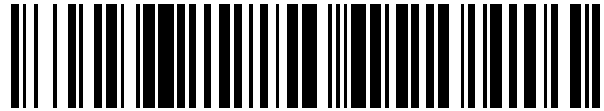


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 720 620**

51 Int. Cl.:

**F01N 3/36** (2006.01)  
**F01N 3/08** (2006.01)  
**F02D 41/04** (2006.01)  
**F01N 3/20** (2006.01)  
**F01N 3/035** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.10.2010 PCT/JP2010/068785**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **26.04.2012 WO12053117**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.10.2010 E 10849177 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2019 EP 2617959**

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

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.07.2019**

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

72 Inventor/es:  
**BISAIJI, YUKI;  
YOSHIDA, KOHEI;  
INOUE, MIKIO y  
UMEMOTO, KAZUHIRO**

74 Agente/Representante:  
**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 720 620 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Método de purificación de NOx de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna

**Campo técnico**

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

**Antecedentes de la técnica**

10 En la técnica se conoce un motor de combustión interna que dispone, en un conducto de escape de motor, un catalizador de almacenamiento de NOx que almacena NOx que está contenido en el gas de escape cuando la relación de aire-combustible del gas de escape que ingresa es pobre y que libera el NOx almacenado cuando la relación de aire-combustible del gas de escape que ingresa se enriquece, que dispone, en el conducto de escape del motor aguas arriba del catalizador de almacenamiento de NOx, un catalizador de oxidación que tiene una función de adsorción y que alimenta hidrocarburos al conducto de escape del motor aguas arriba del catalizador de oxidación para hacer que la relación de aire-combustible del gas de escape que fluye hacia el catalizador de almacenamiento de NOx sea rica al liberar NOx del catalizador de almacenamiento de NOx (por ejemplo, véase la literatura de patente 1).

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

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

30 La literatura de patente 3 describe que en un motor de combustión interna, un catalizador de purificación de NOx está dispuesto en el conducto de escape del motor y un catalizador que produce un producto intermedio capaz de almacenar NOx contenido en el gas de escape está dispuesto corriente arriba del catalizador de purificación de NOx. El catalizador que produce el producto intermedio se alimenta con combustible rociado y los productos intermedios que comprenden moléculas unidas compuestas por NOx y moléculas de hidrocarburo más que una relación equivalente con respecto a una molécula de NOx se producen a partir del NOx atrapado en el catalizador que produce el producto intermedio o el NOx contenido en el gas de escape y el combustible alimentado.

40 Además, la literatura de patente 4 describe sistemas y métodos para mejorar el rendimiento y el control de las emisiones de motores de combustión interna equipados con sistemas de control de emisiones con reducción de almacenamiento de óxidos de nitrógeno ("NSR"). El sistema comprende un catalizador NSR, un procesador de combustible ubicado corriente arriba del catalizador NSR y al menos un puerto de inyección de combustible. El procesador de combustible convierte un combustible en una mezcla de gas reductor que comprende CO y H2. La mezcla de gases reductores se alimenta luego al catalizador NSR, donde regenera el adsorbente NSR, reduce el NOx a nitrógeno y, opcionalmente, periódicamente desulfata el catalizador NSR. El procesador de combustible comprende uno o más catalizadores, que facilitan reacciones tal como la combustión, oxidación parcial y/o reformado y ayudan a consumir el exceso de oxígeno presente en una corriente de gases de escape del motor.

45 Lista de citas

Literatura de patente

Literatura de patentes 1: Patente japonesa No. 3969450

Literatura de patente 2: US 2001/052232 A1

50 Literatura de patente 3: EP 2 063 078 A1

Literatura de patente 4: US 2004/050037 A1

## Compendio de la invención

### Problema técnico

Sin embargo, existe el problema de que cuando el catalizador de almacenamiento de NOx se convierte en una temperatura alta, la tasa de purificación de NOx disminuye.

- 5 Un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna que pueda obtener una tasa de purificación de NOx alta incluso si la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape se convierte en una temperatura alta.

### Solución al problema

El objeto anterior se resuelve con la materia o reivindicación 1. Otras configuraciones ventajosas de la invención se pueden extraer de las reivindicaciones dependientes.

- 10 De acuerdo a la presente invención, se proporciona un método de purificación de NOx de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna en el que un catalizador de purificación de gases de escape para hacer reaccionar el NOx contenido en el gas de escape e hidrocarburos reformados está dispuesto dentro de un conducto de escape de motor, un catalizador de metal precioso está soportado en una superficie de flujo de gases de escape del catalizador de purificación de gases de escape y una parte superficial básica de flujo de gases  
15 de escape se forma alrededor del catalizador de metal precioso, donde el catalizador de purificación de gases de escape reduce el NOx que está contenido en el gas de escape si una concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape se hace vibrar dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de período y tiene una propiedad de ser aumentado en la cantidad de almacenamiento de NOx que está contenido en el gas de escape si el período de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace más largo que el intervalo predeterminado, en el momento de operación del motor, si la  
20 concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape se hace vibrar dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de período, y, en este momento, cuando una cantidad predeterminada o más de NOx se almacena en o se puede almacenar en el catalizador de purificación de gases de escape, la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape se incrementa temporalmente para desorber el NOx que está almacenado en el catalizador de purificación de gases de escape, en donde en dicho catalizador de purificación de gases de escape, el NOx contenido en el gas de escape e hidrocarburos reformados reaccionan con lo que se produce un producto intermedio reductor que contiene nitrógeno e hidrocarburos y en donde un período de vibración de la concentración de hidrocarburos es un período de vibración necesario para la producción continuada del producto intermedio reductor, en donde dicho período de vibración de la concentración de hidrocarburos es 0,3 segundos a 5 segundos.

### Efectos ventajosos de la invención

Incluso si la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape se convierte en una temperatura alta, se puede obtener una tasa de purificación de NOx alta.

### Breve descripción de los dibujos

- 35 La FIG. 1 es una vista general de un motor de combustión interna del tipo de encendido por compresión.  
La FIG. 2 es una vista que muestra esquemáticamente una parte de superficie de un soporte de catalizador.  
La FIG. 3 es una vista para explicar una reacción de oxidación en un catalizador de purificación de gases de escape.  
La FIG. 4 es una vista que muestra un cambio de la relación de aire-combustible de los gases de escape que fluyen hacia un catalizador de purificación de gases de escape.  
40 La FIG. 5 es una vista que muestra una tasa de purificación de NOx.  
Las FIG. 6A y 6B son vistas para explicar una reacción de reducción por oxidación en un catalizador de purificación de gases de escape.  
Las FIG. 7A y 7B son vistas para explicar una reacción de reducción por oxidación en un catalizador de purificación de gases de escape.  
45 La FIG. 8 es una vista que muestra un cambio de la relación de aire-combustible de los gases de escape que fluyen hacia un catalizador de purificación de gases de escape.  
La FIG. 9 es una vista de una tasa de purificación de NOx.  
La FIG. 10 es un gráfico de tiempo que muestra un cambio en la relación de aire-combustible de los gases de escape que fluyen hacia un catalizador de purificación de gases de escape.  
50 La FIG. 11 es un gráfico de tiempo que muestra un cambio en la relación de aire-combustible de los gases de

escape que fluyen hacia un catalizador de purificación de gases de escape.

La FIG. 12 es una vista que muestra una relación entre una fuerza oxidante de un catalizador de purificación de gases de escape y una relación mínima requerida de aire-combustible X.

5 La FIG. 13 es una vista que muestra una relación entre una concentración de oxígeno en el gas de escape y una amplitud  $\Delta H$  de una concentración de hidrocarburos que da la misma tasa de purificación de NOx.

La FIG. 14 es una vista que muestra una relación entre una amplitud  $\Delta H$  de una concentración de hidrocarburos y una tasa de purificación de NOx.

La FIG. 15 es una vista que muestra una relación de un período de vibración  $\Delta T$  de una concentración de hidrocarburos y una tasa de purificación de NOx.

10 La FIG.16 es una vista que muestra un mapa de la cantidad de alimentación de hidrocarburos W.

La FIG. 17 es una vista que muestra un cambio en la relación de aire-combustible del gas de escape que fluye hacia el catalizador de purificación de gases de escape, etc.

La FIG. 18 es una vista que muestra un mapa de una cantidad de NOx agotada NOXA.

La FIG. 19 es una vista que muestra un tiempo de inyección de combustible.

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

La FIG. 21 es un gráfico de tiempo que muestra los cambios en una cantidad de NOx\* activo, una cantidad de NOx almacenado SNOX, etc.

La FIG. 22 es una vista que muestra una tasa de almacenamiento SR y una tasa de desorción DR.

La FIG. 23 es un gráfico de tiempo que muestra el tratamiento de purificación de NOx en su conjunto.

20 La FIG. 24 es un diagrama de flujo para el control de purificación de NOx.

La FIG. 25 es un diagrama de flujo para el control de purificación de NOx de otra realización.

### Descripción de las realizaciones

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

25 Haciendo referencia a la FIG. 1, 1 indica un cuerpo del motor, 2 una cámara de combustión de cada cilindro, 3 un inyector de combustible controlado electrónicamente para inyectar combustible en cada cámara de combustión 2, 4 un colector de admisión y 5 un colector de escape. El colector de admisión 4 está conectado a través de un conducto de admisión 6 a una salida de un compresor 7a de un turbocompresor de escape 7, mientras que una entrada del compresor 7a está conectada a través de un detector de cantidad de aire de admisión 8 a un filtro de aire 9. Dentro del conducto de admisión 6, se dispone una válvula de mariposa 10 accionada por un motor paso a paso. Además, 30 alrededor del conducto de admisión 6, está dispuesto un dispositivo de enfriamiento 11 para enfriar el aire de admisión que fluye a través del interior del conducto de admisión 6. En el ejemplo que se muestra en la FIG. 1, el agua de enfriamiento del motor se guía hacia el interior del dispositivo de enfriamiento 11 donde el agua de enfriamiento del motor se utiliza para enfriar el aire de admisión.

35 Por otro lado, el colector de escape 5 está conectado a una entrada de una turbina de escape 7b del turbocompresor de escape 7. La salida de la turbina de escape 7b está conectada a través de un tubo de escape 12 a una entrada del catalizador de purificación de gases de escape 13, una salida del catalizador de purificación de gases de escape 13 está conectada a un filtro de partículas 14 para atrapar partículas que están contenidas en el gas de escape. Dentro del tubo de escape 12 corriente arriba del catalizador de purificación de gases de escape 13, una válvula de alimentación de hidrocarburo 15 está dispuesta para alimentar hidrocarburos compuestos de gasoil u otro 40 combustible utilizado como combustible para un motor de combustión interna de tipo de encendido por compresión. En el ejemplo que se muestra en la FIG. 1, se utiliza gasoil como hidrocarburos que se alimentan desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15. Cabe señalar que la presente invención también se puede aplicar a un motor de combustión interna de tipo de encendido por chispa en el que el combustible se quema en una relación pobre de aire-combustible. En este caso, desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15, se alimentan hidrocarburos compuestos por gasolina u otro combustible utilizado como combustible de un motor de combustión interna de tipo 45 de encendido por chispa.

50 Por otro lado, el colector de escape 5 y el colector de admisión 4 están conectados entre sí a través de un conducto de recirculación de gases de escape (en adelante, "EGR") 16. Dentro del conducto de EGR 16, está dispuesta una válvula de control de EGR controlada electrónicamente 17. Además, alrededor del conducto de EGR 16, está dispuesto un dispositivo de enfriamiento 18 para enfriar el gas de EGR que fluye a través del interior del conducto de

EGR. 16. En el ejemplo que se muestra en la FIG. 1, el agua de enfriamiento del motor es guiada hacia el interior del dispositivo de enfriamiento 18 donde el agua de enfriamiento del motor se usa para enfriar el gas de EGR. Por otro lado, cada inyector de combustible 3 está conectado a través de un tubo de alimentación de combustible 19 a un riel común 20. Este riel común 20 está conectado a través de una bomba de combustible de descarga variable controlada electrónicamente 21 a un tanque de combustible 22. El combustible que se almacena en el interior del tanque de combustible 22 es alimentado por la bomba de combustible 21 al interior del riel común 20. El combustible que se alimenta al interior del riel común 20 se alimenta a través de cada tubo de alimentación de combustible 19 al inyector de combustible 3.

Una unidad de control electrónico 30 se compone de una computadora digital provista con una ROM (memoria de solo lectura) 32, una RAM (memoria de acceso aleatorio) 33, una CPU (microprocesador) 34, un puerto de entrada 35 y un puerto de salida 36, que se conectan entre sí mediante un bus bidireccional 31. Corriente abajo del catalizador de purificación de gases de escape 13 se une un sensor de temperatura 23 para detectar la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape 13. Las señales de salida de este sensor de temperatura 23 y el detector de cantidad de aire de admisión 8 se ingresan a través de los correspondientes convertidores AD 37 respectivamente al puerto de entrada 35. Además, un pedal del acelerador 40 tiene un sensor de carga 41 conectado al mismo que genera un voltaje de salida proporcional a la cantidad de depresión L del pedal del acelerador 40. El voltaje de salida del sensor de carga 41 se ingresa a través de un convertidor AD correspondiente 37 al puerto de entrada 35. Además, en el puerto de entrada 35, se conecta un sensor de ángulo del cigüeñal 42 que genera un pulso de salida cada vez que un cigüeñal gira, por ejemplo, 15°. Por otro lado, el puerto de salida 36 está conectado a través de los correspondientes circuitos de accionamiento 38 a cada inyector de combustible 3, motor paso a paso para accionar la válvula de mariposa 10, la válvula de alimentación de hidrocarburos 15, la válvula de control de EGR 17 y la bomba de combustible 21.

La FIG. 2 muestra esquemáticamente una parte de superficie de un soporte de catalizador que está soportado en un sustrato del catalizador de purificación de gases de escape 13. En este catalizador de purificación de gases de escape 13, como se muestra en la FIG. 2, por ejemplo, se proporciona un soporte de catalizador 50 hecho de alúmina en el que los catalizadores de metal precioso 51 y 52 están soportados. Además, en este soporte de catalizador 50, se forma una capa básica 53 que incluye al menos un elemento seleccionado de potasio K, sodio Na, cesio Cs u otro metal alcalino, bario Ba, calcio Ca u otro metal alcalinotérreo, un lantanoide u otro tipo de tierras raras y plata Ag, cobre Cu, hierro Fe, iridio Ir, u otro metal capaz de donar electrones a NOx. Los gases de escape fluyen a lo largo de la parte superior del soporte del catalizador 50, por lo que se puede decir que los catalizadores de metal precioso 51 y 52 están soportados en la superficie de flujo de gases de escape del catalizador de purificación de gases de escape 13. Además, la superficie de la capa básica 53 exhibe basicidad, por lo que la superficie de la capa básica 53 se denomina la parte superficial básica de flujo de gases de escape 54.

