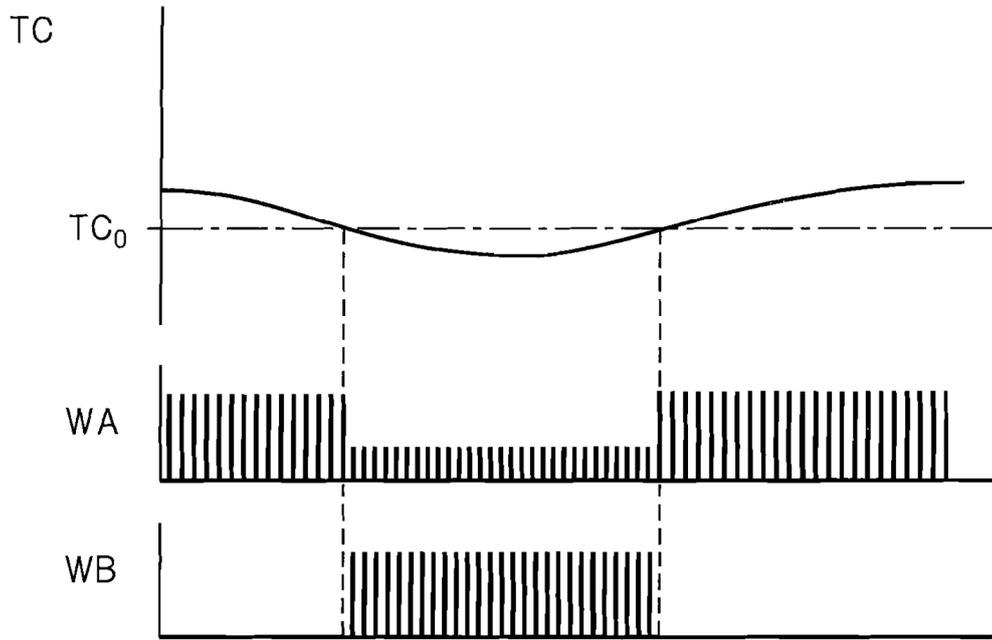


Fig.25B

