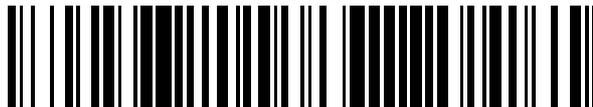


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 554 637**

51 Int. Cl.:

F01N 3/08 (2006.01)

F01N 3/36 (2006.01)

B01D 53/94 (2006.01)

F02D 41/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.08.2010 E 10845964 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.11.2015 EP 2447488**

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

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.12.2015

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;
INOUE, MIKIO y
BISAIJI, YUKI**

74 Agente/Representante:

ZUAZO ARALUZE, Alexander

ES 2 554 637 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).

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

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

10 Antecedentes de la técnica

En la técnica se conoce un motor de combustión interna que dispone, en un conducto de gases de escape de motor, un catalizador de almacenamiento de NO_x que almacena NO_x que está contenido en los gases de escape cuando la relación aire-combustible de los gases de escape entrantes es pobre y que libera el NO_x almacenado cuando la relación aire-combustible de los gases de escape entrantes pasa a ser rica, que dispone, en el conducto de gases de escape de motor aguas arriba del catalizador de almacenamiento de NO_x, un catalizador de oxidación que tiene una función de adsorción, y que alimenta hidrocarburos en el conducto de gases de escape de motor aguas arriba del catalizador de oxidación para hacer que la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de almacenamiento de NO_x sea rica cuando se libere NO_x del catalizador de almacenamiento de NO_x (por ejemplo, véase la bibliografía de patente 1).

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.

En la técnica se conoce un catalizador de purificación de gases de escape que consiste en un soporte de catalizador realizado de alúmina sobre el que el catalizador de oxidación opcionalmente mezclado con componentes adicionales se dispone en forma de una sola capa (por ejemplo, véase la bibliografía de patente 2).

No obstante, en este sistema el catalizador de oxidación no puede formar ni adsorber ningún producto intermedio reductor para obtener una tasa de purificación de NO_x elevada.

En la técnica también se conoce el método de purificación de NO_x en el que el catalizador de purificación de gases de escape funciona como catalizador de almacenamiento de NO_x (por ejemplo, véase la bibliografía de patente 3).

En este sistema, no puede obtenerse una relación de purificación de NO_x elevada tal como se muestra en la figura 9 de la presente invención cuando la temperatura del catalizador se vuelve elevada.

40 Lista de referencias

Bibliografía de patente

Bibliografía de patente 1: patente japonesa n.º 3969450

Bibliografía de patente 2: documento US 2004/0050037 A1

Bibliografía de patente 3: documento EP 2 063 078 A1

50 Sumario de la invención**Problema técnico**

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

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un método de funcionamiento de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna que pueda obtener una tasa de purificación de NO_x elevada incluso si la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape pasa a tener una temperatura elevada.

60 Solución al problema

Según la presente invención, se proporciona un método de funcionamiento de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1.

65 Efectos ventajosos de la invención

Incluso si la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape pasa a tener una temperatura elevada, puede obtenerse una tasa de purificación de NO_x elevada.

5 Breve descripción de los dibujos

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

La figura 2 es una vista que muestra esquemáticamente una parte superficial de un soporte de catalizador.

10 La figura 3 es una vista para explicar una reacción de oxidación en un catalizador de purificación de gases de escape.

15 La figura 4 es una vista que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape.

La figura 5 es una vista que muestra una tasa de purificación de NO_x .

20 Las figuras 6A y 6B son vistas para explicar una reacción de oxidación-reducción en un catalizador de purificación de gases de escape.

Las figuras 7A y 7B son vistas para explicar una reacción de oxidación-reducción en un catalizador de purificación de gases de escape.

25 La figura 8 es una vista que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape.

La figura 9 es una vista de una tasa de purificación de NO_x .

30 La figura 10 es un diagrama de tiempo que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape.

La figura 11 es un diagrama de tiempo que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape.

35 La figura 12 es una vista que muestra una relación entre una fuerza de oxidación de un catalizador de purificación de gases de escape y una relación aire-combustible X mínima demandada.

40 La figura 13 es una vista que muestra una relación entre una concentración de oxígeno en 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 .

45 La figura 15 es una vista que muestra una relación de un periodo de vibración ΔT de una concentración de hidrocarburos y una tasa de purificación de NO_x .

La figura 16 es un diagrama de tiempo que muestra cambios en una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape.

50 La figura 17 es una vista que muestra un mapa de una cantidad de NO_x almacenada NOXA.

La figura 18 es una vista que muestra una tasa de descarga de NO_x NOXB.

55 La figura 19 es una vista que muestra una temporización de inyección de combustible.

La figura 20 es una vista que muestra un mapa de combustible adicional WR.

60 Las figuras 21A, 21B y 21C son vistas que muestran una tasa de liberación de NO_x .

Las figuras 22A y 22B son vistas que muestran un tiempo de retención de producto intermedio reductor, etc.

Las figuras 23A y 23B son vistas que muestran tasas de producción de producto intermedio reductor K_1 y K_2 .

65 Las figuras 24A y 24B son vistas que muestran una cantidad producida máxima M de un producto intermedio reductor.

Las figuras 25A y 25B son vistas que muestran un mapa de la cantidad de alimentación de combustible W, etc.

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

5 La figura 27 es un diagrama de tiempo que muestra cambios en la relación aire-combustible (A/F)in de los gases de escape, etc. en el momento de cambiar de un segundo método de purificación de NO_x a un primer método de purificación de NO_x.

10 La figura 28 es un diagrama de flujo para el control de purificación de NO_x.

Las figuras 29A y 29B son vistas que muestran un cambio de la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape.

15 La figura 30 es una vista que muestra un mapa del grado de apertura θ_B de la válvula de mariposa.

La figura 31 es un diagrama de tiempo que muestra cambios en la relación aire-combustible (A/F)in de los gases de escape, etc. en el momento de cambiar de un segundo método de purificación de NO_x al primer método de purificación de NO_x.

20 La figura 32 es un diagrama de flujo para el control de purificación de NO_x.

La figura 33 es una vista de un diagrama de tiempo en el momento de un control rico.

25 Las figuras 34A y 34B son vistas que muestran coeficientes de corrección.

Descripción de realizaciones

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

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

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

Por otro lado, el colector 5 de gases de escape y el colector 4 de admisión están conectados entre sí a través de un conducto 16 de recirculación de gases de escape (a continuación en el presente documento denominado "RGE"). Dentro del conducto 16 de RGE está dispuesta una válvula 17 de control de RGE controlada electrónicamente. Además, alrededor del conducto 16 de RGE está dispuesto un dispositivo 18 de refrigeración para refrigerar el gas de RGE que fluye a través del interior del conducto 16 de RGE. En el sistema mostrado en la figura 1, el agua de refrigeración de motor se guía al interior del dispositivo 18 de refrigeración en el que se usa el agua de refrigeración de motor para refrigerar el gas de RGE. Por otro lado, cada inyector 3 de combustible está conectado a través de una tubería 19 de alimentación de combustible a un conducto 20 común (*common rail*). Este conducto 20 común está conectado a través de una bomba 21 de combustible de descarga variable controlada electrónicamente a un depósito 22 de combustible. El combustible que se almacena dentro del depósito 22 de combustible se alimenta mediante la bomba 21 de combustible al interior del conducto 20 común. El combustible que se alimenta al interior

del conducto 20 común se alimenta a través de cada tubería 19 de alimentación de combustible al inyector 3 de combustible.

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

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

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

Cuando se inyectan hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos en los gases de escape, los hidrocarburos se reforman mediante el catalizador 13 de purificación de gases de escape. En el presente método, en este momento, los hidrocarburos reformados se usan para eliminar el NO_x en el catalizador 13 de purificación de gases de escape. La figura 3 muestra esquemáticamente la acción de reformación realizada en el catalizador 13 de purificación de gases de escape en este momento. Tal como se muestra en la figura 3, los hidrocarburos HC que se inyectan desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos se convierten en hidrocarburos HC radicales con un número de carbonos pequeño mediante el catalizador 51.

Obsérvese que, aunque se inyecte combustible, es decir, hidrocarburos, desde el inyector 3 de combustible en la cámara 2 de combustión durante la última mitad de la carrera de expansión o durante la carrera de escape, los hidrocarburos se reforman dentro de la cámara 2 de combustión o en el catalizador 13 de purificación de gases de escape, y el NO_x que está contenido en los gases de escape se elimina mediante los hidrocarburos reformados en el catalizador 13 de purificación de gases de escape. Por tanto, en la presente invención, en lugar de alimentar hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos al interior del conducto de gases de escape de motor, también es posible alimentar hidrocarburos en la cámara 2 de combustión durante la última mitad de la carrera de expansión o durante la carrera de escape. De este modo, en la presente invención, también es posible alimentar hidrocarburos al interior de la cámara 2 de combustión, aunque más abajo la presente invención se explica tomando como ejemplo el caso de inyectar hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos al interior del conducto de gases de escape de motor.

La figura 4 muestra la temporización de la alimentación de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos y los cambios en la relación aire-combustible (A/F) in de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Obsérvese que los cambios en la relación aire-combustible (A/F) dependen del cambio en la concentración de los hidrocarburos en los gases de escape que fluyen al interior del

5 catalizador 13 de purificación de gases de escape, de modo que puede decirse que el cambio en la relación aire-combustible (A/F)in mostrado en la figura 4 expresa el cambio en la concentración de los hidrocarburos. Sin embargo, si la concentración de hidrocarburos se vuelve superior, la relación aire-combustible (A/F)in se vuelve menor, así, en la figura 4, cuanto más rica se haga la relación aire-combustible (A/F)in, mayor será la concentración de hidrocarburos.

10 La figura 5 muestra la tasa de purificación de NO_x mediante el catalizador 13 de purificación de gases de escape con respecto a las temperaturas de catalizador del catalizador 13 de purificación de gases de escape cuando periódicamente se hace que cambie la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape para, tal como se muestra en la figura 4, hacer que cambie la relación aire-combustible (A/F)in de los gases de escape que fluyen al catalizador 13 de purificación de gases de escape. Los inventores se dedicaron a la investigación con respecto a la purificación de NO_x a lo largo de un largo periodo de tiempo. En el proceso de investigación, aprendieron que si se hace vibrar la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo, tal como se muestra en la figura 5, se obtiene una tasa de purificación de NO_x extremadamente elevada incluso en una región de 400°C o de temperatura más alta.

20 Además, en este momento, una gran cantidad de producto intermedio reductor que contiene nitrógeno e hidrocarburos sigue reteniéndose o adsorbiéndose sobre la superficie de la capa 53 básica, es decir, sobre la parte 54 superficial de flujo de gases de escape básica del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Se 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. Obsérvese que estas figuras 6A y 6B muestran esquemáticamente la parte superficial del soporte 50 de catalizador del catalizador 25 13 de purificación de gases de escape. Estas figuras 6A y 6B muestran la reacción que se presupone que se produce cuando la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace vibrar dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo.

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

35 Ahora, tal como se entenderá a partir de la figura 4, la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se mantiene pobre, menos por un instante, de modo que los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape pasan normalmente a un estado de exceso de oxígeno. Por tanto, el NO que está contenido en los gases de escape, tal como se muestra en la figura 6A, se oxida sobre el platino 51 y pasa a ser NO₂. A continuación, este NO₂ recibe electrones desde el platino 51 y pasa a ser NO₂⁻. Por tanto, sobre el platino 51 se produce una gran cantidad de NO₂⁻. Este NO₂⁻ tiene una actividad fuerte. Anteriormente, este NO₂⁻ inestable se denomina NO₂^{*} activo.

45 Por otro lado, si los hidrocarburos se alimentan desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, tal como se muestra en la figura 3, los hidrocarburos se reforman y se les añaden radicales dentro del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Como resultado, tal como se muestra en la figura 6B, la concentración de hidrocarburos alrededor del NO₂^{*} activo pasa a ser más alta. A este respecto, después de que se produzca el NO₂^{*} activo, si continúa el estado de una concentración de oxígeno elevada alrededor del NO₂^{*} activo durante un tiempo predeterminado o más, el NO₂^{*} activo se oxida y se absorbe en la capa 53 básica en forma de iones nitrato NO₃⁻. Sin embargo, si la concentración de hidrocarburos alrededor del NO₂^{*} activo se hace más alta antes de que pase este tiempo predeterminado, tal como se muestra en la figura 6B, el NO₂^{*} activo reacciona sobre el platino 51 con los hidrocarburos HC radicales con lo que se produce un producto intermedio reductor. Este producto intermedio reductor se adhiere o se adsorbe sobre la superficie de la capa 53 básica.

55 Obsérvese que, en este momento, se cree que el primer producto intermedio reductor producido es un nitrocompuesto R-NO₂. Si se produce este nitrocompuesto R-NO₂, el resultado pasa a ser un compuesto de nitrilo R-CN, pero este compuesto de nitrilo R-CN sólo puede sobrevivir durante un instante en este estado, así que inmediatamente pasa a ser un compuesto de isocianato R-NCO. Este compuesto de isocianato R-NCO, cuando se hidroliza, pasa a ser un compuesto de amina R-NH₂. Sin embargo, en este caso, lo que se hidroliza se considera parte del compuesto de isocianato R-NCO. Por 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 53 básica es el compuesto de isocianato R-NCO y el compuesto de amina R-NH₂.

60 Por otro lado, tal como se muestra en la figura 6B, si el producto intermedio reductor producido está rodeado por los hidrocarburos HC, el producto intermedio reductor se bloquea mediante los hidrocarburos HC y la reacción no seguirá avanzando. En este caso, si se reduce la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape y de este modo la concentración de oxígeno se vuelve más alta,

los hidrocarburos alrededor del producto intermedio reductor se oxidarán. Como resultado, tal como se muestra en la figura 6A, el producto intermedio reductor y el NO_2^* reaccionarán. En este momento, el NO_2^* activo reacciona con el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH₂ para formar N₂, CO₂ y H₂O y por consiguiente se elimina el NO_x.

5 De este modo, en el catalizador 13 de purificación de gases de escape, haciendo que la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape sea más alta, se produce un producto intermedio reductor. Haciendo que la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape sea más baja y elevando la concentración de oxígeno, el NO_2^* activo reacciona con el producto intermedio reductor y se elimina el NO_x. Es decir, para que el catalizador 13 de purificación de gases de escape elimine el NO_x, la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape tiene que cambiarse periódicamente.

15 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 reducir 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, es necesario hacer que la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape vibre dentro de un intervalo predeterminado de amplitud. Obsérvese que, en este caso, es necesario retener una cantidad suficiente de producto intermedio reductor R-NCO o R-NH₂ sobre la capa 53 básica, es decir, la parte 24 superficial de flujo de gases de escape básica, hasta que el producto intermedio reductor producido reaccione con el NO_2^* activo. Por este motivo, se proporciona la parte 24 superficial de flujo de gases de escape básica.

25 Por otro lado, si se prolonga el periodo de alimentación de los hidrocarburos, el tiempo en el que la concentración de oxígeno se vuelve más alta se hace más largo en el periodo después de que se alimenten los hidrocarburos hasta que a continuación se alimentan los hidrocarburos. Por tanto, el NO_2^* activo se absorbe en la capa 53 básica en forma de nitratos sin producir un producto intermedio reductor. Para evitar esto, es necesario hacer que vibre la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape dentro de un intervalo predeterminado de periodo.

30 Por lo tanto, en una realización de la presente invención, para hacer que el NO_x contenido 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 13 de purificación de gases de escape. Para retener el producto intermedio reductor producido R-NCO o R-NH₂ dentro del catalizador 13 de purificación de gases de escape, se forma una parte 54 superficial de flujo de gases de escape básica alrededor de los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos. Debido a la acción de reducción del producto intermedio reductor R-NCO o R-NH₂ que se retiene sobre la parte 54 superficial de flujo de gases de escape básica, se reduce el NO_x. El periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos se convierte en el periodo de vibración necesario para continuar con la producción del producto intermedio reductor R-NCO o R-NH₂. A este respecto, en el ejemplo mostrado en la figura 4, el intervalo de inyección es de 3 segundos.

40 Si el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos, es decir, el periodo de alimentación de los hidrocarburos HC, se hace más largo que el intervalo predeterminado de periodo anterior, el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH₂ desaparece de la superficie de la capa 53 básica. En este momento, el NO_2^* activo que se produce sobre el platino Pt 53, tal como se muestra en la figura 7A, difunde en la capa 53 básica en forma de iones nitrato NO_3^- y pasa a ser nitratos. Es decir, en este momento, el NO_x en los gases de escape se absorbe en forma de nitratos dentro de la capa 53 básica.

50 Por otro lado, la figura 7B muestra el caso en el que se hace que la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape sea la relación aire-combustible estequiométrica o rica cuando el NO_x se absorbe en forma de nitratos dentro de la capa 53 básica. En este caso, la concentración de oxígeno en los gases de escape disminuye, así que la reacción avanza en el sentido opuesto ($\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2$) y por consiguiente los nitratos absorbidos en la capa 53 básica pasan a ser iones nitrato NO_3^- uno a uno y, como se muestra en la figura 7B, se liberan de la capa 53 básica en forma de NO₂. A continuación, el NO₂ liberado se reduce mediante los hidrocarburos HC y el CO contenidos en los gases de escape.

55 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 13 de purificación de gases de escape sea temporalmente rica ligeramente antes de que se sature la capacidad de absorción de NO_x de la capa 53 básica. Obsérvese 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 se absorbió en la capa 53 básica cuando la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape era pobre se libera de una vez de la capa 53 básica y se reduce cuando la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape se hace temporalmente rica. Por tanto, en este caso, la capa 53 básica desempeña el papel de un absorbente para absorber temporalmente NO_x.

65 Obsérvese que, en este momento, a veces la capa 53 básica adsorbe temporalmente el NO_x. Por tanto, si se usa el término de almacenamiento como un término que incluye tanto absorción como adsorción, en este momento, la capa

53 básica desempeña el papel de un agente de almacenamiento de NO_x para almacenar temporalmente el NO_x. Es decir, en este caso, si la relación del aire y combustible (hidrocarburos) que se alimentan al conducto de admisión de motor, las cámaras 2 de combustión y el conducto de gases de escape aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape se denomina relación aire-combustible de los gases de escape, el catalizador 13 de purificación de gases de escape funciona como catalizador de almacenamiento de 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 disminuye la concentración de oxígeno en los gases de escape.

