

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 558 113**

51 Int. Cl.:

**F01N 3/08** (2006.01)  
**F01N 3/36** (2006.01)  
**F01N 3/20** (2006.01)  
**F01N 3/035** (2006.01)  
**F02D 41/14** (2006.01)  
**F02D 41/02** (2006.01)  
**F02D 41/40** (2006.01)  
**B01D 53/94** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.08.2011 E 11837288 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.10.2015 EP 2581576**

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

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**02.02.2016**

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 y**  
**INOUE, MIKIO**

74 Agente/Representante:

**ZUAZO ARALUZE, Alexander**

ES 2 558 113 T3

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

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

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

**10 Antecedentes de la técnica**

Los gases de escape de motores diésel, motores de gasolina, y otros motores de combustión interna incluyen, por ejemplo, monóxido de carbono (CO), combustible sin quemar (HC), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), material particulado (PM), y otros constituyentes. Los motores de combustión interna se montan con sistemas de purificación de gases de escape para eliminar estos constituyentes. Como un método que elimina óxidos de nitrógeno, se conoce disponer un catalizador de almacenamiento de NO<sub>x</sub> en el conducto de gases de escape de motor. La publicación de patente japonesa (A) n.º 2010-48134 da a conocer un sistema de purificación de gases de escape que dispone una pluralidad de catalizadores de almacenamiento de NO<sub>x</sub> en el conducto de gases de escape y proporciona medios de alimentación de combustible para alimentar combustible a los respectivos catalizadores de almacenamiento de NO<sub>x</sub>. Se da a conocer alimentar combustible desde los medios de alimentación de combustible a los catalizadores de almacenamiento de NO<sub>x</sub> respectivamente correspondientes cuando debe hacerse que los catalizadores de almacenamiento de NO<sub>x</sub> liberen el NO<sub>x</sub> almacenado para su reducción. Además, esta publicación da a conocer establecer cantidades de alimentación de combustible desde la pluralidad de medios de alimentación de combustible de modo que el valor total de las cantidades de alimentación de combustible desde los medios de alimentación de combustible coincide sustancialmente con un valor objetivo. Además, da a conocer usar las cantidades de alimentación establecidas y las temperaturas de los catalizadores de almacenamiento de NO<sub>x</sub> como base para calcular las tasas de purificación de NO<sub>x</sub> de los catalizadores de almacenamiento de NO<sub>x</sub> y establecer las cantidades de alimentación de combustible desde los medios de alimentación de combustible de modo que el valor total de las tasas de purificación de NO<sub>x</sub> superan un valor permisible.

Además, la bibliografía de patente 2 (documento US 2009/241522 A1) da a conocer sistemas y métodos para mejorar el rendimiento y control de emisiones de motores de combustión interna equipados con sistemas de control de emisiones con almacenamiento-reducción de óxidos de nitrógeno ("NSR"). El sistema incluye generalmente un catalizador NSR, un procesador de combustible ubicado aguas arriba del catalizador NSR, y al menos un orificio de inyección de combustible. El procesador de combustible convierte un combustible en una mezcla de gas de reducción que comprende CO y H<sub>2</sub>. La mezcla de gas de reducción se alimenta entonces al catalizador NSR, donde regenera el adsorbente NSR, reduce el NO<sub>x</sub> a nitrógeno y, opcionalmente, desulfata periódicamente el catalizador NSR. El procesador de combustible incluye generalmente uno o más catalizadores, que facilitan reacciones tales como la combustión, oxidación parcial, y/o reformado y ayuda a consumir el exceso de oxígeno presente en una corriente de escape de motor. Los métodos de la presente invención facilitan la regeneración de adsorbente NSR de catalizador usando flujo de combustible por pulsos. También se proporcionan estrategias de control.

**Lista de referencias****45 Bibliografía de patente**

PLT 1: Publicación de patente japonesa (A) n.º 2010-48134

PLT 2: Publicación de solicitud de patente estadounidense n.º US 2009/241522 A1.

**50 Sumario de Invención****Problema técnico**

Como se explicó en la publicación anterior, el NO<sub>x</sub> que está contenido en gases de escape puede eliminarse mediante catalizadores de almacenamiento de NO<sub>x</sub> que almacenan NO<sub>x</sub> repetidamente y liberan y reducen NO<sub>x</sub>. En la técnica anterior, manteniendo la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior de los catalizadores de almacenamiento de NO<sub>x</sub> pobre durante un largo periodo de tiempo, es posible hacer que el NO<sub>x</sub> se absorba en el interior de un absorbente de NO<sub>x</sub> en forma de iones de nitrato y de ese modo, es posible eliminar el NO<sub>x</sub> de los gases de escape. El NO<sub>x</sub> que se absorbe en el interior del absorbente de NO<sub>x</sub> se libera del interior del absorbente haciendo la relación aire-combustible de los gases de escape la relación aire-combustible estequiométrica o rica. El NO<sub>x</sub> que se libera del interior del absorbente se reduce a nitrógeno mediante los hidrocarburos u otros agentes de reducción que están contenidos en los gases de escape. Cuando se realiza un control para mantener la relación aire-combustible de los gases de escape pobre durante un largo periodo de tiempo, y después se hace la relación aire-combustible de los gases de escape rica para así eliminar el NO<sub>x</sub>, se daba el problema de que si los catalizadores de almacenamiento de NO<sub>x</sub> pasan a estar a una alta temperatura, la

tasa de purificación de NO<sub>x</sub> descendería.

La presente invención tiene como objeto proporcionar un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna que está dotado de un catalizador de purificación de gases de escape que elimina NO<sub>x</sub> y puede proporcionar una alta tasa de purificación de NO<sub>x</sub> incluso cuando el catalizador de purificación de gases de escape pasa a estar a una alta temperatura.

### Solución al problema

El sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna de la presente invención es un sistema en el que, en el interior de un conducto de gases de escape de motor, se dispone un catalizador de purificación de gases de escape para provocar una reacción entre NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape e hidrocarburos modificados, una superficie de flujo de gases de escape del catalizador de purificación de gases de escape porta catalizadores de metales preciosos, y una parte superficial de flujo de gases de escape básica está formada alrededor de los catalizadores de metales preciosos, y el catalizador de purificación de gases de escape tiene la propiedad de reducir NO<sub>x</sub> que está contenido en gases de escape si cambia una concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo y tiene la propiedad de aumentar una cantidad de almacenamiento de NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape si un periodo de cambio de la concentración de hidrocarburos es más largo que el intervalo predeterminado. El sistema estima una capacidad de retención para retener NO<sub>x</sub> en los gases de escape en la parte superficial de flujo de gases de escape básica del catalizador de purificación de gases de escape cuando se realiza un control para cambiar la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape dentro del intervalo predeterminado de amplitud y dentro del intervalo predeterminado de periodo y, cuando la capacidad de retención se hace menor que un valor de determinación predeterminado de la capacidad de retención, hace que aumente la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape.

En la invención anterior, el sistema puede estimar una velocidad máxima mediante la que puede retenerse NO<sub>x</sub> en los gases de escape en la parte superficial de flujo de gases de escape básica del catalizador de purificación de gases de escape, es decir, una velocidad retenible, y usar la velocidad retenible como base para estimar la capacidad de retención.

En la invención anterior, el sistema puede estimar la cantidad de NO<sub>x</sub> retenida que está retenida en la parte superficial de flujo de gases de escape básica y usar la cantidad de NO<sub>x</sub> retenida estimada como base para estimar la velocidad retenible.

En la invención anterior, el sistema puede detectar un estado de funcionamiento del motor de combustión interna y usar el estado de funcionamiento del motor de combustión interna como base para corregir la velocidad retenible.

En la invención anterior, la capacidad de retención puede incluir una tasa de purificación de NO<sub>x</sub> del catalizador de purificación de gases de escape, y el sistema puede estimar una cantidad de NO<sub>x</sub> que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape por unidad de tiempo, usar la cantidad de NO<sub>x</sub> que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape por unidad de tiempo y un valor de determinación predeterminado de la tasa de purificación de NO<sub>x</sub> como base para establecer una velocidad de retención solicitada, y, cuando la velocidad retenible se hace menor que la velocidad de retención solicitada, determinar que la capacidad de retención ha pasado a ser menor que el valor de determinación predeterminado de la capacidad de retención.

En la invención anterior, el sistema puede estimar una cantidad de NO<sub>x</sub> retenida que está retenida en la parte superficial de flujo de gases de escape básica y, cuando una cantidad de NO<sub>x</sub> retenida estimada supera el valor de determinación predeterminado de la cantidad de NO<sub>x</sub> retenida, determinar que la capacidad de retención ha pasado a ser menor que el valor de determinación de la capacidad de retención.

En la invención anterior, el sistema puede estimar una cantidad de NO<sub>x</sub> retenida que está retenida en la parte superficial de flujo de gases de escape básica y usar una cantidad de NO<sub>x</sub> retenida estimada como base para establecer la amplitud de la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape.

En la invención anterior, el sistema puede detectar el estado de funcionamiento del motor de combustión interna y usar el estado de funcionamiento del motor de combustión interna como base para corregir la amplitud de la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape.

En la invención anterior, al hacer reaccionar el NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape y los hidrocarburos modificados en el interior del catalizador de purificación de gases de escape, se produce un producto intermedio reductor que contiene nitrógeno e hidrocarburos. El periodo de cambio de la concentración de hidrocarburos puede ser un periodo requerido para la producción continuada del producto intermedio reductor.

En la invención anterior, el periodo de cambio de la concentración de hidrocarburos puede ser desde 0,3 segundos o más hasta dentro de 5 segundos.

5 En la invención anterior, el catalizador de metales preciosos puede estar compuesto por al menos uno de rodio Rh y paladio Pd y de platino Pt.

10 En la invención anterior, el catalizador de purificación de gases de escape incluye una capa básica que está formada sobre la superficie de flujo de gases de escape y que puede contener un metal alcalino o metal alcalinotérreo o tierra rara o metal que pueda donar electrones al  $\text{NO}_x$ . Una superficie de la capa básica forma la parte superficial de flujo de gases de escape básica.

### Efectos ventajosos de la invención

15 Según la presente invención, es posible proporcionar un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna que puede proporcionar una alta tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  incluso cuando el catalizador de purificación de gases de escape pasa a estar a una alta temperatura.

### Breve descripción de dibujos

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

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

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

30 La figura 4 es una vista que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape en un primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ .

La figura 5 es una vista que muestra una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  del primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ .

35 La figura 6A y la figura 6B son vistas para explicar una reacción de oxidación-reducción mediante un catalizador de purificación de gases de escape en el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ .

La figura 7A y la figura 7B son vistas para explicar una reacción de oxidación-reducción mediante un catalizador de purificación de gases de escape en un segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ .

40 La figura 8 es una vista que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape en el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ .

La figura 9 es una vista que muestra una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  del segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ .

45 La figura 10 es un diagrama en el tiempo que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape en el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ .

50 La figura 11 es otro diagrama en el tiempo que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape en el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ .

La figura 12 es una vista que muestra la relación entre una fuerza de oxidación de un catalizador de purificación de gases de escape y una relación aire-combustible mínima solicitada X en el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ .

55 La figura 13 es una vista que muestra la relación entre una concentración de oxígeno en gases de escape y una amplitud  $\Delta H$  de una concentración de hidrocarburos que proporciona la misma tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  en el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ .

60 La figura 14 es una vista que muestra una relación entre una amplitud  $\Delta H$  de una concentración de hidrocarburos y una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  en el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ .

La figura 15 es una vista que muestra una relación entre un periodo  $\Delta T$  de cambio de una concentración de hidrocarburos y una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  en el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ .

65 La figura 16 es una vista que muestra un cambio en la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape, etc., en el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ .

La figura 17 es una vista que muestra un mapa de una cantidad de NO<sub>x</sub> expulsado NO<sub>x</sub>A.

5 La figura 18 es una vista que muestra una temporización de inyección de combustible en una cámara de combustión en el segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>.

La figura 19 es una vista que muestra un mapa de la cantidad de alimentación de hidrocarburos WR en el segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>.

10 La figura 20 es un diagrama de flujo de control operacional del primer método de purificación de NO<sub>x</sub> en una realización.

La figura 21 es una gráfica que explica una relación entre una cantidad de NO<sub>x</sub> activo retenido y velocidad retenible de NO<sub>x</sub> de un catalizador de purificación de gases de escape.

15 La figura 22 es una gráfica que explica una relación entre una velocidad espacial de un catalizador de purificación de gases de escape y un coeficiente de corrección para calcular una velocidad retenible de NO<sub>x</sub>.

20 La figura 23 es una gráfica que explica una relación entre una temperatura de catalizador de un catalizador de purificación de gases de escape y un coeficiente de corrección para calcular una velocidad retenible de NO<sub>x</sub>.

La figura 24 es un diagrama de flujo que estima una cantidad de NO<sub>x</sub> activo retenido de un catalizador de purificación de gases de escape.

25 La figura 25 es una gráfica que explica una relación entre una cantidad de NO<sub>x</sub> activo retenido y una cantidad de alimentación de hidrocarburo.

La figura 26 es una gráfica que explica una relación entre una concentración de oxígeno de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape y un coeficiente de corrección para calcular la cantidad de alimentación de hidrocarburo.

30 La figura 27 es una gráfica que explica una relación entre una velocidad espacial de gases de escape en un catalizador de purificación de gases de escape y un coeficiente de corrección para calcular la cantidad de alimentación de hidrocarburo.

35 La figura 28 es un diagrama en el tiempo que explica un ejemplo de funcionamiento en una realización.

La figura 29 es un diagrama de flujo de otro control operacional del primer método de purificación de NO<sub>x</sub> en una realización.

40 La figura 30 es un diagrama de flujo que estima una velocidad retenible promedio de NO<sub>x</sub> de un catalizador de purificación de gases de escape en un periodo de tiempo predeterminado.

### Descripción de realizaciones

45 Haciendo referencia a de la figura 1 a la figura 30, se explicará un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna en una realización. En la presente realización, la explicación se dará con referencia al ejemplo de un motor de combustión interna de tipo de encendido por compresión que se monta en un automóvil.

50 La figura 1 es una vista global de un motor de combustión interna en la presente realización. El motor de combustión interna está dotado de un cuerpo 1 de motor. Además, el motor de combustión interna está dotado de un sistema de purificación de gases de escape que purifica gases de escape. El cuerpo 1 de motor incluye cilindros compuestos por cámaras 2 de combustión, inyectores 3 de combustible de tipo de control electrónico para inyectar combustible en las respectivas cámaras 2 de combustión, un colector 4 de admisión, y un colector 5 de gases de escape.

55 El colector 4 de admisión está conectado a través de un canal 6 de admisión a una salida de un compresor 7a de un turbocompresor 7 de gases de escape. La entrada del compresor 7a está conectada a través de un detector 8 de aire de admisión a un filtro 9 de aire. En el interior del canal 6 de admisión, está dispuesta una válvula 10 de mariposa accionada por un motor paso a paso. Además, en el centro del canal 6 de admisión, está dispuesto un dispositivo 11 de refrigeración para refrigerar el aire de admisión que fluye a través del interior del canal 6 de admisión. En la realización que se muestra en la figura 1, el agua de refrigeración de motor se guía al dispositivo 11 de refrigeración. El agua de refrigeración de motor se usa para refrigerar el aire de admisión.

60 Por otro lado, el colector 5 de gases de escape está conectado a una entrada de una turbina 7b de gases de escape de un turbocompresor 7 de gases de escape. La salida de la turbina 7b de gases de escape está conectada a través de un tubo 12 de gases de escape a una entrada de un catalizador 13 de purificación de gases de escape. Una

salida del catalizador 13 de purificación de gases de escape está conectada a través de un tubo 12a de gases de escape a un filtro 14 de partículas que atrapa material particulado que está contenido en los gases de escape.

5 Aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape, está dispuesta una válvula 15 de alimentación de hidrocarburo para alimentar hidrocarburos compuestos por gasóleo u otro combustible que se usa como combustible de un motor de combustión interna de tipo de encendido por compresión. En la presente realización, se usa gasóleo como hidrocarburo que se alimenta desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburo. Obsérvese que, la presente invención también puede aplicarse a un motor de combustión interna de tipo de encendido por chispa en el que la relación aire-combustible en el momento de la combustión se controla para que sea pobre. En este caso, desde la válvula de alimentación de hidrocarburo, se alimentan hidrocarburos compuestos por gasolina u otro combustible que se usa como combustible de un motor de combustión interna de tipo encendido por chispa.

15 Entre el colector 5 de gases de escape y el colector 4 de admisión, está dispuesto un conducto 16 de RGE para realizar la recirculación de gases de escape (RGE). En el interior del conducto 16 de RGE, está dispuesta una válvula 17 de control de RGE de tipo de control electrónico. Además, en el centro del conducto 16 de RGE, está dispuesto un dispositivo 18 de refrigeración para así refrigerar el gas de RGE que fluye a través del interior del conducto 16 de RGE. En la realización que se muestra en la figura 1, el agua de refrigeración de motor se guía al interior del dispositivo 18 de refrigeración. El agua de refrigeración de motor se usa para refrigerar el gas de RGE.

20 Cada inyector 3 de combustible está conectado a través de un tubo 19 de alimentación de combustible a un conducto 20 común (*common rail*). El conducto 20 común está conectado a través de una bomba 21 de descarga variable de tipo de control electrónico a un depósito 22 de combustible. El combustible que está almacenado en el depósito 22 de combustible se alimenta mediante la bomba 21 de combustible al interior del conducto 20 común. El combustible que se alimenta al interior del conducto 20 común se alimenta a través de cada tubo 19 de alimentación de combustible a cada inyector 3 de combustible.

30 La unidad 30 de control electrónico está compuesta por un ordenador digital. La unidad 30 de control electrónico en la presente realización funciona como un dispositivo de control del sistema de purificación de gases de escape. La unidad 30 de control electrónico incluye componentes que están conectados entre sí mediante un bus 31 bidireccional tal como una ROM (memoria de solo lectura) 32, RAM (memoria de acceso aleatorio) 33, CPU (microprocesador) 34, puerto 35 de entrada, y puerto 36 de salida. La ROM 32 es un dispositivo de almacenamiento de solo lectura. La ROM 32 almacena de antemano mapas y otra información requerida para el control. La CPU 34 puede realizar cualquier procesamiento o determinación. La RAM 33 es un dispositivo de almacenamiento reescribible. La RAM 33 puede almacenar el historial operativo y otra información o almacenar resultados de procesamiento.

40 Aguas abajo del catalizador 13 de purificación de gases de escape, se monta un sensor 23 de temperatura para detectar la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Además, aguas abajo del filtro 14 de partículas, se monta un sensor 25 de temperatura para detectar la temperatura del filtro 14 de partículas. El filtro 14 de partículas tiene unido al mismo un sensor 24 de presión diferencial para detectar la presión diferencial antes y después del filtro 14 de partículas. Las señales de salida de estos sensores 23 y 25 de temperatura, sensor 24 de presión diferencial, y detector 8 de aire de admisión se introducen a través de los correspondientes convertidores 37 AD en el puerto 35 de entrada.

45 Además, el pedal 40 del acelerador tiene conectado al mismo un sensor 41 de carga que genera una tensión de salida que es proporcional a la cantidad de depresión del pedal 40 del acelerador. La tensión de salida del sensor 41 de carga se introduce a través de un correspondiente convertidor 37 AD en el puerto 35 de entrada. Además, el puerto 35 de entrada tiene conectado al mismo un sensor 42 de ángulo del cigüeñal que genera un pulso de salida cada vez que el cigüeñal rota, por ejemplo, 15°. La salida del sensor 42 de ángulo del cigüeñal puede usarse para detectar el ángulo del cigüeñal o la velocidad del motor. Por otro lado, el puerto 36 de salida está conectado a través de correspondientes circuitos 38 de accionamiento a los inyectores 3 de combustible, un motor paso a paso para accionar la válvula 10 de mariposa, válvula 15 de alimentación de hidrocarburo, válvula 17 de control de RGE, y bomba 21 de combustible. Estos inyectores 3 de combustible, válvula 10 de mariposa, válvula 15 de alimentación de hidrocarburo, válvula 17 de control de RGE, etc. se controlan mediante la unidad 30 de control electrónico.

55 El filtro 14 de partículas es un filtro que elimina partículas de carbono, sulfatos, y otro material particulado. El filtro 14 de partículas, por ejemplo, tiene una estructura de panal y tiene una pluralidad de canales que se extienden en una dirección de flujo del gas. En la pluralidad de canales, los canales con extremos aguas abajo que están sellados y los canales con extremos aguas arriba que están sellados se forman de manera alternativa. Las paredes de división de los canales están formadas por un material poroso tal como cordierita. El material particulado queda atrapado cuando los gases de escape pasan a través de las paredes de división.

60 El material particulado queda atrapado en el filtro 14 de partículas y se oxida. El material particulado que se deposita gradualmente en el filtro 14 de partículas se elimina por oxidación elevando la temperatura en una atmósfera con exceso de aire hasta por ejemplo 650°C aproximadamente.

La figura 2 es una vista ampliada de una parte superficial de un soporte de catalizador que está portado en un sustrato del catalizador de purificación de gases de escape en la presente realización. El catalizador 13 de purificación de gases de escape está dotado de un sustrato que incluye conductos a través de los cuales circulan los gases de escape. En las superficies de los conductos del sustrato, hay dispuesto un soporte 50 de catalizador para portar partículas 51 y 52 de catalizador que sirven como catalizador de metales preciosos. En la presente realización, por ejemplo, se proporciona un soporte 50 de catalizador compuesto por alúmina sobre el que se portan partículas 51 y 52 de catalizador de metales preciosos. Además, sobre la superficie del soporte 50 de catalizador, se forma una capa 53 básica que incluye al menos un elemento seleccionado potasio K, sodio Na, cesio Cs, u otro metal alcalino de este tipo, bario Ba, calcio Ca, u otro metal alcalinotérreo de este tipo, un lantanoideo u otra tierra rara de este tipo y plata Ag, cobre Cu, hierro Fe, iridio Ir, u otro metal que pueda donar electrones al  $\text{NO}_x$ . Los gases de escape fluyen a lo largo de la parte superior del soporte 50 de catalizador, de modo que puede decirse que los catalizadores de metales preciosos 51 y 52 se portan sobre la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Además, la superficie de la capa 53 básica presenta basicidad, así que la superficie de la capa 53 básica se denomina la "parte 54 superficial de flujo de gases de escape básica".

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

La figura 3 muestra esquemáticamente una acción de modificación de hidrocarburos realizada en el catalizador de purificación de gases de escape de la presente realización. Tal como se muestra en la figura 3, los hidrocarburos HC que se inyectan desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburo pasan a ser hidrocarburos radicales HC con un pequeño número de átomos de carbono debido a la acción catalítica de las partículas 51 de catalizador.