Por otro lado, en la FIG. 2, el catalizador de metal precioso 51 se compone de platino Pt, mientras que el catalizador de metal precioso 52 se compone de rodio Rh. Es decir, los catalizadores de metales preciosos 51 y 52, que están soportados en el soporte de catalizador 50, están compuestos por platino Pt y rodio Rh. Cabe señalar que, en el soporte del catalizador 50 del catalizador de purificación de gases de escape 13, además del platino Pt y el rodio Rh, puede además estar soportado paladio Pd o, en lugar del rodio Rh, puede estar soportado paladio Pd. Es decir, los catalizadores de metales preciosos 51 y 52 que están soportados en el soporte de catalizador 50 se compone de platino Pt y al menos uno de rodio Rh y paladio Pd.

Si los hidrocarburos se inyectan desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15 al gas de escape, los hidrocarburos son reformados mediante el catalizador de purificación de gases de escape 13. En la presente invención, en este momento, los hidrocarburos reformados se utilizan para eliminar el NOx en el catalizador de purificación de gases de escape 13. La FIG. 3 muestra esquemáticamente la acción de reformado realizada en el catalizador de purificación de gases de escape 13 en este momento. Como se muestra en la FIG. 3, los hidrocarburos HC que se inyectan desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15 son convertidos en hidrocarburos radicales HC con un pequeño número de carbono por el catalizador 51.

Cabe señalar que, incluso si el inyector de combustible 3 inyecta combustible, es decir, hidrocarburos, en la cámara de combustión 2 en la segunda mitad de la carrera de expansión o la carrera de escape, los hidrocarburos se reforman en la cámara de combustión 2 o catalizador de purificación de gases de escape 13, y el NOx que está contenido en el gas de escape es eliminado por los hidrocarburos reformados en el catalizador de purificación de gases de escape 13. Por lo tanto, en la presente invención, en lugar de alimentar hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo 15 al interior del conducto de escape del motor, también es posible alimentar hidrocarburos a la cámara de combustión 2 en la segunda mitad de la carrera de expansión o la carrera de escape. De esta manera, en la presente invención, es posible alimentar hidrocarburos a la cámara de combustión 2, pero a continuación, la presente invención se explicará con referencia al caso de intentar inyectar hidrocarburos desde una válvula de alimentación de hidrocarburos 15 al interior de un conducto de escape de motor.

La FIG. 4 muestra el tiempo de alimentación de los hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15 y el cambio en la relación de aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> del gas de escape que fluye hacia el catalizador de purificación de gases de escape 13. Cabe señalar que, los cambios en la relación de aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> depende del cambio en la concentración de los hidrocarburos en los gases de escape que fluyen hacia el catalizador

de purificación de gases de escape 13, por lo que se puede decir que el cambio en la relación de aire-combustible (A/F)in como se muestra en la FIG. 4 expresa el cambio en la concentración de los hidrocarburos. Sin embargo, si la concentración de hidrocarburos aumenta, la relación de aire-combustible (A/F)in se hace más pequeña, por lo que, en la FIG. 4, cuanto más rica se vuelve la relación de aire-combustible (A/F)in, mayor es la concentración de hidrocarburos.

La FIG. 5 muestra la tasa de purificación de NOx por el catalizador de purificación de gases de escape 13 con respecto a las temperaturas del catalizador del catalizador de purificación de gases de escape 13 al hacer periódicamente que la concentración de hidrocarburos que fluyen hacia el catalizador de purificación de gases de escape 13 cambie a fin de, como se muestra en la FIG. 4, haga que la relación de aire-combustible (A/F)in del gas de escape que fluye hacia el catalizador de purificación de gases de escape 13 cambie. Los inventores se dedicaron a la investigación relacionada con la purificación de NOx durante mucho tiempo. En el proceso de investigación, se dieron cuenta que al hacer que la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape 13 vibre dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de período, como se muestra en la FIG. 5, se obtiene una tasa de purificación de NOx extremadamente alta incluso en una región de temperatura de 400°C o más alta.

Además, en este momento, una gran cantidad de producto intermedio reductor que contiene nitrógeno e hidrocarburos continúa siendo retenido o adsorbido en la superficie de la capa básica 53, es decir, en la parte superficial básica de flujo de gases de escape 54 del catalizador de purificación de gases de escape 13. Se aprende que este producto intermedio reductor juega un papel central en la obtención de una alta tasa de purificación de NOx. A continuación, esto se explicará con referencia a las FIGS. 6A y 6B. Cabe señalar que, estas FIGS. 6A y 6B muestran esquemáticamente la parte superficial del soporte del catalizador 50 del catalizador de purificación de los gases de escape 13. Estas FIGS. 6A y 6B muestran la reacción que se presume que ocurre cuando la concentración de hidrocarburos que fluye al catalizador de purificación de gases de escape 13 se hace vibrar por dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de período.

La FIG. 6A muestra cuando la concentración de hidrocarburos que fluyen hacia el catalizador de purificación de gases de escape 13 es baja, mientras que la FIG. 6B muestra cuando los hidrocarburos se alimentan desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15 y la concentración de hidrocarburos que fluye hacia el catalizador de purificación de gases de escape 13 se vuelve mayor.

Ahora, como se entenderá a partir de la FIG. 4, la relación de aire-combustible del gas de escape que fluye hacia el catalizador de purificación de gases de escape 13 se mantiene pobre excepto por un instante, por lo que el gas de escape que fluye hacia el catalizador de purificación de gases de escape 13 normalmente se convierte en un estado de exceso de oxígeno. Por lo tanto, el NOx que está contenido en el gas de escape, como se muestra en la FIG. 6A, se oxida en el platino 51 y se convierte en NO<sub>2</sub>. A continuación, este NO<sub>2</sub> se oxida aún más y se convierte en NO<sub>3</sub>. Además, parte del NO<sub>2</sub> se convierte en NO<sub>2</sub><sup>-</sup>. En este caso, la cantidad de producción de NO<sub>3</sub> es mucho mayor que la cantidad de producción de NO<sub>2</sub><sup>-</sup>. Por lo tanto, una gran cantidad de NO<sub>3</sub> y una pequeña cantidad de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> se producen en el platino Pt 51. Estos NO<sub>3</sub> y NO<sub>2</sub><sup>-</sup> tienen una fuerte actividad. A continuación, estos NO<sub>3</sub> y NO<sub>2</sub><sup>-</sup> se denominan NOx\*.

Cabe señalar que, en este momento, según el estado de operación del motor, como se muestra en la FIG. 6A, parte del NOx\* activo producido se almacena en forma de iones de nitrato NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dentro de la capa básica 53. La acción de almacenamiento de NOx\* activo se explicará en detalle más adelante. La explicación se omitirá aquí.

Por otro lado, si los hidrocarburos se alimentan desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15, como se muestra en la FIG. 3, los hidrocarburos se reforman y se radicalizan dentro del catalizador de purificación de gases de escape 13. Como resultado, como se muestra en la FIG. 6B, la concentración de hidrocarburos alrededor del NOx\* activo se hace mayor. En este sentido, después de que se produce el NOx\* activo, si el estado de una alta concentración de oxígeno alrededor del NOx\* activo continúa durante un tiempo predeterminado o más, el NOx\* activo se oxida y la mayoría del NOx\* activo se absorbe en la capa básica 53 en forma de iones de nitrato NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Sin embargo, si la concentración de hidrocarburos alrededor del NOx\* activo se incrementa antes de que transcurra este tiempo predeterminado, como se muestra en la FIG. 6B, el NOx\* activo reacciona en el platino 51 con los hidrocarburos radicales HC, por lo que se produce un producto intermedio reductor. Este producto intermedio reductor se adhiere o adsorbe en la superficie de la capa básica 53.

Cabe señalar que, en este momento, el primer producto intermedio reductor producido se considera un compuesto nitro R- NO<sub>2</sub>. Si se produce este compuesto nitro R- NO<sub>2</sub>, el resultado se convierte en un compuesto de nitrilo R-CN, pero este compuesto de nitrilo R-CN solo puede sobrevivir un instante en este estado, por lo que inmediatamente se convierte en un compuesto de isocianato R-NCO. Este compuesto de isocianato R-NCO, cuando se hidroliza, se convierte en un compuesto de amina R-NH<sub>2</sub>. Sin embargo, en este caso, lo que se hidroliza se considera parte del compuesto de isocianato R-NCO. Por lo tanto, como se muestra en la FIG. 6B, se cree que la mayoría del producto intermedio reductor que es retenido o adsorbido en la superficie de la capa básica 53 es el compuesto de isocianato R-NCO y el compuesto de amina R-NH<sub>2</sub>.

Por otro lado, como se muestra en la FIG. 6B, si el producto intermedio reductor producido está rodeado por los hidrocarburos HC, el producto intermedio reductor está bloqueado por los hidrocarburos HC y la reacción no continuará. En este caso, si se reduce la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape 13 y, por lo tanto, aumenta la concentración de oxígeno, los hidrocarburos alrededor del producto intermedio reductor se oxidarán. Como resultado, como se muestra en la FIG. 6A, el producto intermedio reductor y el NOx\* activo reaccionarán. En este momento, el NOx\* activo reacciona con el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> para formar N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O y, en consecuencia, se elimina el NOx.

De esta manera, en el catalizador de purificación de gases de escape 13, haciendo que la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape 13 sea más alta, se produce un producto intermedio reductor. Haciendo que la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape 13 sea más baja y elevando la concentración de oxígeno, el NOx\* activo reacciona con el producto intermedio reductor y el NOx es eliminado. Es decir, con el fin de que el catalizador de purificación de gases de escape 13 elimine el NOx, la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape 13 tiene que cambiarse periódicamente.

Por supuesto, en este caso, es necesario elevar la concentración de hidrocarburos a una concentración suficientemente alta para producir el producto intermedio reductor y es necesario bajar la concentración de hidrocarburos a una concentración suficientemente baja para hacer reaccionar al producto intermedio producido con el NOx activo\*. Es decir, es necesario hacer que la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape 13 vibre dentro de un intervalo predeterminado de amplitud. Obsérvese que, en este caso, es necesario mantener una cantidad suficiente de producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> en la capa básica 53, es decir, la parte superficial básica de flujo de gases de escape 24, hasta que el producto intermedio producido reaccione con el activo NOx\*. Por esta razón, se proporciona la parte superficial básica de flujo de gases de escape 24.

Por otro lado, si se alarga el período de alimentación de los hidrocarburos, el tiempo en el que aumenta la concentración de oxígeno se hace más largo en el período después de que los hidrocarburos son suministrados hasta que los hidrocarburos sean suministrados próximamente. Por lo tanto, la mayoría del NOx \* activo es adsorbido en la capa básica 53 en forma de nitratos sin producir un producto intermedio reductor. Para evitar esto, es necesario hacer que la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape 13 vibre dentro de un intervalo predeterminado de período.

Por lo tanto, en la presente invención, para hacer que el NOx contenido en el gas de escape y los hidrocarburos reformados reaccionen y produzcan el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> que contiene nitrógeno e hidrocarburos, los catalizadores de metal precioso 51 y 52 están soportados en la superficie de flujo de gases de escape del catalizador de purificación de gases de escape 13. Para retener el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> producido dentro del catalizador de purificación de gases de escape 13, se forma una parte superficial básica de flujo de gases de escape 54 alrededor del catalizador de metal preciosos 51 y 52. NOx se reduce mediante la acción reductora del producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> retenido en la parte superficial básica de flujo de gases de escape 54, y el período de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace el período de vibración requerido para la continuación de la producción del producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub>. Secundariamente, en el ejemplo mostrado en la FIG. 4, el intervalo de inyección se hace de 3 segundos.

Si el período de vibración de la concentración de hidrocarburos, es decir, el período de alimentación de los hidrocarburos HC, se hace más largo que el intervalo predeterminado de período anterior, el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> desaparece de la superficie de la capa básica 53. En este momento, el NOx\* activo que se produjo en el platino Pt 53, como se muestra en la FIG. 7A, se difunde en la capa básica 53 en forma de iones de nitrato NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y se convierte en nitratos. Es decir, en este momento, el NO, en los gases de escape, se absorbe en forma de nitratos dentro de la capa básica 53.

Por otro lado, la FIG. 7B muestra el caso en el que la relación de aire-combustible del gas de escape que fluye hacia el catalizador de purificación de gases de escape 13 se convierte en la relación estequiométrica aire-combustible o rica cuando el NO se absorbe en forma de nitratos en el interior del capa básica 53. En este caso, la concentración de oxígeno en el gas de escape cae, por lo que la reacción procede en la dirección opuesta (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> → NO<sub>2</sub>) y, en consecuencia, los nitratos absorbidos en la capa básica 53 se convierten en iones de nitrato NO<sub>3</sub><sup>-</sup> uno por uno y, como se muestra en la FIG. 7B, se liberan desde la capa básica 53 en forma de NO<sub>2</sub>. A continuación, el NO<sub>2</sub> liberado es reducido por los hidrocarburos HC y CO contenidos en los gases de escape.

La FIG. 8 muestra el caso de hacer que la relación de aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> del gas de escape que fluye hacia el catalizador de purificación de gases de escape 13 sea temporalmente ligeramente rica antes de que la capacidad de absorción de NOx de la capa básica 53 se sature. Cabe señalar que, en el ejemplo que se muestra en la FIG. 8, el intervalo de tiempo de este control rico es de 1 minuto o más. En este caso, el NOx que fue absorbido en la capa básica 53 cuando la relación de aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> del gas de escape era pobre se libera de una sola vez de la capa básica 53 y se reduce cuando la relación de aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> del gas de escape se hace temporalmente rico. Por lo tanto, en este caso, la capa básica 53 desempeña el papel de un absorbente para absorber temporalmente NOx.

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

La FIG. 9 muestra la tasa de purificación de NOx al hacer que el catalizador de purificación de gases de escape 13 funcione de esta manera como un catalizador de almacenamiento de NOx. Cabe señalar que, la abscisa de la FIG. 9 muestra la temperatura del catalizador TC del catalizador de purificación de gases de escape 13. Al hacer que el catalizador de purificación de gases de escape 13 funcione como un catalizador de almacenamiento de NOx, como se muestra en la FIG. 9, cuando la temperatura del catalizador TC es de 300°C a 400°C, se obtiene una tasa de purificación de NOx extremadamente alta, pero cuando la temperatura del catalizador TC se convierte en una temperatura de 400°C o más alta, la tasa de purificación de NOx disminuye.

De esta manera, cuando la temperatura del catalizador TC llega a 400°C o más, la tasa de purificación de NOx disminuye porque si la temperatura del catalizador TC llega a 400°C o más, los nitratos se descomponen por calor y se liberan en forma de NO<sub>2</sub> del catalizador de purificación de gases de escape 13. Es decir, siempre que se almacene NOx en forma de nitratos, cuando la temperatura del catalizador TC es alta, es difícil obtener una alta tasa de purificación de NOx. Sin embargo, en el nuevo método de purificación de NOx que se muestra en la FIG. 4 a FIG. 6A y 6B, como se entenderá a partir de las FIG. 6A y 6B, los nitratos no se forman o incluso si se forman tienen una cantidad extremadamente pequeña, por lo tanto, como se muestra en la FIG. 5, incluso cuando la temperatura del catalizador TC es alta, se obtiene una alta tasa de purificación de NOx.