La figura 9 muestra la tasa de purificación de NO_x cuando se hace que el catalizador 13 de purificación de gases de escape funcione como catalizador de almacenamiento de NO_x de este modo. Obsérvese que la abscisa de la figura 9 muestra la temperatura de catalizador TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Cuando se hace que el catalizador 13 de purificación de gases de escape funcione como catalizador de almacenamiento de NO_x, tal 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 elevada, pero cuando la temperatura de catalizador TC pasa a ser de 400°C o una temperatura más alta, la tasa de purificación de NO_x disminuye.

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

Por tanto, en la presente invención, un método de funcionamiento según la reivindicación 1, un catalizador 13 de purificación de gases de escape se dispone en el conducto de gases de escape de motor para hacer que el NO_x contenido en los gases de escape y el hidrocarburo reformado reaccionen. Los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos se portan sobre la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Alrededor de los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos, se forma una parte 54 superficial de flujo de gases de escape básica. El catalizador 13 de purificación de gases de escape tiene la propiedad de reducir el NO_x que está contenido en los gases de escape cuando se hace que vibre la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo y tiene la propiedad de que aumenta la cantidad de almacenamiento del NO_x que está contenido en los gases de escape si se hace que el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos sea más largo que este intervalo predeterminado. En el momento del funcionamiento del motor, la amplitud y el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se controlan para permitir la producción de una cantidad suficiente de producto intermedio reductor para reducir el NO_x. Debido a esto, se reduce el NO_x que está contenido en los gases de escape en el catalizador 13 de purificación de gases de escape.

Es decir, puede decirse que el método 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 prácticamente 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, los nitratos que se detectan desde la capa 53 básica pasan a tener una cantidad mucho más pequeña en comparación con el caso en el que se hace que el catalizador 13 de purificación de gases de escape funcione como catalizador de almacenamiento de NO_x. Obsérvese que este método de purificación de NO_x nuevo según la reivindicación 1 se denominará más abajo primer método de purificación de NO_x.

A continuación, haciendo referencia a las figuras 10 a 15, se explicará el primer método de purificación de NO_x de manera algo más detallada.

La figura 10 muestra de manera ampliada el cambio en la relación aire-combustible (A/F) in mostrado en la figura 4. Obsérvese 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 13 de purificación de gases de escape muestra simultáneamente el cambio en la concentración de los hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Obsérvese que, en la figura 10, ΔH muestra la amplitud del cambio en la concentración de hidrocarburos HC que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape, mientras que ΔT muestra el periodo de vibración de la concentración de los hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

Además, en la figura 10, (A/F)_b muestra la relación aire-combustible de base que muestra la relación aire-combustible de los gases de combustión para generar la salida de motor. Dicho de otro modo, 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 13 de purificación de gases de escape cuando se detiene la alimentación de hidrocarburos. Por otro lado,

en la figura 10, X muestra el límite superior de la relación aire-combustible (A/F)_{in} que se usa para producir el producto intermedio reductor sin que se almacene el NO₂* activo producido en forma de nitratos dentro de la capa 53 básica. 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)_{in} sea menor que el límite superior X de esta relación aire-combustible.

Dicho de otro modo, en la figura 10, X muestra el límite inferior de la concentración de hidrocarburos necesaria para hacer que el NO₂* activo y el hidrocarburo reformado reaccionen para producir un producto intermedio reductor. Para producir el producto intermedio reductor, tiene que hacerse que la concentración de hidrocarburos sea más alta que este límite inferior X. En este caso, el que se produzca el producto intermedio reductor se determina mediante la relación de la concentración de oxígeno y la concentración de hidrocarburos alrededor del NO₂* activo, es decir, la relación aire-combustible (A/F)_{in}. El límite superior X de la relación aire-combustible necesaria para producir el producto intermedio reductor se denominará más abajo relación aire-combustible mínima demandada.

En el ejemplo mostrado en la figura 10, la relación aire-combustible mínima demandada X se hace rica. Por 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 demandada X o menos, es decir, se hace rica. A diferencia de esto, en el ejemplo mostrado en la figura 11, la relación aire-combustible mínima demandada X se hace pobre. En este caso, el producto intermedio reductor se produce manteniendo la relación aire-combustible (A/F)_{in} pobre y haciendo periódicamente que la relación aire-combustible (A/F)_{in} disminuya.

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

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

Por otro lado, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una fuerza de oxidación reducida, tal como se muestra en la figura 11, si se mantiene la relación aire-combustible (A/F)_{in} pobre mientras periódicamente se reduce la relación aire-combustible (A/F)_{in}, los hidrocarburos se oxidarán parcialmente sin oxidarse por completo, es decir, los hidrocarburos se reformarán y por consiguiente se producirá el producto intermedio reductor. A diferencia de esto, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una fuerza de oxidación reducida, tal como se muestra en la figura 10, si se hace que la relación aire-combustible (A/F)_{in} sea periódicamente rica, se expulsará una gran cantidad de hidrocarburos desde el catalizador 13 de purificación de gases de escape sin oxidar y por consiguiente aumentará la cantidad de hidrocarburos que se consume excesivamente. Por tanto, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una fuerza de oxidación reducida, la relación aire-combustible mínima demandada X tiene que hacerse pobre.

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

Ahora, si la relación aire-combustible de base (A/F)_b se hace mayor, 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 necesaria para hacer que la relación aire-combustible (A/F)_{in} sea la relación aire-combustible mínima demandada X o menos y con ello 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 hacer que los hidrocarburos excesivos se oxiden. Por tanto, para eliminar bien el NO_x, cuanto mayor sea la cantidad de hidrocarburos excesivos, mayor será la cantidad de oxígeno necesaria.

En este caso, si se eleva la concentración de oxígeno en los gases de escape, puede aumentarse la cantidad de oxígeno. Por 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 más alta 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 la figura 13, se aprende que cuanto más alta 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 ΔT de la concentración de hidrocarburos. Dicho de otro modo, para eliminar bien el NO_x , cuanto menor sea la relación aire-combustible de base $(A/F)_b$, más podrá reducirse la amplitud ΔT de la concentración de hidrocarburos.

A este respecto, 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 bien el NO_x . La relación aire-combustible de base $(A/F)_b$ es normalmente mayor que el tiempo de la operación de aceleración. Por tanto, tal como se muestra en la figura 14, si la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos es de 200 ppm o más, puede obtenerse una tasa de purificación de NO_x excelente.

Por otro lado, se aprende que cuando la relación aire-combustible $(A/F)_b$ es máxima, si se hace que la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos sea 10000 ppm o así, se obtiene una tasa de purificación de NO_x excelente. Por consiguiente, en la presente invención, se hace que el intervalo predeterminado de la amplitud de la concentración de hidrocarburos sea de 200 ppm a 10000 ppm.

Además, si el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos se hace más largo, la concentración de oxígeno alrededor del NO_2^* activo se vuelve más alta en el momento después de que se alimenten los hidrocarburos con respecto a cuando los hidrocarburos se alimentan después. En este caso, si el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos se hace más largo que aproximadamente 5 segundos, el NO_2^* activo comienza a absorberse en forma de nitratos dentro de la capa 53 básica. Por tanto, tal como se muestra en la figura 15, si el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos se hace más largo que aproximadamente 5 segundos, disminuye la tasa de purificación de NO_x . Por tanto, el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos debe ser de 5 segundos o menos.

Por otro lado, si el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos se hace de aproximadamente 0,3 segundos o menos, los hidrocarburos alimentados comienzan a acumularse sobre la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape, por tanto, tal como se muestra en la figura 15, si el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos se hace de aproximadamente 0,3 segundos o menos, la tasa de purificación de NO_x disminuye. Por tanto, en la presente invención, el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos pasa de 0,3 segundos a 5 segundos.

A continuación, se explicará específicamente el método de purificación de NO_x , que no forma parte de la invención, cuando se hace que el catalizador 13 de purificación de gases de escape funcione como catalizador de almacenamiento de NO_x haciendo referencia a las figuras 16 a 20. El método de purificación de NO_x cuando se hace que el catalizador 13 de purificación de gases de escape funcione como catalizador de almacenamiento de NO_x de este modo se denominará a continuación como segundo método de purificación de NO_x .

En este segundo método de purificación de NO_x , tal como se muestra en la figura 16, cuando la cantidad de NO_x almacenada ΣNO_x que se almacena en la capa 53 básica supera un cantidad admisible predeterminada MAX, la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$ de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace temporalmente rica. Si la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$ de los gases de escape se hace rica, el NO_x que estaba almacenado en la capa 53 básica cuando la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$ de los gases de escape era pobre se libera de una vez de la capa 53 básica y se reduce. Debido a esto, se elimina el NO_x .

La cantidad de NO_x almacenada ΣNO_x se calcula por ejemplo, a partir de la cantidad de NO_x almacenada de NO_x que se expulsa desde el motor y se almacena en la capa 53 básica. En un ejemplo, la cantidad de NO_x almacenada NOXA de NO_x que se expulsa desde el motor por unidad de tiempo y se almacena en la capa 53 básica se almacena de antemano como 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 17 en la ROM 32. La cantidad de NO_x almacenada ΣNO_x se calcula a partir de esta cantidad de NO_x almacenada NOXA. En este caso, como se explicó anteriormente, el periodo mediante el cual la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$ de los gases de escape se hace rica es normalmente de 1 minuto o más.

La figura 18 muestra una tasa de descarga NOXD del NO_x almacenado que se descarga desde el catalizador 13 de purificación de gases de escape cuando la relación aire-combustible (A/F) in de los gases de escape es pobre. Como se explicó anteriormente, el NO_x que está almacenado en forma de nitratos se descompone por el calor y se descarga si la temperatura TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape aumenta. En este momento, la tasa de descarga de NO_x NOXD, es decir, la cantidad de NO_x NOXD que se descarga por unidad de tiempo, aumenta rápidamente si la temperatura TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape supera la temperatura de inicio de descomposición por calor de aproximadamente 450°C.

En este segundo método de purificación de NO_x, tal como se muestra en la figura 19, inyectando combustible adicional WR además del combustible de uso para la combustión Q en las cámaras 2 de combustión desde los inyectores 3 de combustible, la relación aire-combustible (A/F) in de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace rica. Obsérvese que la abscisa de la figura 19 muestra el ángulo del cigüeñal. Este combustible adicional WR se inyecta en el momento en el que se quema, pero no aparece como salida de motor, es decir, ligeramente antes de ATDC90° después del punto muerto superior de compresión. Esta cantidad de combustible WR se almacena de antemano como función de la cantidad de inyección Q y 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, también es posible hacer que aumente la cantidad de alimentación de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos para hacer que la relación aire-combustible (A/F) de los gases de escape sea rica.

Ahora, en la presente invención, se usa el primer método de purificación de NO_x. En este momento, cambiando la cantidad de alimentación de hidrocarburos y la temporización de inyección desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, se controlan la amplitud ΔH y el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos para convertirse en valores óptimos según el estado de funcionamiento del motor. En este caso, como se explicó anteriormente, el producto intermedio reductor desempeña un papel central para la purificación de NO_x. Por tanto, se considera lo más adecuado centrarse en la producción del producto intermedio reductor y controlar la amplitud ΔH y el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos.

Por tanto, en la presente invención, como se explicó anteriormente, se controla la amplitud ΔH y el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape para producir una cantidad suficiente de un producto intermedio reductor para reducir el NO_x. Explicado de manera algo más detallada, en la presente invención, en el momento de funcionamiento del motor, se calcula la cantidad producida demandada del producto intermedio reductor necesaria para reducir el NO_x, y se controla la amplitud ΔH y el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape de modo que la cantidad de producción del producto intermedio reductor se convierte en esta cantidad producida demandada.

Por tanto, en primer lugar, se explicará la cantidad producida demandada del producto intermedio reductor.

Ahora, el producto intermedio reductor R-NCD o R-NH₂ se produce a partir de un único NO_x. Por tanto, la cantidad producida demandada del producto intermedio reductor (mol) necesaria para reducir el NO_x coincide con la cantidad de NO_x (mol) que va a reducirse. En este caso, la cantidad de NO_x que va a reducirse se convierte en la suma de la cantidad de NO_x entrante que se expulsa desde el motor y fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape y la cantidad de NO_x liberada que se almacena en el catalizador 13 de purificación de gases de escape y se libera desde el catalizador 13 de purificación de gases de escape. Por tanto, la suma de esta cantidad de NO_x entrante y cantidad de NO_x liberada expresa la cantidad producida demandada del producto intermedio reductor. Si no se almacena NO_x en el catalizador 13 de purificación de gases de escape, la cantidad de NO_x liberada se convierte en cero. Por tanto, en este caso, la cantidad de NO_x entrante expresa la cantidad producida demandada del producto intermedio reductor.

Obsérvese que si puede mantenerse la cantidad de producción del producto intermedio reductor en la cantidad producida demandada, es posible eliminar todo el NO_x que va a reducirse. Por tanto, en la presente invención, como se explicó anteriormente, se controlan la amplitud ΔH y el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape de modo que la cantidad de producción del producto intermedio reductor se convierte en la cantidad producida demandada.

Ahora, en una realización de la presente invención, como cantidad producida demandada del producto intermedio reductor, se usa la cantidad producida demandada por unidad de tiempo, es decir, la tasa de producción demandada. De manera similar, como cantidad de NO_x entrante y cantidad de NO_x liberada, se usan la cantidad de NO_x entrante por unidad de tiempo, es decir, la tasa de entrada de NO_x, y la cantidad de NO_x liberada por unidad de tiempo, es decir, la tasa de liberación de NO_x. En este caso, la suma de la tasa de entrada de NO_x y la tasa de liberación de NO_x expresa la tasa de producción demandada del producto intermedio reductor.

Las figuras 21A y 21B muestran la relación entre la tasa de liberación de NO_x de la liberación del catalizador 13 de purificación de gases de escape y la temperatura TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape y la relación entre la tasa de liberación de NO_x y la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos cuando se realiza

un procesamiento de purificación de NO_x mediante el primer método de purificación de NO en el estado en el que NO_x se almacena en el catalizador 13 de purificación de gases de escape. Tal como se muestra en la figura 21A, si la temperatura TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape se vuelve más alta, la tasa de liberación de NO_x se vuelve más alta.

Por otro lado, si disminuye la concentración de oxígeno en los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape, se libera NO_x desde el catalizador 13 de purificación de gases de escape. En este momento, cuanto mayor sea la disminución en la concentración de oxígeno, mayor será la cantidad de liberación de NO_x . Por tanto, tal como se muestra en la figura 21B, si la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos se vuelve mayor, la tasa de liberación de NO_x se vuelve más alta. A este respecto, si se determina el estado de funcionamiento del motor, prácticamente se determinan la temperatura TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape y la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos. Por tanto, si se determina el estado de funcionamiento del motor, se determina la tasa de liberación de NO_x . Por tanto, en una realización de la presente invención, la tasa de liberación de NO_x NOXD por unidad de tiempo se almacena de antemano como función de la cantidad de inyección Q de combustible desde el inyector 3 de combustible y la velocidad de motor N en forma de un mapa tal como se muestra en la figura 21C en la ROM 32.

En la presente invención, la cantidad de NO_x liberada se calcula multiplicando la cantidad de NO_x almacenada que está almacenada en el catalizador 13 de purificación de gases de escape con la tasa de liberación de NO_x , es decir, a partir de la cantidad de NO_x almacenada y la tasa de liberación de NO_x . En este caso, en una realización de la presente invención, la cantidad de NO_x almacenada se calcula de manera constante como ΣNOX mostrado en la figura 16. Esta cantidad de NO_x almacenada ΣNOX se multiplica por la tasa de liberación de NO_x NOXD para calcular la tasa de liberación de NO_x ($\Sigma\text{NOX} \cdot \text{NOXD}$). Por otro lado, la tasa de entrada de NO_x se convierte en el valor NOXA del mapa mostrado en la figura 17. Por tanto, la tasa de producción demandada del producto intermedio reductor se expresa mediante ($\Sigma\text{NOX} \cdot \text{NOXD} + \text{NOXA}$). Obsérvese que, en este caso, es posible multiplicar ($\Sigma\text{NOX} \cdot \text{NOXD} + \text{NOXA}$) por la tasa de purificación demandada para el sistema de purificación de gases de escape según la presente invención para obtener la tasa de producción demandada del producto intermedio reductor.

A continuación, haciendo referencia a la figura 22A y la figura 22B, se explicará el tiempo de retención de producto intermedio reductor que puede retener el producto intermedio reductor producido sobre la capa 53 básica del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Si se eleva la temperatura TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape, el producto intermedio reductor producido se separa fácilmente de la capa 53 básica. Por tanto, tal como se muestra en la figura 22A, a medida que la temperatura TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape se vuelve más alta, el tiempo de retención de producto intermedio reductor se vuelve más corto.

Ahora, si el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos se hace más largo en comparación con el tiempo de retención de producto intermedio reductor, se produce un periodo de tiempo en el que no hay producto intermedio reductor y la tasa de purificación de NO_x termina por disminuir. Para evitar que se produzca un periodo de tiempo en el que no hay producto intermedio reductor, el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos tiene que ser igual al tiempo de retención de producto intermedio reductor o tiene que hacerse más corto que el tiempo de retención de producto intermedio reductor. Por tanto, el periodo de vibración ΔT de los hidrocarburos, tal como se muestra en la figura 22B, se hace más corto a medida que la temperatura TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape se vuelve más alta. La relación mostrada en la figura 22A y la figura 22B se almacena de antemano en la ROM 32.

A continuación, haciendo referencia a las figuras 23A y 23B, se explicará la cantidad de alimentación de hidrocarburos WF. La figura 23A y la figura 23B muestran la relación entre la tasa de producción de producto intermedio reductor K_1 del tiempo y la temperatura TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape y la relación entre la tasa de producción de producto intermedio reductor K_2 y la cantidad de inyección Q desde el inyector 3 de combustible cuando el producto intermedio reductor se produce mediante los hidrocarburos alimentados.