La figura 4 muestra una temporización de alimentación de hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburos y un cambio en la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape. En la presente invención, la relación del aire y el combustible (hidrocarburos) que se suministran al conducto de admisión del motor, cámaras de combustión, y conducto de gases de escape aguas arriba del catalizador de purificación de gases de escape se denomina como "la relación aire-combustible (A/F) de los gases de escape". Los cambios en la relación aire-combustible (A/F) de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape dependen del cambio de concentración de los hidrocarburos en los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape, así que puede decirse que el cambio en la relación aire-combustible (A/F) mostrado en la figura 4 expresa el cambio en concentración de los hidrocarburos. Sin embargo, si la concentración de hidrocarburos pasa a ser más elevada, la relación aire-combustible (A/F) pasa a ser más pequeña, así que, en la figura 4, cuanto más pasa al lado rico la relación aire-combustible (A/F), mayor es la concentración de hidrocarburos.

La figura 5 es una gráfica que muestra la relación de la temperatura de catalizador del catalizador de purificación de gases de escape y la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  en la presente realización. La figura 5 muestra la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  con respecto a la temperatura de catalizador TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape cuando se hace periódicamente que la relación aire-combustible (A/F) de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape cambie tal como se muestra en la figura 4. Los inventores se dedicaron a la investigación con respecto a la purificación de  $\text{NO}_x$  durante un largo periodo de tiempo. En el proceso de investigación, aprendieron que si se cambia la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo, se obtiene una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  extremadamente elevada incluso en una región de  $400^\circ\text{C}$  o de temperatura más alta.

Además, en este momento, se aprendió que una gran cantidad de producto intermedio reductor que contiene nitrógeno e hidrocarburos sigue reteniéndose sobre la superficie de la capa 53 básica, es decir, sobre la parte 54 superficial de flujo de gases de escape básica del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Además, se aprendió que este producto intermedio reductor desempeña un papel central en la obtención de una alta tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ . A continuación, esto se explicará con referencia a la figura 6A y la figura 6B.

La figura 6A y la figura 6B muestran esquemáticamente una parte superficial del soporte de catalizador del catalizador de purificación de gases de escape. La figura 6A y la figura 6B muestran la reacción que se supone que ocurre cuando la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape se hace cambiar dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo. La figura 6A muestra el momento cuando la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape es baja, mientras que la figura 6B muestra el momento cuando se alimentan hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburo y la concentración de hidrocarburos

que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape pasa a ser elevada.

Ahora, como se entenderá a partir de la figura 4, la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se mantiene pobre excepto por un instante. Los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape normalmente pasan a un estado rico en oxígeno. Por tanto, el NO que está contenido en los gases de escape, tal como se muestra en la figura 6A, se oxida en las partículas 51 de catalizador de platino y pasa a ser NO<sub>2</sub>. A continuación, este NO<sub>2</sub> se oxida adicionalmente y pasa a ser NO<sub>3</sub>. Además, parte del NO<sub>2</sub> pasa a ser 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 tanto, en las partículas 51 de catalizador de platino, se produce una gran cantidad de NO<sub>3</sub> y una pequeña cantidad de NO<sub>2</sub><sup>-</sup>. Estos NO<sub>3</sub> y NO<sub>2</sub><sup>-</sup> son de intensa actividad. En la presente invención, estos NO<sub>3</sub> y NO<sub>2</sub><sup>-</sup> se denominarán como el "NO<sub>x</sub> activo" y se mostrarán mediante el símbolo NO<sub>x</sub>\*. El NO<sub>x</sub> se retiene sobre la superficie de la capa 53 básica en forma de NO<sub>x</sub> activo. Es decir, el NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape se retiene sobre la parte 54 superficial de flujo de gases de escape básica.

Por otro lado, si se alimentan hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburo, tal como se muestra en la figura 3, los hidrocarburos se modifican y pasan a radicalizarse en el interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Como resultado, tal como se muestra en la figura 6B, la concentración de hidrógeno alrededor del NO<sub>x</sub> activo pasa a ser más elevada. A este respecto, si, tras producirse el NO<sub>x</sub> activo, el estado de una alta concentración de oxígeno alrededor del NO<sub>x</sub> activo continúa durante un tiempo constante o más, el NO<sub>x</sub> activo se oxida y se absorbe en forma de iones de nitrato NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en el interior de la capa 53 básica. Sin embargo, si, antes de que pase este tiempo constante, la concentración de hidrocarburos alrededor del NO<sub>x</sub> activo pasa a ser más elevada, tal como se muestra en la figura 6B, el NO<sub>x</sub> activo reacciona sobre las partículas 51 de catalizador con los hidrocarburos radicales HC para formar de ese modo el producto intermedio reductor. Este producto intermedio reductor se retiene sobre la superficie de la capa 53 básica.

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

Por otro lado, tal como se muestra en la figura 6B, si el producto intermedio reductor producido está rodeado por los hidrocarburos HC, el producto intermedio reductor se bloquea mediante los hidrocarburos HC y la reacción no seguirá avanzando. En este caso, se reduce la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape y de ese modo la concentración de oxígeno se vuelve más alta. Si esto ocurre, los hidrocarburos alrededor del producto intermedio reductor se oxidarán. Como resultado, tal como se muestra en la figura 6A, el producto intermedio reductor y el NO<sub>x</sub> activo reaccionan. En este momento, el NO<sub>x</sub> activo reacciona con el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> para dar N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, por consiguiente se elimina el NO<sub>x</sub>.

De este modo, en el catalizador 13 de purificación de gases de escape, haciendo que la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape sea más alta, se produce un producto intermedio reductor. La concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape disminuye y la concentración de oxígeno se eleva de modo que el NO<sub>x</sub> activo reacciona con el producto intermedio reductor y se elimina el NO<sub>x</sub>. Es decir, para que el catalizador 13 de purificación de gases de escape elimine el NO<sub>x</sub>, la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape tiene que cambiarse periódicamente.

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

Por otro lado, si se prolonga el periodo de alimentación de los hidrocarburos, el tiempo en el que la concentración de oxígeno se vuelve alta, se hace más largo en el periodo después de que se alimenten los hidrocarburos hasta que a continuación se alimentan los hidrocarburos. Por tanto, el NO<sub>x</sub> activo se absorbe en la capa 53 básica en forma de nitratos sin producir un producto intermedio reductor. Para evitar esto, es necesario cambiar la concentración de

hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape dentro de un intervalo predeterminado de periodo.

Por lo tanto, en una realización de la presente invención, para hacer que el  $\text{NO}_x$  que está contenido en los gases de escape y los hidrocarburos modificados reaccionen y produzcan el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> que contiene nitrógeno e hidrocarburos, la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape porta las partículas 51 y 52 de catalizador de metales preciosos. Para retener el producto intermedio reductor producido R-NCO o R-NH<sub>2</sub> dentro del catalizador 13 de purificación de gases de escape, se forma la parte 54 superficial de flujo de gases de escape básica alrededor del catalizador 51 y 52 de metales preciosos. Debido a la acción de reducción del producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> que se retiene sobre la parte 54 superficial de flujo de gases de escape básica, se reduce el  $\text{NO}_x$ . El periodo del cambio de concentración de hidrocarburos se hace el periodo necesario para continuar con la producción del producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub>. A este respecto, en el ejemplo mostrado en la figura 4, el intervalo de inyección es de 3 segundos.

Si el periodo de cambio de la concentración de hidrocarburos, es decir, el periodo de alimentación de los hidrocarburos HC, se hace más largo que el intervalo predeterminado de periodo anterior, el producto intermedio reductor R-NCO o R-NH<sub>2</sub> desaparece de la superficie de la capa 53 básica. En este momento, el  $\text{NO}_x$  activo que se produjo sobre las partículas 51 de catalizador, tal como se muestra en la figura 7A, se difunde en la capa 53 básica en forma de iones nitrato  $\text{NO}_3^-$  y pasa a ser nitratos. Es decir, en este momento, el  $\text{NO}_x$  en los gases de escape se absorbe en forma de nitratos dentro de la capa 53 básica.

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

La figura 8 muestra el caso en el que se hace que la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape sea temporalmente rica ligeramente antes de que se sature la capacidad de absorción de  $\text{NO}_x$  de la capa básica. Obsérvese que, en el ejemplo que se muestra en la figura 8, el intervalo de tiempo de este control rico es de 1 minuto o más. En este caso, el  $\text{NO}_x$  que se absorbió en la capa 53 básica cuando la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape era pobre se libera de una vez y se reduce de la capa 53 básica cuando la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape se hace temporalmente rica. Por tanto, en este caso, la capa 53 básica desempeña el papel de un absorbente para absorber temporalmente el  $\text{NO}_x$ .

Obsérvese que, en este momento, a veces la capa 53 básica adsorbe temporalmente  $\text{NO}_x$ . Por tanto, si se usa el término "almacenamiento" como un término que incluye tanto absorción como adsorción, en este momento, la capa 53 básica desempeña el papel de un agente de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  para almacenar temporalmente  $\text{NO}_x$ . Es decir, en este caso, el catalizador 13 de purificación de gases de escape funciona como catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  que almacena  $\text{NO}_x$  cuando la relación aire-combustible de los gases de escape es pobre y libera el  $\text{NO}_x$  almacenado cuando disminuye la concentración de oxígeno en los gases de escape.

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

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

Por tanto, en la presente invención, una válvula 15 de alimentación de hidrocarburos para alimentar hidrocarburos se dispone en el interior de un conducto de gases de escape de motor, un catalizador 13 de purificación de gases de escape, para provocar que el  $\text{NO}_x$  que está contenido en los gases de escape y los hidrocarburos modificados reaccionen, se dispone aguas debajo de la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos en el conducto de gases de

escape de motor, la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape porta catalizadores 51 y 52 de metales preciosos, alrededor de los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos, se forma una parte 54 superficial de flujo de gases de escape básica, el catalizador 13 de purificación de gases de escape tiene la propiedad de reducir el  $\text{NO}_x$  que está contenido en los gases de escape si se cambia la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo y tiene la propiedad de que aumenta la cantidad de almacenamiento del  $\text{NO}_x$  que está contenido en los gases de escape si el periodo de cambio de la concentración de hidrocarburos se hace más largo que el intervalo predeterminado, y, en el momento del funcionamiento del motor, la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se cambia a dentro del intervalo predeterminado de amplitud y dentro del intervalo predeterminado de periodo para reducir de ese modo el  $\text{NO}_x$  que está contenido en los gases de escape en el catalizador 13 de purificación de gases de escape.

Es decir, puede decirse que el método de purificación que se muestra de la figura 4 a las figuras 6A y 6B es un nuevo método de purificación de  $\text{NO}_x$  diseñado para eliminar  $\text{NO}_x$  sin formar prácticamente ningún nitrato en el caso de usar un catalizador de purificación de gases de escape que porta partículas de catalizador de metales preciosos y forma una capa básica que puede absorber  $\text{NO}_x$ . En la actualidad, cuando se usa este método nuevo de purificación de  $\text{NO}_x$ , los nitratos que se detectan desde la capa 53 básica pasan a tener una cantidad mucho más pequeña en comparación con el caso en el que se hace que el catalizador 13 de purificación de gases de escape funcione como catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$ . Obsérvese que este nuevo método de purificación de  $\text{NO}_x$  se denominará a continuación "primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ ".