Por lo tanto, en la presente invención, un catalizador de purificación de gases de escape 13 para hacer reaccionar el NOx contenido en el gas de escape e hidrocarburos reformados está dispuesto dentro de un conducto de escape de motor, los catalizadores de metales preciosos 51 y 52 están soportados en la superficie de flujo de gases de escape del catalizador de purificación de gases de escape 13, una parte superficial básica de flujo de gases de escape 54 se forma alrededor del catalizador de metal preciosos 51 y 52, el catalizador de purificación de gases de escape 13 tiene la propiedad de reducir el NOx que está contenido en el gas de escape si la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape 13 se hace vibrar dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de período y tiene la propiedad de incrementar la cantidad de almacenamiento de NOx que está contenido en el gas de escape si el período de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace más largo que este intervalo predeterminado, y, en el momento de operación del motor, la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape 13 se hace vibrar dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de período para reducir así el NOx que está contenido en el gas de escape en el catalizador de purificación de gases de escape 13.

Es decir, el método de purificación de NOx que se muestra en la FIG. 4 a las FIGS. 6A y 6B se puede decir que es un nuevo método de purificación de NOx diseñado para eliminar NOx sin formar casi ningún nitrato en el caso de usar un catalizador de purificación de gases de escape que soporta un catalizador de metal precioso y forma una capa básica que puede absorber NOx. En realidad, cuando se usa este nuevo método de purificación de NOx, los nitratos que se detectan desde la capa básica 53 se vuelven mucho más pequeños en comparación con el caso en el que el catalizador de purificación de gases de escape 13 funciona como un catalizador de almacenamiento de NOx. Cabe señalar que este nuevo método de purificación de NOx se denominará a continuación como el primer método de purificación de NOx.

A continuación, haciendo referencia a la FIG. 10 a FIG. 15, se explicará con más detalle este primer método de purificación de NOx.

La FIG. 10 muestra ampliado el cambio en la relación de aire-combustible (A/F) que se muestra en la FIG. 4. Cabe señalar que, como se explicó anteriormente, el cambio en la relación de aire-combustible (A/F) en el gas de escape que fluye hacia este catalizador de purificación de gases de escape 13 muestra simultáneamente el cambio en la concentración de los hidrocarburos que fluyen hacia el catalizador de purificación de gases de escape 13. Cabe señalar que, en la FIG. 10, ΔH muestra la amplitud del cambio en la concentración de hidrocarburos HC que fluye hacia el catalizador de purificación de gases de escape 13, mientras que ΔT muestra el período de vibración de la concentración de los hidrocarburos que fluyen hacia el catalizador de purificación de gases de escape 13.

Además, en la FIG. 10, (A/F)<sub>b</sub> muestra la relación base aire-combustible que muestra la relación de aire-combustible del gas de combustión para generar la salida del motor. En otras palabras, esta relación base aire-combustible (A/F)<sub>b</sub> muestra la relación de aire-combustible de los gases de escape que fluyen hacia el catalizador de purificación de gases de escape 13 cuando se detiene la alimentación de hidrocarburos. Por otro lado, en la FIG.10, X muestra el límite superior de la relación de aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> utilizada para producir el producto intermedio reductor sin que el NOx\* activo producido se almacene en forma de nitratos dentro de la capa básica 53 en absoluto. Para hacer



que el NOx\* activo y los hidrocarburos modificados reaccionen para producir un producto intermedio reductor, la relación de aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> debe ser inferior a este límite superior X de la relación de aire-combustible.

En otras palabras, en la FIG. 10, X muestra el límite inferior de la concentración de hidrocarburos necesaria para hacer que el NOx\* activo y el hidrocarburo reformado reaccionen para producir un producto intermedio reductor. Para producir el producto intermedio reductor, la concentración de hidrocarburos tiene que ser más alta que este límite inferior X. En este caso, si se produce el producto intermedio reductor está determinado por la relación de la concentración de oxígeno y la concentración de hidrocarburos alrededor del NOx\* activo, es decir, la relación de aire-combustible (A/F)<sub>in</sub>. El límite superior X de la relación de aire-combustible requerido para producir el producto intermedio reductor se llamará a continuación la relación mínima requerida de aire-combustible.

5 En el ejemplo que se muestra en la FIG. 10, la relación mínima de aire-combustible requerida X es rica, por lo tanto, en este caso, para formar el producto intermedio reductor, la relación de aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> se convierte instantáneamente en la relación mínima requerida de aire-combustible X o menos, es decir, rica. A diferencia de esto, en el ejemplo que se muestra en la FIG. 11, la relación mínima requerida de aire-combustible X es pobre. En este caso, la relación de aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> se mantiene pobre mientras se reduce periódicamente la relación de  
10 aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> para formar el producto intermedio reductor.

En este caso, el hecho de que la relación mínima requerida de aire-combustible X se vuelva rica o pobre depende de la fuerza oxidante del catalizador de purificación de gases de escape 13. En este caso, el catalizador de purificación de gases de escape 13, por ejemplo, se vuelve más fuerte en la fuerza oxidante si aumenta la cantidad soportada del metal precioso 51 y se vuelve más fuerte en la fuerza oxidante si se fortalece la acidez. Por lo tanto, la fuerza oxidante del catalizador de purificación de gases de escape 13 cambia debido a la cantidad soportada del metal precioso 51 o la fuerza de acidez.  
15

Ahora, si se utiliza un catalizador de purificación de gases de escape 13 con una fuerte fuerza oxidante, como se muestra en la FIG. 11, si se mantiene la relación de aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> pobre mientras se reduce periódicamente la relación de aire-combustible (A/F)<sub>in</sub>, los hidrocarburos terminan oxidándose completamente cuando se reduce la relación de aire-combustible (A/F)<sub>in</sub>. Como resultado, el producto intermedio reductor ya no se puede producir. A diferencia de esto, cuando se utiliza un catalizador de purificación de gases de escape 13 con una fuerte fuerza oxidante, como se muestra en la FIG. 10, si se hace que la relación de aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> sea rica periódicamente, cuando la relación de aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> se enriquece, los hidrocarburos se oxidarán parcialmente, sin oxidarse completamente, es decir, los hidrocarburos serán reformados, por lo tanto, se producirá el producto intermedio reductor. Por lo tanto, cuando se utiliza un catalizador de purificación de gases de escape 13 con una fuerte fuerza oxidante, la relación mínima requerida de aire-combustible X debe enriquecerse.  
20

Por otro lado, cuando se utiliza un catalizador de purificación de gases de escape 13 con una fuerza oxidante débil, como se muestra en la FIG. 11, si se mantiene la relación de aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> pobre mientras se reduce periódicamente la relación de aire-combustible (A/F)<sub>in</sub>, los hidrocarburos se oxidarán parcialmente sin estar completamente oxidados, es decir, los hidrocarburos se reformarán y en consecuencia se producirá el producto intermedio reductor. A diferencia de esto, cuando se utiliza un catalizador de purificación de gases de escape 13 con una fuerza oxidante débil, como se muestra en la FIG. 10, si la relación de aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> se enriquece periódicamente, se eliminará una gran cantidad de hidrocarburos del catalizador de purificación de gases de escape 13 sin ser oxidados y, en consecuencia, la cantidad de hidrocarburos que se consuma de manera inútil se incrementará. Por lo tanto, cuando se utiliza un catalizador de purificación de gases de escape 13 con una fuerza oxidante débil, la relación mínima requerida de aire-combustible X debe empobrecerse.  
25

Es decir, se aprende que la relación mínima requerida de aire-combustible, como se muestra en la FIG. 12, tiene que reducirse cuanto más fuerte sea la fuerza oxidante del catalizador de purificación de gases de escape 13. De este modo, la relación mínima requerida de aire-combustible X se vuelve pobre o rica debido a la fuerza oxidante del catalizador de purificación de gases de escape 13. A continuación, tomando como ejemplo el caso en el que la relación mínima requerida de aire-combustible X es rica, se explicará la amplitud del cambio en la concentración de hidrocarburos que fluyen hacia el catalizador de purificación de gases de escape 13 y el período de vibración de la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de la purificación de gases de escape 13.  
30

Ahora, si la relación base de aire-combustible (A/F)<sub>b</sub> se hace más grande, es decir, si la concentración de oxígeno en el gas de escape antes de que se suministren los hidrocarburos se hace más alta, la cantidad de alimentación de hidrocarburos requerida para hacer que la relación de aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> sea la relación mínima requerida de aire-combustible X o menos aumenta y, junto con esto, también aumenta el exceso de hidrocarburos que no contribuyó con la producción del producto intermedio reductor. En este caso, para eliminar bien el NOx, como se explicó anteriormente, es necesario hacer que los hidrocarburos en exceso se oxiden. Por lo tanto, para eliminar bien el NOx, cuanto mayor sea la cantidad de hidrocarburos en exceso, mayor será la cantidad de oxígeno que se requiera.  
35

En este caso, si aumenta la concentración de oxígeno en los gases de escape, se puede aumentar la cantidad de oxígeno. Por lo tanto, para eliminar bien el NOx, cuando la concentración de oxígeno en el gas de escape antes de que se suministren los hidrocarburos es alta, es necesario elevar la concentración de oxígeno en el gas de escape  
40

después de alimentar los hidrocarburos. Es decir, cuanto mayor sea la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se suministren los hidrocarburos, mayor será la amplitud de la concentración de hidrocarburos que se debe lograr.

5 La FIG. 13 muestra la relación entre la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos y la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos cuando se obtiene la misma tasa de purificación de NOx. A partir de la FIG. 13, se sabe que, para obtener la misma tasa de purificación de NOx, cuanto mayor es la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se suministren los hidrocarburos, mayor debe ser la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos. Es decir, para obtener la misma tasa de purificación de NOx, cuanto mayor es la relación base de aire-combustible (A/F)<sub>b</sub>, mayor será la amplitud  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos que se debe lograr. En otras palabras, para eliminar bien el NOx, cuanto más baja es la relación base de aire-combustible (A/F)<sub>b</sub>, más se puede reducir la amplitud  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos.

10 En este sentido, la relación base de aire-combustible (A/F)<sub>b</sub> se convierte en la más baja en el momento de una operación de aceleración. En este momento, si la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos es de aproximadamente 200 ppm, es posible eliminar bien el NOx. La relación base de aire-combustible (A/F)<sub>b</sub> es normalmente mayor que el tiempo de operación de aceleración. Por lo tanto, como se muestra en la FIG. 14, si la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos es de 200 ppm o más, se puede obtener una excelente tasa de purificación.

15 Por otro lado, se aprende que cuando la relación base de aire-combustible (A/F)<sub>b</sub> es la más alta, si la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos es de 10000 ppm o aproximadamente, se obtiene una excelente tasa de purificación de NOx. Por lo tanto, en la presente invención, el intervalo predeterminado de la amplitud de concentración de hidrocarburos se hace que sea 200 a 10000 ppm.

20 Además, si el período de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos se alarga, la concentración de oxígeno alrededor del NOx\* activo se incrementa en el momento después de que los hidrocarburos son suministrados hasta cuando los hidrocarburos sean alimentados próximamente. En este caso, si el período de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos se prolonga más de unos 5 segundos, la mayoría del NOx\* activo comienza a absorberse en forma de nitratos dentro de la capa básica 53. Por lo tanto, como se muestra en FIG. 15, si el período de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos se prolonga más de unos 5 segundos, la tasa de purificación de NOx disminuye. Por lo tanto, se debe hacer que el período de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos sea 5 segundos o menos.

25 Por otro lado, si el período de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos se convierte en aproximadamente 0,3 segundos o menos, los hidrocarburos alimentados comienzan a acumularse en la superficie de flujo de gases de escape del catalizador de purificación de gases de escape 13, por lo tanto, como se muestra en la FIG. 15, si el período de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos llega a ser de aproximadamente 0,3 segundos o menos, la tasa de purificación de NOx disminuye. Por lo tanto, en la presente invención, se hace que el período de vibración de la concentración de hidrocarburos sea 0,3 segundos a 5 segundos.

30 Ahora, en la presente invención, al cambiar la cantidad de alimentación de hidrocarburos y el tiempo de inyección de la válvula de alimentación de hidrocarburos 15, la amplitud  $\Delta H$  y el período de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos se controlan para que se conviertan en los valores óptimos de acuerdo con el estado de operación del motor. En este caso, en esta realización de la presente invención, la cantidad de alimentación de hidrocarburos W capaz de proporcionar la amplitud óptima  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos se almacena en función de la cantidad de inyección Q del inyector de combustible 3 y la velocidad del motor N en el forma de un mapa tal como se muestra en la FIG. 16 de antemano en la ROM 32. Además, la amplitud de vibración óptima  $\Delta T$  en la concentración de hidrocarburos, es decir, el período de inyección  $\Delta T$  de los hidrocarburos se almacena de manera similar en función de la cantidad de inyección Q y la velocidad del motor N en la forma de un mapa de antemano en la ROM 32.

35 A continuación, refiriéndose a la FIG. 17 a la FIG. 20, un método de purificación de NOx en el caso de hacer que el catalizador de purificación de gases de escape 13 funcione como un catalizador de almacenamiento de NOx se explicará en detalle. El método de purificación de NOx en el caso de hacer que el catalizador de purificación de gases de escape 13 funcione como un catalizador de almacenamiento de NOx de esta manera se designará a continuación como el segundo método de purificación de NOx.

40 En este segundo método de purificación de NOx, como se muestra en la FIG. 17, cuando la cantidad de NOx almacenado  $\Sigma NOx$  de NOx que se almacena en la capa básica 53 excede una cantidad admisible predeterminada MAX, la relación de aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> del gas de escape que fluye al catalizador de purificación de gases de escape 13 se enriquece temporalmente. Si la relación de aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> del gas de escape se enriquece, el NOx que se almacenó en la capa básica 53 cuando la relación de aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> del gas de escape era pobre se liberado de la capa básica 53 todo a la vez y se reduce. Debido a esto, el NOx es removido.

45 La cantidad de NOx almacenado  $\Sigma NOx$  se calcula, por ejemplo, a partir de la cantidad de NOx que sale del motor. En esta realización de acuerdo a la presente invención, la cantidad de NOx agotado NOXA de NOx que sale del

motor por unidad de tiempo se almacena en función de la cantidad de inyección Q y la velocidad del motor N en forma de un mapa tal como el que se muestra en la FIG. 18 por adelantado en la ROM 32. La cantidad de NOx almacenado  $\Sigma$ NOx se calcula a partir de la cantidad de NOx agotado NOXA. En este caso, como se explicó anteriormente, el período en el que se enriquece la relación de aire-combustible (A/F)in del gas de escape es generalmente de 1 minuto o más.