El producto intermedio reductor aumenta rápidamente cuando se activa el catalizador 13 de purificación de gases de escape. Por tanto, tal como se muestra en la figura 23A, la tasa de producción de producto intermedio reductor K_1 aumenta rápidamente cuando la temperatura TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape se vuelve más alta, a continuación aumenta gradualmente junto con el aumento de la temperatura TC.

Por otro lado, si la cantidad de inyección Q aumenta, es decir, si la carga de motor se vuelve más alta, la cantidad de NO_x que se expulsa desde el motor aumenta, por tanto la cantidad de alimentación demandada de los hidrocarburos también aumenta. Sin embargo, si se aumenta demasiado la cantidad de alimentación de hidrocarburos, la cantidad consumida de los hidrocarburos aumenta excesivamente. Por tanto, para evitar que la cantidad de consumo de hidrocarburos aumente excesivamente de este modo, si la cantidad de inyección Q aumenta, tal como se muestra en la figura 23B, se reduce la tasa de producción de producto intermedio reductor K_2 . La relación mostrada en la figura 23A y la figura 23B se almacena de antemano en la ROM 32.

Si se multiplica la cantidad de alimentación de hidrocarburos WF por las dos tasas de producción de producto intermedio reductor K_1 , K_2 , se obtiene la cantidad de producto intermedio reductor producido ($WF \cdot K_1 \cdot K_2$). En la presente invención, esta cantidad de producto intermedio reductor ($WF \cdot K_1 \cdot K_2$) se convierte en la cantidad producida demandada del producto intermedio reductor. Por tanto, la cantidad de alimentación de hidrocarburos WF se convierte en la cantidad producida demandada del producto intermedio reductor dividida entre ($K_1 \cdot K_2$). La cantidad de alimentación de hidrocarburos WF se calcula de este modo. Es decir, se determina la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos.

Es decir, en la presente invención, el tiempo de retención del producto intermedio reductor que se retiene en el catalizador 13 de purificación de gases de escape y las tasas de producción de producto intermedio reductor K_1 y K_2 del momento en que se produce el producto intermedio reductor a partir de los hidrocarburos alimentados se almacenan de antemano. La amplitud y el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador 13 de purificación de gases de escape se calculan a partir de la cantidad producida demandada del producto intermedio reductor, el tiempo de retención del producto intermedio reductor y las tasas de producción de producto intermedio reductor K_1 y K_2 .

Obsérvese que, en una realización de la presente invención, como tasa de producción de producto intermedio reductor K_1 mostrada en la figura 23A, se usa la tasa de producción de producto intermedio reductor por unidad de tiempo. Por tanto, en esta realización, la cantidad de producción del producto intermedio reductor hasta que los hidrocarburos se alimentan después se convierte en el valor de ($WF \cdot F_1 \cdot F_2$) multiplicado por el periodo de alimentación ΔT de hidrocarburos. Por tanto, en este caso, la cantidad de alimentación de hidrocarburos WF se convierte en el valor de la cantidad producida demandada del producto intermedio reductor dividida entre ($K_1 \cdot K_2 \cdot \Delta T$).

A continuación, se explicará un método sencillo para hallar la cantidad de alimentación de hidrocarburos WF con referencia a las figuras 24A a 25B.

La figura 24A muestra la cantidad producida máxima M de la producción posible del producto intermedio reductor que se obtiene usando el tiempo de retención de producto intermedio reductor o la tasa de producción de producto intermedio reductor o se obtiene mediante experimentos. Como se entenderá por la figura 24A, esta cantidad producida máxima M se convierte en la relación de la cantidad de inyección Q y velocidad de motor N desde el inyector 3 de combustible. Por otro lado, la figura 24B muestra el cambio en la cantidad producida máxima M del producto intermedio reductor en la línea MX que pasa a través del origen 0 de la figura 24A. Obsérvese que, en la figura 24A, M_{a1} , M_{a2} , M_{max} , M_{b1} , M_{b2} y M_{b3} muestran las líneas de producción máxima igual, mientras que M_{max} muestra la línea de producción máxima equivalente que proporciona la gran cantidad producida máxima M.

Como se entenderá por la figura 24A y la figura 25B, cuanto menor sea la velocidad de motor N y menor sea la cantidad de inyección Q, menor será la cantidad producida máxima M, mientras que cuanto mayor sea la velocidad de motor N y mayor sea la cantidad de inyección Q, menor será la cantidad producida máxima M.

Obsérvese que, en esta realización, en la actualidad, M expresa la cantidad producida máxima por unidad de tiempo, es decir, la tasa de producción máxima de la posible producción del producto intermedio reductor. La cantidad de alimentación de hidrocarburos W y el periodo de alimentación ΔT de hidrocarburos del momento en el que se obtiene esta tasa de producción máxima M se almacenan de antemano como función de la cantidad de inyección Q y velocidad de motor N en forma de un mapa tal como se muestra en la figura 25A y la figura 25B en la ROM 32.

Por tanto, la cantidad de alimentación de hidrocarburos W mostrada en la figura 25A expresa la cantidad de alimentación máxima en cada estado de funcionamiento. Por tanto, la cantidad de alimentación de hidrocarburos se limita por la cantidad de alimentación máxima W mostrada en la figura 25A. Por otro lado, cuando la cantidad producida demandada del producto intermedio reductor es menor que la cantidad producida máxima M, si se hace que la cantidad de alimentación de hidrocarburos sea menor que la cantidad de alimentación máxima W mostrada en la figura 25A, la cantidad de producción del producto intermedio reductor puede convertirse en la cantidad producida demandada.

En este momento, en esta realización, la cantidad de alimentación de hidrocarburos se convierte en el valor obtenido multiplicando la cantidad de alimentación máxima W, que se determina según el estado de funcionamiento del motor y mostrada en la figura 25A, por (tasa de producción demandada de producto intermedio reductor/tasa de producción máxima M de producto intermedio reductor), mientras que el periodo de alimentación de los hidrocarburos se convierte en el periodo ΔT según el estado de funcionamiento del motor mostrado en la figura 25B. De este modo, en esta realización, la cantidad producida máxima M de producción posible del producto intermedio reductor se almacena de antemano, y la amplitud ΔH y el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se calculan a partir de la cantidad producida máxima M y la cantidad producida demandada del producto intermedio reductor.

A continuación, se explicará el control de liberación de NO_x según la presente invención.

La figura 26 muestra una tasa de purificación de NO_x del momento en el que se usa el primer método de purificación de NO_x para el procesamiento de purificación de NO_x y la tasa de almacenamiento de NO_x para el catalizador 13 de purificación de gases de escape en el momento en el que se usa el segundo método de purificación de NO_x . En el presente ejemplo, 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 13 de purificación de gases de escape es relativamente alta, se usa el primer método de purificación de NO_x según la invención. 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 13 de purificación de gases de escape es baja, se usa el segundo método de purificación de NO_x . Por tanto, en el momento de arranque del motor, habitualmente se usa el segundo método de purificación de NO_x , que no forma parte de la invención. Cuando la temperatura TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape se vuelve alta, el segundo método de purificación de NO_x se cambia al primer método de purificación de NO_x .

Por otro lado, cuando se usa el primer método de purificación de NO_x para realizar el procesamiento de purificación de NO_x , si la cantidad de NO_x que va a eliminarse aumenta rápidamente, a veces la cantidad de producto intermedio reductor necesaria para reducir el NO_x aumentado ya no puede producirse. En una realización de la presente invención, la cantidad producida máxima M de posible producción del producto intermedio reductor mostrada en la figura 24A se almacena en la ROM 32 de antemano. Cuando la cantidad producida demandada del producto intermedio reductor supera la cantidad producida máxima M, se determina que la cantidad de producto intermedio reductor necesaria para reducir el NO_x ya no puede producirse.

A este respecto, si la cantidad de producto intermedio reductor necesaria para reducir el NO_x ya no puede producirse de este modo, es decir, si la cantidad producida demandada del producto intermedio reductor se hace mayor que la cantidad producida máxima M mostrada en la figura 24A, a menos que se adopte algún tipo de etapa, terminará expulsándose una gran cantidad de NO_x desde el catalizador 13 de purificación de gases de escape. En el caso típico en el que la cantidad producida demandada del producto intermedio reductor se hace mayor que la cantidad producida máxima M mostrada en la figura 24A, el segundo método de purificación de NO_x se cambia al primer método de purificación en el estado en el que una gran cantidad de NO_x se almacena en el catalizador 13 de purificación de gases de escape.

En este momento, el NO_x que está almacenado en el catalizador 13 de purificación de gases de escape se libera rápidamente, de modo que la cantidad producida demandada del producto intermedio reductor se hace mayor que la cantidad producida máxima M mostrada en la figura 24A. En este momento, en una realización según la presente invención, la cantidad de alimentación de hidrocarburos se aumenta para aumentar la cantidad de hidrocarburos que se usa para la reducción del NO_x , con lo que la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace temporalmente rica. La figura 27 muestra el diagrama de tiempo en este momento, es decir, en el momento en el que el segundo método de purificación de NO_x se cambia al primer método de purificación de NO_x .

Obsérvese que la figura 27 muestra una temporización de inyección del combustible adicional WR, una temporización de alimentación de hidrocarburos WR, un cambio de la relación aire-combustible (A/F)in de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape y un cambio de la cantidad de NO_x almacenada ΣNOX , almacenada en el catalizador 13 de purificación de gases de escape. Tal como se muestra en la figura 27, cuando el segundo método de purificación de NO_x se cambia al primer método de purificación de NO_x cuando la cantidad de NO_x almacenada ΣNOX es un valor positivo, se libera NO_x desde el catalizador 13 de purificación de gases de escape. Para reducir el NO_x que se libera en este momento, se alimenta el combustible adicional WR y la relación aire-combustible entrante (A/F)in se hace temporalmente rica. Después se inicia el procesamiento de purificación de NO_x mediante el primer método de purificación de NO_x .

La figura 28 muestra una rutina de control para la purificación de NO_x para hacer funcionar esta realización. Esta rutina se ejecuta mediante la interrupción de cada intervalo de tiempo predeterminado.

Haciendo referencia a la figura 28, en primer lugar, en la etapa 60, se determina si la tasa de almacenamiento de NO_x para el catalizador 13 de purificación de gases de escape en el que se usa el segundo método de purificación de NO_x es menor que la tasa de purificación de NO_x cuando se usa el primer método de purificación de NO_x para realizar el procesamiento de purificación de NO_x . Cuando la tasa de almacenamiento de NO_x es mayor que la tasa de purificación de NO_x , la rutina avanza a la etapa 61 en la que se realiza el segundo método de purificación de NO_x conocido.

Es decir, en la etapa 61, la cantidad de NO_x almacenada NOXA por unidad de tiempo se calcula a partir del mapa mostrado en la figura 17, mientras que la tasa de descarga de NO_x NOXB se calcula a partir de la relación mostrada en la figura 18. A continuación, en la etapa 62, se usa la siguiente fórmula como base para calcular la cantidad de NO_x ΣNOX que se almacena en el catalizador 14 de purificación de gases de escape durante la acción de purificación de NO_x mediante el primer método de purificación de NO_x .

$$\Sigma\text{NOX} \leftarrow \Sigma\text{NOX} + \text{NOXA} - \text{NOXD}$$

5 A continuación, en la etapa 63, se determina si la cantidad de NO_x almacenada ΣNOX supera el valor admisible MAX. Si $\Sigma\text{NOX} > \text{MAX}$, la rutina avanza a la etapa 64 en la que la cantidad de combustible adicional WR se calcula a partir del mapa mostrado en la figura 20 y se realiza la acción de inyección de combustible adicional. A continuación, en la etapa 65, se elimina ΣNOX .

10 Por otro lado, cuando se determina en la etapa 60 que la tasa de almacenamiento de NO_x es menor que la tasa de purificación de NO_x , la rutina avanza a la etapa 66 en la que la cantidad de NO_x almacenada por unidad de tiempo, es decir, la tasa de entrada de NO_x NOXA, se calcula a partir del mapa mostrado en la figura 17 y la tasa de liberación de NO_x NOXD por unidad de tiempo se calcula a partir del mapa mostrado en la figura 21C. A continuación, en la etapa 67, la tasa de producción máxima M del producto intermedio reductor se calcula a partir de la relación mostrada en la figura 24A. A continuación, en la etapa 68, se calcula la suma NX de la tasa de entrada de NO_x NOXA y la tasa de liberación de NO_x (NOXD- ΣNOX). A continuación, en la etapa 69, se determina si esta suma NX es mayor que la tasa de producción máxima M del producto intermedio reductor.

20 Cuando la suma NX es menor que la tasa de producción máxima M, la rutina avanza a la etapa 70 en la que se usa el primer método de purificación de NO_x para realizar el procesamiento de purificación de NO_x . Es decir, en la etapa 70, se calcula la tasa de producción demandada del producto intermedio reductor RM. En esta realización, la suma NX se convierte en la tasa de producción demandada RM. En este caso, esta suma NX puede multiplicarse por la tasa de purificación demandada para el sistema de purificación de gases de escape según la presente invención para obtener la tasa de producción demandada RM. En este caso, $\text{RM} < \text{NX}$.

25 A continuación, en la etapa 71, la cantidad de alimentación máxima W de hidrocarburos calculada a partir del mapa mostrado en la figura 25A se multiplica por (tasa de producción demandada RM/tasa de producción máxima M) para calcular la cantidad de alimentación de hidrocarburos WF ($= (\text{RM}/\text{M}) \cdot \text{W}$). A continuación, en la etapa 72, el periodo de alimentación ΔT de hidrocarburos se calcula a partir del mapa mostrado en la figura 25B. A continuación, en la etapa 73, se usan la cantidad de alimentación WF y el periodo de alimentación ΔT calculados para un control de alimentación de los hidrocarburos.

30 Por otro lado, cuando se determina en la etapa 69 que la suma NX de la tasa de entrada de NO_x y la tasa de liberación de NO_x es mayor que la tasa de producción máxima M del producto intermedio reductor, la rutina avanza a la etapa 74 en la que se calcula la cantidad de combustible adicional necesaria para la reducción del NO_x almacenado y se realiza la acción de inyección de combustible adicional. A continuación, en la etapa 75, se elimina ΣNOX .

40 Las figuras 29A a 32 muestran otra realización. En esta realización, cuando la cantidad de producto intermedio reductor necesaria para reducir el NO_x no puede producirse, para aumentar la cantidad de hidrocarburos utilizada para la producción del producto intermedio reductor, la relación aire-combustible de base (A/F)_b se hace menor sin cambiar la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos. Es decir, el estado mostrado en la figura 29A se convierte en el estado mostrado en la figura 29B.

45 Si la relación aire-combustible de base (A/F)_b se hace menor sin cambiar la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos de este modo, la relación aire-combustible mínima del momento en el que los hidrocarburos se alimentan se vuelve considerablemente pequeña. Como resultado, se aumenta la cantidad de hidrocarburos utilizada para producir el producto intermedio reductor. Como resultado, se aumenta la cantidad de producción del producto intermedio reductor y puede procesarse una gran cantidad de NO_x .

50 En una realización de la presente invención, la relación aire-combustible de base (A/F)_b se hace menor haciendo que el grado de apertura de la válvula 10 de mariposa sea menor en comparación con el tiempo de funcionamiento habitual mostrado en la figura 29A. En esta realización, el grado de apertura θA de la válvula 10 de mariposa en el momento de funcionamiento normal mostrado en la figura 29A y el grado de apertura θB de la válvula 10 de mariposa en el momento en el que la relación aire-combustible de base (A/F)_b se hace menor tal como se muestra en la figura 29B se hallan de antemano. Estos grados de apertura θA y θB se almacenan de antemano como función de la cantidad de inyección Q y velocidad de motor N en forma de un mapa en la ROM 32. La figura 30 muestra un mapa del grado de apertura θB almacenado en la ROM 32.

60 En esta realización, tal como se muestra en la figura 31, cuando el segundo método de purificación de NO_x se cambia al primer método de purificación de NO_x , justo tras el cambio, la relación aire-combustible de base (A/F)_b se hace temporalmente menor.

65 La figura 32 muestra la rutina de control para purificación de NO_x para hacer funcionar esta realización. Esta rutina se ejecuta también mediante la interrupción de cada intervalo de tiempo predeterminado. Obsérvese que las etapas 80 a 89 en esta rutina son las mismas que las etapas 60 a 69 de la rutina mostrada en la figura 28. Además, las etapas 92 a 95 de la rutina mostrada en la figura 32 son las mismas que las etapas 70 a 73 de la rutina mostrada en

la figura 28.

Es decir, haciendo referencia a la figura 32, en primer lugar, en la etapa 80 se determina si la tasa de almacenamiento de NO_x para el catalizador 13 de purificación de gases de escape en el momento en el que se usa el segundo método de purificación de NO_x conocido es menor que la tasa de purificación de NO_x en el momento en el que se usa el primer método de purificación de NO_x según la invención para realizar el procesamiento de purificación de NO_x. Cuando la tasa de almacenamiento de NO_x es mayor que la tasa de purificación de NO_x, la rutina avanza a la etapa 81 en la que se realiza el segundo método de purificación de NO_x.

Es decir, en la etapa 81, la cantidad de NO_x almacenada NOXA por unidad de tiempo se calcula a partir del mapa mostrado en la figura 17, mientras que la tasa de descarga de NO_x NOXB se calcula a partir de la relación mostrada en la figura 18. A continuación, en la etapa 82, se usa la siguiente fórmula como base para calcular la cantidad de NO_x ΣNOX que se almacena en el catalizador 14 de purificación de gases de escape durante la acción de purificación de NO_x mediante el primer método de purificación de NO_x.

$$\Sigma\text{NOX} \leftarrow \Sigma\text{NOX} + \text{NOXA} - \text{NOXD}$$

A continuación, en la etapa 83, se determina si la cantidad de NO_x almacenada ΣNOX supera el valor admisible MAX. Cuando ΣNOX > MAX, la rutina avanza a la etapa 84 en la que la cantidad de combustible adicional WR se calcula a partir del mapa mostrado en la figura 20 y se realiza una acción de inyección de combustible adicional. A continuación, en la etapa 85, se elimina ΣNOX.