A continuación, haciendo referencia a las figuras 10 a 15, se explicará este primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  de manera algo más detallada.

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

Además, en la figura 10, (A/F)b muestra la relación aire-combustible de base que muestra la relación aire-combustible de los gases de combustión para generar la salida de motor. Dicho de otro modo, esta relación aire-combustible de base (A/F)b muestra la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape cuando se detiene la alimentación de hidrocarburos. Por otro lado, en la figura 10, X muestra el límite superior de la relación aire-combustible (A/F)in que se usa para producir el producto intermedio reductor sin que se almacene demasiado el  $\text{NO}_x$  activo producido en forma de nitratos dentro de la capa 53 básica. Para hacer que el  $\text{NO}_x$  activo y los hidrocarburos modificados reaccionen y produzcan el producto intermedio reductor, la relación aire-combustible (A/F)in ha de hacerse menor que este límite superior X de la relación aire-combustible.

Dicho de otro modo, en la figura 10, X muestra el límite inferior de la concentración de hidrocarburos necesaria para hacer que el  $\text{NO}_x$  activo y los hidrocarburos modificados reaccionen para producir un producto intermedio reductor. Para producir el producto intermedio reductor, tiene que hacerse que la concentración de hidrocarburos sea más alta que este límite inferior X. En este caso, el que se produzca el producto intermedio reductor se determina mediante la relación de la concentración de oxígeno y la concentración de hidrocarburos alrededor del  $\text{NO}_x$  activo, es decir, la relación aire-combustible (A/F)in. El límite superior X de la relación aire-combustible que es necesaria para producir el producto intermedio reductor se denominará a continuación "relación aire-combustible mínima solicitada".

En el ejemplo mostrado en la figura 10, la relación aire-combustible mínima solicitada X es rica, por tanto, en este caso, para formar el producto intermedio reductor, la relación aire-combustible (A/F)in se convierte instantáneamente en la relación aire-combustible mínima solicitada X o menos, es decir, rica. A diferencia de esto, en el ejemplo mostrado en la figura 11, la relación aire-combustible mínima solicitada X es pobre. En este caso, la relación aire-combustible (A/F)in se mantiene pobre mientras que se reduce periódicamente la relación aire-combustible (A/F)in para así formar el producto intermedio reductor.

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

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

Por otro lado, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una fuerza de oxidación reducida, tal como se muestra en la figura 11, si se mantiene la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> pobre mientras periódicamente se reduce la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub>, los hidrocarburos no se oxidarán por completo, sino que se oxidarán parcialmente, es decir, los hidrocarburos se modificarán y por consiguiente se producirá el producto intermedio reductor. A diferencia de esto, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una fuerza de oxidación reducida, tal como se muestra en la figura 10, si se hace que la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> sea periódicamente rica, se expulsará una gran cantidad de hidrocarburos desde el catalizador 13 de purificación de gases de escape sin oxidar y por consiguiente aumentará la cantidad de hidrocarburos que se consume excesivamente. Por tanto, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una fuerza de oxidación reducida, la relación aire-combustible mínima solicitada X tiene que hacerse pobre.

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

Ahora, si la relación aire-combustible de base (A/F)<sub>b</sub> se hace mayor, es decir, si la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos se vuelve más alta, aumenta la cantidad de alimentación de hidrocarburos necesaria para hacer que la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> sea la relación aire-combustible mínima solicitada X o menos y con ello también aumenta la cantidad excesiva de hidrocarburos que no contribuyen a la producción del producto intermedio reductor. En este caso, para eliminar bien el NO<sub>x</sub>, como se explicó anteriormente, es necesario hacer que los hidrocarburos excesivos se oxiden. Por tanto, para eliminar bien el NO<sub>x</sub>, cuanto mayor sea la cantidad de hidrocarburos excesivos, mayor será la cantidad de oxígeno necesaria.

En este caso, si se eleva la concentración de oxígeno en los gases de escape, puede aumentarse la cantidad de oxígeno. Por tanto, para eliminar bien el NO<sub>x</sub>, cuando la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos es alta, es necesario elevar la concentración de oxígeno en los gases de escape después de alimentar los hidrocarburos. Es decir, cuanto más alta sea la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos, mayor tendrá que hacerse la amplitud de la concentración de hidrocarburos.

La figura 13 muestra la relación entre la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos y la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos cuando se obtiene la misma tasa de purificación de NO<sub>x</sub>. Para obtener la misma tasa de purificación de NO<sub>x</sub>, por la figura 13, se aprende que cuanto más alta sea la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos, mayor tendrá que hacerse la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos. Es decir, para obtener la misma tasa de purificación de NO<sub>x</sub>, cuanto mayor sea la relación aire-combustible de base (A/F)<sub>b</sub>, mayor tendrá que hacerse la amplitud  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos. Dicho de otro modo, para eliminar bien el NO<sub>x</sub>, cuanto menor sea la relación aire-combustible de base (A/F)<sub>b</sub>, más podrá reducirse la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos.

A este respecto, la relación aire-combustible de base (A/F)<sub>b</sub> se vuelve mínima 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 NO<sub>x</sub>. La relación aire-combustible de base (A/F)<sub>b</sub> es normalmente mayor que el tiempo de la operación de aceleración. Por tanto, tal como se muestra en la figura 14, si la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos es de 200 ppm o más, puede obtenerse una excelente tasa de purificación de NO<sub>x</sub>.

Por otro lado, se aprende que cuando la relación aire-combustible (A/F)<sub>b</sub> es máxima, si se hace que la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos sea 10000 ppm o así, se obtiene una excelente tasa de purificación de NO<sub>x</sub>. Por tanto, en la presente invención, se hace que el intervalo predeterminado de la amplitud de la concentración de hidrocarburos sea de 200 ppm a 10000 ppm.

Además, si el periodo  $\Delta T$  del cambio de concentración de hidrocarburos pasa a ser más largo, en el intervalo desde cuando se suministran hidrocarburos hasta cuando se suministran hidrocarburos la vez siguiente, la concentración de oxígeno alrededor del  $\text{NO}_x$  activo pasará a ser más elevada. En este caso, si el periodo  $\Delta T$  del cambio de concentración de hidrocarburos pasa a ser más largo que aproximadamente 5 segundos, el  $\text{NO}_x$  activo empezará a absorberse en forma de nitratos en el interior de la capa 53 básica. Por tanto, tal como se muestra en la figura 15, si el periodo  $\Delta T$  del cambio de concentración de hidrocarburos pasa a ser más largo de 5 segundos aproximadamente, la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  disminuirá. Por tanto el periodo  $\Delta T$  del cambio de concentración de hidrocarburos ha de hacerse 5 segundos o menos.

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

A continuación, mientras se hace referencia a de la figura 16 a la figura 19, se explicará específicamente el método de purificación de  $\text{NO}_x$  cuando se hace que el catalizador de purificación de gases de escape funcione como catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$ . En la presente invención, el método de purificación de  $\text{NO}_x$  en el caso de hacer que el catalizador 13 de purificación de gases de escape funcione como un catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  se denominará como “el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ ”.

La figura 16 muestra un diagrama en el tiempo del momento cuando se retira  $\text{NO}_x$  mediante el segundo método de purificación. En el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ , cuando la cantidad de  $\text{NO}_x$  almacenado  $\Sigma\text{NO}_x$  que está almacenado en la capa 53 básica supera una cantidad permisible predeterminada MAX, la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace temporalmente rica. Si la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape se hace rica, el  $\text{NO}_x$  que se almacena en la capa 53 básica cuando la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape es pobre, se libera todo de una vez y se reduce desde la capa 53 básica. Debido a esto, se elimina el  $\text{NO}_x$ .

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

En este segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ , tal como se muestra en la figura 18, en una cámara de combustión 2, un inyector 3 de combustible inyecta combustible adicional WR además del combustible para uso de combustión Q de modo que la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace rica. Obsérvese que, en la figura 18, la abscisa indica el ángulo del cigüeñal. Este combustible adicional WR se inyecta con una temporización a la que se quemará, pero no aparecerá como salida del motor, es decir, ligeramente antes de ATDC90° tras el punto muerto superior de compresión. Esta cantidad de combustible WR se almacena como función de la cantidad de inyección Q y velocidad del motor N en forma de un mapa tal como se muestra en la figura 19 de antemano en la ROM 32. Evidentemente, en este caso, también es posible hacer que aumente la cantidad de alimentación de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburo para así hacer la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape rica.

Ahora, volviendo de nuevo a la explicación del primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ , para usar el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  para eliminar el  $\text{NO}_x$  bien tal como se explicó antes, la amplitud  $\Delta H$  y periodo  $\Delta T$  del cambio de concentración de hidrocarburos han de controlarse de manera adecuada. Es decir, para usar el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  para eliminar bien el  $\text{NO}_x$ , la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape ha de hacerse la relación aire-combustible mínima solicitada X o menos mediante el control de la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos y mediante el control del periodo  $\Delta T$  del cambio de concentración de hidrocarburos a de 0,3 segundos a 5 segundos.

En este caso, en la presente invención, la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos se controla controlando la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburo, mientras el periodo  $\Delta T$  del cambio de concentración de hidrocarburos se controla controlando el periodo de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburo. Obsérvese que, en este caso, la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburo puede controlarse cambiando al menos uno del tiempo de inyección de hidrocarburos o presión de inyección desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburo.

Haciendo referencia a la figura 6A y la figura 6B, tal como se explicó anteriormente, en el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ , se forma  $\text{NO}_x$  activo en el estado en el que los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape son ricos en oxígeno. Al tener el  $\text{NO}_x$  activo retenido sobre la superficie de la capa 53 básica, el  $\text{NO}_x$  que está contenido en los gases de escape puede eliminarse. Alimentando hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburo, se producen hidrocarburos de tipo radical. Además, al hacer que reaccionen los hidrocarburos de tipo radical y el  $\text{NO}_x$  activo, se produce un producto intermedio reductor. Al hacer que el producto intermedio reductor producido y el  $\text{NO}_x$  activo reaccionen, el  $\text{NO}_x$  se reduce a nitrógeno.

A este respecto, existe un límite para la capacidad de retención del catalizador 13 de purificación de gases de escape que retiene el  $\text{NO}_x$  en los gases de escape sobre la superficie de la capa básica. Si la capacidad de retención pasa a ser más pequeña, el  $\text{NO}_x$  ya no puede eliminarse suficientemente de los gases de escape. En la presente realización, se estima la capacidad de retención para retener el  $\text{NO}_x$  en los gases de escape sobre la superficie de la capa básica del catalizador de purificación de gases de escape y, cuando la capacidad de retención estimada se hace menor que un valor de determinación predeterminado de la capacidad de retención, se realiza un control para hacer que aumente la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape. En la presente realización, se alimentan hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo para hacer que aumente la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape.

Por ejemplo, existe un límite para la cantidad de  $\text{NO}_x$  activo retenido del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Cuanto mayor es la cantidad de  $\text{NO}_x$  activo retenido, menor es la velocidad de retención del  $\text{NO}_x$  que está contenido en los gases de escape, es decir, la velocidad de retención de  $\text{NO}_x$  disminuye. Si la velocidad de retención de  $\text{NO}_x$  disminuye, la cantidad de  $\text{NO}_x$  que no puede retenerse en el catalizador de purificación de gases de escape y pasa a través del catalizador de purificación de gases de escape aumenta. De este modo, si la velocidad de retención de  $\text{NO}_x$  disminuye, la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  disminuye.