En este segundo método de purificación de NOx, como se muestra en la FIG. 19, el inyector de combustible 3 inyecta combustible adicional WR en la cámara de combustión 2 además del combustible de uso de combustión Q para que la relación de aire-combustible (A/F)in del gas de escape que fluye al catalizador de purificación de gases de escape 13 se enriquezca. Cabe señalar que, en la FIG. 19, la abscisa indica el ángulo del cigüeñal. Este combustible adicional WR se inyecta en un momento en el que se quemará, pero no aparecerá como salida del motor, es decir, ligeramente antes de ATDC90° después del punto muerto superior de compresión. Esta cantidad de combustible WR se almacena en función de la cantidad de inyección Q y la velocidad del motor N en forma de un mapa tal como se muestra en la FIG. 20 por adelantado en la ROM 32. Por supuesto, en este caso, también es posible hacer que la cantidad de alimentación de hidrocarburos de la válvula de alimentación de hidrocarburos 15 aumente para enriquecer la relación de aire-combustible (A/F)in del gas de escape.

En este sentido, para utilizar el primer método de purificación de NOx para eliminar el NOx, incluso cuando la concentración de NOx en los gases de escape es baja, al menos una cierta cantidad de hidrocarburos debe ser alimentada en un período corto. Por lo tanto, cuando la concentración de NOx del gas de escape es baja, la eficiencia de purificación de NOx se vuelve pobre. A diferencia de esto, en el segundo método de purificación de NOx, cuando la concentración de NOx en los gases de escape es baja, el tiempo hasta que la cantidad de NOx almacenado  $\Sigma$ NOx alcance el valor MAX admisible se hace más largo, por lo que el período para enriquecer la relación de aire-combustible (A/F)in del gas de escape solo se hace más largo, y en consecuencia, la eficiencia de purificación de NOx no empeora particularmente. Por lo tanto, cuando la concentración de NOx en los gases de escape es baja, se puede decir que es preferible utilizar el segundo método de purificación de NOx en lugar del primer método de purificación de NOx. Es decir, cuál del primer método de purificación de NOx y el segundo método de purificación de NOx debe usarse cambia en el estado de operación del motor.

Ahora, como se explicó antes, cuando se usa el segundo método de purificación de NOx, el NOx se almacena en forma de iones de nitrato  $\text{NO}_3^-$  dentro de la capa básica 53. Además, incluso cuando se usa el primer método de purificación de NOx, aunque en realidad en pequeña cantidad, NOx, como se muestra en la FIG. 6A, se almacena en forma de iones de nitrato  $\text{NO}_3^-$  dentro de la capa básica 53. Por lo tanto, como se explicó anteriormente, cuando se está utilizando el primer método de purificación de NOx, los nitratos se detectan, aunque en pequeña cantidad, de la capa básica 53. En este sentido, de esta manera, si el NOx se almacena dentro de la capa básica 53, la cantidad de producción del producto intermedio reductor se reduce y la tasa de purificación de NOx termina cayendo.

Si se explica esto con referencia al caso en el que la capa básica 53 se forma a partir del metal alcalinotérreo bario Ba como ejemplo, primero el  $\text{NOx}^*$  activo que se produce cuando se ejecuta el método de purificación de NOx es atraído por el bario Ba y retenido en la capa básica 53 se convierte entonces en un producto intermedio reductor. Sin embargo, si el  $\text{NOx}^*$  activo se inserta en la capa básica 53 y se convierte en el nitrato  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ , la fuerza del bario que atrae al  $\text{NOx}^*$  activo termina desapareciendo, es decir, los sitios de base terminan desapareciendo. Por lo tanto, si la cantidad de  $\text{NOx}^*$  activo que se almacena dentro de la capa básica 53 aumenta, la cantidad de  $\text{NOx}^*$  activo en sí se reduce, por lo que no solo se reduce la cantidad de producción del producto intermedio reductor, sino también la fuerza de retención del  $\text{NOx}^*$  activo en la capa básica 53 se debilita, por lo que la cantidad de producción del producto intermedio reductor disminuye.

Si la cantidad de producción del producto intermedio reductor se reduce de esta manera, la tasa de purificación de NOx disminuye. Es decir, si se aumenta la cantidad de  $\text{NOx}^*$  activo que se almacena dentro de la capa básica 53, la tasa de purificación de NOx cae. Cabe señalar que, el NOx que se almacena en la capa básica 53 es desorbido y forma el producto intermedio reductor si la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape 13 es más alta. Es decir, cuando la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape 13 es alta, se asegura una tasa de purificación de NOx alta sin que se ejecute la acción de almacenamiento de NOx. Se ejecuta la acción de almacenamiento de NOx y la tasa de purificación de NOx cae cuando la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape 13 es baja.

La FIG. 21 muestra los cambios en la cantidad de alimentación de hidrocarburos de la válvula de alimentación de hidrocarburos 15, la relación de aire-combustible (A/F)in del gas de escape que fluye al catalizador de purificación de gases de escape 13, la cantidad de  $\text{NOx}^*$  activo que es retenido en la capa básica 53, y la cantidad de NOx almacenado  $\Sigma$ NOx que se almacena dentro de la capa básica 53 cuando la acción de purificación de NOx mediante el primer método de purificación de NOx se está realizando en el estado donde la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape 13 es relativamente baja. Como se entenderá a partir de la FIG. 21, el  $\text{NOx}^*$  activo que es retenido en la capa básica 53 se utiliza para producir un producto intermedio reductor cuando se suministran hidrocarburos y la relación de aire-combustible (A/F)in del gas de escape disminuye. Por lo tanto, en este momento, el  $\text{NOx}^*$  activo desaparece temporalmente de la capa básica 53. A continuación, si la relación de aire-combustible (A/F)in del escape de gas aumenta, la cantidad de  $\text{NOx}^*$  activo aumenta gradualmente.

Por otro lado, como se muestra en la FIG. 21, la cantidad de NOx almacenado SNOX aumenta junto con el transcurso del tiempo. Si la cantidad de NOx almacenado SNOX aumenta, como se muestra en la FIG. 21, la cantidad de NOx\* activo disminuye, por lo tanto, la cantidad de producción del producto intermedio reductor disminuye. Por lo tanto, si la cantidad de NOx almacenado SNOX aumenta, la tasa de purificación de NOx disminuye. En este caso, la caída permitida en la tasa de purificación de NOx está predeterminada, y si la tasa de purificación de NOx cae a esta caída permitida, la tasa de purificación de NOx debe restaurarse.

En este caso, si el NOx que está almacenado en la capa básica 53 se desorbe de la capa básica 53, se restaura la tasa de purificación de NOx. Por otro lado, cuando la acción de purificación de NOx se realiza mediante el primer método de purificación de NOx, si se hace que la concentración de hidrocarburos que fluye al catalizador de purificación de gases de escape 13 aumente temporalmente, NOx es desorbido de la capa básica 53. El NOx desorbido se convierte en un producto intermedio reductor. Por lo tanto, en la presente invención, cuando la tasa de purificación de NOx cae a la caída permitida, se hace que la concentración de hidrocarburos que fluye al catalizador de purificación de gases de escape 13 aumente temporalmente, por lo que se restaura la tasa de purificación de NOx.

En este caso, en la presente invención, la cantidad NX de la cantidad de NOx almacenado SNOX que causa tal caída admisible en la tasa de purificación de NOx está predeterminada. Cuando la acción de purificación de NOx se realiza mediante el primer método de purificación de NOx, si esta cantidad predeterminada NX o más de NOx se almacena en el catalizador de purificación de gases de escape 13 o se puede almacenar en él, la concentración de hidrocarburos que fluye al catalizador de purificación de gases de escape 13 se incrementa temporalmente para hacer que el NOx que se almacenó en el catalizador de purificación de gases de escape 13 se desorba del mismo.

Cabe señalar que, de esta manera, la relación de aire-combustible (A/F)in del gas de escape cuando la concentración de hidrocarburos se incrementa temporalmente se hace más rica y más pequeña que la relación de aire-combustible (A/F)in del gas de escape cuando la acción de purificación de NOx se realiza mediante el primer método de purificación de NOx. Es decir, en otras palabras, cuando la acción de purificación de NOx se realiza mediante el primer método de purificación de NOx, la concentración de hidrocarburos se hace vibrar por dentro de un intervalo predeterminado de amplitud  $\Delta H$ . La relación de aire-combustible (A/F)in el gas de escape que fluye al catalizador de purificación de gases de escape 13 cuando la concentración de hidrocarburos se incrementa temporalmente se hace rica y más pequeña que la relación de aire-combustible (A/F)in del gas de escape que fluye al catalizador de purificación de gases de escape 13 cuando la concentración de hidrocarburos se hace vibrar por dentro de un intervalo predeterminado de amplitud  $\Delta H$ .

A continuación, explicando la presente invención con un poco más de detalle, en la primera realización de la presente invención, cuando la acción de purificación de NOx se realiza mediante el primer método de purificación de NOx, se calcula la cantidad de NOx almacenado SNOX que se almacena en el catalizador de purificación de gases de escape 13. Cuando la cantidad calculada de NOx almacenado SNOX excede la cantidad predeterminada NX, como se muestra en la FIG. 21, la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape 13 se incrementa temporalmente.

A continuación, refiriéndose a la FIG. 22, se explicará el método de cálculo de la cantidad de NOx almacenado SNOX.

En la FIG. 22, la tasa de almacenamiento SR muestra la relación del NOx que se almacena en la capa básica 53 y el NOx que está contenido en el gas de escape cuando la acción de purificación de NOx se realiza mediante el primer método de purificación de NOx. El NOx que está contenido en los gases de escape coincide con la cantidad de NOx agotado NOXA que se muestra en la FIG. 18, por lo que la cantidad de NOx que se almacena en la capa básica 53 se expresa mediante  $SR \cdot NOXA$ . Como se muestra en la FIG. 22, la tasa de almacenamiento SR disminuye a medida que aumenta la temperatura TC del catalizador de purificación de gases de escape 13. Por lo tanto, la cantidad de NOx (=  $SR \cdot NOXA$ ) que se almacena en la capa básica 53 se vuelve más pequeña cuanto más alta es la temperatura TC del catalizador de purificación de gases de escape 13.

Por otro lado, en la FIG. 22, la tasa de desorción DR muestra la relación del NOx que es desorbido y la cantidad de NOx almacenado SNOX que se almacena en la capa básica cuando la acción de purificación de NOx se realiza mediante el primer método de purificación de NOx. Por lo tanto, la cantidad de NOx que es desorbido de la capa básica 53 se expresa mediante  $DR \cdot SNOX$ . Como se muestra en la FIG. 22, la tasa de desorción DR aumenta rápidamente si la temperatura TC del catalizador de purificación de gases de escape 13 supera una temperatura de inicio de desorción de NOx TK determinada por el catalizador de purificación de los gases de escape 13. Esta temperatura de inicio de desorción de NOx TK es por ejemplo, 400 °C. En esta realización de acuerdo a la presente invención, la cantidad de NOx almacenado SNOX se calcula utilizando esta tasa de almacenamiento SR y la cantidad de desorción DR.

A continuación, refiriéndose a la FIG. 23, se explicará el control de purificación de NOx de acuerdo a la presente invención en su conjunto. Cabe señalar que, la FIG. 23 muestra un gráfico de tiempo para el momento en que, luego del arranque del motor, la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape 13 aumenta gradualmente y, por lo tanto, el segundo método de purificación de NOx se cambia al primer método de purificación de NOx.

Además, la FIG. 23 muestra los cambios en la cantidad de inyección WR del combustible adicional, la cantidad de alimentación W de hidrocarburos y la relación de aire-combustible (A/F)in del gas de escape que fluye al catalizador de purificación de gases de escape 13, el cambio en la cantidad de NOx almacenado  $\Sigma$ NOx del NOx que se almacena en el catalizador de purificación de gases de escape 13 cuando se utiliza el segundo método de purificación de NOx, y el cambio en la cantidad de NOx almacenado SNOx del NOx que se almacena en la capa básica 53 cuando se está utilizando el primer método de purificación de NOx.

Como se muestra en la FIG. 23, cuando se realiza se ejecuta el segundo método de purificación, si la cantidad de NOx almacenado  $\Sigma$ NOx excede la cantidad MAX admisible, se inyecta combustible adicional WR y se enriquece la relación de aire-combustible (A/F)in del gas de escape. Debido a esto, el NOx se libera del catalizador de purificación de gases de escape 13. Por otro lado, cuando se cambia del segundo método de purificación de NOx al primer método de purificación de NOx, se alimenta combustible adicional WR para hacer que la cantidad de NOx almacenado  $\Sigma$ NOx sea cero, y la relación de aire-combustible (A/F)in del gas de escape se vuelva temporalmente rica. Después de esto, se inicia el tratamiento de purificación de NOx mediante el primer método de purificación de NOx.

Justo después de que se inicia el tratamiento de purificación de NOx mediante el primer método de purificación de NOx, la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape 13 no llega a ser tan alta, por lo tanto, en este momento, la cantidad de NOx almacenado SNOx, aumenta gradualmente. A continuación, si la cantidad de NOx almacenado SNOx excede la cantidad predeterminada NX, la cantidad de alimentación W de hidrocarburos aumenta y la relación de aire-combustible (A/F)in en el gas de escape se enriquece. En este momento, el NOx que se almacena en la capa básica 53 es desorbido, y el NOx desorbido, se utiliza para formar el producto intermedio reductor.

Por otro lado, si, poco después de que se inicie el tratamiento de purificación de NOx mediante el método de purificación de NOx, la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape 13 aumenta, el NOx ya no se almacenará en el la capa básica 53 y el NOx almacenado simplemente será desorbido de la capa básica 53. Por lo tanto, en este momento, la cantidad de NOx almacenado SNOx no excederá la cantidad predeterminada NX, por lo que la concentración de hidrocarburos nunca se incrementará temporalmente y una buena acción de purificación de NOx es continuada por el primer método de purificación de NOx.

Cabe señalar que, en la FIG. 23, la cantidad MAX permitida expresa la capacidad de almacenamiento de NOx del catalizador de purificación de gases de escape 13. A diferencia de esto, la cantidad predeterminada NX expresa una cantidad mucho menor que la capacidad de almacenamiento de NOx del catalizador de purificación de gases de escape 13. Por lo tanto, como se entenderá a partir de la FIG. 23, esta cantidad predeterminada NX es una cantidad mucho menor que la cantidad permitida MAX.

La FIG. 24 muestra la rutina de control de purificación de NOx para trabajar esta primera realización. Cabe señalar que, esta rutina se ejecuta por interrupción cada tiempo predeterminado.

Haciendo referencia a la FIG. 24, primero, en la etapa 60, se evalúa si la temperatura TC del catalizador de purificación de gases de escape 13 es más alta que la temperatura de activación TX que se muestra en la FIG. 5. Cuando  $TC \leq TX$ , es decir, cuando el tratamiento de purificación de NOx no se puede realizar bien mediante el primer método de purificación de NOx, la rutina pasa a la etapa 61 donde se realiza el segundo método de purificación de NOx.