Por otro lado, cuando se determina en la etapa 80 que la tasa de almacenamiento de NO_x es menor que la tasa de purificación de NO_x, la rutina avanza a la etapa 86 en la que la cantidad de NO_x almacenada por unidad de tiempo, es decir, la tasa de entrada de NO_x NOXA, se calcula a partir del mapa mostrado en la figura 17 y la tasa de liberación de NO_x NOXD por unidad de tiempo se calcula a partir del mapa mostrado en la figura 21C. A continuación, en la etapa 87, la tasa de producción máxima M del producto intermedio reductor se calcula a partir de la relación mostrada en la figura 24A. A continuación, en la etapa 88, se calcula la suma NX de la tasa de entrada de NO_x NOXA y la tasa de liberación de NO_x (NOXD · ΣNOX). A continuación, en la etapa 89, se determina si esta suma NX es mayor que la tasa de producción máxima M del producto intermedio reductor.

Cuando la suma NX es menor que la tasa de producción máxima M, la rutina avanza a la etapa 90 en la que se realiza el procesamiento de purificación de NO_x habitual mediante el primer método de purificación de NO_x. Es decir, en la etapa 90, se calcula el grado de apertura almacenado θA de la válvula 10 de mariposa en el momento de funcionamiento normal, entonces se hace que el grado de apertura de la válvula 10 de mariposa sea el grado de apertura θA. A continuación, en la etapa 90, se calcula la tasa de producción demandada del producto intermedio reductor RM. En esta realización, la suma NX se convierte en la tasa de producción demandada RM. En este caso, como se explicó anteriormente, esta suma NX puede multiplicarse por la tasa de producción hallada para el sistema de purificación de gases de escape según la presente invención para obtener la tasa de producción demandada RM.

A continuación, en la etapa 93, la cantidad de alimentación máxima W de los hidrocarburos calculada a partir del mapa mostrado en la figura 25A se multiplica por (tasa de producción demandada RM/tasa de producción máxima M) para calcular la cantidad de alimentación de hidrocarburos WF=(RM/M)·W. A continuación, en la etapa 94, se calcula el periodo de alimentación ΔT de hidrocarburos a partir del mapa mostrado en la figura 25B. A continuación, en la etapa 95, se usan la cantidad de alimentación calculada WF y el periodo de alimentación ΔT para un control de alimentación de los hidrocarburos.

Por otro lado, cuando se determina en la etapa 89 que la suma NX de la tasa de entrada de NO_x y la tasa de liberación de NO_x es mayor que la tasa de producción máxima M del producto intermedio reductor, la rutina avanza a la etapa 91 en la que el grado de apertura θB de la válvula 10 de mariposa para hacer que la relación aire-combustible de base (A/F)_b sea menor se calcula a partir del mapa mostrado en la figura 30 y el grado de apertura de la válvula 10 de mariposa se convierte en este grado de apertura θB. A continuación, la rutina avanza a la etapa 92.

De este modo, en la realización mostrada en las figuras 27 a 31, cuando la cantidad de producto intermedio reductor necesaria para reducir el NO_x no puede producirse, la cantidad de hidrocarburos que se usa para producir el producto intermedio reductor o reducir el NO_x se aumenta temporalmente.

A continuación, haciendo referencia a la figura 33, se explicará aún otro ejemplo. La figura 33 muestra el caso en el que se alimenta combustible adicional WR a la cámara 2 de combustión para hacer que la relación aire-combustible de los gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape sea temporalmente rica para hacer que el catalizador 13 de purificación de gases de escape libere el NO_x almacenado cuando se usa el segundo método de purificación de NO_x. Obsérvese que, en la figura 33, TX muestra la temperatura de activación del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Por tanto, la figura 33 muestra el caso en el que la temperatura

TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape es menor que la temperatura de activación TX antes de que se alimente el combustible adicional WR, es decir, antes de que se realice un control rico para hacer que la relación aire-combustible entrante (A/F)_{in} sea rica.

5 Tal como se muestra en la figura 33, si se inicia el control rico, el calor de la reacción de oxidación de los hidrocarburos que se expulsan desde la cámara 2 de combustión hace que la temperatura TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape se eleve rápidamente y supere la temperatura de activación TX. Por otro lado, aunque se inicie el control rico, los hidrocarburos que se expulsan desde las cámaras 2 de combustión se usan para consumir el oxígeno almacenado dentro del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Por tanto, aunque se inicie el control rico, la relación aire-combustible entrante (A/F)_b de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape no se hará rica de inmediato.

Ahora, si se inicia el control rico y la relación aire-combustible entrante (A/F)_{in} se hace menor, el NO_x almacenado en el catalizador 13 de purificación de gases de escape se libera rápidamente. En este momento, tal como se muestra en la figura 33 en t₁, hay un periodo de tiempo en el que la temperatura TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape se convierte en la temperatura de activación TX o más y la relación aire-combustible entrante (A/F)_{in} se hace pobre. En este periodo de tiempo t₁, si se usa el primer método de purificación de NO_x para el procesamiento de purificación de NO_x, se usa el NO_x liberado para producir el producto intermedio reductor y se usa este producto intermedio reductor para reducir el NO_x liberado. Por tanto, en esta realización, en el periodo de tiempo t₁ de la producción posible de este producto intermedio reductor, se alimentan los hidrocarburos WF y se usa el primer método de purificación de NO_x según la invención para el procesamiento de purificación de NO_x.

Por otro lado, incluso tras finalizar el control rico, tal como se muestra en la figura 33 at t₂, hay un periodo de tiempo en el que la temperatura TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape se convierte en una temperatura de activación TX o más y la relación aire-combustible entrante (A/F)_{in} se hace pobre. En este periodo de tiempo t₂ también, si se usa el primer método de purificación de NO_x para realizar el procesamiento de purificación de NO_x, se usa el NO_x liberado para producir el producto intermedio reductor. En este caso también, este producto intermedio reductor se usa para reducir el NO_x liberado. Sin embargo, en este caso, para formar el producto intermedio reductor producido, los hidrocarburos WF se alimentan mediante el periodo de tiempo t₂ de la producción posible de este producto intermedio reductor.

Es decir, en esta realización, los hidrocarburos WF se alimentan para poder producir un producto intermedio reductor en el catalizador 13 de purificación de gases de escape en un posible periodo de producción de producto intermedio reductor t₁ antes de que la relación aire-combustible (A/F) de los gases de escape que fluyen al catalizador 13 de purificación de gases de escape cambie de pobre a rica después de que se alimente el combustible adicional WR y en el periodo de producción de producto intermedio reductor posible t₂ después de que la relación aire-combustible (A/F) de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape 13 cambie de rica a pobre.

Por otro lado, si el catalizador 13 de purificación de gases de escape se deteriora debido al calor o se contamina con azufre, la capacidad de almacenamiento de NO_x y la capacidad de retención del producto intermedio reductor disminuyen. Por tanto, en este caso, la cantidad de NO_x que puede almacenarse y el tiempo de retención de producto intermedio reductor mostrados en la figura 22A se corrigen preferiblemente según el deterioro por calor o la contaminación con azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape. La figura 34A muestra el coeficiente de corrección para la cantidad de NO_x que puede almacenarse, mientras que la figura 34B muestra el coeficiente de corrección para el tiempo de retención de producto intermedio reductor.

Tal como se muestra en la figura 34A, el coeficiente de corrección para la cantidad del NO_x que puede almacenarse se hace menor cuanto más larga sea la distancia de conducción del vehículo, es decir, cuanto mayor sea el deterioro por calor del catalizador 13 de purificación de gases de escape o la cantidad de contaminación con azufre. En este caso, por ejemplo, si se multiplica el valor admisible MAX mostrado en la figura 16 por este coeficiente de corrección, el periodo del control rico en el momento en el que se usa el segundo método de purificación de NO_x se hace más corto cuanto más larga sea la distancia de conducción del vehículo. Por otro lado, tal como se muestra en la figura 34B, el coeficiente de corrección para el tiempo de retención de producto intermedio reductor se hace menor cuanto mayor sea la cantidad de contaminación con azufre. En este caso, por ejemplo, si se multiplica el ΔT mostrado en la figura 22B por este coeficiente de corrección, el periodo de alimentación ΔT de hidrocarburos se hace más corto cuanto mayor sea la cantidad de contaminación con azufre.

Obsérvese que, como otro ejemplo, también es posible disponer un catalizador de oxidación para reformar los hidrocarburos en el conducto de gases de escape de motor aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape y es posible disponer un catalizador para almacenar o retener el NO_x en el conducto de gases de escape de motor aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Cuando se dispone un catalizador que almacena o retiene el NO_x en este intervalo, se realiza un control de purificación de NO_x considerando también la acción de liberación de NO_x desde este catalizador.

65

Lista de números de referencia

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

REIVINDICACIONES

1. Método de funcionamiento de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna que comprende un catalizador (13) de purificación de gases de escape, en el que un catalizador (51, 52) de metales preciosos se porta sobre una superficie de flujo de gases de escape del catalizador (13) de purificación de gases de escape y una capa (53) básica con una parte (54) superficial de flujo de gases de escape básica se forma alrededor del catalizador (51, 52) de metales preciosos, caracterizado porque el catalizador (13) de purificación de gases de escape se dispone en un conducto de gases de escape de motor para la reacción del NO_x contenido en los gases de escape y los hidrocarburos reformados obtenidos dentro del catalizador (13) de purificación de gases de escape de hidrocarburos que se alimentan desde una válvula (15) de alimentación de hidrocarburos antes de que el NO_x se absorba en la capa (53) básica en forma de nitratos para producir un producto intermedio reductor que contiene nitrógeno e hidrocarburos, en el que el catalizador (13) de purificación de gases de escape tiene la propiedad de producir el producto intermedio reductor que se adhiere o adsorbe sobre la superficie de la capa (53) básica y reducir el NO_x contenido en los gases de escape mediante una acción de reducción del producto intermedio reductor producido si se produce una vibración de una concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape dentro de un intervalo predeterminado de amplitud ΔH de una concentración de hidrocarburos y dentro de un intervalo predeterminado de periodo de vibración ΔT , y el catalizador (13) de purificación de gases de escape tiene la propiedad de aumentar en la cantidad de almacenamiento de NO_x que está contenido en los gases de escape si se prolonga el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos más del intervalo predeterminado, y, en el momento del funcionamiento del motor, se calcula una cantidad producida demandada del producto intermedio reductor necesario para reducir el NO_x y se controlan la amplitud ΔH y el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape de modo que una cantidad de producción del producto intermedio reductor se convierte en dicha cantidad producida demandada.
2. Método de funcionamiento de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que dicha cantidad producida demandada del producto intermedio reductor se expresa mediante una suma de una cantidad de NO_x entrante que se expulsa desde un motor y que fluye al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape y una cantidad de NO_x liberada que está almacenada en el catalizador (13) de purificación de gases de escape y que se libera desde el catalizador de purificación de gases de escape.
3. Método de funcionamiento de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 2, en el que una tasa de liberación de NO_x del NO_x que está almacenado en el catalizador (13) de purificación de gases de escape y que se libera desde el catalizador (13) de purificación de gases de escape se almacena de antemano y en el que la cantidad de NO_x liberada se calcula a partir de una cantidad de NO_x almacenada que está almacenada en el catalizador (13) de purificación de gases de escape y dicha tasa de liberación de NO_x .
4. Método de funcionamiento de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que se almacenan de antemano un tiempo de retención del producto intermedio reductor que se retiene en el catalizador (13) de purificación de gases de escape y una tasa de producción de producto intermedio reductor en el momento en que se produce el producto intermedio reductor mediante los hidrocarburos alimentados y en el que se calculan la amplitud ΔH y el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape a partir de la cantidad producida demandada del producto intermedio reductor, el tiempo de retención del producto intermedio reductor y la tasa de producción de producto intermedio reductor.
5. Método de funcionamiento de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que se almacena de antemano una cantidad producida máxima de la producción posible del producto intermedio reductor y en el que se calculan la amplitud ΔH y el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape a partir de la cantidad producida máxima y la cantidad producida demandada del producto intermedio reductor.
6. Método de funcionamiento de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos se encuentra entre 0,3 segundos y 5 segundos.
7. Método de funcionamiento de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que cuando no puede producirse la cantidad de producto intermedio reductor necesaria para reducir el NO_x , temporalmente se aumenta una cantidad de hidrocarburos utilizada

para producir el producto intermedio reductor o para reducir el NO_x.

- 5 8. Método de funcionamiento de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 7, en el que se almacena de antemano una cantidad producida máxima de la producción posible del producto intermedio reductor y en el que cuando la cantidad producida demandada del producto intermedio reductor supera la cantidad producida máxima, se determina que no puede producirse una cantidad de producto intermedio reductor necesaria para reducir el NO_x.
- 10 9. Método de funcionamiento de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 7, en el que cuando no puede producirse la cantidad de producto intermedio reductor necesaria para reducir el NO_x, se aumenta una cantidad de alimentación de hidrocarburos para aumentar una cantidad de hidrocarburos utilizada para reducir el NO_x y haciéndose temporalmente rica una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape.
- 15 10. Método de funcionamiento de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 7, en el que cuando no puede producirse la cantidad de producto intermedio reductor necesaria para reducir el NO_x, una relación aire-combustible de base se hace más pequeña para aumentar una cantidad de hidrocarburos utilizada para producir el producto intermedio reductor.
- 20 11. Método de funcionamiento de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que cuando se hace que el catalizador (13) de purificación de gases de escape libere un NO_x almacenado alimentando combustible adicional a una cámara de combustión para hacer temporalmente rica una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape, se alimentan hidrocarburos para permitir la producción del producto intermedio reductor en el catalizador (13) de purificación de gases de escape en un periodo de producción de producto intermedio reductor posible antes de que la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al catalizador (13) de purificación de gases de escape cambie de pobre a rica después de que se alimente el combustible adicional y en un periodo de producción de producto intermedio reductor posible después de que la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape cambie de rica a pobre.
- 25 30 35 12. Método de funcionamiento de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que dicho catalizador (51, 52) de metales preciosos está compuesto por platino Pt y al menos uno de rodio Rh y paladio Pd.
- 40 13. Método de funcionamiento de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que se forma una capa (53) básica que contiene un metal alcalino, un metal alcalinotérreo, una tierra rara, o un metal que puede donar electrones a NO_x sobre la superficie de flujo de gases de escape del catalizador (13) de purificación de gases de escape y en el que la superficie de dicha capa (53) básica forma la parte (54) superficial de flujo de gases de escape básica.