El catalizador 13 de purificación de gases de escape en la presente realización tiene una cantidad de  $\text{NO}_x$  máxima que puede retener por unidad de tiempo, es decir, una velocidad retenible. Es decir, la velocidad retenible es la velocidad máxima mediante la cual el  $\text{NO}_x$  en los gases de escape puede retenerse sobre la superficie de la capa básica del catalizador de purificación de gases de escape. La velocidad retenible depende del estado del catalizador de purificación de gases de escape, el estado de funcionamiento del cuerpo de motor, y otros aspectos del estado de funcionamiento del motor de combustión interna.

En el control operacional del sistema de purificación de gases de escape en la presente realización, la velocidad retenible se estima durante el periodo de tiempo en que se está realizando el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ . La velocidad retenible estimada se usa como base para estimar la capacidad de retención del catalizador 13 de purificación de gases de escape. La capacidad de retención estimada se usa como base para establecer la temporización para la alimentación de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburo. Se realiza un control para alimentar hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburo y provocar que el producto intermedio reductor y el  $\text{NO}_x$  activo retenido reaccionen para así eliminar el  $\text{NO}_x$  que está retenido en el catalizador 13 de purificación de gases de escape.

La capacidad de retención de  $\text{NO}_x$  del catalizador 13 de purificación de gases de escape, por ejemplo, incluye la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  del catalizador 13 de purificación de gases de escape. En primer lugar, se explicará el control para la alimentación de hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo cuando el  $\text{NO}_x$  que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape ya no puede eliminarse mediante una tasa de purificación predeterminada.

La figura 20 es un diagrama de flujo de control operacional de un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna en la presente realización. El control que se muestra en la figura 20 puede realizarse por ejemplo repetidamente cada intervalo de tiempo predeterminado.

En la etapa 101, se estima la cantidad de  $\text{NO}_x$   $\text{NO}_x$  que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape por unidad de tiempo. En la presente realización, la cantidad de  $\text{NO}_x$  que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape por unidad de tiempo pasa a ser igual a la cantidad de  $\text{NO}_x$   $\text{NO}_x$  que se expulsa desde el cuerpo de motor por unidad de tiempo. Por este motivo, la cantidad de  $\text{NO}_x$   $\text{NO}_x$  que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape 3 por unidad de tiempo puede estimarse, por ejemplo, mediante un mapa que se muestra en la figura 17 como función de la velocidad del motor  $N$  y la cantidad de combustible de inyección  $Q$  en una cámara de combustión.

En la etapa 102, se establece la velocidad de retención solicitada  $VHR$  para eliminar el  $\text{NO}_x$  que está contenido en los gases de escape mediante una tasa de purificación deseada o más. Cuando el catalizador 13 de purificación de gases de escape tiene una velocidad de retención de  $\text{NO}_x$  de la velocidad de retención solicitada  $VHR$  o más, puede eliminar el  $\text{NO}_x$  mediante la tasa de purificación deseada o más. En la presente realización, la velocidad de retención solicitada  $VHR$  puede establecerse multiplicando la cantidad de  $\text{NO}_x$   $\text{NO}_x$  que fluye al interior del catalizador de

purificación de gases de escape por unidad de tiempo por una tasa de purificación predeterminada. Por ejemplo, cuando la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  que se solicita es del 80%, puede establecerse la cantidad de  $\text{NO}_x$  NOXA que fluye al interior por unidad de tiempo multiplicada por 0,8 para la velocidad de retención solicitada VHR.

5 A continuación, en la etapa 103, se estima la velocidad retenible VH del  $\text{NO}_x$  del catalizador de purificación de gases de escape. Es decir, se estima la cantidad de  $\text{NO}_x$  máxima que puede eliminarse de los gases de escape por unidad de tiempo mediante el catalizador 13 de purificación de gases de escape.

10 La figura 21 es una gráfica que muestra la relación entre la cantidad de  $\text{NO}_x$  activo retenido y la velocidad retenible VHB del catalizador de purificación de gases de escape en la presente realización. La velocidad retenible del catalizador 13 de purificación de gases de escape depende de la cantidad de  $\text{NO}_x$  que se retiene en el catalizador 13 de purificación de gases de escape, es decir, la cantidad de  $\text{NO}_x$  activo retenido. Por este motivo, la cantidad de  $\text{NO}_x$  activo retenido puede usarse como base para estimar la velocidad retenible VHB. Si la cantidad de  $\text{NO}_x$  activo retenido ACNOXW que se retiene en el catalizador 13 de purificación de gases de escape pasa a ser mayor, la capacidad para retener el  $\text{NO}_x$  que está contenido en los gases de escape pasa a ser más pequeña. Es decir, cuanto mayor es la cantidad de  $\text{NO}_x$  activo retenido ACNOXW, más disminuye la velocidad retenible VHB. Obsérvese que, el estado de cambio de la velocidad retenible con respecto a la cantidad de  $\text{NO}_x$  activo retenido se determina dependiendo del tipo de catalizador de purificación de gases de escape.

20 El valor de la velocidad retenible VHB puede almacenarse de antemano como función de la cantidad de  $\text{NO}_x$  activo retenido ACNOXW en, por ejemplo, la unidad 30 de control electrónico. En la presente realización, se lee la cantidad de  $\text{NO}_x$  activo retenido ACNOXW que se estima cada intervalo de tiempo predeterminado. El control para estimar la cantidad de  $\text{NO}_x$  activo retenido cada intervalo de tiempo predeterminado se explicará más adelante. En este caso, la "cantidad de  $\text{NO}_x$  activo retenido" puede ser, por ejemplo, el valor estimado más recientemente. La cantidad de  $\text{NO}_x$  activo retenido que está almacenado en la unidad 30 de control electrónico puede usarse como base para estimar la velocidad retenible VHB del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

30 A este respecto, la velocidad retenible de  $\text{NO}_x$  del catalizador de purificación de gases de escape también depende de aspectos del estado de funcionamiento del motor de combustión interna distintos de la cantidad de  $\text{NO}_x$  activo retenido. Por ejemplo, la velocidad retenible del catalizador de purificación de gases de escape depende de la velocidad espacial en el catalizador de purificación de gases de escape. El sistema de purificación de gases de escape de la presente realización detecta el estado de funcionamiento del motor de combustión interna y usa el estado de funcionamiento detectado del motor de combustión interna como base para corregir la velocidad retenible del  $\text{NO}_x$ . En la presente realización, al igual que el estado de funcionamiento del motor de combustión interna, se explicarán como ejemplos la velocidad espacial y la temperatura de catalizador del catalizador de purificación de gases de escape.

40 La figura 22 es una gráfica que explica una relación entre una velocidad espacial en un catalizador de purificación de gases de escape y un coeficiente de corrección de la velocidad retenible. Cuando la velocidad espacial SV en el catalizador de purificación de gases de escape es elevada, la cantidad de  $\text{NO}_x$  que no se retiene en el catalizador de purificación de gases de escape, sino que termina pasando a través del mismo pasa a ser mayor. Por este motivo, cuanto mayor es la velocidad espacial SV, más disminuye la velocidad retenible de  $\text{NO}_x$ . La velocidad espacial SV, por ejemplo, puede estimarse detectando la cantidad de aire de admisión GA y usando la cantidad de aire de admisión detectada como base para la estimación. La velocidad espacial estimada SV puede usarse como base para establecer el coeficiente de corrección  $\alpha_{SV}$ . Cuanto mayor es la velocidad espacial SV, menor es el coeficiente de corrección  $\alpha_{SV}$  que puede establecerse.

50 La figura 23 es una gráfica que explica una relación entre una temperatura de catalizador de un catalizador de purificación de gases de escape y un coeficiente de corrección de la velocidad retenible. Si la temperatura de catalizador TC se eleva desde un estado de baja temperatura, la acción catalítica debida a las partículas 13 de catalizador que se retienen en el catalizador 13 de purificación de gases de escape pasa a ser más activa. Por este motivo, se promueve la oxidación del  $\text{NO}_x$ . En la región de temperatura hasta una temperatura de catalizador predeterminada TCX, como tendencia general, la velocidad retenible de  $\text{NO}_x$  aumenta junto con el aumento de la temperatura. A este respecto, en la región de temperatura por encima de una temperatura de catalizador predeterminada TCX, el efecto mediante el cual la capacidad para retener el  $\text{NO}_x$  activo que se produce disminuye junto con el aumento de la temperatura pasa a ser mayor. Por este motivo, en la región por encima de la temperatura de catalizador predeterminada TCX, la velocidad retenible de  $\text{NO}_x$  disminuye junto con el aumento de la temperatura de catalizador TC.

60 El coeficiente de corrección  $\alpha_{TC}$  en relación con la temperatura de catalizador TC aumenta junto con el aumento de la temperatura de catalizador TC en la región de una temperatura menor que la temperatura de catalizador TCX. En contraposición a esto, el coeficiente de corrección  $\alpha_{TC}$  disminuye junto con un aumento en la temperatura de catalizador TC en la región de una alta temperatura de la temperatura de catalizador TCX o más.

65 La temperatura de catalizador TC puede detectarse, por ejemplo, mediante el sensor 23 de temperatura que se dispone aguas abajo del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Es posible detectar la temperatura de

catalizador TC y usar la temperatura de catalizador detectada TC como base para establecer el coeficiente de corrección  $\alpha_{TC}$ .

5 La relación entre la velocidad espacial u otro parámetro predeterminado que muestra un estado de funcionamiento del motor de combustión interna y el coeficiente de corrección puede almacenarse, por ejemplo, en la unidad de control electrónico. Es posible detectar un parámetro que muestra el estado de funcionamiento y usar el parámetro detectado como base para establecer el coeficiente de corrección.

10 La velocidad retenible VH del NO<sub>x</sub> del catalizador de purificación de gases de escape en la presente realización puede calcularse, por ejemplo, mediante la siguiente fórmula:

$$VH = \alpha_{SV} \cdot \alpha_{TC} \cdot VHB \dots (1)$$

15 Usando el estado de funcionamiento del motor de combustión interna como base para corregir la velocidad retenible de este modo, es posible estimar la velocidad retenible de NO<sub>x</sub> de manera más precisa. El estado de funcionamiento del motor de combustión interna no está limitado a la velocidad espacial o la temperatura de catalizador. Puede emplearse cualquier parámetro que muestra el estado de funcionamiento del motor de combustión interna. Por ejemplo, puede emplearse la velocidad del motor o la carga solicitada como estado de funcionamiento del motor de combustión interna. Además, en la presente realización, se establece el coeficiente de corrección para calcular la velocidad retenible y el coeficiente de corrección se multiplica para calcular la velocidad retenible, aunque la invención no se limita a esto. También es posible usar cualquier fórmula que pueda corregirse para así corregir la velocidad retenible. Además, la estimación de la velocidad retenible de NO<sub>x</sub> del catalizador de purificación de gases de escape no se limita al modo anterior. Puede usarse cualquier control para estimar la velocidad retenible de NO<sub>x</sub>.

25 A continuación, se ilustrará el control para estimar la cantidad de NO<sub>x</sub> activo retenido del catalizador de purificación de gases de escape en el primer método de purificación de NO<sub>x</sub>.