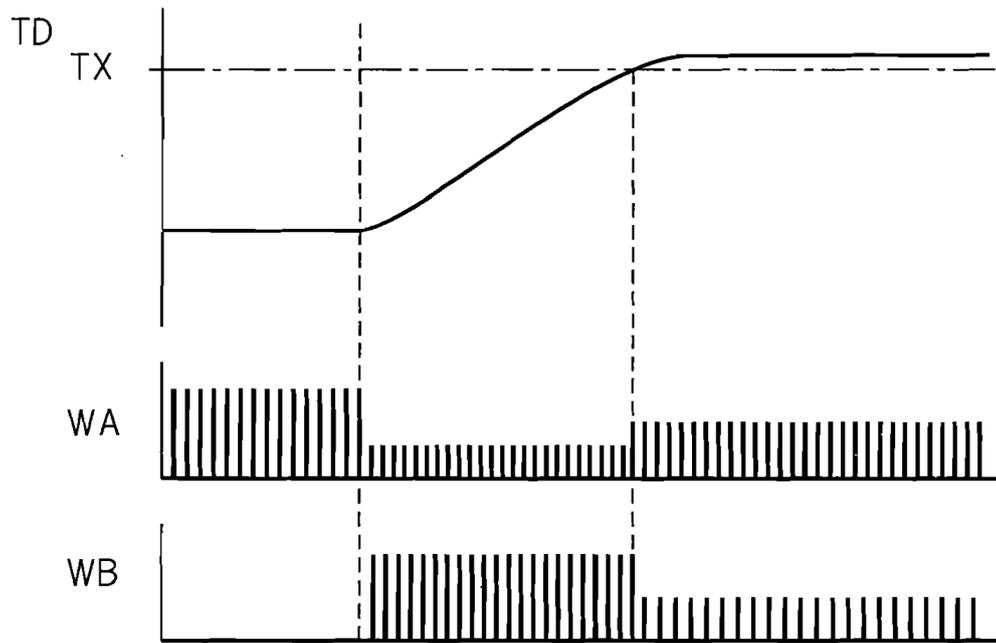


Fig.26

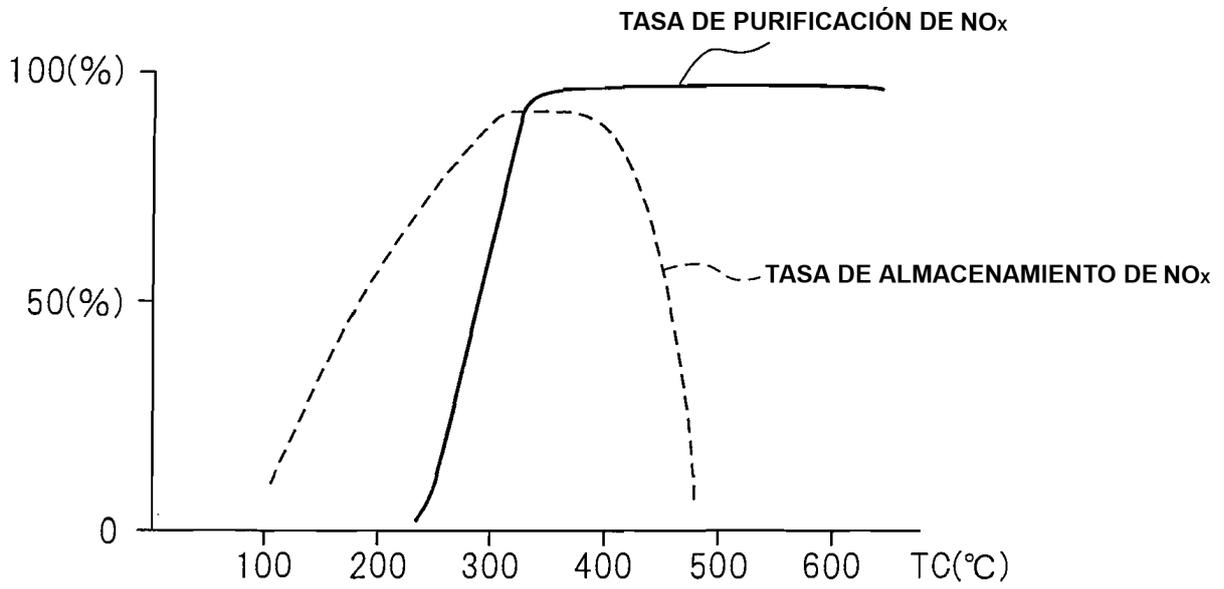