Es decir, en la etapa 61, la cantidad de NOx almacenado NOXA por unidad de tiempo se calcula a partir del mapa que se muestra en la FIG. 18. Luego, en la etapa 62, la siguiente fórmula se usa como base para calcular la cantidad de NOx  $\Sigma$ NOx almacenado en el catalizador de purificación de gases de escape 14 durante la acción de purificación de NOx mediante el segundo método de purificación de NOx:

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

Luego, en la etapa 63, se evalúa si la cantidad de NOx almacenado  $\Sigma$ NOx excede el valor admisible MAX. Cuando  $\Sigma$ NOx > MAX, la rutina pasa a la etapa 64 donde la cantidad de combustible adicional WR se calcula a partir del mapa que se muestra en la FIG. 20 y se realiza la acción adicional de inyección de combustible. A continuación, en la etapa 65, se retira  $\Sigma$ NOx.

Por otro lado, cuando se considera en la etapa 60 que  $TC > TX$ , la rutina pasa a la etapa 66 donde se evalúa si actualmente, es decir, en el momento de la interrupción actual,  $TC > TX$  persiste. Cuando se considera que ahora  $TC > TX$ , para liberar el NOx almacenado residual, la rutina pasa a la etapa 64 donde se inyecta combustible adicional WR. A diferencia de esto, cuando se considera en la etapa 66 que en el momento de la interrupción actual,  $TC > TX$  ya persiste, la rutina pasa a la etapa 67, donde se ejecuta el primer método de purificación de NOx.

Es decir, primero, en la etapa 67, la cantidad de NOx NOXA del NOx que sale por unidad de tiempo se calcula a partir del mapa que se muestra en la FIG. 18. A continuación, en la etapa 68, la señal de salida del sensor de temperatura 23 se utiliza como base para calcular la tasa de almacenamiento SR a partir de la relación que se muestra en la FIG. 22. A continuación, en la etapa 69, la señal de salida del sensor de temperatura 23 se utiliza

como base para calcular la tasa de desorción DR a partir de la relación que se muestra en la FIG. 22. A continuación, en la etapa 70, la siguiente fórmula se utiliza como base para actualizar la cantidad de NOx almacenado SNOX del NOx que se almacena en la capa básica 53.

$$SNOX \leftarrow SNOX + SR \cdot NOXA - DR \cdot SNOX$$

- 5 A continuación, en la etapa 71, se evalúa si la cantidad de NOx almacenado SNOX, excede la cantidad predeterminada de NX. Cuando  $SNOX \leq NX$ , la rutina pasa a la etapa 72 donde la cantidad de alimentación W de hidrocarburos se calcula a partir del mapa que se muestra en la FIG. 16, y la cantidad W de hidrocarburos se alimenta desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15 mediante el período  $\Delta T$  calculado a partir del mapa. En este momento, la acción de purificación de NOx se realiza mediante el primer método de purificación de NOx. A diferencia de esto, cuando se considera en la etapa 71 que  $SNOX > NX$  la rutina pasa a la etapa 72 donde la cantidad de alimentación de hidrocarburos para hacer que NOx se desorba de la capa básica 53 se aumenta. A continuación, en la etapa 74, se retira la cantidad de almacenamiento de NOx SNOX.

- 15 A continuación, se explicará una segunda realización de acuerdo a la presente invención. En esta segunda realización, cuando la acción de purificación de NOx se realiza mediante el primer método de purificación de NOx, el estado de operación de almacenamiento de NOx donde el NOx se almacena en el catalizador de purificación de gases de escape 13 se encuentra por adelantado. Como ejemplo de este estado de operación de almacenamiento de NOx, se puede mencionar el caso donde una operación a baja velocidad continúa por un tiempo constante o más. En tal caso, se puede almacenar una cantidad predeterminada NX o más de NOx en el catalizador de purificación de gases de escape 13. Por lo tanto, en este caso, para hacer que el NOx que se almacena en el catalizador de purificación de gases de escape de NOx 13 se desorba, la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape 13 se incrementa en un período predeterminado.

- 20 Es decir, en esta segunda realización, cuando la acción de purificación de NOx se realiza mediante el primer método de purificación de NOx, la concentración de hidrocarburos se hace vibrar con el rango predeterminado de período  $\Delta T$ . Cuando el estado de operación del motor es el estado de operación de almacenamiento de NOx anterior, la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape 13 se incrementa temporalmente por un período más largo que este intervalo predeterminado de período  $\Delta T$ . Debido a esto, el NOx que se almacenó en la capa básica 53 puede ser desorbido periódicamente y, por lo tanto, se puede asegurar una alta tasa de purificación de NOx.

- 30 Además, en esta segunda realización, como se entenderá a partir de la FIG. 22, cuando la temperatura TC del catalizador de purificación de gases de escape 13 es inferior a la temperatura de inicio de desorción de NOx TK, el catalizador de purificación de gases de escape 13 almacena NOx. Por lo tanto, una región de temperatura inferior a la temperatura de inicio de desorción de NOx TK se convierte en la región de temperatura de almacenamiento de NOx. En este caso, si la temperatura TC del catalizador de purificación de gases de escape 13 se encuentra dentro de esta región de temperatura de almacenamiento de NOx, se puede almacenar una cantidad predeterminada de NX o más de NOx en el catalizador de purificación de gases de escape 13. Por lo tanto, en este caso, para desorber el NOx que está almacenado en el catalizador de purificación de gases de escape, la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape se incrementa temporalmente en un período predeterminado.

- 40 Es decir, en este caso, cuando se utiliza el primer método de purificación de NOx para la acción de purificación de NOx, si la temperatura TC del catalizador de purificación de gases de escape 13 se encuentra en la región de temperatura de almacenamiento NOx, se considera que el estado de operación del motor se encuentra en el estado de operación de almacenamiento de NOx anterior.

La FIG. 25 muestra la rutina de control de purificación de NOx para ejecutar esta realización. Cabe señalar que esta rutina también se ejecuta por interrupción cada cierto tiempo.

- 45 Haciendo referencia a la FIG. 25, primero, en la etapa 80, se evalúa si la temperatura TC del catalizador de purificación de gases de escape 13 es más alta que la temperatura de activación TC que se muestra en la FIG. 5. Cuando  $TC \leq TX$ , es decir, cuando el tratamiento de purificación de NOx no se puede realizar bien mediante el primer método de purificación NOx, la rutina pasa a la etapa 81 donde se ejecuta el segundo método de purificación de NOx.
- 50 Es decir, en la etapa 81, la cantidad de NOx NOXA almacenada por unidad de tiempo se calcula a partir del mapa que se muestra en la FIG. 18. Luego, en la etapa 82, la siguiente fórmula se usa como base para calcular la cantidad de NOx  $\Sigma NOX$  que se almacena en el catalizador de purificación de gases de escape 14 para la acción de purificación de NOx mediante el segundo método de purificación de NOx.

$$\Sigma NOX \leftarrow \Sigma NOX + NOXA - NOXD$$

- 55 A continuación, en la etapa 83, se evalúa si la cantidad NOx almacenado  $\Sigma NOX$  excede el valor admisible MAX. Cuando  $\Sigma NOX > MAX$ , la rutina avanza a la etapa 84 donde se calcula la cantidad de combustible adicional WR a partir del mapa que se muestra en la FIG. 20 y se realiza una acción de inyección de combustible adicional. A

continuación, en la etapa 85, se retira  $\Sigma\text{NOx}$ .

5 Por otro lado, cuando se considera en la etapa 80 que  $\text{TC} > \text{TX}$ , la rutina pasa a la etapa 86 donde se evalúa si en el momento de la interrupción actual,  $\text{TC} > \text{TX}$ . Cuando se considera que  $\text{TC} > \text{TX}$ , para liberar el  $\text{NOx}$  almacenado residual, la rutina pasa a la etapa 84 donde se inyecta combustible adicional WR. A diferencia de esto, cuando se considera en la etapa 86 que en el momento de la interrupción actual,  $\text{TC} > \text{TX}$  ya persiste, la rutina pasa a la etapa 87 donde se ejecuta el primer método de purificación de  $\text{NOx}$ .

10 Es decir, primero, en la etapa 87, se evalúa si la temperatura TC del catalizador de purificación de gases de escape 13 es más alta que la temperatura de inicio de desorción de  $\text{NOx}$  TK. Cuando  $\text{TC} > \text{TK}$ , la rutina pasa a la etapa 88 donde la cantidad de alimentación W de hidrocarburos se calcula a partir del mapa que se muestra en la FIG. 16, y la cantidad W de hidrocarburos se alimenta desde la válvula de alimentación de hidrocarburos 15 en el período calculado  $\Delta T$ . En este momento, la acción de purificación de  $\text{NOx}$  se realiza mediante el primer método de purificación de  $\text{NOx}$ . A diferencia de esto, cuando se evalúa en la etapa 87 que  $\text{TC} \leq \text{TK}$ , la rutina pasa a la etapa 89 donde la acción de purificación de  $\text{NOx}$  se realiza mediante el primer método de purificación de  $\text{NOx}$ , la cantidad de alimentación de hidrocarburos para hacer que el  $\text{NOx}$  se desorba de la capa básica 53 se incrementa temporalmente en el período predeterminado. Es decir, en este momento, la relación de aire-combustible (A/F)in del gas de escape que fluye al catalizador de la purificación de gases de escape 13 se hace temporalmente rica en el período predeterminado.

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

20 Lista de signos de referencia

4.. Colector de admisión

5.. Colector de escape

7.. turbocompresor de escape

12 .. tubo de escape

25 13 .. catalizador de purificación de gases de escape

14 .. filtro de partículas

15 .. válvula de alimentación de hidrocarburos

**REIVINDICACIONES**

1. Método de purificación de NOx de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna en el que un catalizador de purificación de gases de escape (13) para hacer reaccionar el NOx contenido en el gas de escape e hidrocarburos reformados está dispuesto dentro de un conducto de escape de motor, un catalizador de metal precioso (51, 52) está soportado en una superficie de flujo de gases de escape del catalizador de purificación de gases de escape (13) y una parte superficial básica de flujo de gases de escape (24, 54) se forma alrededor del catalizador de metal precioso (51, 52), reduciendo el catalizador de purificación de gases de escape (13) el NOx que está contenido en el gas de escape si una concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape (13) se hace vibrar dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de período y se incrementa en la cantidad de almacenamiento de NOx que está contenido en el gas de escape si el período de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace más largo que el intervalo predeterminado, en el momento de operación del motor, si la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape (13) se hace vibrar dentro de dicho intervalo predeterminado de amplitud y dentro de dicho intervalo predeterminado de período, y, en este momento, cuando una cantidad predeterminada o más de NOx se almacena en o se puede almacenar en el catalizador de purificación de gases de escape (13), la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape (13) se incrementa temporalmente para desorber el NOx que está almacenado en el catalizador de purificación de gases de escape (13), en donde en dicho catalizador de purificación de gases de escape (13), el NOx contenido en el gas de escape e hidrocarburos reformados reaccionan, con lo que se produce un producto intermedio reductor que contiene nitrógeno e hidrocarburos y en donde un período de vibración de la concentración de hidrocarburos es un período de vibración necesario para la producción continuada del producto intermedio reductor, caracterizado porque dicho período de vibración de la concentración de hidrocarburos es 0,3 segundos a 5 segundos.
2. Método de purificación de NOx del sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en donde una relación de aire-combustible del gas de escape que fluye al catalizador de purificación de gases de escape (13) cuando la concentración de hidrocarburos se incrementa temporalmente se hace rica y más pequeña que una relación de aire-combustible del gas de escape que fluye al catalizador de purificación de gases de escape (13) cuando la concentración de hidrocarburos se hace vibrar dentro de dicho intervalo predeterminado de amplitud.
3. Método de purificación de NOx del sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en donde se calcula una cantidad de NOx almacenado de NOx que se almacena en el catalizador de purificación de gases de escape (13) cuando la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape (13) se hace vibrar dentro de dicho intervalo predeterminado de amplitud y dicho intervalo predeterminado de período y en donde la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape (13) se incrementa temporalmente cuando la cantidad calculada de NOx almacenado excede dicha cantidad predeterminada.
4. Método de purificación de NOx del sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en donde un estado de operación de almacenamiento de NOx en el que se almacena NOx en el catalizador de purificación de gases de escape (13) cuando la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape (13) se hace vibrar dentro de dicho intervalo predeterminado de amplitud y dentro de dicho intervalo predeterminado de período se encuentra por adelantado y, cuando el estado de operación del motor es dicho estado de operación de almacenamiento de NOx, la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape (13) se incrementa temporalmente en un período más largo que el intervalo predeterminado de período.
5. Método de purificación de NOx del sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 4, en donde cuando una temperatura del catalizador de purificación de gases de escape (13) está en una región de temperatura de almacenamiento de NOx del catalizador de purificación de gases de escape (13) cuando la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape (13) se hace vibrar dentro de dicho intervalo predeterminado de amplitud y dentro de dicho intervalo predeterminado de período, se considera que un estado de operación del motor se encuentra en dicho estado de operación de almacenamiento de NOx.
6. Método de purificación de NOx del sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en donde dicho catalizador de metal precioso (51, 52) se compone de platino Pt y al menos uno de rodio Rh y paladio Pd.
7. Método de purificación de NOx del sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en donde se forma una capa básica que contiene un metal alcalino, un metal alcalinotérreo, una tierra rara o un metal que puede donar electrones a NOx en la superficie de flujo de gases de escape del catalizador de purificación de gases de escape (13) y en donde la superficie de dicha capa básica forma dicha parte superficial básica de flujo de gases de escape (24, 54).