30 La figura 24 es un diagrama de flujo de control para estimar la cantidad de NO<sub>x</sub> activo retenido que se retiene en el catalizador de purificación de gases de escape. El control que se muestra en la figura 24 puede realizarse repetidamente, por ejemplo, cada intervalo de tiempo predeterminado. Además, el control para estimar la cantidad de NO<sub>x</sub> activo retenido puede realizarse independientemente del control para alimentar hidrocarburos que se muestra en la figura 20. En la presente realización, la velocidad retenible de NO<sub>x</sub> del catalizador de purificación de gases de escape se usa para estimar la cantidad de NO<sub>x</sub> activo retenido.

35 En la etapa 111, se estima la cantidad de NO<sub>x</sub> NOXA que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape por unidad de tiempo. La cantidad de NO<sub>x</sub> que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape por unidad de tiempo en la presente realización pasa a ser la misma que la cantidad de NO<sub>x</sub> que se expulsa del cuerpo de motor por unidad de tiempo.

40 A continuación, en la etapa 112, se estima la velocidad retenible VH de NO<sub>x</sub> del catalizador de purificación de gases de escape. En este caso, al igual que la velocidad retenible VH de NO<sub>x</sub> por ejemplo, es posible usar la velocidad retenible VH de NO<sub>x</sub> que se estimó más recientemente. Alternativamente, en la etapa 112, es posible estimar nuevamente la velocidad retenible VH.

45 A continuación, en la etapa 113, se determina si la velocidad retenible de NO<sub>x</sub> del catalizador de purificación de gases de escape es la cantidad de NO<sub>x</sub> NOXA que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape por unidad de tiempo o más. Cuando, en la etapa 113, la velocidad retenible VH es la cantidad de NO<sub>x</sub> NOXA que fluye al interior por unidad de tiempo o más, la rutina continúa a la etapa 114. En este caso, es posible determinar que la velocidad retenible de NO<sub>x</sub> del catalizador de purificación de gases de escape es grande y sustancialmente toda la cantidad de NO<sub>x</sub> que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape se retiene en el catalizador de purificación de gases de escape.

50 En la etapa 114, la cantidad de NO<sub>x</sub> NOX que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape por unidad de tiempo se multiplica por el tiempo transcurrido  $\Delta t$  desde el cálculo anterior de la cantidad de NO<sub>x</sub> activo retenido para así calcular la cantidad de aumento del NO<sub>x</sub> activo. Cuando se estima la cantidad de NO<sub>x</sub> activo retenido cada intervalo de tiempo predeterminado, este intervalo de tiempo puede multiplicarse por la cantidad de NO<sub>x</sub> NOXA para calcular la cantidad de aumento del NO<sub>x</sub> activo. Añadiendo la cantidad de aumento (NOXA· $\Delta t$ ) del NO<sub>x</sub> activo a la cantidad de NO<sub>x</sub> activo retenido ACNOXW calculada anteriormente, es posible calcular la cantidad de NO<sub>x</sub> activo retenido actual.

55 Cuando, en la etapa 113, la velocidad retenible VH de NO<sub>x</sub> es menor que la cantidad de NO<sub>x</sub> NOXA que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape por unidad de tiempo, la rutina continúa a la etapa 115. En este caso, es posible determinar que la capacidad de retención de NO<sub>x</sub> del catalizador de purificación de gases de escape es menor que la cantidad de NO<sub>x</sub> que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape. Puede determinarse que al menos parte del NO<sub>x</sub> pasó a través del catalizador de purificación de gases de escape.

65

En la etapa 115, es posible multiplicar la velocidad retenible  $VH$  de  $NO_x$  por el tiempo transcurrido  $\Delta t$  desde el cálculo anterior de la cantidad de  $NO_x$  activo retenido para calcular la cantidad de aumento ( $VH \cdot \Delta t$ ) del  $NO_x$  activo. La cantidad de aumento calculada ( $VH \cdot \Delta t$ ) del  $NO_x$  activo puede sumarse a la cantidad de  $NO_x$  activo retenido anterior ACNOXW para así calcular la cantidad de  $NO_x$  activo retenido actual ACNOXW.

5 En la etapa 116, la cantidad de  $NO_x$  activo retenido ACNOXW que se calcula mediante el cálculo actual se almacena en la unidad de control electrónico.

10 De este modo, al estimar la cantidad de  $NO_x$  activo retenido ACNOXW, es posible estimar la cantidad de  $NO_x$  activo retenido recientemente y añadir la cantidad de  $NO_x$  activo retenido recientemente a la cantidad de  $NO_x$  activo retenido del cálculo anterior para así estimar la cantidad de  $NO_x$  activo retenido en temporizaciones diferentes. Además, la estimación de la cantidad de  $NO_x$  activo retenido del catalizador de purificación de gases de escape no se limita a este modo. Puede usarse cualquier control para estimar la cantidad de  $NO_x$  activo retenido.

15 Haciendo referencia a la figura 20, a continuación, en la etapa 104, se determina si la velocidad retenible  $VH$  del  $NO_x$  del catalizador de purificación de gases de escape es la velocidad de retención solicitada  $VHR$  o más. Cuando la velocidad retenible  $VH$  del  $NO_x$  es la velocidad de retención solicitada  $VHR$  o más, puede determinarse que el  $NO_x$  que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape se está eliminando mediante la tasa de purificación deseada o más. La capacidad de retención de  $NO_x$  del catalizador de purificación de gases de escape es elevada, así que puede determinarse en el control actual no alimentar hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo. En este caso, se finaliza el control operacional actual.

20 Cuando, en la etapa 104, la velocidad retenible  $VH$  del  $NO_x$  del catalizador de purificación de gases de escape es menor que la velocidad de retención solicitada  $VHR$ , la rutina continúa a la etapa 105. En este caso, puede determinarse que la tasa de purificación de  $NO_x$  del catalizador de purificación de gases de escape ha pasado a ser menor que la tasa de purificación deseada de  $NO_x$ . Es posible determinar que la capacidad de retención de  $NO_x$  del catalizador de purificación de gases de escape ha pasado a ser menor que el valor de determinación predeterminado de la capacidad de retención. Por este motivo, se realiza un control para alimentar hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo y eliminar el  $NO_x$  activo que está retenido en el catalizador de purificación de gases de escape mediante reducción.

25 En la etapa 105, se establece la cantidad de alimentación de hidrocarburos  $WM$  que se alimenta desde la válvula de alimentación de hidrocarburo. En el sistema de purificación de gases de escape de la presente realización, la cantidad de  $NO_x$  activo retenido del catalizador de purificación de gases de escape se usa como base para establecer la amplitud de la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape. En la presente realización, se establece la cantidad de alimentación de hidrocarburos actual  $WM$  que corresponde a la amplitud de la concentración de hidrocarburos. Por ejemplo, puede realizarse un control de modo que cuanto mayor es la cantidad de  $NO_x$  activo que se retiene en el catalizador de purificación de gases de escape, mayor es la cantidad de alimentación de hidrocarburos al conducto de gases de escape de motor.

30 En la presente realización, la cantidad de alimentación de hidrocarburos se establece de modo que sustancialmente todo el  $NO_x$  activo que se retiene en el catalizador de purificación de gases de escape puede eliminarse. La cantidad de alimentación de hidrocarburos no se limita a esto, sino que es posible establecer la cantidad de alimentación de hidrocarburos para permitir la eliminación de al menos parte del  $NO_x$  que se retiene mediante el catalizador de purificación de gases de escape. Sin embargo, si la cantidad de alimentación de hidrocarburos es demasiado pequeña, como se explicó anteriormente, la concentración de hidrocarburos en los gases de escape pasará a ser más pequeña y todos los hidrocarburos alimentados terminarán oxidándose. Por este motivo, la cantidad de alimentación de hidrocarburos que se alimentan en el conducto de gases de escape de motor puede establecerse a una cantidad mediante la cual al menos parte de los hidrocarburos alimentados se oxidan parcialmente.

35 En el sistema de purificación de gases de escape de la presente realización, la cantidad de  $NO_x$  activo retenido se usa como base para establecer la cantidad de alimentación de hidrocarburos. Además, se detecta el estado de funcionamiento del motor de combustión interna, y el estado de funcionamiento detectado se usa como base para corregir la amplitud de la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape. En la presente realización, se corrige la cantidad de alimentación de hidrocarburos actual. Por ejemplo, la eficiencia de producción del producto intermedio reductor cambia según el estado de funcionamiento del motor de combustión interna. Por tanto, en la presente realización, el estado de funcionamiento del motor de combustión interna se usa como base para establecer un coeficiente de corrección, y una cantidad de alimentación de hidrocarburo de referencia se multiplica por el coeficiente de corrección para corregir la cantidad de alimentación de hidrocarburos. En la presente realización, al igual que el estado de funcionamiento del motor de combustión interna, la concentración de oxígeno de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape y la velocidad espacial en el catalizador de purificación de escape se explican como ejemplos.

40 La figura 25 es una gráfica que explica una relación de una cantidad de alimentación de hidrocarburo con respecto a una cantidad de  $NO_x$  activo retenido que se retiene en el catalizador de purificación de gases de escape. Cuanto mayor es la cantidad de  $NO_x$  activo retenido ACNOXW, más posible es establecer la cantidad de alimentación de

hidrocarburo WMB que se alimenta al catalizador de purificación de gases de escape para así pasar a ser mayor. Es posible almacenar valores de la cantidad de alimentación de hidrocarburo como función de la cantidad de NO<sub>x</sub> activo retenido de antemano en la unidad de control electrónico. La cantidad de NO<sub>x</sub> activo retenido, por ejemplo, puede ser una cantidad leída que se calcula cada intervalo predeterminado. La cantidad de NO<sub>x</sub> activo retenido puede usarse como base para establecer la cantidad de alimentación de hidrocarburo de referencia WMB.

La figura 26 es una gráfica que explica una relación de un coeficiente de corrección con respecto a una concentración de oxígeno de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape cuando se calcula la cantidad de alimentación de hidrocarburo. Tal como se explicó antes, si la concentración de oxígeno D de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape aumenta (la relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de catalizador de purificación de gases de escape pasa a ser mayor), la cantidad de alimentación de hidrocarburos necesaria para obtener una tasa de purificación predeterminada pasa a ser mayor.

En la presente realización, se detecta la concentración de oxígeno D que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape y la concentración de oxígeno D se usa como base para establecer un coeficiente de corrección  $\beta_D$  para cuando se establece la cantidad de alimentación de hidrocarburo. En la estimación de la concentración de oxígeno D de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape, por ejemplo, es posible almacenar un mapa de la concentración de oxígeno como función de la velocidad del motor y cantidad de combustible de inyección en una cámara de combustión de antemano en la unidad de control electrónico. Es posible detectar la velocidad del motor y cantidad de combustible de inyección de modo que se estima la concentración de oxígeno D de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape. Alternativamente, por ejemplo, estableciendo también un sensor de relación aire-combustible en el conducto de gases de escape de motor en un lado aguas arriba con respecto al catalizador de purificación de gases de escape, es posible estimar la concentración de oxígeno que está contenida en los gases de escape.

La figura 27 es una gráfica que explica una relación de un coeficiente de corrección con respecto a una velocidad espacial cuando se calcula la cantidad de alimentación de hidrocarburo. Cuanto mayor es la velocidad espacial SV en el catalizador de purificación de gases de escape, mayor es la cantidad de hidrocarburos que pasa a través del catalizador de purificación de gases de escape. Por este motivo, para obtener una tasa de purificación predeterminada de NO<sub>x</sub>, puede realizarse una corrección de modo que cuanto mayor es la velocidad espacial SV, mayor se hace la cantidad de alimentación de hidrocarburo. Cuanto mayor es la velocidad espacial SV, mayor es el coeficiente de corrección  $\beta_{SV}$  que puede establecerse. Es posible estimar la velocidad espacial SV y usar la velocidad espacial estimada SV como base para establecer el coeficiente de corrección  $\beta_{SV}$  grande. La velocidad espacial SV, por ejemplo, puede estimarse basándose en la cantidad de aire de admisión GA.