Fig.1

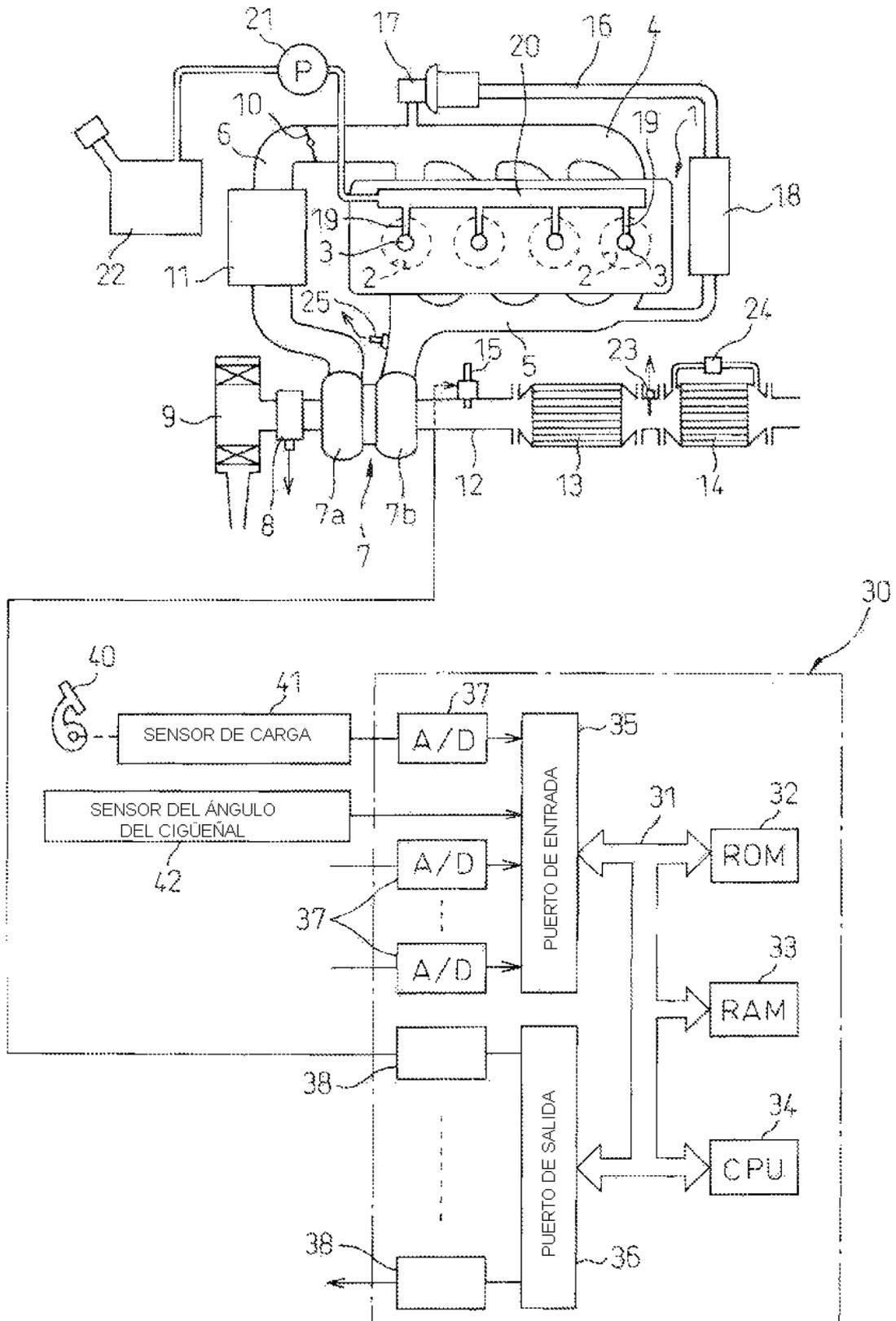


Fig. 2

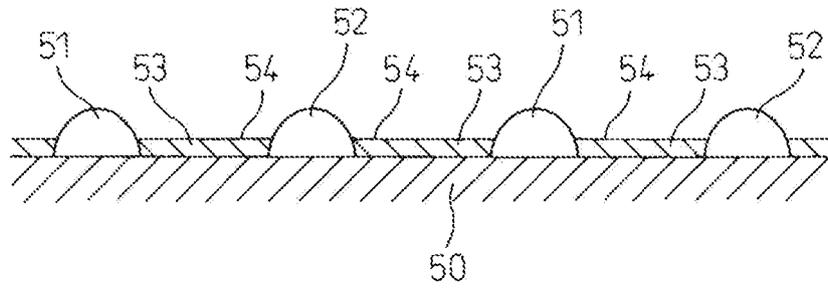


Fig. 3

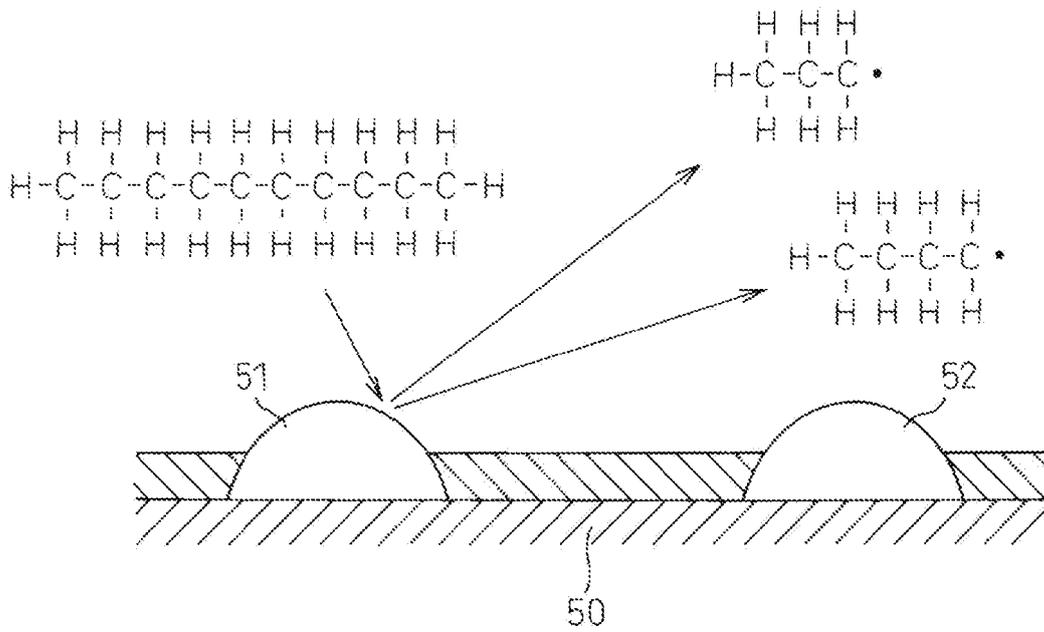


Fig.4

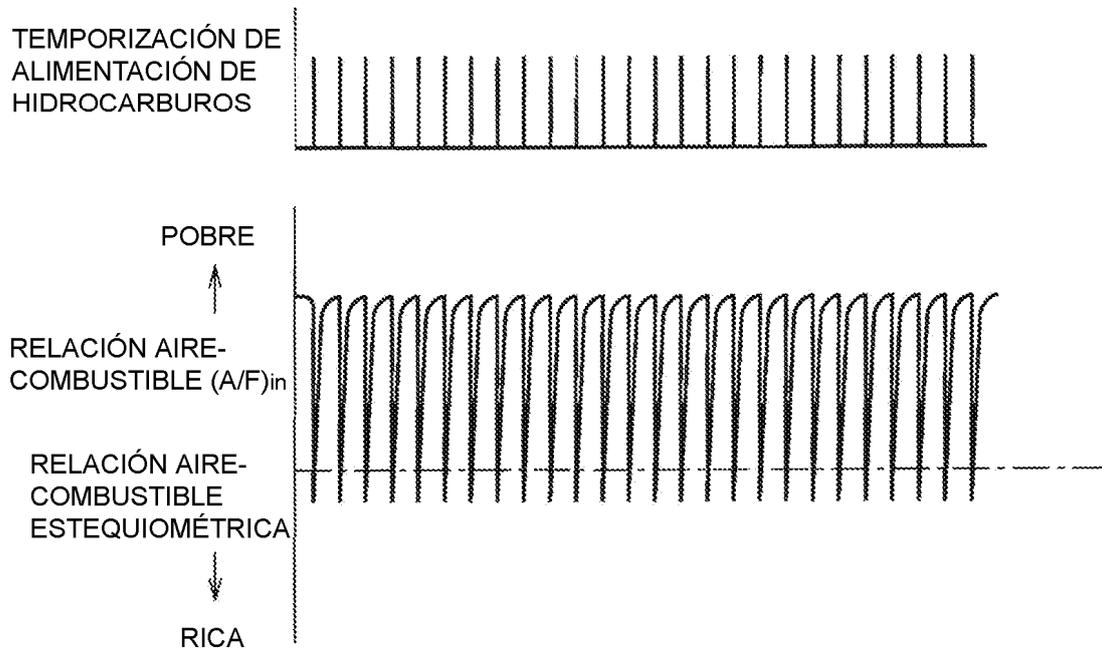


Fig.5

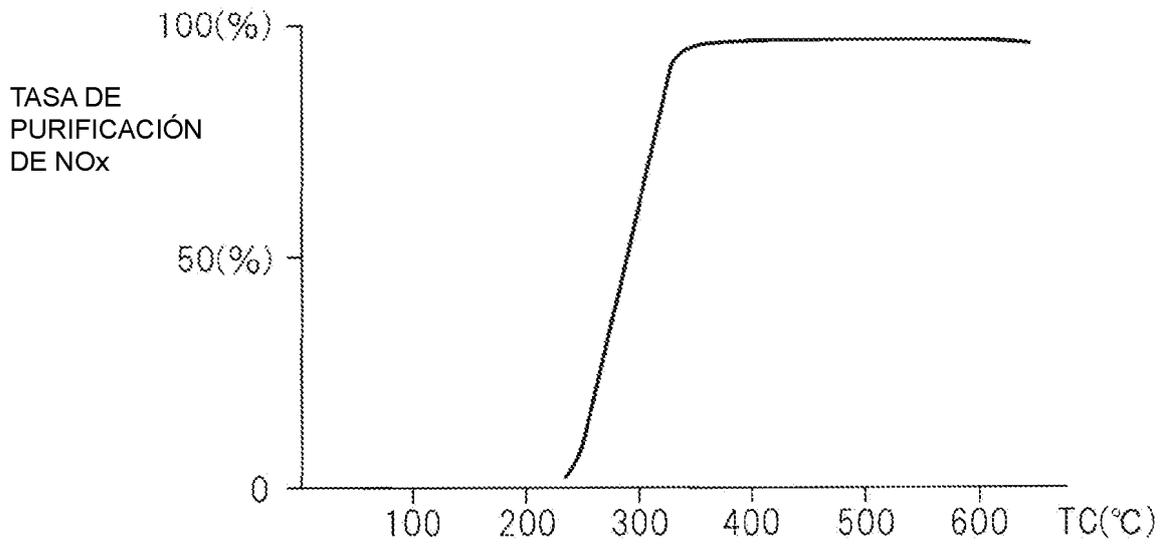


Fig. 6A

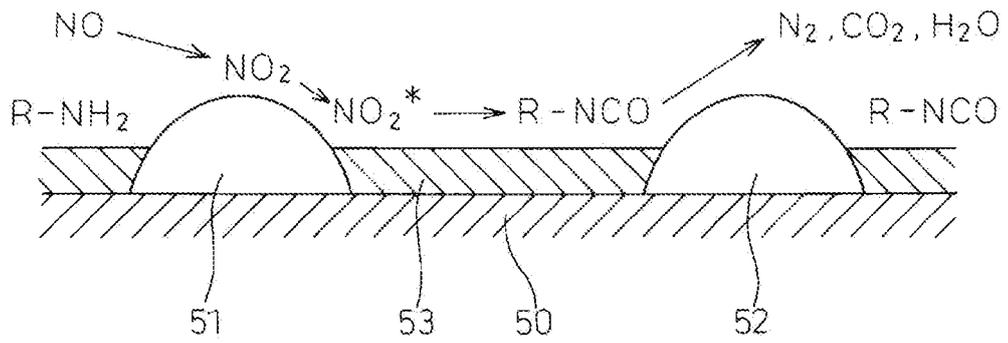


Fig. 6B

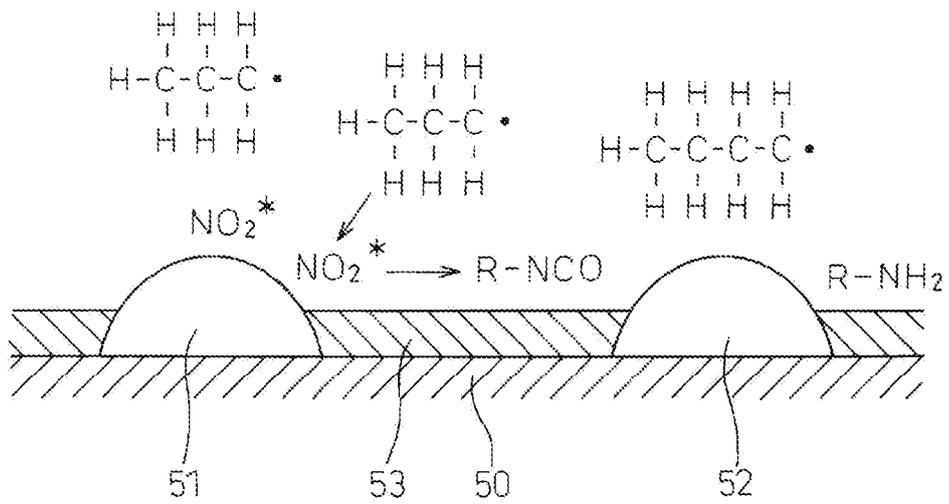


Fig. 7A

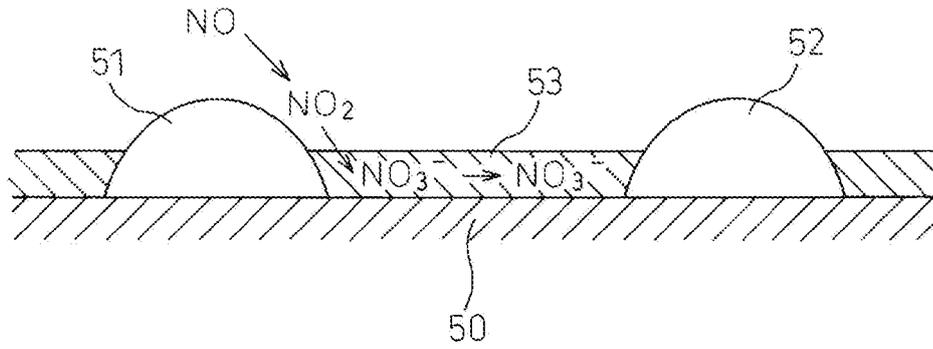


Fig. 7B

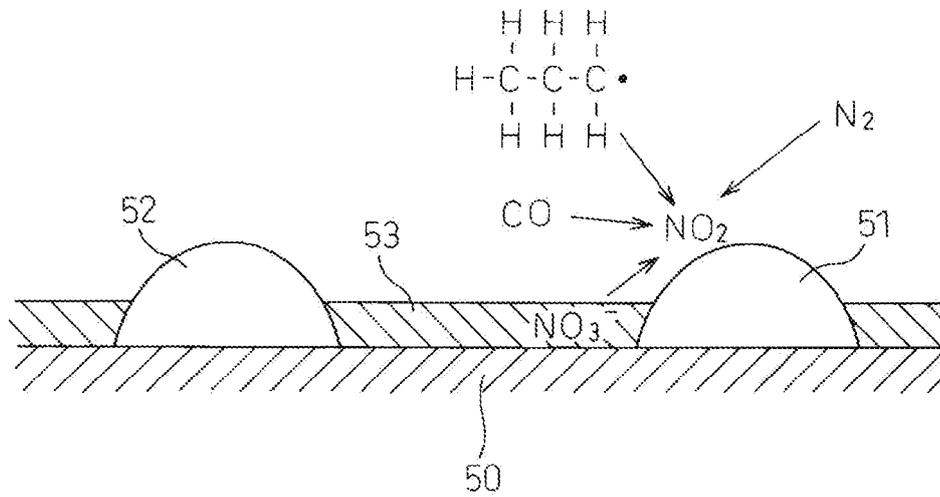


Fig.8

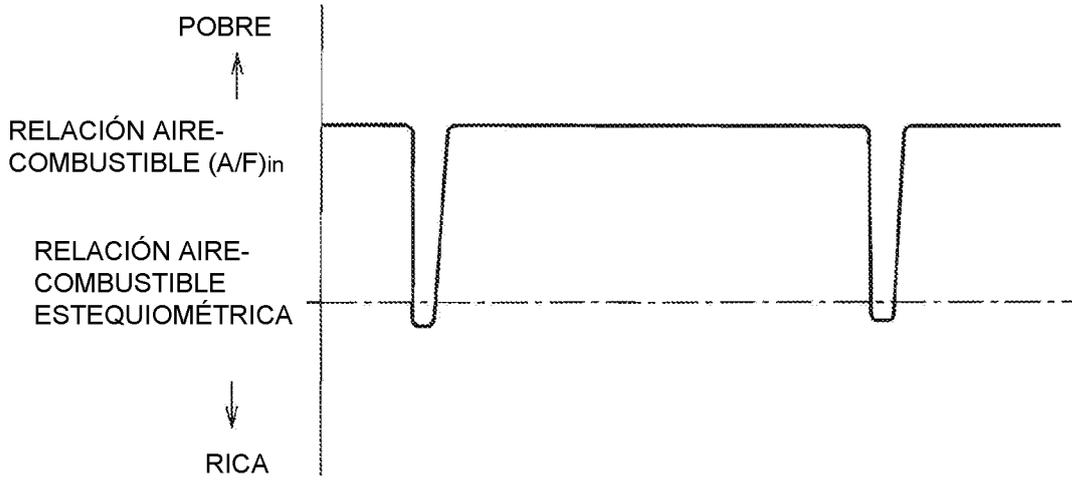


Fig.9

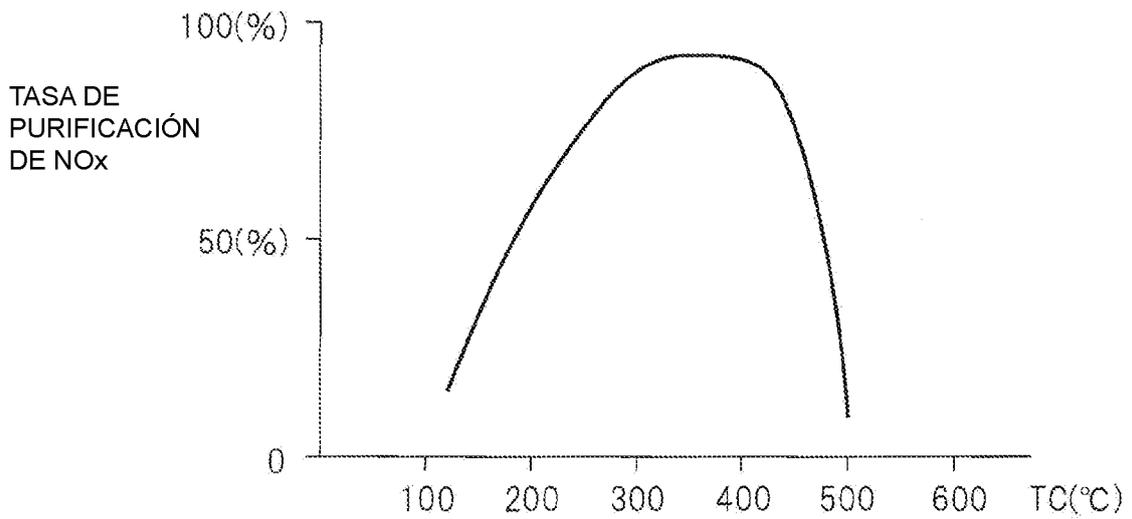