Fig.1

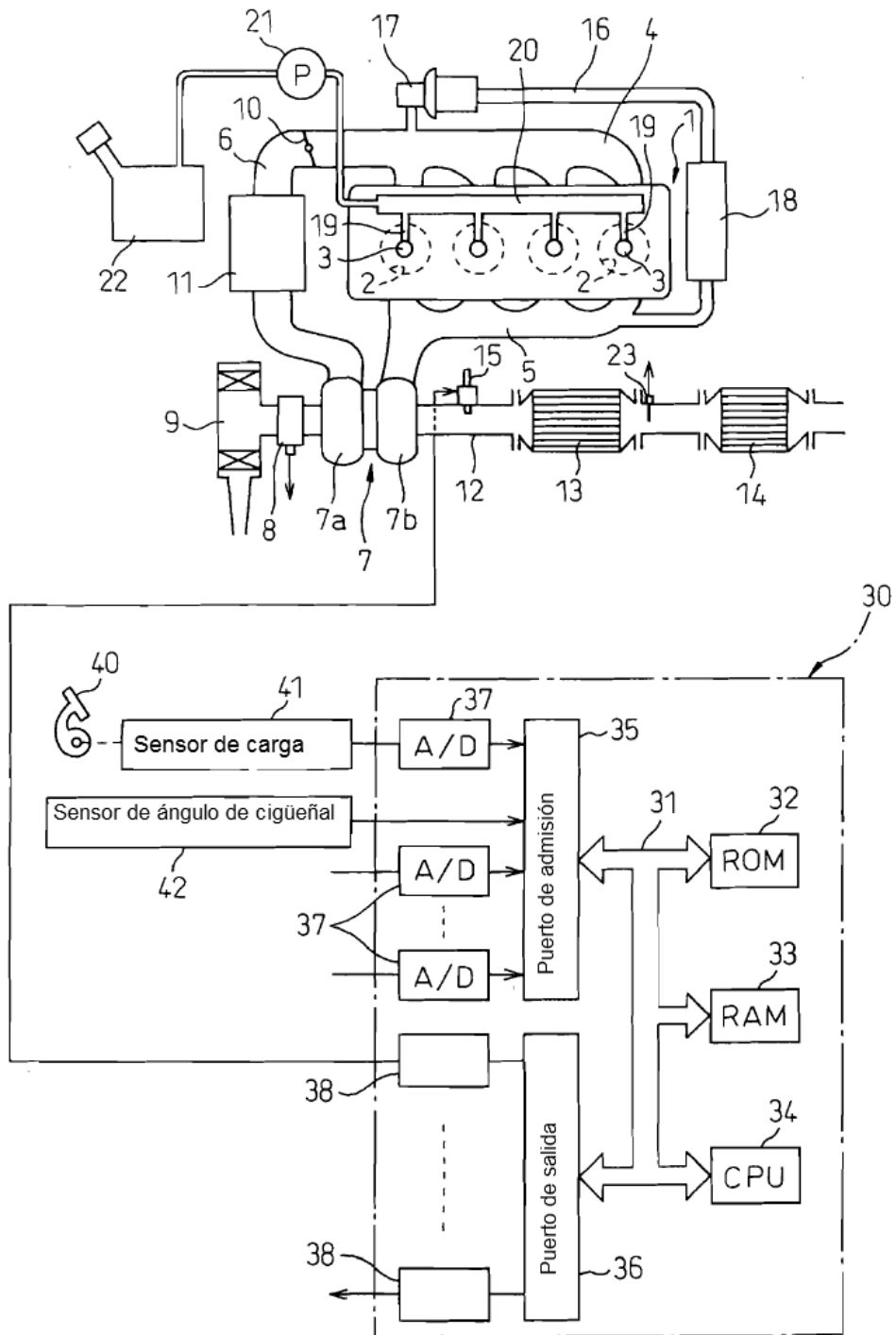


Fig. 2

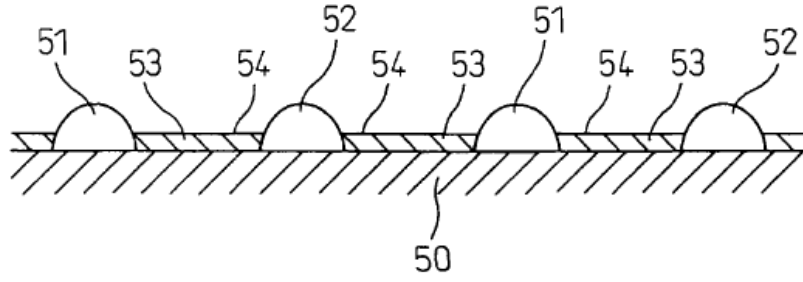


Fig. 3

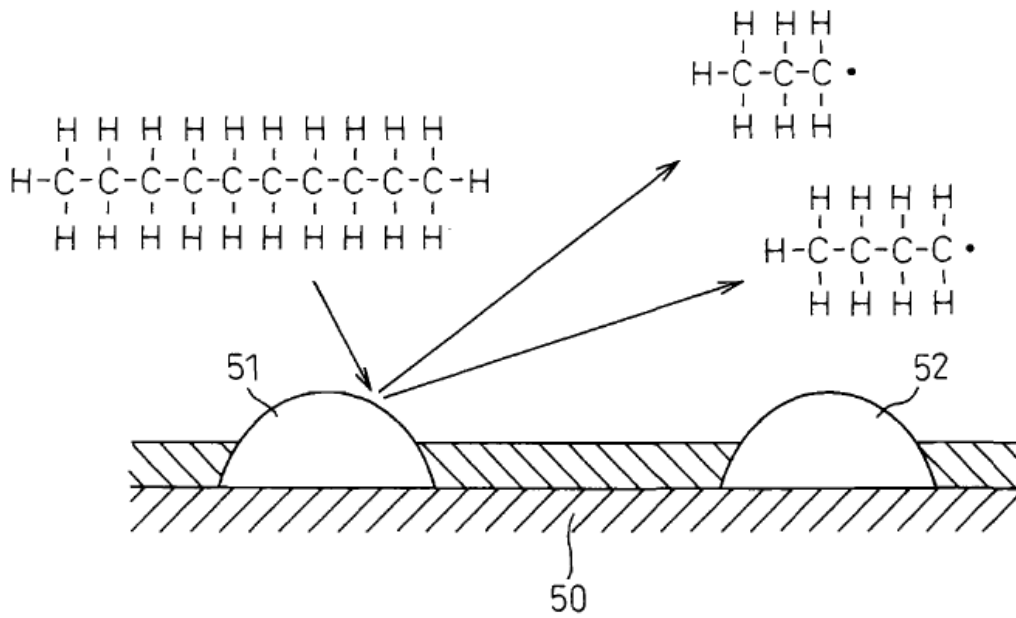


Fig.4

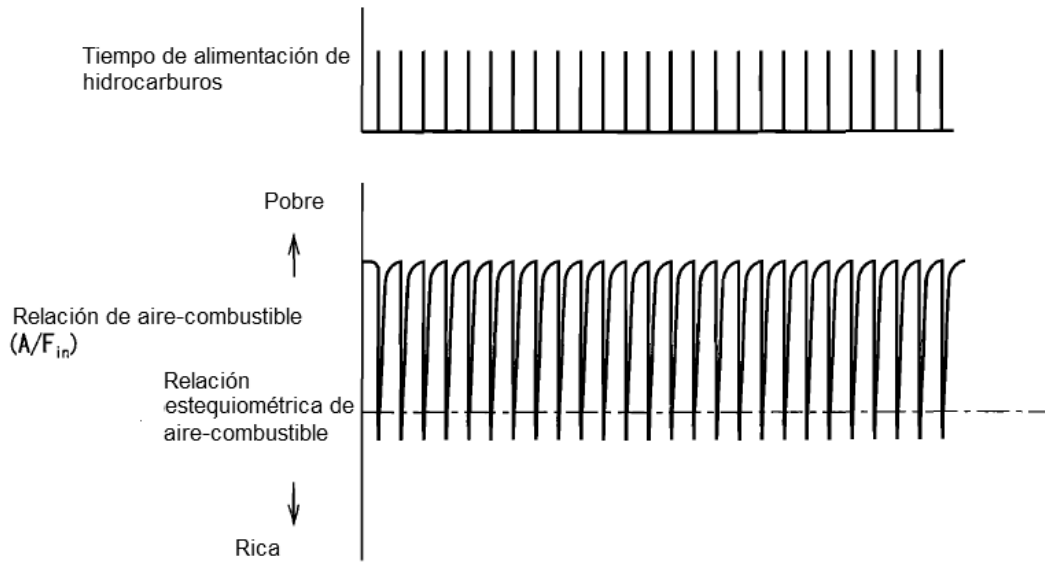


Fig.5

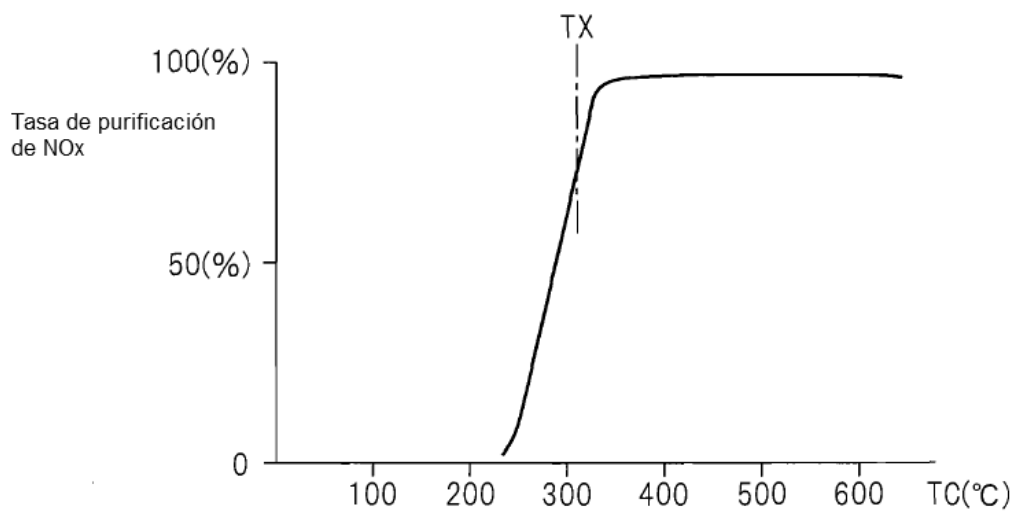


Fig. 6A

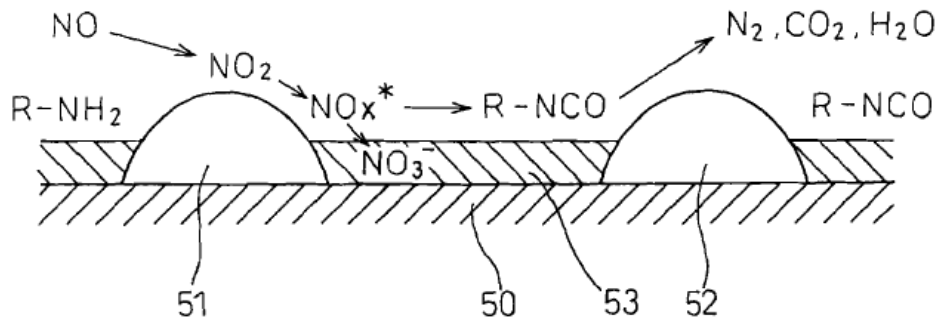


Fig. 6B

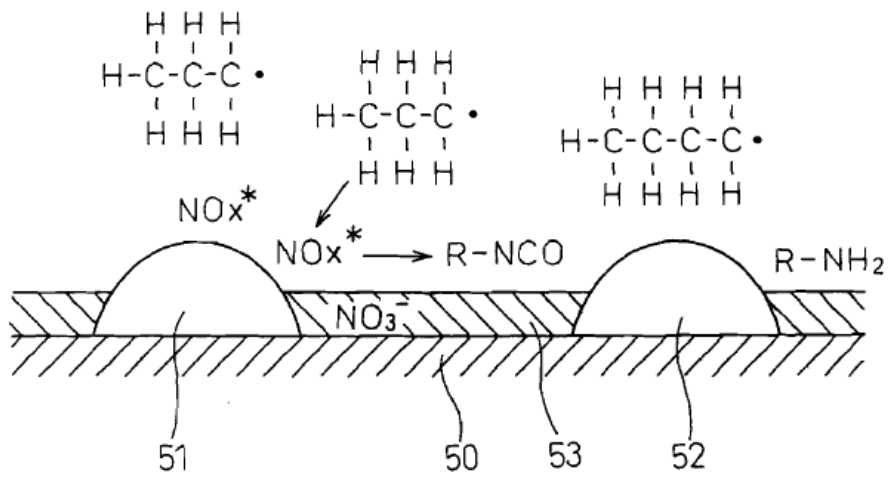


Fig. 7A

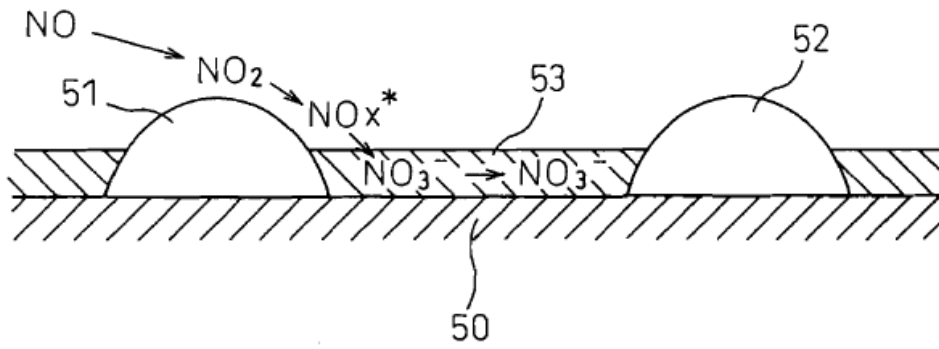


Fig. 7B

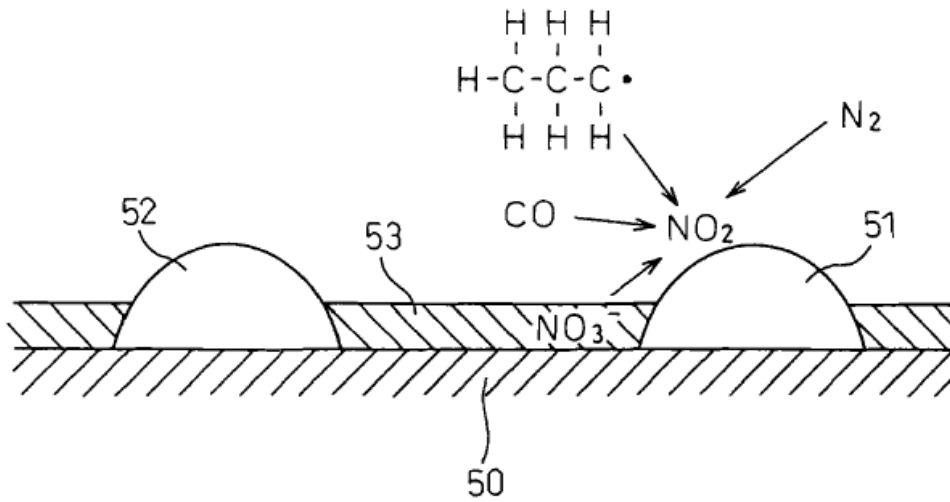