Las relaciones entre los estados de funcionamiento del motor de combustión interna y coeficientes de corrección que se muestran en la figura 26 y la figura 27 pueden almacenarse de antemano en la unidad de control electrónico. En la presente realización, se establece una cantidad de alimentación de hidrocarburo de referencia WM. Además, se establecen un coeficiente de corrección  $\beta_D$  y coeficiente de corrección  $\beta_{SV}$ . A continuación, se establece la cantidad de alimentación de hidrocarburos WM que se alimentan desde la válvula de alimentación de hidrocarburo. En el sistema de purificación de gases de escape en la presente realización, puede usarse la siguiente fórmula para establecer la cantidad de alimentación de hidrocarburos WM que se alimentan desde la válvula de alimentación de hidrocarburo.

$$WM = \beta_D \cdot \beta_{SV} \cdot MWB \dots (2)$$

Al usar el estado de funcionamiento del motor de combustión interna como base para corregir la cantidad de alimentación de hidrocarburos de este modo, es posible evitar que los hidrocarburos que se alimentan pasen a ser insuficientes o excesivos. Los estados de funcionamiento del motor de combustión interna para la corrección cuando se establece la cantidad de alimentación de hidrocarburos no se limitan a la concentración de oxígeno de los gases de escape y la velocidad espacial. Puede seleccionarse cualquier estado de funcionamiento del motor de combustión interna.

Por ejemplo, a veces los hidrocarburos que se alimentan desde la válvula de alimentación de hidrocarburo se depositan sobre las paredes del tubo de gases de escape. La cantidad de deposición de hidrocarburos depende, por ejemplo, de la temperatura del tubo de gases de escape y el caudal en el interior del tubo de gases de escape. Cuanto menor es la temperatura del tubo de gases de escape, mayor es la cantidad de deposición de hidrocarburos. Además, cuanto menor es el caudal en el interior del tubo de gases de escape, mayor es la cantidad de deposición de hidrocarburos. Por este motivo, es posible estimar la temperatura del tubo de gases de escape y el caudal en el interior del tubo de gases de escape y usar la temperatura y caudal estimados como base para establecer un coeficiente de corrección relacionado con la cantidad de deposición de hidrocarburos. Alternativamente, es posible estimar la cantidad de deposición de hidrocarburos en el tubo de gases de escape y usar la cantidad de deposición estimada como base para establecer el coeficiente de corrección.

Alternativamente, al igual que el estado de funcionamiento del motor de combustión interna, puede mencionarse la temperatura de catalizador del catalizador de purificación de gases de escape. Cuando mayor es la temperatura de catalizador, mayor es el coeficiente de corrección que puede establecerse. Cuando la temperatura de catalizador es baja, los hidrocarburos que fluyen al interior se depositan sobre las superficies de los conductos del catalizador de purificación de gases de escape mediante los cuales se forman atmósferas ricas locales. Por este motivo, es posible eliminar de manera eficiente el  $\text{NO}_x$  incluso con una pequeña cantidad de alimentación de hidrocarburos. Por otro lado, si la temperatura de catalizador pasa a ser más elevada, la cantidad de hidrocarburos depositados pasa a ser más pequeña, así que la cantidad de alimentación de hidrocarburos puede corregirse para aumentarla.

Haciendo referencia a la figura 20, en la etapa 105, se establece la cantidad de alimentación de hidrocarburos WM, entonces, en la etapa 106, la cantidad de alimentación de hidrocarburos establecida se usa para alimentar hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo. Al alimentar hidrocarburos al catalizador de purificación de gases de escape, es posible eliminar  $\text{NO}_x$  del catalizador de purificación de gases de escape.

A continuación, en la etapa 107, se reestablece la cantidad de  $\text{NO}_x$  activo retenido ACNOXW del catalizador de purificación de gases de escape. En la presente realización, la cantidad de alimentación de hidrocarburos que se alimentan desde la válvula de alimentación de hidrocarburo se establece a una cantidad mediante la cual puede eliminarse sustancialmente todo el  $\text{NO}_x$  activo que se retiene en el catalizador de purificación de gases de escape. Por este motivo, en la presente realización, se realiza un control para hacer cero la cantidad de  $\text{NO}_x$  activo retenido ACNOXW del catalizador de purificación de gases de escape.

De este modo, en el sistema de purificación de gases de escape de la presente realización, la cantidad de  $\text{NO}_x$  activo retenido se usa como base para establecer la cantidad de alimentación de hidrocarburos. Mediante este control, es posible evitar que la cantidad de alimentación de hidrocarburo pase a ser demasiado pequeña y por tanto que el  $\text{NO}_x$  activo que se retiene en el catalizador de purificación de gases de escape no pueda reducirse ya suficientemente o evitar que la cantidad de alimentación de hidrocarburos pase a ser demasiado grande y por tanto se consuman hidrocarburos excesivamente. La cantidad de alimentación de hidrocarburos que se alimentan al catalizador de purificación de gases de escape no se limita a esto. También pueden alimentarse hidrocarburos mediante una cantidad predeterminada. En este caso, al igual que la cantidad de disminución de la cantidad de  $\text{NO}_x$  activo retenido en la etapa 107, por ejemplo, puede emplearse una cantidad predeterminada.

Obsérvese que, el control que se muestra en la figura 20 puede realizarse mientras que se conmuta de manera adecuada el orden de las etapas 101 y 102 y la etapa 103. Alternativamente, las etapas 101 y 102 y la etapa 103 pueden realizarse simultáneamente.

La figura 28 muestra un diagrama en el tiempo del momento en que se usa el control operacional de la presente realización para eliminar  $\text{NO}_x$  en el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ . Hasta el momento  $t_x$ , el motor de combustión interna se hace funcionar mediante una carga de motor de una carga elevada y mediante una velocidad del motor de una velocidad elevada. Desde el tiempo  $t_x$  en adelante, el motor de combustión interna se hace funcionar mediante una carga baja y una velocidad baja. Al realizar el control operacional del sistema de purificación de gases de escape en la presente realización, cuando se hace funcionar mediante una carga elevada y una velocidad elevada, el periodo de alimentación cuando se alimentan hidrocarburos al conducto de gases de escape de motor pasa a ser más corto y, además, la cantidad de alimentación de hidrocarburos por alimentación pasa a ser mayor. Por otro lado, cuando se hace funcionar mediante una carga baja y una velocidad baja, el periodo de alimentación en el tiempo de alimentación de los hidrocarburos pasa a ser más largo y, además, la cantidad de alimentación de hidrocarburos por alimentación pasa a ser más pequeña.

En el ejemplo de funcionamiento de la figura 28, la velocidad retenible de  $\text{NO}_x$  y la velocidad de retención solicitada se usan como base para establecer la temporización para la alimentación de hidrocarburos. Por este motivo, la cantidad de  $\text{NO}_x$  activo retenido cuando se alimentan hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo cambia según el estado de funcionamiento del motor de combustión interna. Además, si se hace funcionar el motor de combustión interna, la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  disminuye gradualmente. En la presente realización, cuando la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  pasa a ser la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  solicitada, se alimentan hidrocarburos al conducto de gases de escape de motor. Al alimentar hidrocarburos al interior del conducto de gases de escape de motor, la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  puede restablecerse. En la presente realización, la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  puede restablecerse a sustancialmente el 100%.

De este modo, el sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna en la presente realización puede eliminar de manera estable  $\text{NO}_x$  mediante una tasa de purificación de la tasa de purificación deseada de  $\text{NO}_x$  o más. Además, realizando el control operacional en la presente realización, es posible mantener baja la alimentación excesiva de hidrocarburos.

En el control operacional mencionado anteriormente, la velocidad retenible de  $\text{NO}_x$  del catalizador de purificación de gases de escape se usa como base para establecer la temporización para la alimentación de hidrocarburos. Además, en el control operacional mencionado anteriormente, la velocidad de retención de  $\text{NO}_x$  real del catalizador de purificación de gases de escape se usa como base para establecer la temporización para la alimentación de

hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo. Por ejemplo, en la etapa 113 del control operacional que se muestra en la figura 24, si la velocidad retenible  $VH$  del  $NO_x$  del catalizador de purificación de gases de escape es la cantidad de  $NO_x$   $NOX_A$  que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape por unidad de tiempo o más, la cantidad de  $NO_x$   $NOX_A$  que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape es igual a la velocidad de retención de  $NO_x$  real. Alternativamente, en la etapa 113, si la velocidad de retención de  $NO_x$   $VH$  es menor que la cantidad de  $NO_x$   $NOX_A$  que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape por unidad de tiempo, la velocidad retenible  $VH$  de  $NO_x$  es igual a la velocidad de retención de  $NO_x$  real. De este modo, en la presente realización, la velocidad de retención de  $NO_x$  real puede usarse como base para establecer la temporización para la alimentación de hidrocarburos al conducto de gases de escape de motor. La estimación de la velocidad de retención de  $NO_x$  real no se limita a esto. Puede usarse cualquier control para estimar la velocidad de retención de  $NO_x$  real.

En el control operacional mencionado anteriormente, al igual que la capacidad de retención de  $NO_x$  del catalizador de purificación de gases de escape, se emplea la tasa de purificación de  $NO_x$ , aunque la invención no se limita a esto. Es posible emplear cualquier variable relacionada con la capacidad de retención del  $NO_x$ . Por ejemplo, al igual que la capacidad de retención de  $NO_x$  del catalizador de purificación de gases de escape, es posible mencionar la cantidad de  $NO_x$  restante que puede retenerse mediante el catalizador de purificación de gases de escape. Es posible discernir que cuanto menor es la cantidad de  $NO_x$  restante que puede retenerse, menor es la capacidad de retención de  $NO_x$ . Por este motivo, por ejemplo, es posible estimar la cantidad de  $NO_x$  retenida que se retiene en la superficie de la capa básica y, cuando la cantidad de  $NO_x$  retenida estimada supera un valor de determinación predeterminado de la cantidad de  $NO_x$  retenida, determinar que la capacidad de retención de  $NO_x$  del catalizador de purificación de gases de escape es menor que el valor de determinación de la capacidad de retención.

Alternativamente, al igual que la capacidad de retención de  $NO_x$  del catalizador de purificación de gases de escape, es posible mencionar la velocidad retenible de  $NO_x$  del catalizador de purificación de gases de escape. En el control operacional mencionado anteriormente, la tasa de purificación de  $NO_x$  solicitada se usa como base para establecer el valor de determinación de la velocidad retenible, aunque la invención no se limita a esto. Es posible establecer un valor fijo como valor de determinación de la velocidad retenible de antemano. Por ejemplo, es posible estimar la velocidad retenible de  $NO_x$  del catalizador de purificación de gases de escape y, cuando la velocidad retenible se hace menor que el valor de determinación predeterminado de la velocidad retenible, determinar que la capacidad de retención del catalizador de purificación de gases de escape ha pasado a ser menor que el valor de determinación de la capacidad de retención.