Fig.27

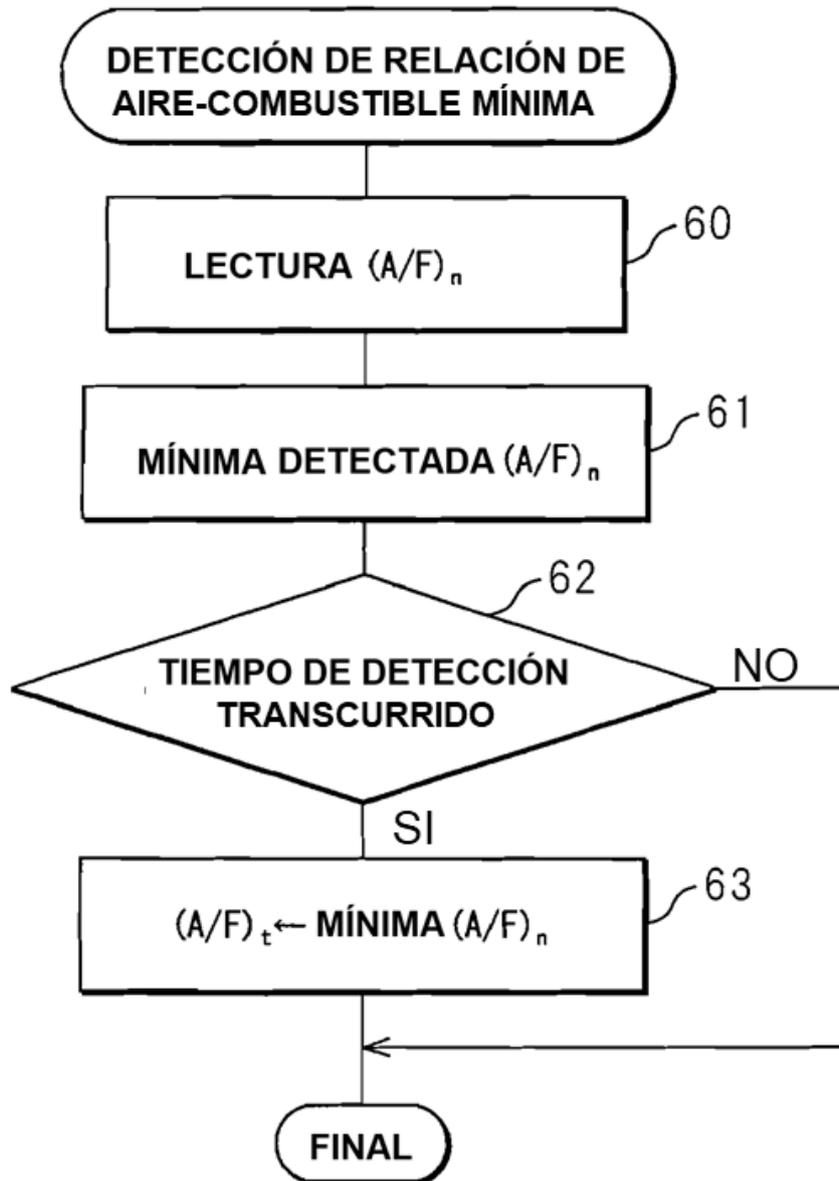


Fig.28