Fig.8

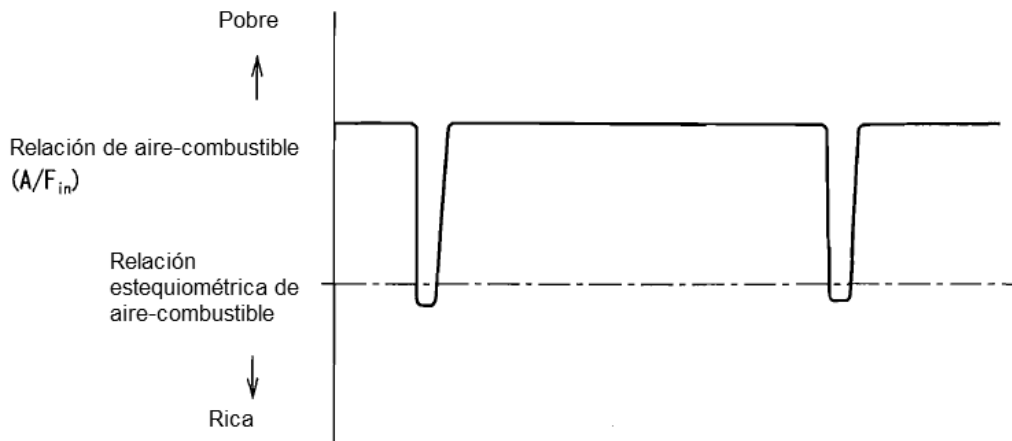


Fig.9

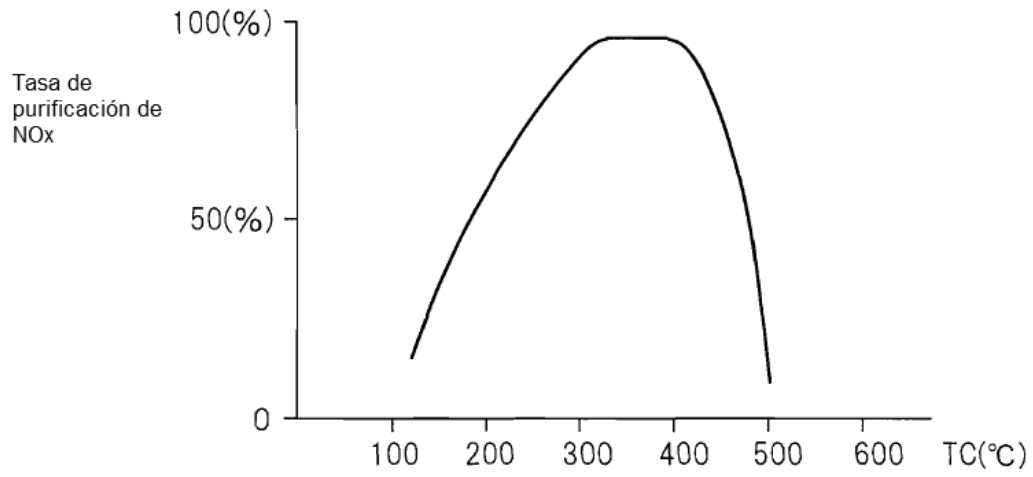


Fig.10

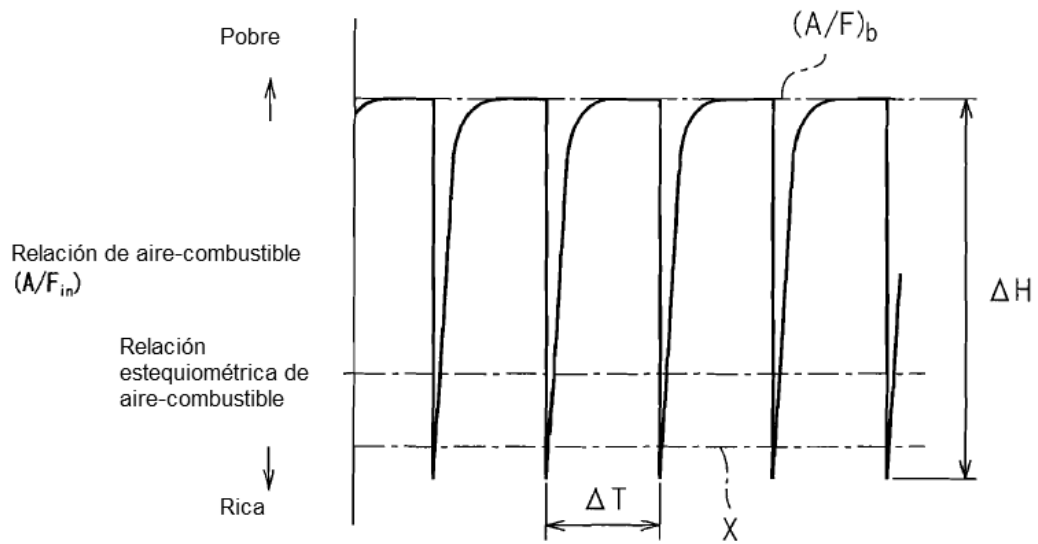


Fig.11

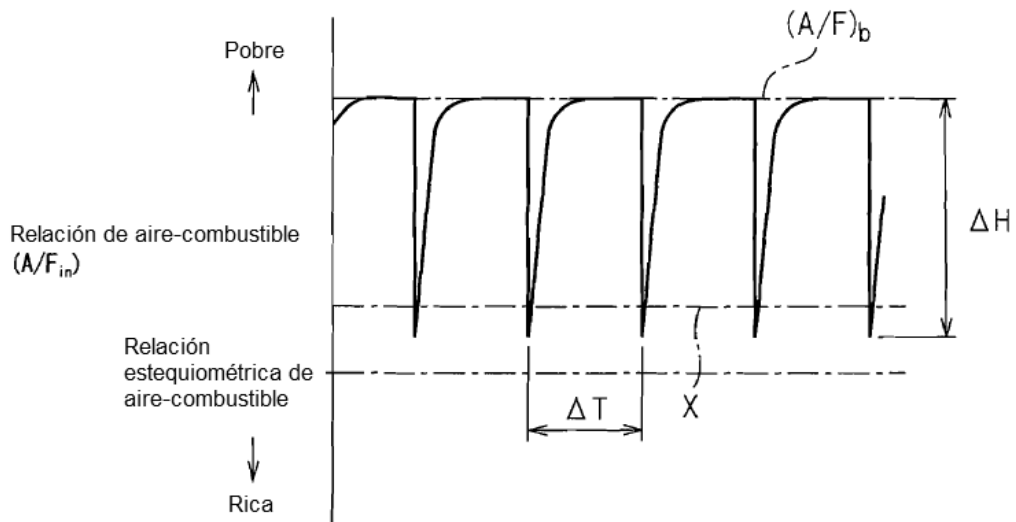


Fig.12

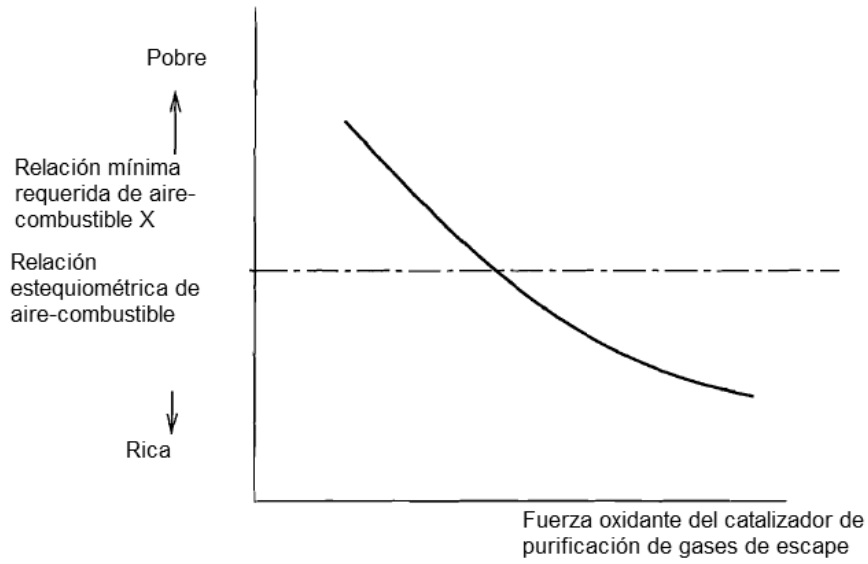


Fig.13

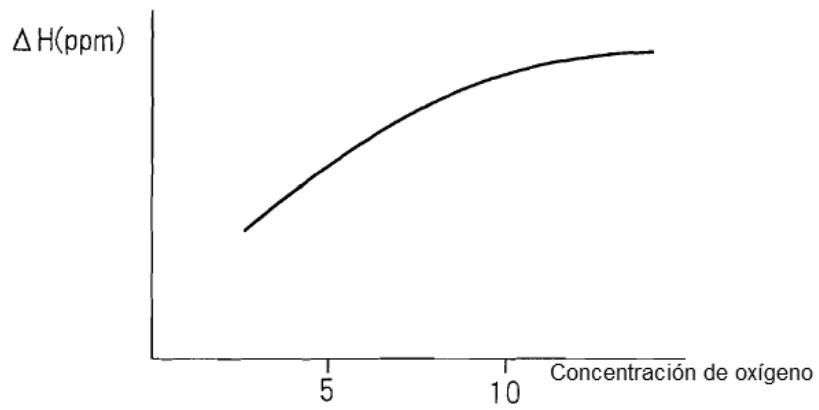




Fig.14

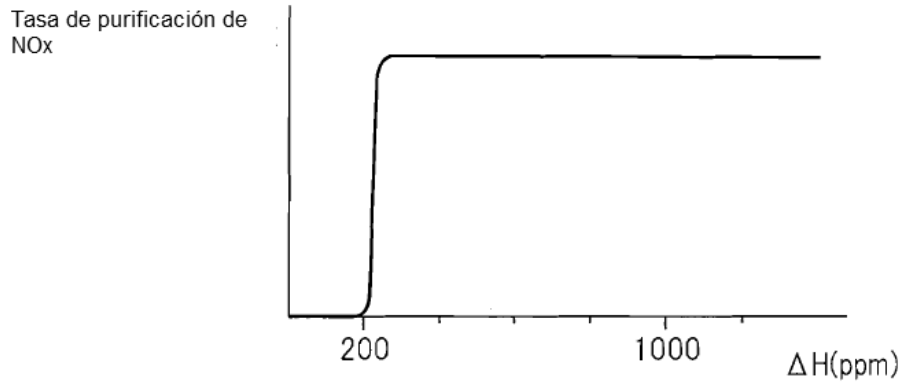


Fig.15

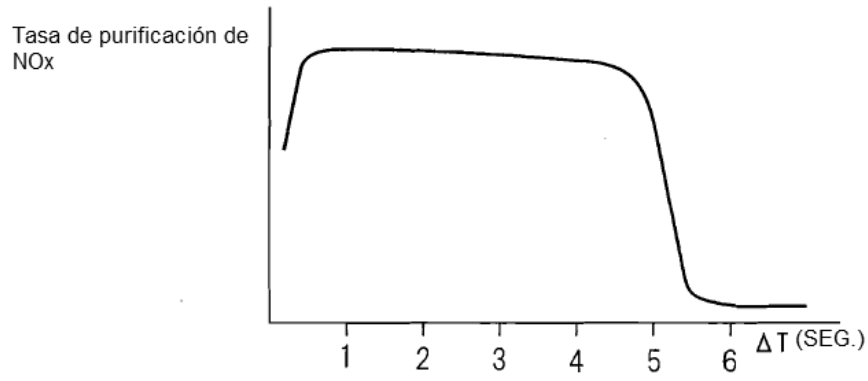


Fig.16