Fig. 10

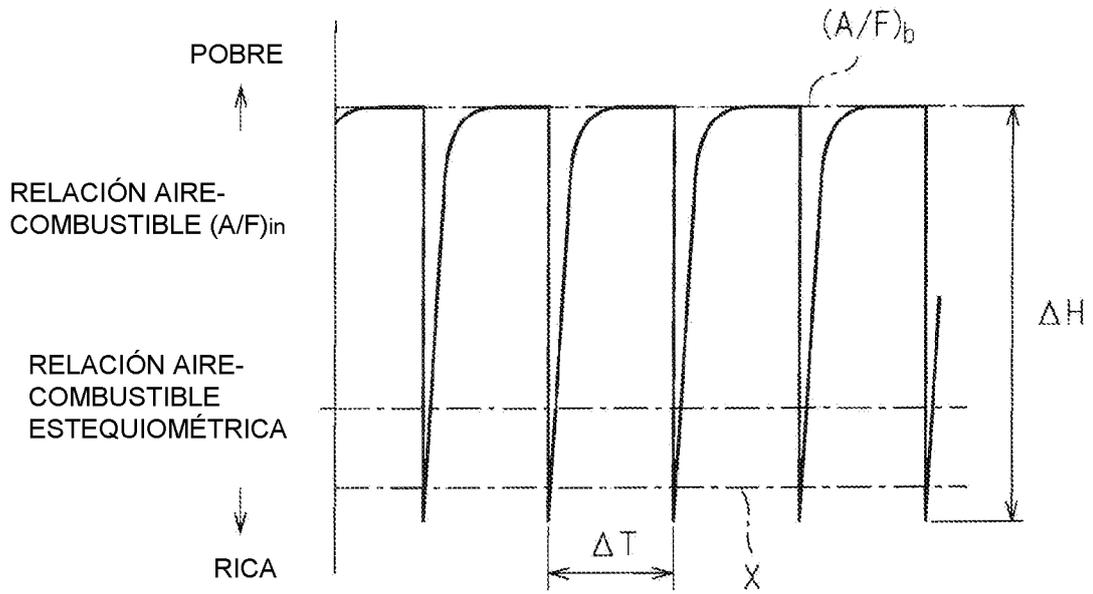


Fig. 11

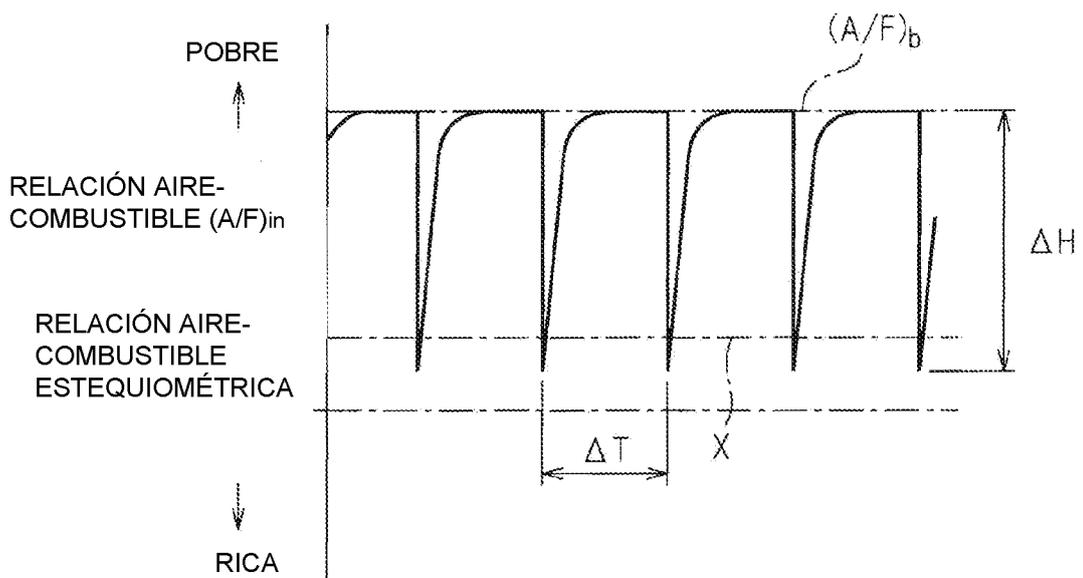


Fig.12

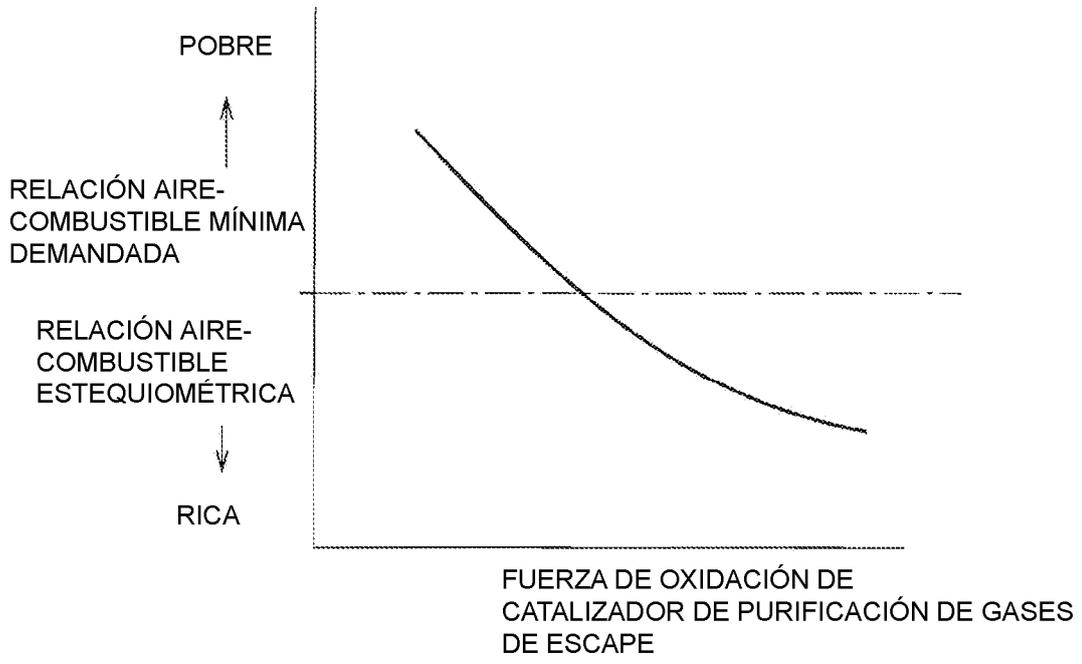


Fig.13

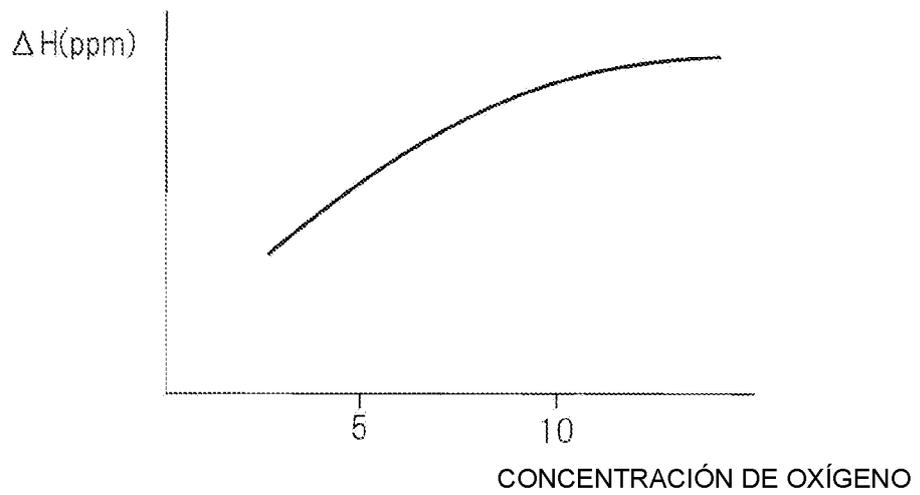


Fig.14

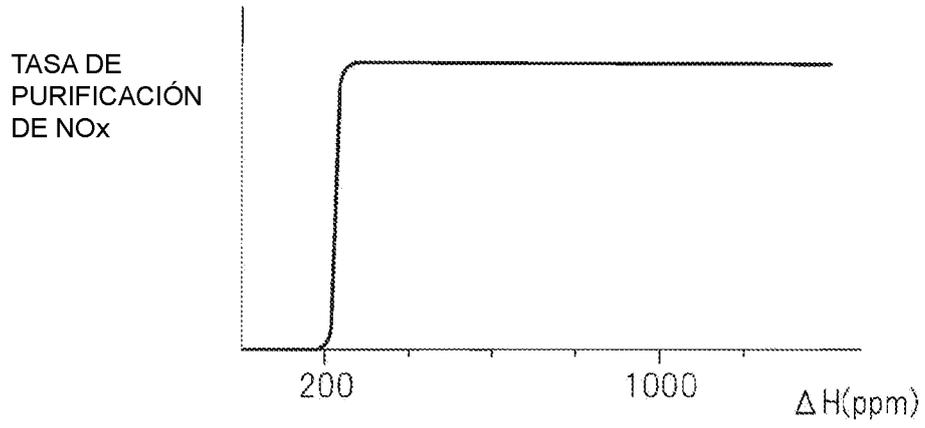


Fig.15

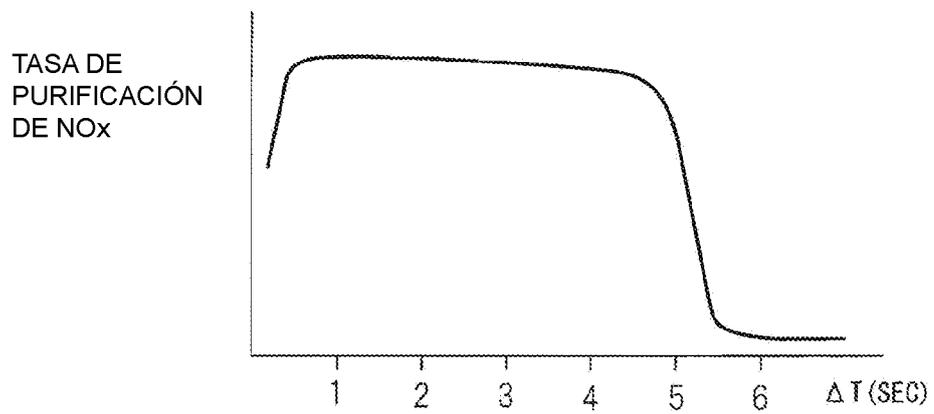


Fig.16

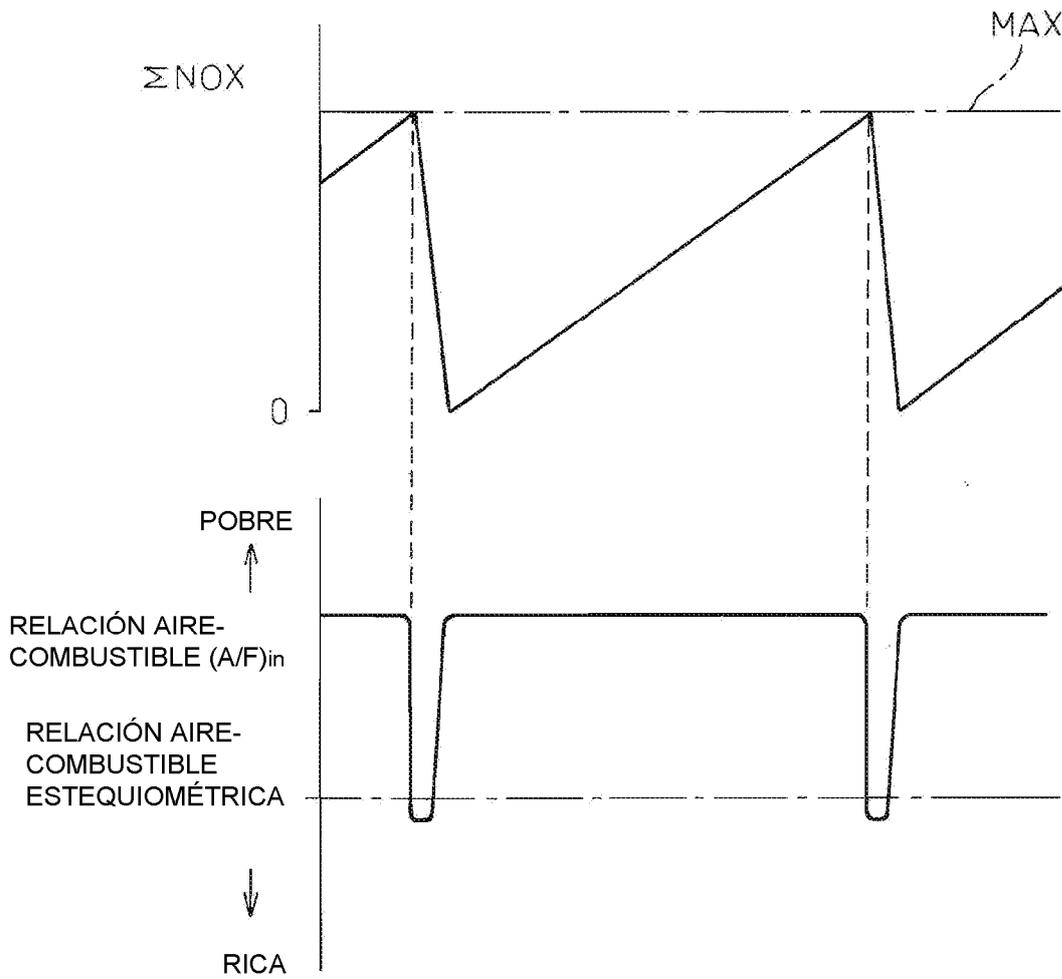


Fig.17

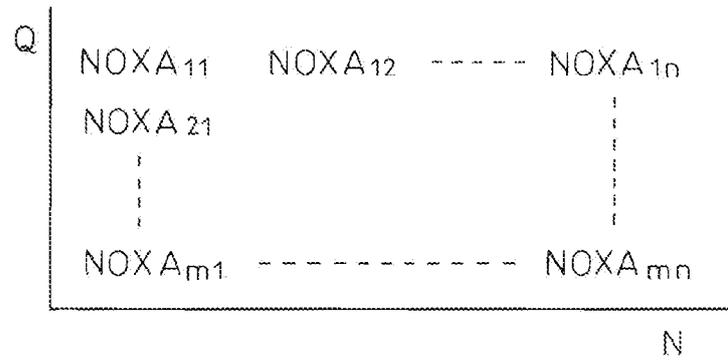


Fig.18

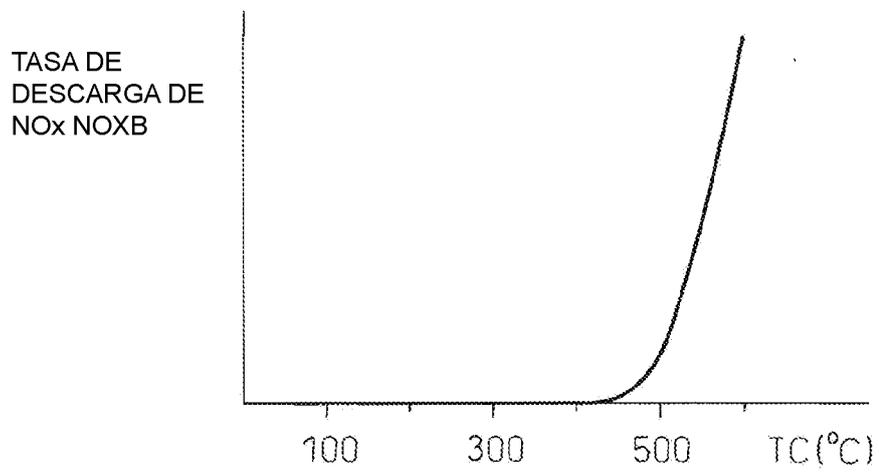


Fig.19

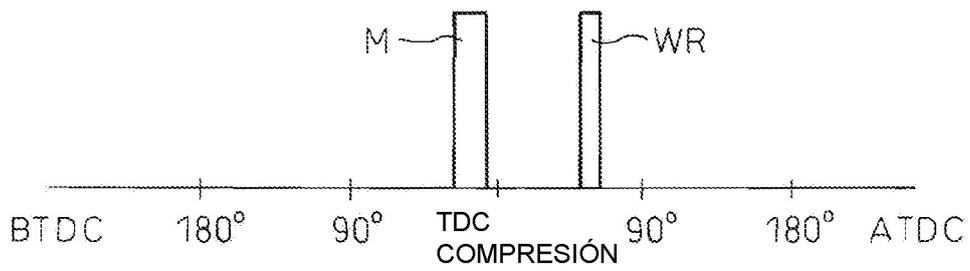


Fig.20

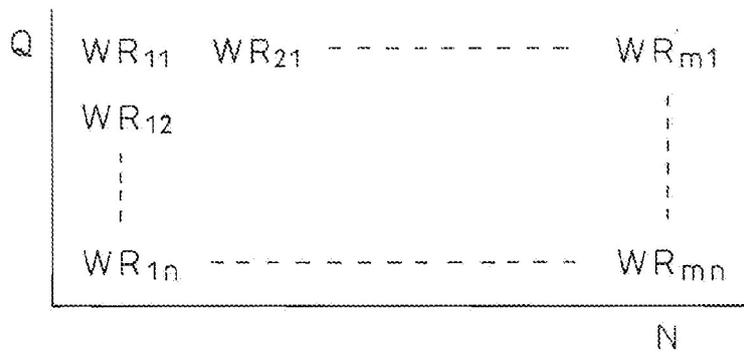