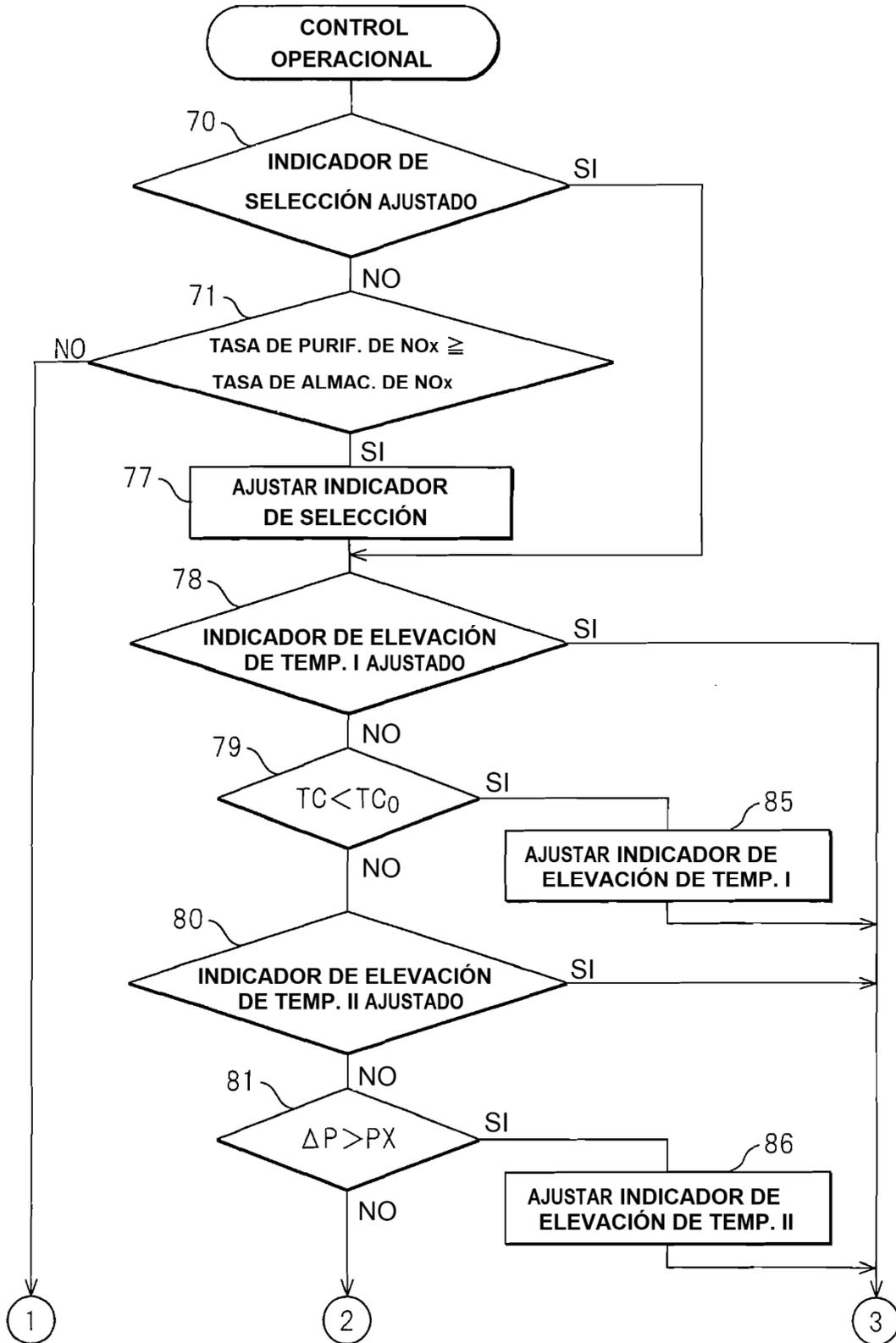


Fig.29

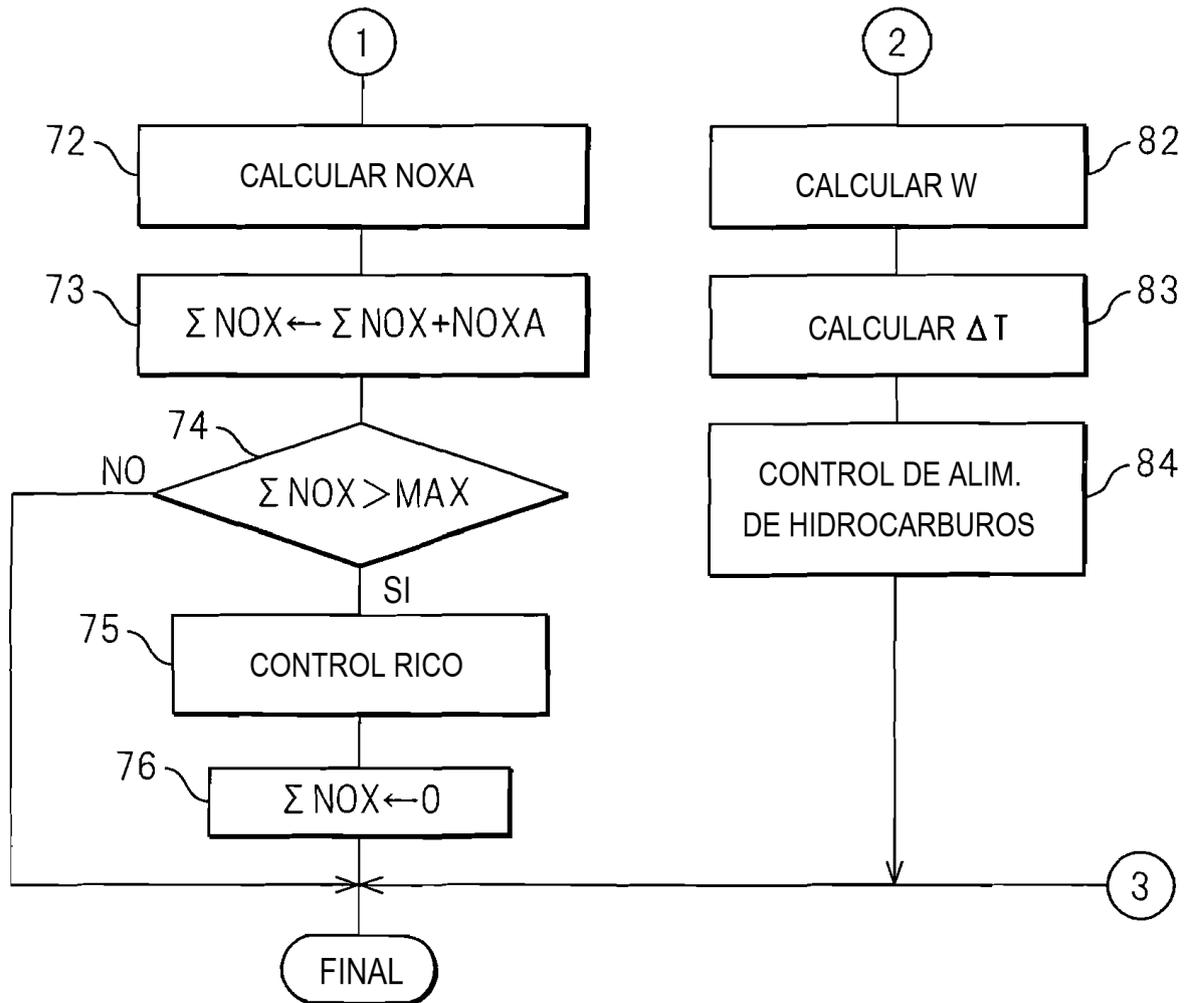