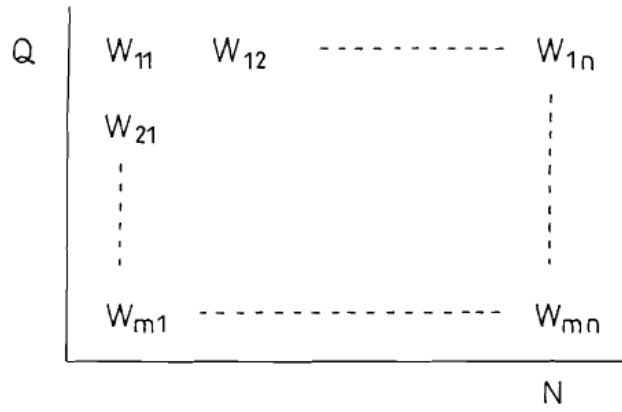


Fig.17

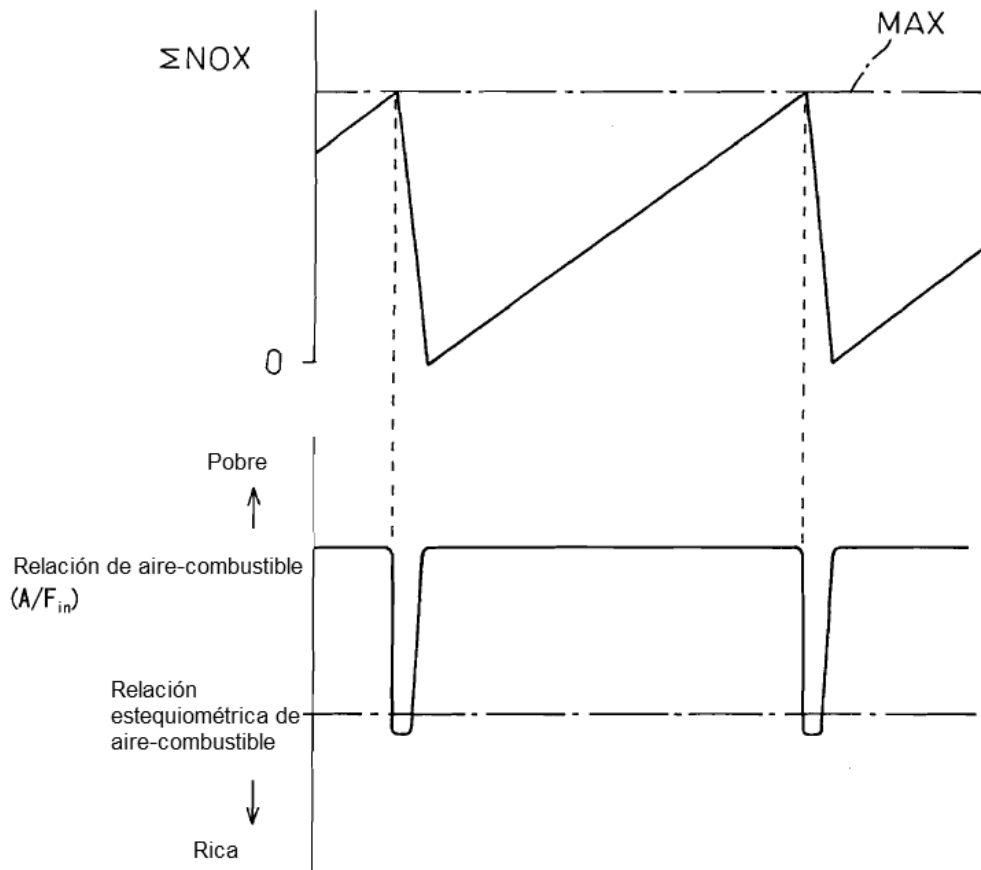


Fig.18

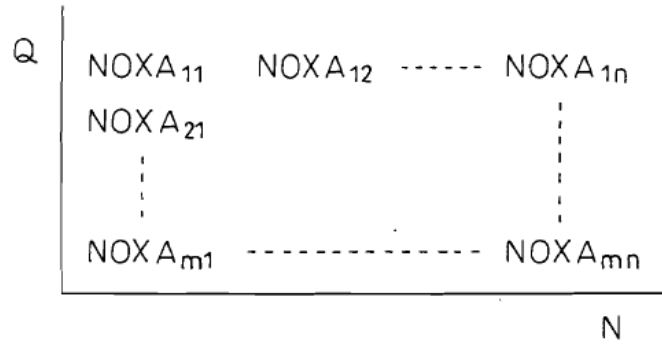


Fig.19

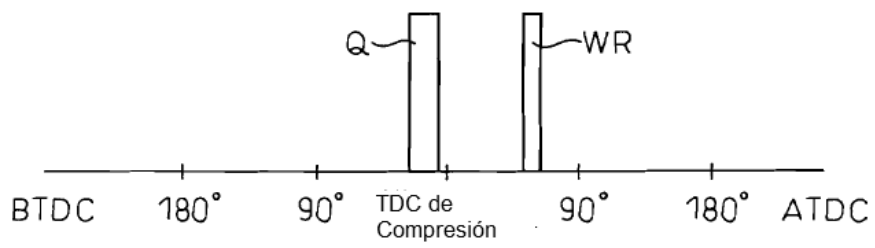


Fig.20

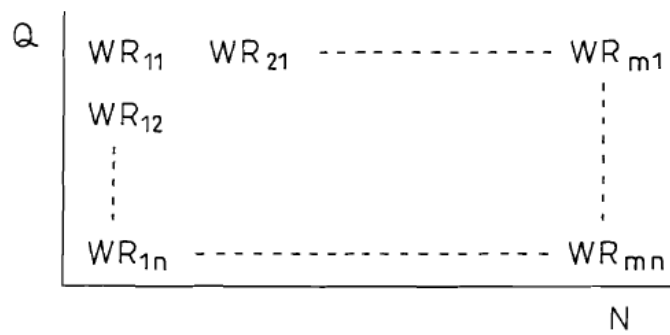


Fig.21

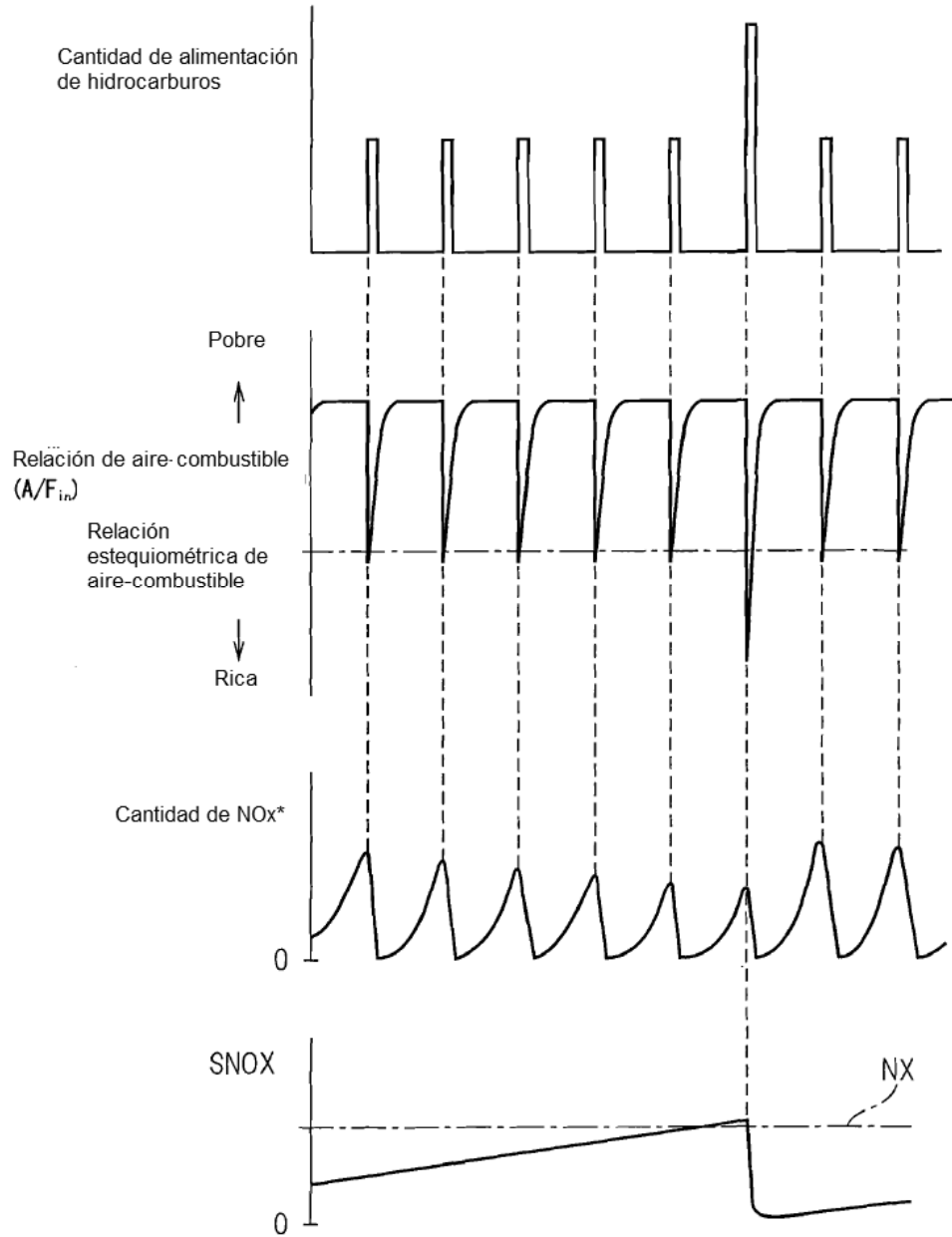


Fig.22

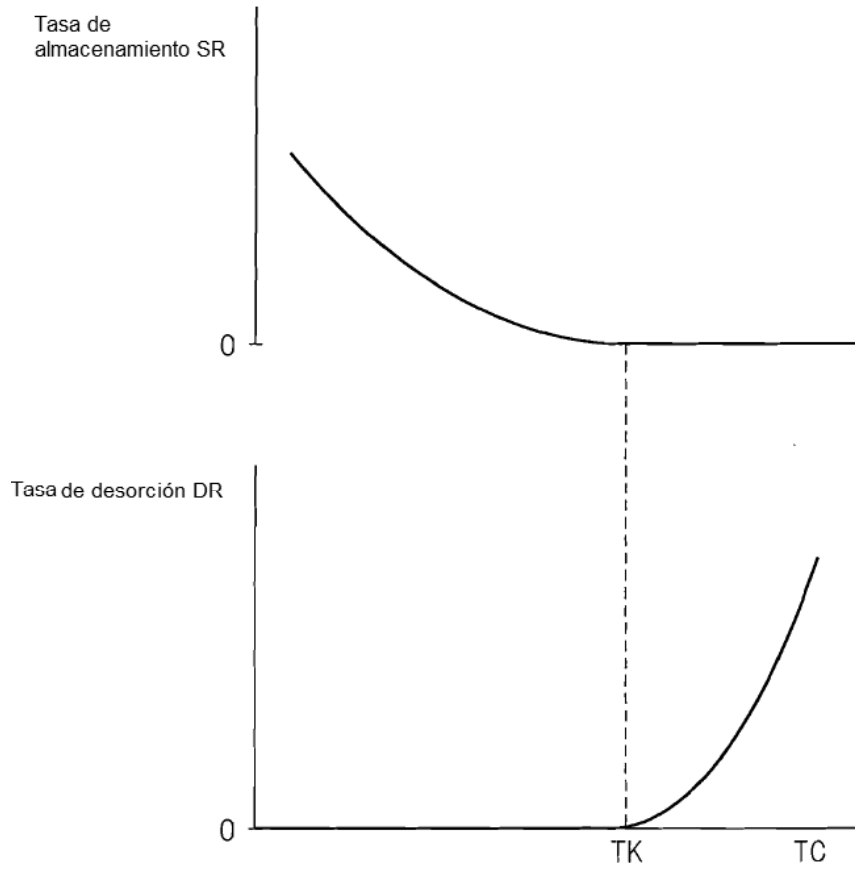


Fig.23

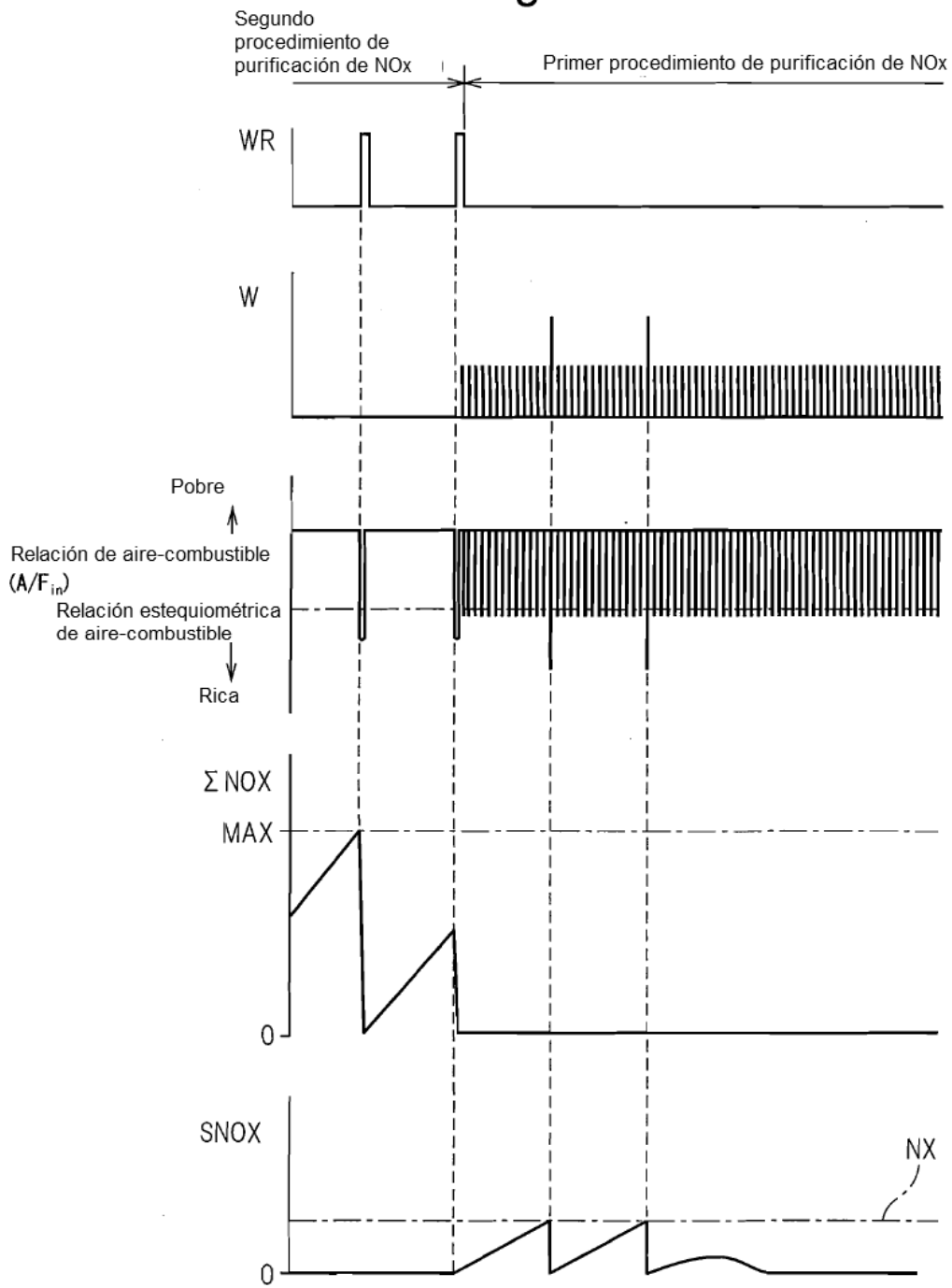


Fig.24

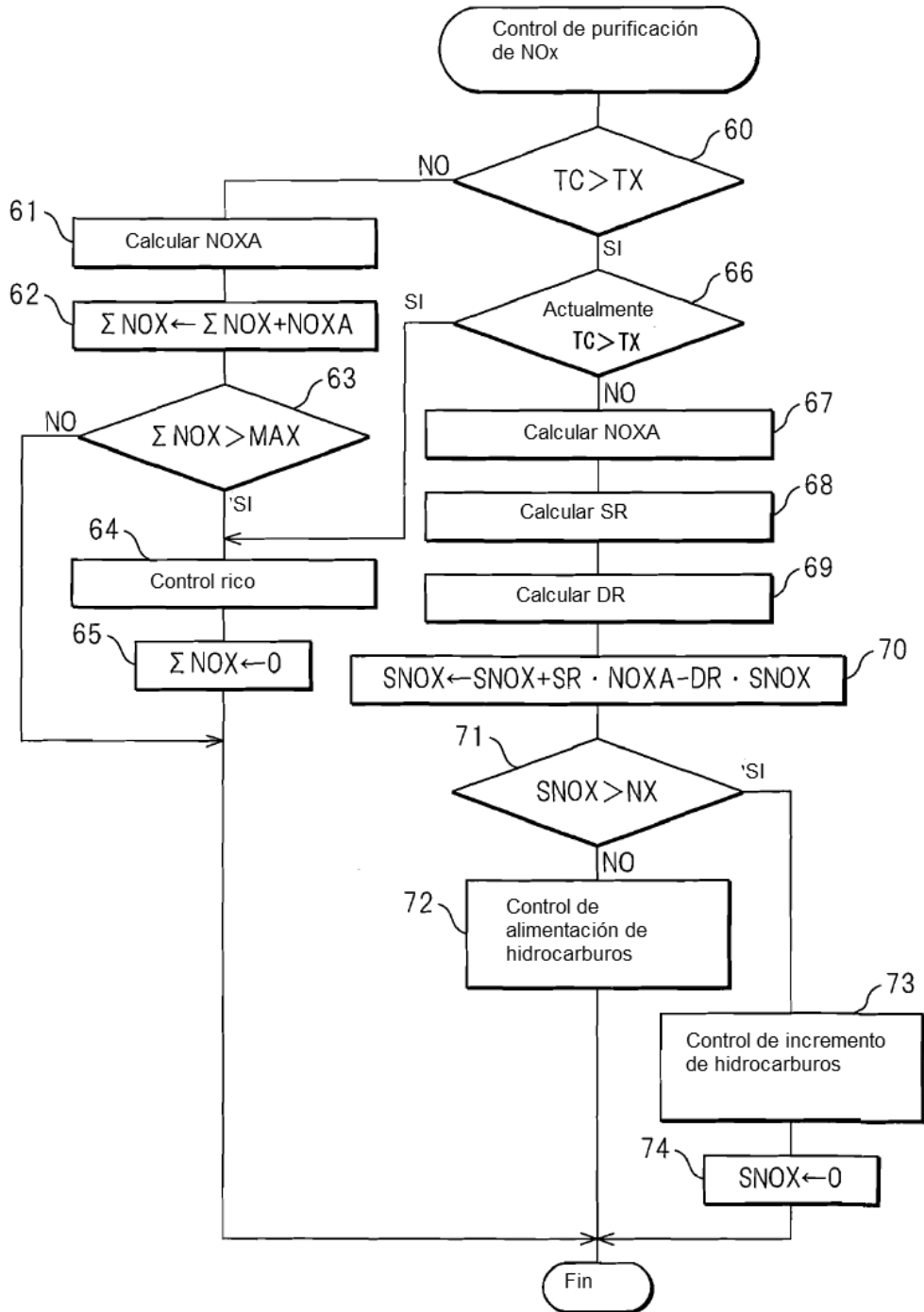


Fig.25