Fig.21A

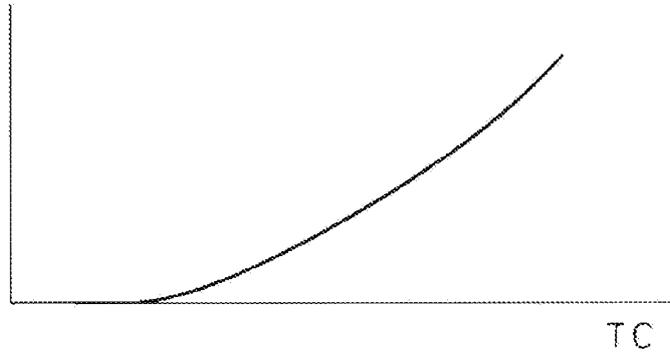


Fig.21B

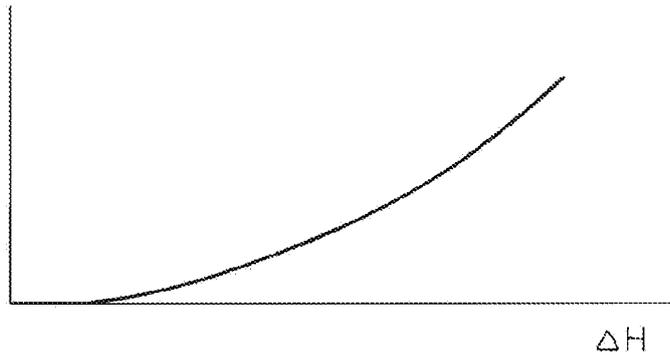


Fig.21C

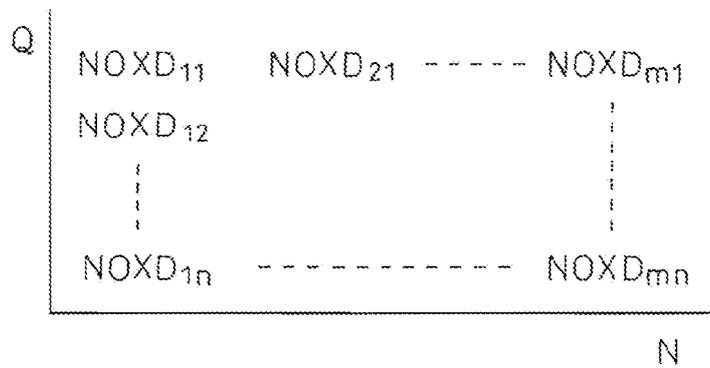


Fig.22A

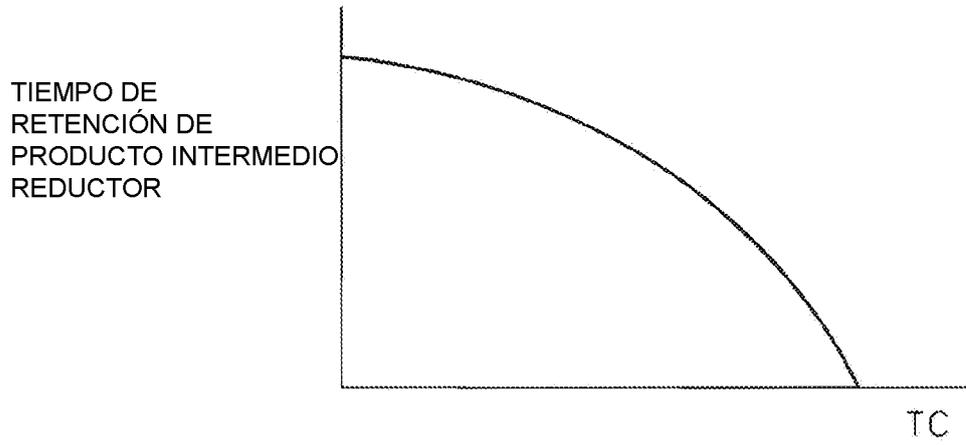


Fig.22B

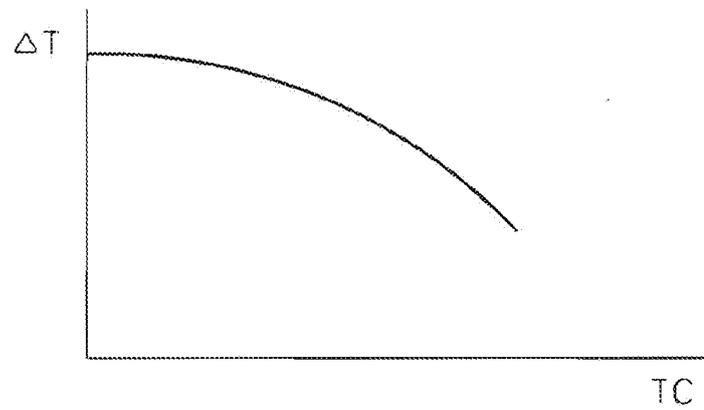


Fig.23A

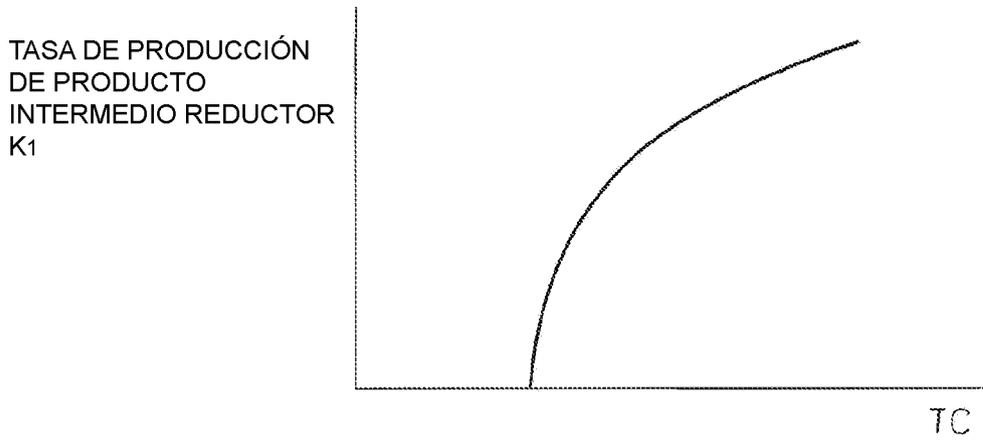


Fig.23B

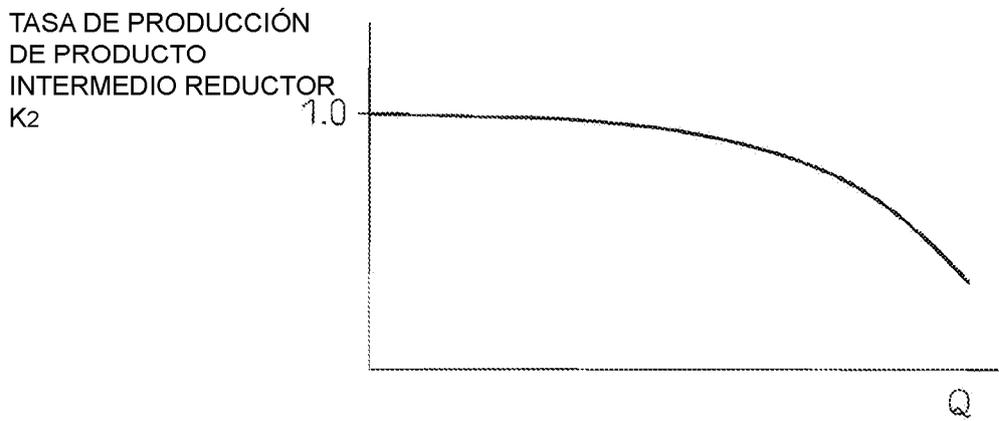


Fig.24A

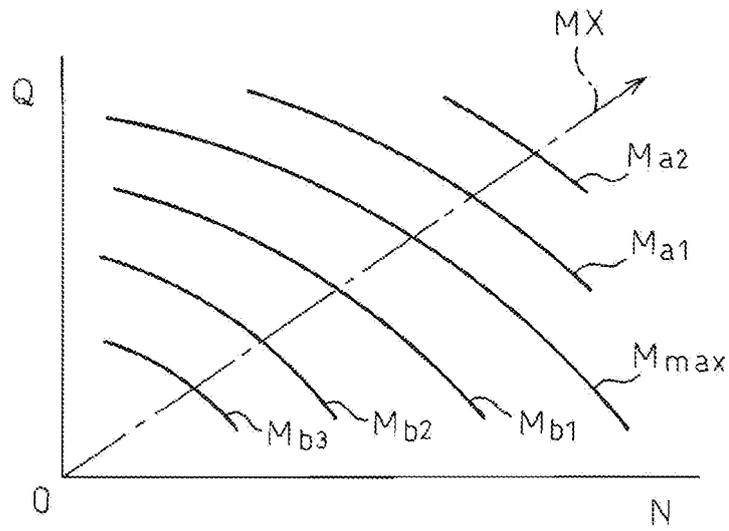


Fig.24B

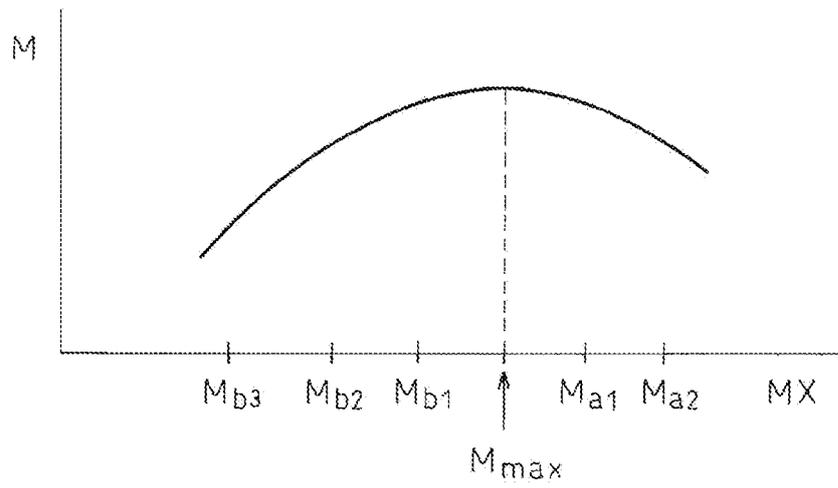


Fig. 25A

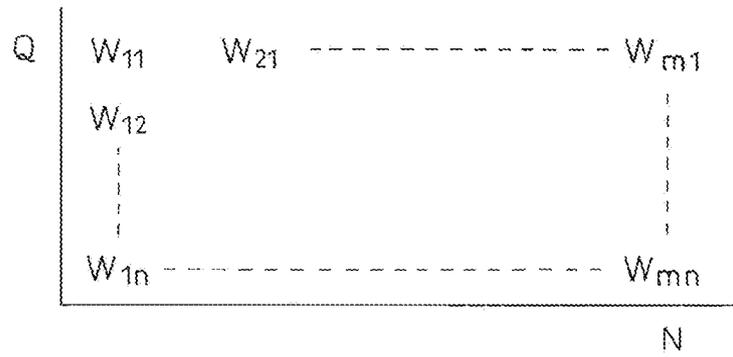


Fig. 25B