Fig.30

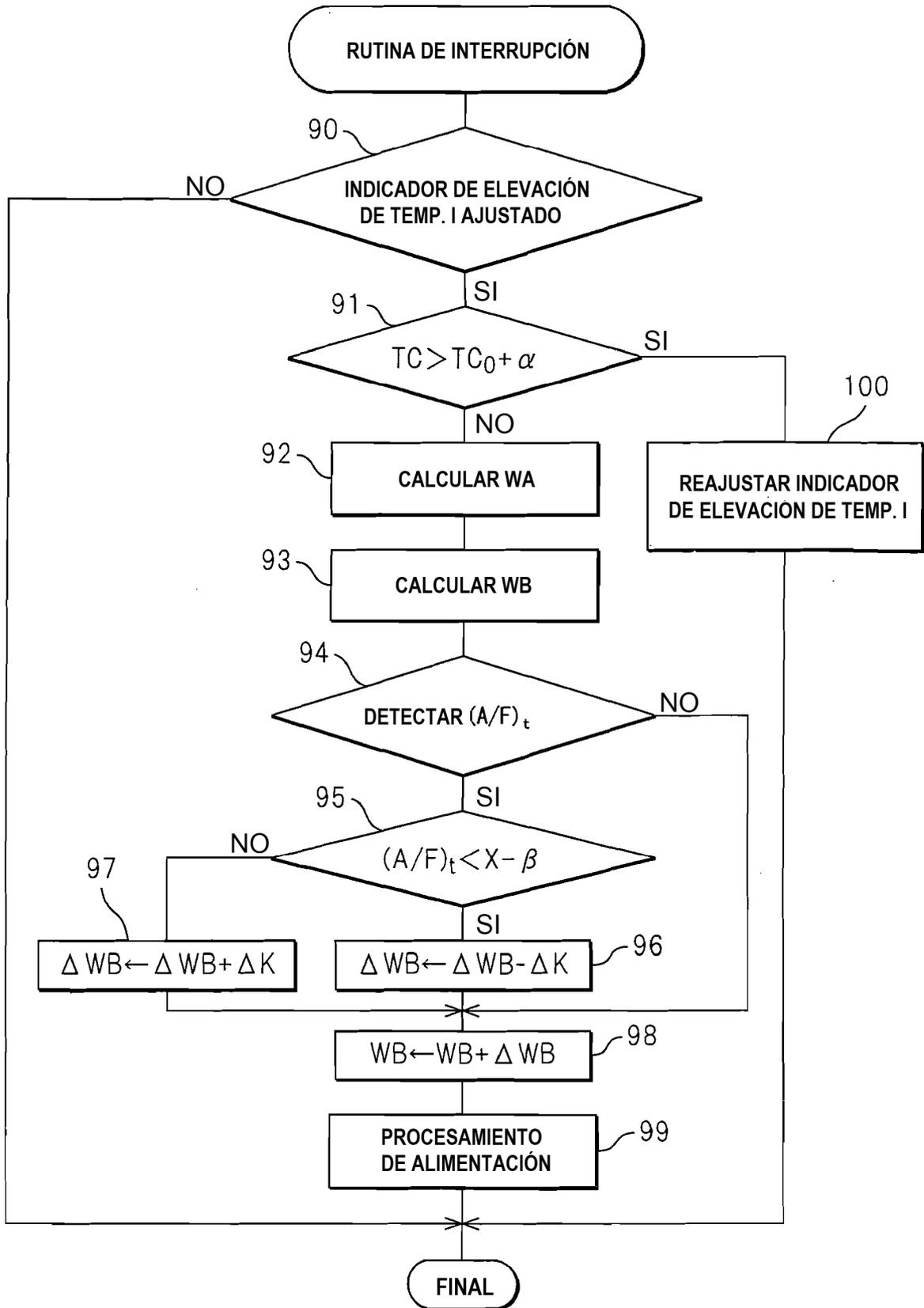


Fig.31