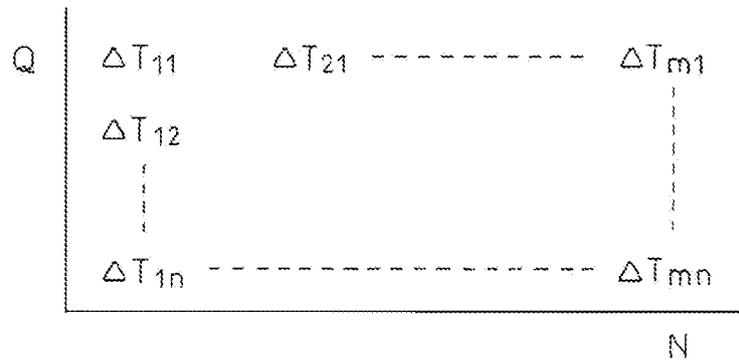


Fig.26

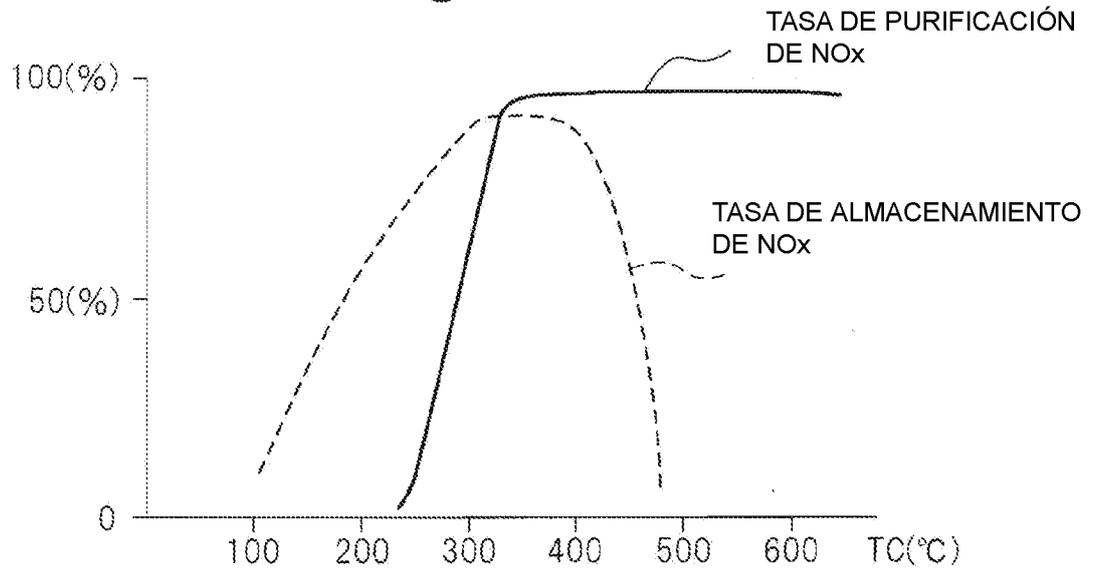


Fig.27

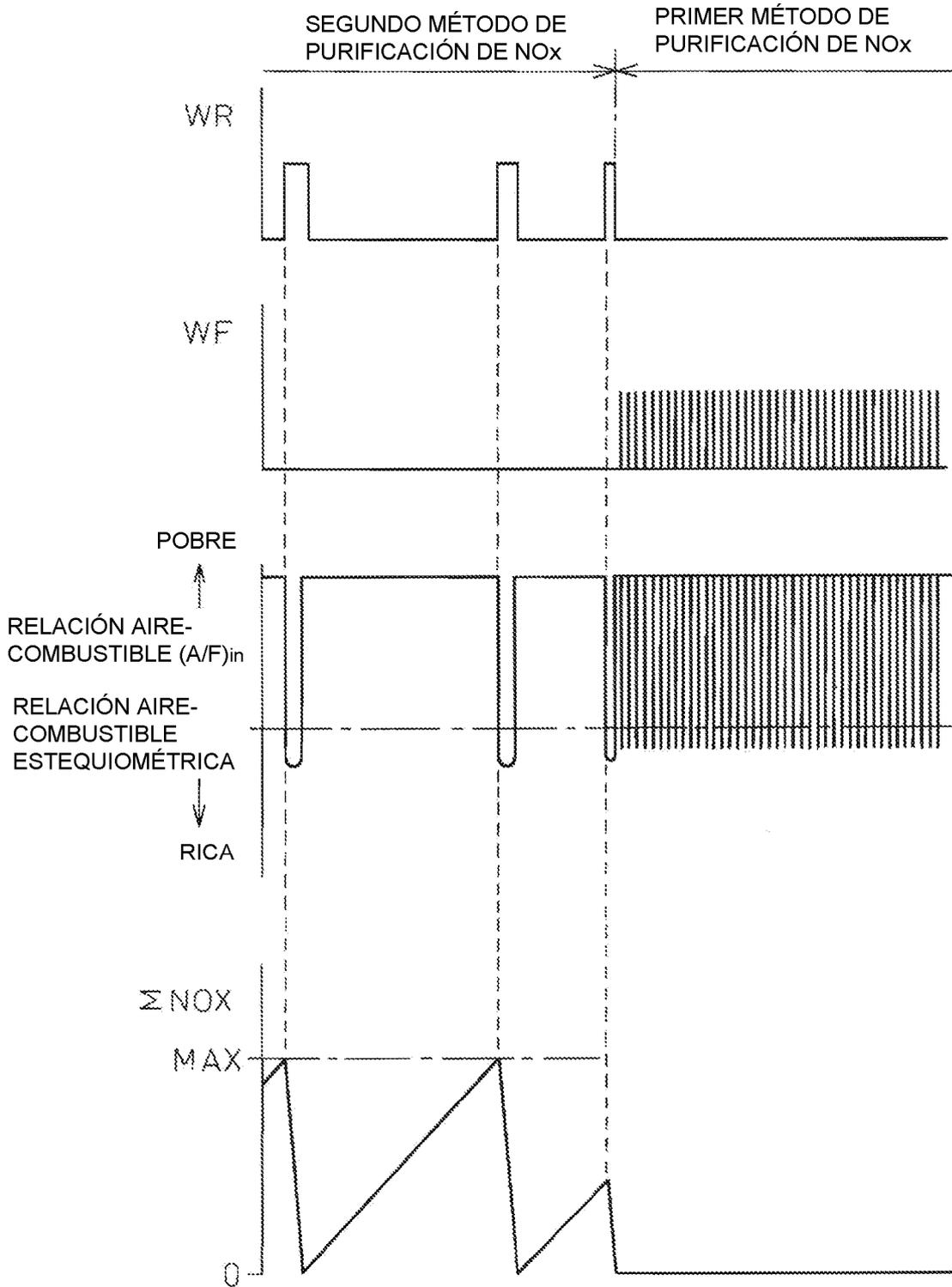


Fig.28

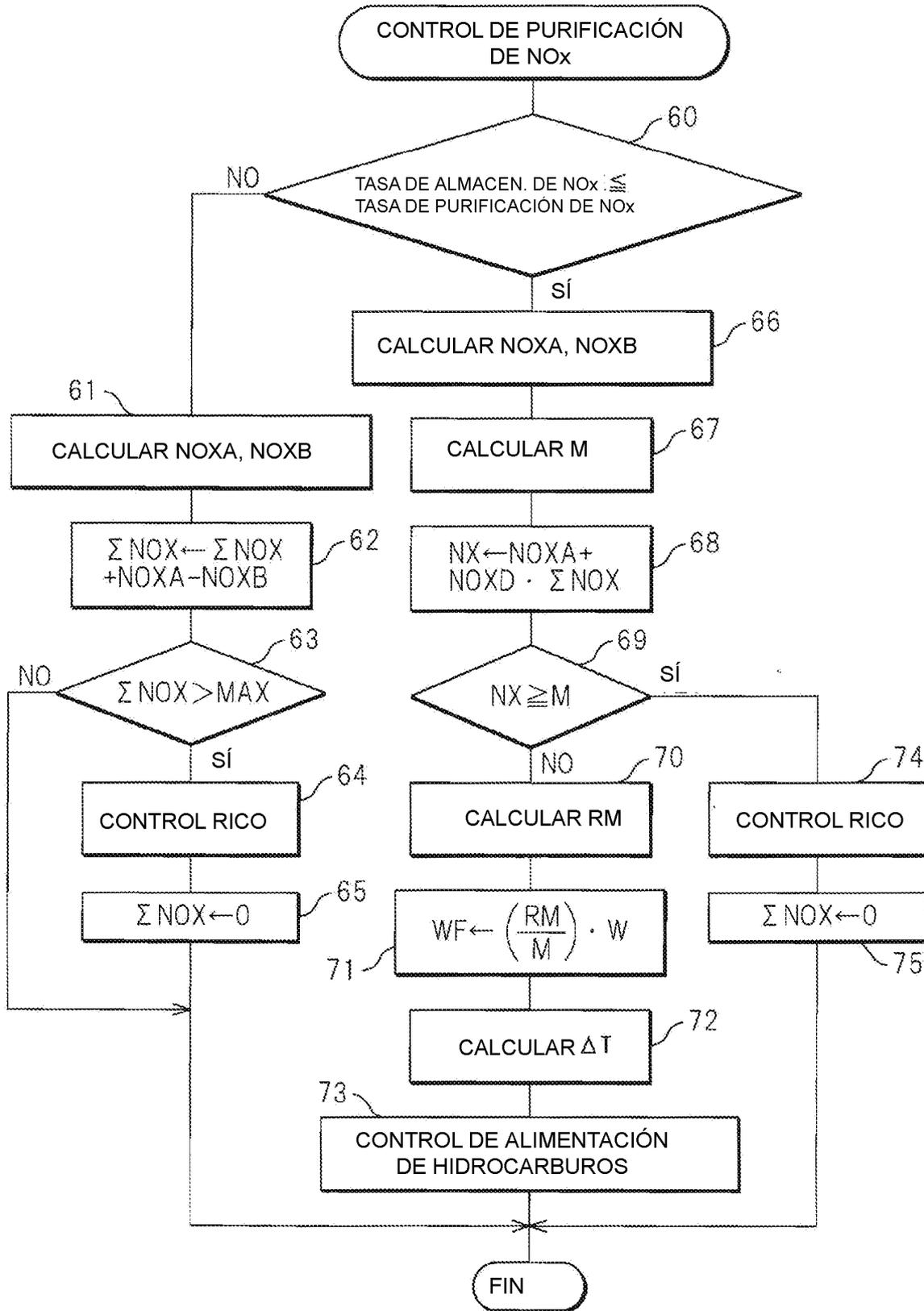


Fig.29A

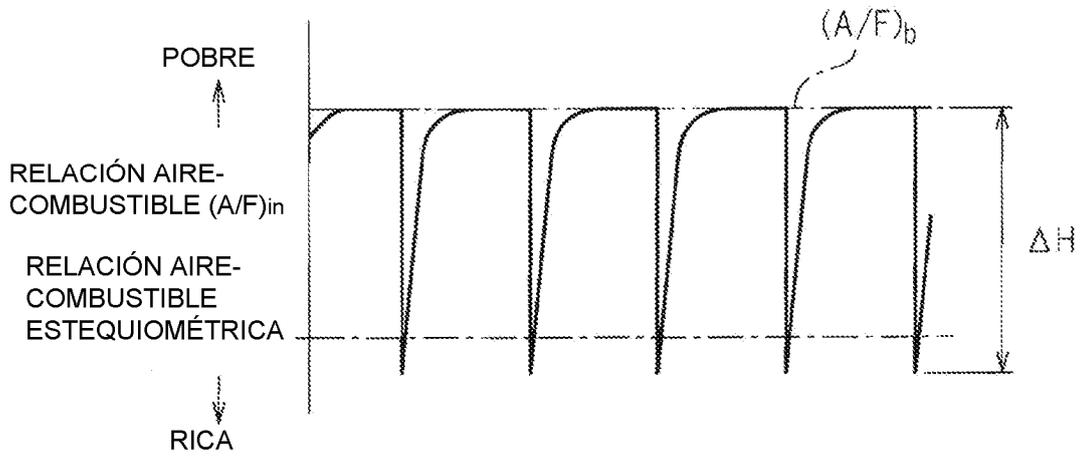


Fig.29B

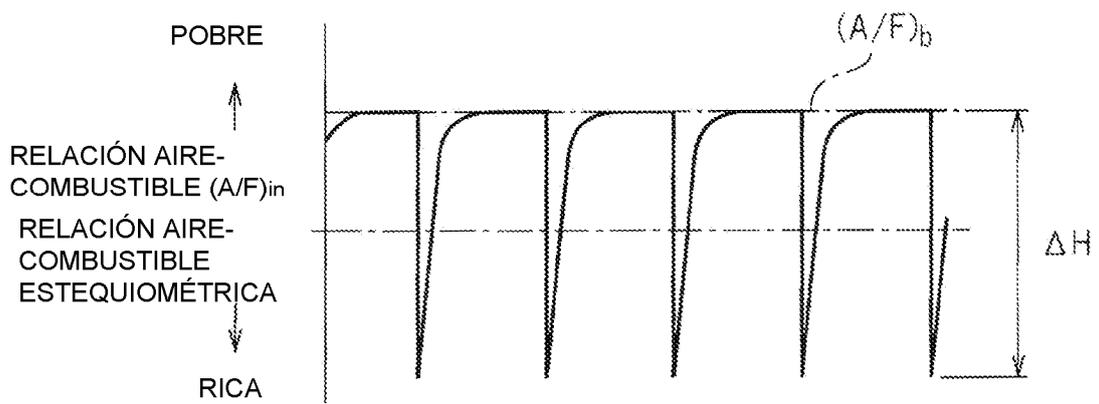


Fig.30

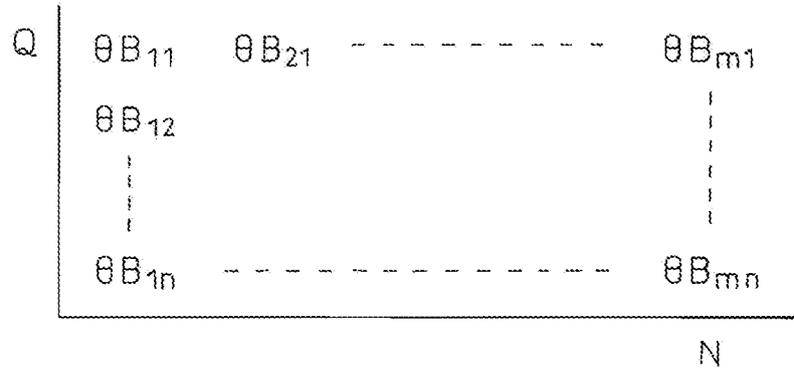


Fig.31

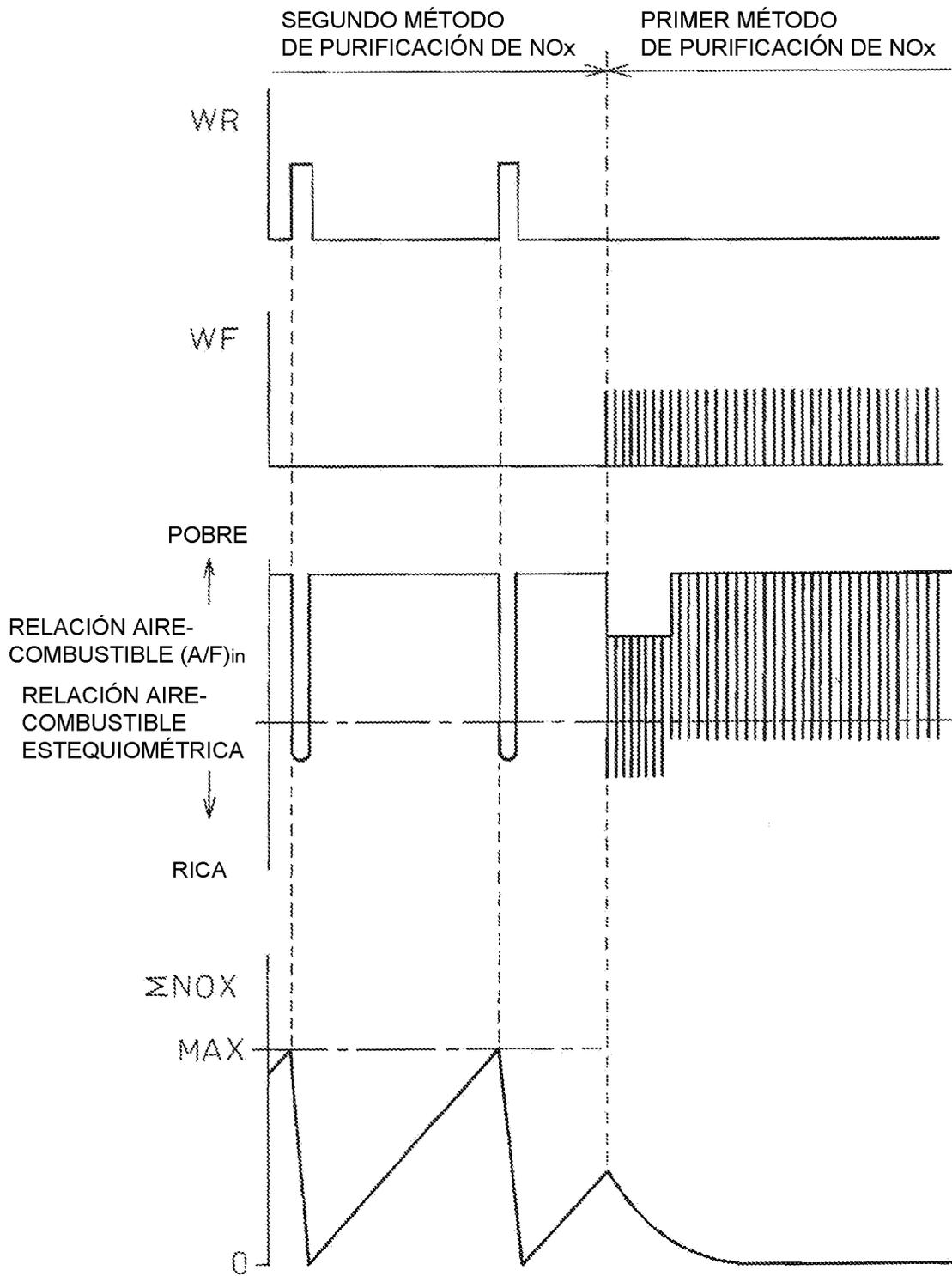


Fig.32

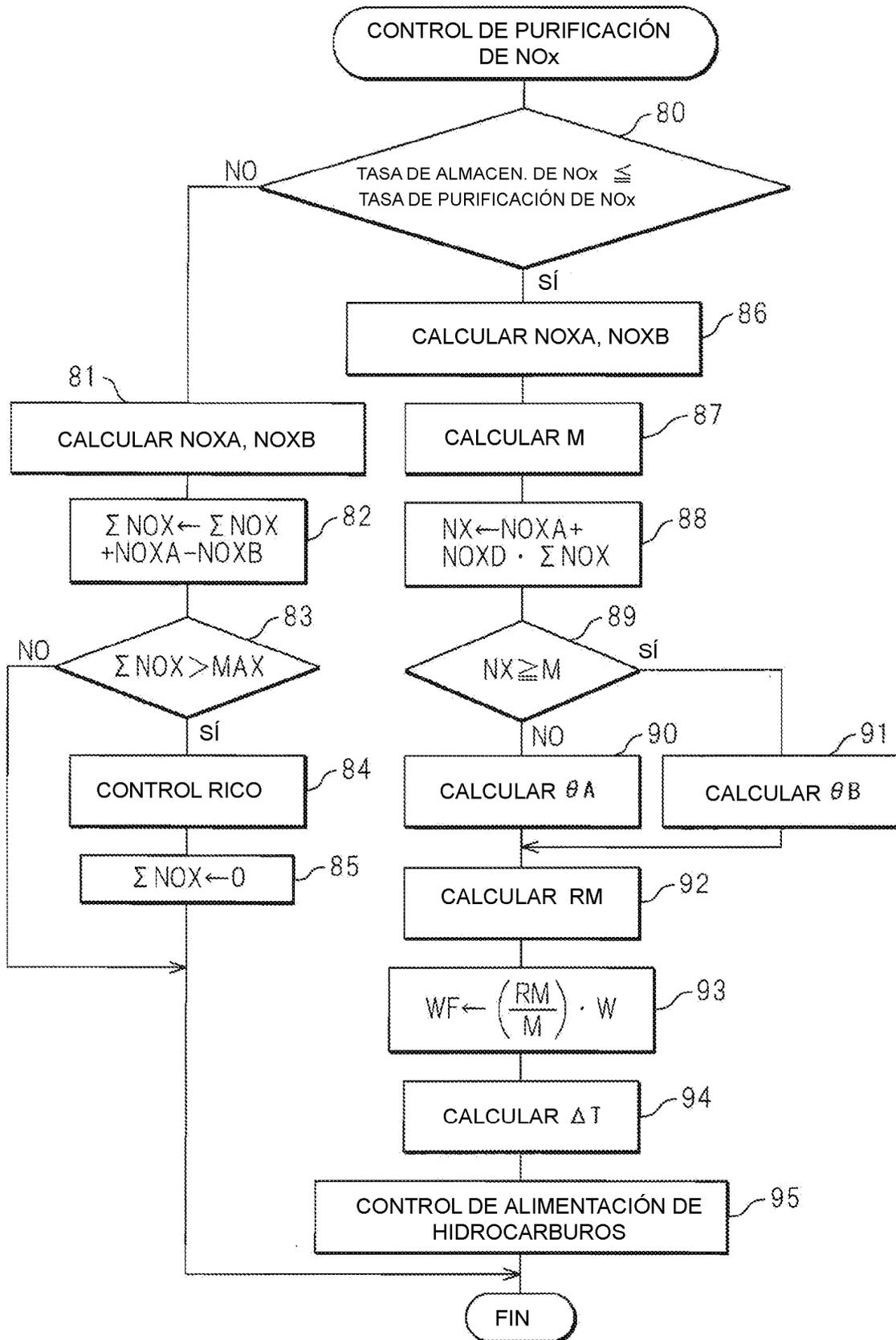


Fig. 33

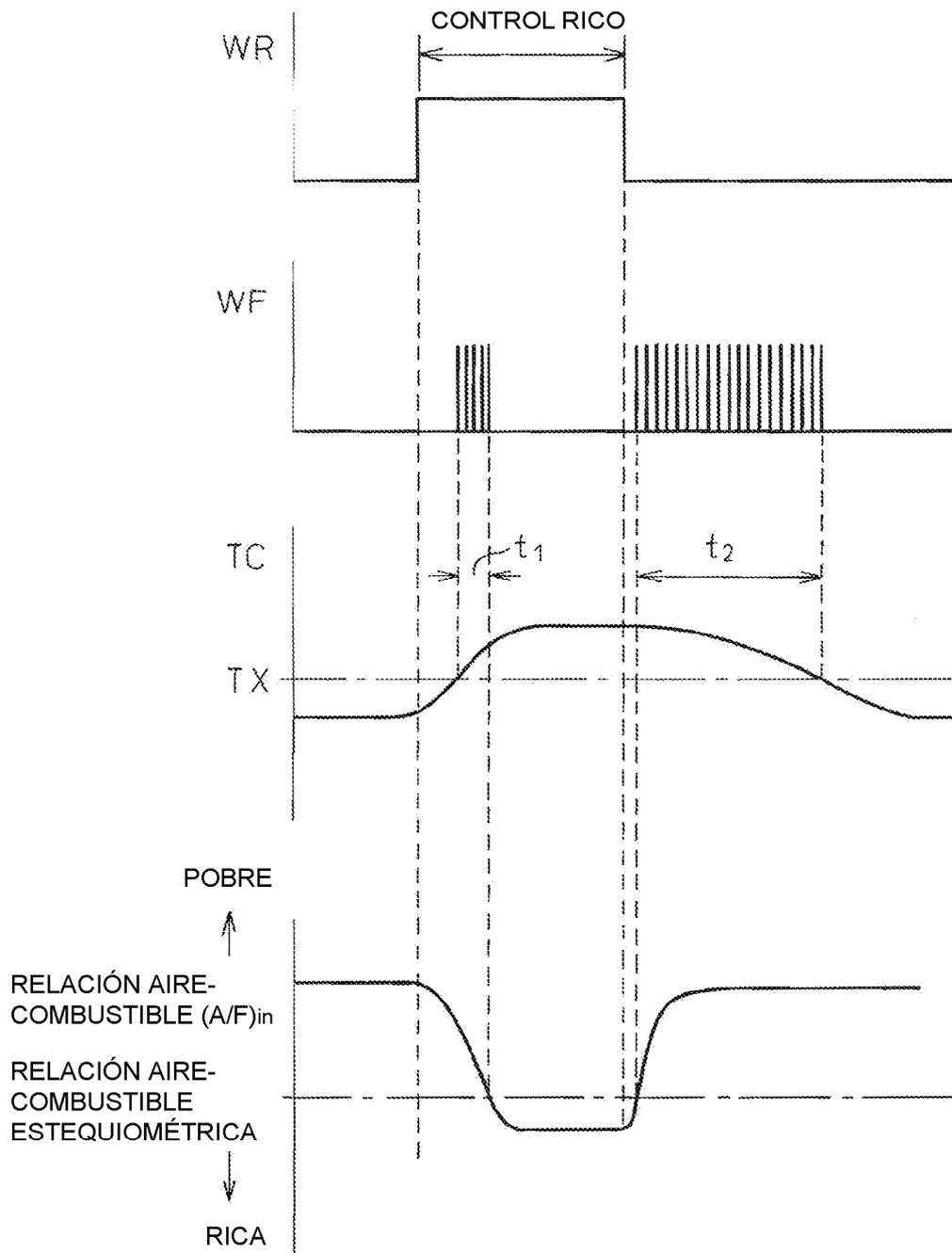


Fig.34A

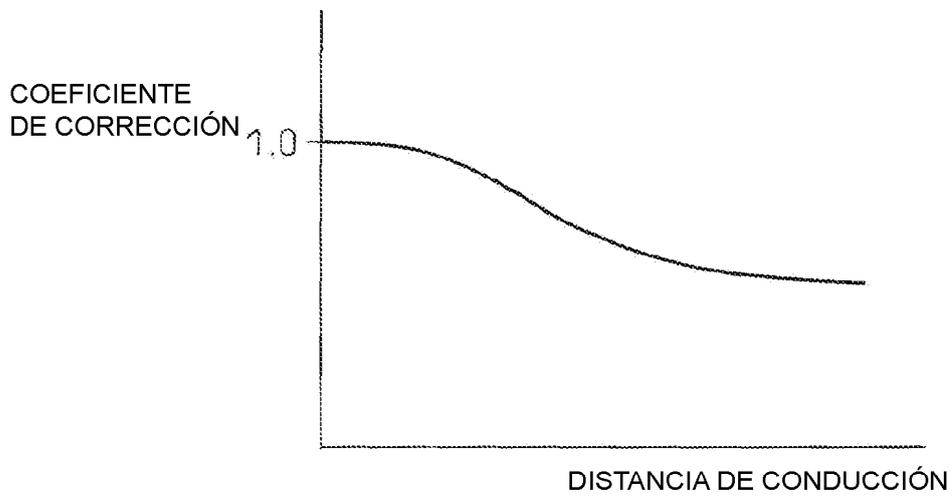


Fig.34B