Además, en el control operacional mencionado anteriormente, se estiman valores instantáneos de la velocidad retenible de  $NO_x$  del catalizador de purificación de gases de escape en temporizaciones diferentes para así establecer la temporización para alimentar hidrocarburos en el interior del conducto de gases de escape de motor, aunque la invención no se limita a esto. También es posible usar el valor promedio o valor acumulado de velocidades retenibles en un periodo de tiempo predeterminado pasado para establecer la temporización para alimentar hidrocarburos en el interior del conducto de gases de escape de motor.

A continuación, se explicará un ejemplo que usa un valor promedio de velocidades retenibles en un periodo de tiempo predeterminado pasado para así establecer la temporización para alimentar hidrocarburos al conducto de gases de escape de motor. Obsérvese que, incluso cuando se usa un valor acumulado de las velocidades retenibles, de manera similar puede realizarse un control sustituyendo el valor promedio por el valor acumulado.

La figura 29 muestra un diagrama de flujo de otro control operacional de un motor de combustión interna en la presente realización. En otro control operacional de la presente realización, se estima la cantidad promedio de  $NO_x$  que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape en un periodo de tiempo predeterminado y se establece una velocidad de retención solicitada promedio para el periodo de tiempo predeterminado. Además, se estima la velocidad retenible promedio del catalizador de purificación de gases de escape para su determinación.

En la etapa 121, se estima el promedio de las cantidades de  $NO_x$  que se expulsan por unidad de tiempo desde el cuerpo de motor, es decir, la cantidad promedio de  $NO_x$   $NOX_{AMA}$ . En la presente realización, las cantidades de  $NO_x$  que se expulsan desde el cuerpo de motor por unidad de tiempo se promedian a lo largo de un periodo de tiempo que se extiende hacia atrás desde el punto de tiempo actual estableciendo una longitud de tiempo predeterminada. La cantidad de  $NO_x$  que se expulsa desde el cuerpo de motor se almacena en cada punto de tiempo, y las Cantidades de  $NO_x$  almacenado se promedian. El método para calcular la cantidad promedio de  $NO_x$   $NOX_{AMA}$  no se limita a esto. Puede usarse cualquier control para promediar la cantidad de  $NO_x$  en un periodo de tiempo predeterminado pasado. Por ejemplo, las cantidades de  $NO_x$  pueden promediarse en un número de cálculos predeterminado pasado.

En la etapa 122, se establece la velocidad de retención solicitada promedio  $VHRMA$ . La velocidad de retención solicitada promedio  $VHRMA$  puede establecerse multiplicando la cantidad promedio de  $NO_x$   $NOX_{AMA}$  que se calcula en la etapa 121 con la tasa de purificación deseada de  $NO_x$ .

En la etapa 123, se estima la velocidad retenible promedio  $VHMA$  de  $NO_x$  del catalizador de purificación de gases de

escape. En la presente realización, se lee la velocidad retenible promedio VHMA que está almacenada en la unidad de control electrónico.

5 La figura 30 muestra un diagrama de flujo que estima la velocidad retenible promedio en otro control operacional en la presente realización. El control que se muestra en la figura 30 puede realizarse repetidamente por ejemplo cada intervalo de tiempo predeterminado.

10 En la etapa 131, se lee la cantidad de NO<sub>x</sub> activo retenido ACNOXW en la temporización actual. En la etapa 132, se estima la velocidad retenible VH actual de NO<sub>x</sub> del catalizador de purificación de gases de escape. A continuación, en la etapa 133, se leen las velocidades retenibles VH que se calcularon en un periodo de tiempo predeterminado pasado.

15 En la etapa 134, las velocidades retenibles VH leídas de un periodo de tiempo predeterminado y la velocidad retenible VH que se calcula en el cálculo actual se usan para calcular la velocidad retenible promedio VHMA. En la etapa 135, la velocidad retenible promedio VHMA calculada se almacena en la unidad de control electrónico.

De este modo, las velocidades retenibles que se estiman en temporizaciones diferentes pueden usarse como base para estimar la velocidad retenible promedio VHMA en un periodo de tiempo predeterminado pasado.

20 Haciendo referencia a la figura 29, en la etapa 123, se estima la velocidad retenible promedio VHMA, entonces la rutina continúa a la etapa 124. En la etapa 124, se determina si la velocidad retenible promedio VHMA es la velocidad de retención solicitada promedio VHRMA o más. Cuando, en la etapa 124, la velocidad retenible promedio VHMA es la velocidad de retención solicitada promedio VHRMA o más, es posible determinar que la capacidad de retención es suficiente. Cuando la velocidad retenible promedio VHMA es menor que la velocidad de retención solicitada promedio VHRMA, la rutina continúa a la etapa 125.

30 En la etapa 125, se establece la cantidad de alimentación de hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo. En la etapa 126, se alimentan hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo. En la etapa 127, se restablece la cantidad de NO<sub>x</sub> activo retenido ACNOXW del catalizador de purificación de gases de escape. La etapa 125 a la etapa 127 puede realizarse mediante un control similar al de la etapa 105 a la etapa 107 del control operacional que se muestra en la figura 20 de la presente realización.

35 De este modo, en otro control operacional del sistema de purificación de gases de escape en la presente realización, el control puede realizarse usando la velocidad retenible promedio de NO<sub>x</sub> en un periodo de tiempo predeterminado. Al realizar este control, es posible reducir los efectos del error que ocurre cuando se estima la velocidad retenible de NO<sub>x</sub> etc., los efectos del error de medición cuando se detecta el estado de funcionamiento del motor de combustión interna, los efectos de instantes de fluctuación del estado de funcionamiento del motor de combustión interna, etc. Como resultado, es posible hacer que aumente la estabilidad de eliminación de NO<sub>x</sub>.

40 En la presente realización, se dispone una válvula de alimentación de hidrocarburo en el conducto de gases de escape de motor y se alimentan hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburo para así alimentar hidrocarburos al catalizador de purificación de gases de escape, aunque la invención no se limita a esto. Puede usarse cualquier dispositivo o control para alimentar hidrocarburos al catalizador de purificación de gases de escape.

45 Obsérvese que, las realizaciones anteriores pueden combinarse de manera adecuada. Además, el control operacional anterior puede conmutarse de manera adecuada en orden siempre que se mantengan las acciones y funciones.

50 En las figuras anteriores, a las mismas partes o partes equivalentes se les asignan los mismos números de referencia. Obsérvese que, las realizaciones anteriores son ilustraciones y no limitan la invención. Además, las realizaciones incluyen cambios que se muestran en las reivindicaciones.

**Lista de números de referencia**

- 55 2 cámara de combustión
- 8 detector de aire de admisión
- 60 13 catalizador de purificación de gases de escape
- 14 filtro de partículas
- 15 válvula de alimentación de hidrocarburo
- 65 50 soporte de catalizador

51, 52 partículas de catalizador

53 capa básica

5 54 parte superficial de flujo de gases de escape

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna en el que un catalizador (13) de purificación de gases de escape para provocar una reacción entre NO<sub>x</sub> que está contenido en gases de escape e hidrocarburos modificados está dispuesto en el interior de un conducto de gases de escape de motor, una superficie de flujo de gases de escape del catalizador (13) de purificación de gases de escape porta catalizadores (51, 52) de metales preciosos para generar los hidrocarburos modificados, y una superficie de una capa (53) básica formada sobre la superficie de flujo de gases de escape forma una parte (54) de superficie de flujo de gases de escape básica alrededor de los catalizadores (51, 52) de metales preciosos,
- 10 en el que el catalizador (13) de purificación de gases de escape tiene la propiedad de reducir NO<sub>x</sub> que está contenido en gases de escape si una concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape se cambia dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo, y tiene la propiedad de aumentar la cantidad de almacenamiento de NO<sub>x</sub> que está contenido en los gases de escape si un periodo de cambio de la concentración de hidrocarburos se hace más largo que el intervalo predeterminado, y
- 15 el sistema estima una capacidad de retención para retener NO<sub>x</sub> en los gases de escape en la parte (54) de superficie de flujo de gases de escape básica del catalizador (13) de purificación de gases de escape cuando se realiza un control para cambiar la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape dentro del intervalo predeterminado de amplitud y dentro del intervalo predeterminado de periodo y, cuando la capacidad de retención se hace menor que un valor de determinación predeterminado de la capacidad de retención, hace que aumente la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape.
- 20 2. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que el sistema estima una velocidad retenible que es una velocidad máxima mediante la que puede retenerse NO<sub>x</sub> en los gases de escape en la parte (54) de superficie de flujo de gases de escape básica del catalizador (13) de purificación de gases de escape, y usa la velocidad retenible como base para estimar la capacidad de retención.
- 25 3. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 2, en el que el sistema estima una cantidad de NO<sub>x</sub> retenida que está retenida en la parte (54) de superficie de flujo de gases de escape básica y usa una cantidad de NO<sub>x</sub> retenida estimada como base para estimar la velocidad retenible.
- 30 4. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 3, en el que el sistema detecta un estado de funcionamiento del motor de combustión interna y usa el estado de funcionamiento del motor de combustión interna como base para corregir la velocidad retenible.
- 35 5. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 2, en el que la capacidad de retención incluye una tasa de purificación de NO<sub>x</sub> del catalizador (13) de purificación de gases de escape, y
- 40 el sistema estima una cantidad de NO<sub>x</sub> que fluye al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape por unidad de tiempo,
- 45 usa la cantidad de NO<sub>x</sub> que fluye al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape por unidad de tiempo y un valor de determinación predeterminado de la tasa de purificación de NO<sub>x</sub> como base para establecer una velocidad de retención solicitada, y,
- 50 cuando la velocidad retenible se hace menor que la velocidad de retención solicitada, determina que la capacidad de retención ha pasado a ser menor que el valor de determinación predeterminado de la capacidad de retención.
- 55 6. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que el sistema estima una cantidad de NO<sub>x</sub> retenida que está retenida en la parte (54) de superficie de flujo de gases de escape básica y,
- 60 cuando una cantidad de NO<sub>x</sub> retenida estimada supera un valor de determinación predeterminado de la cantidad de NO<sub>x</sub> retenida, determina que la capacidad de retención ha pasado a ser menor que el valor de determinación de la capacidad de retención.
- 65 7. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que el sistema estima una cantidad de NO<sub>x</sub> retenida que está retenida en la parte (54) de superficie

de flujo de gases de escape básica y usa una cantidad de  $\text{NO}_x$  retenida estimada como base para establecer la amplitud de la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape.

- 5 8. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 7, en el que el sistema detecta un estado de funcionamiento del motor de combustión interna y usa el estado de funcionamiento del motor de combustión interna como base para corregir la amplitud de la concentración de hidrocarburos que fluye al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape.
- 10 9. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que al hacer reaccionar el  $\text{NO}_x$  que está contenido en los gases de escape y los hidrocarburos modificados en el interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape, se produce un producto intermedio reductor que contiene nitrógeno e hidrocarburos, y el periodo de cambio de la concentración de hidrocarburos es un periodo requerido para la producción continuada del producto intermedio reductor.
- 15 10. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 9, en el que el periodo de cambio de la concentración de hidrocarburos es desde 0,3 segundos o más hasta dentro de 5 segundos.
- 20 11. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que el catalizador (51, 52) de metales preciosos está compuesto por al menos uno de rodio Rh y paladio Pd y de platino Pt.
- 25 12. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que la capa (53) básica que está formada sobre la superficie de flujo de gases de escape contiene un metal alcalino o metal alcalinotérreo o tierra rara o metal que puede donar electrones al  $\text{NO}_x$ .

Fig.1

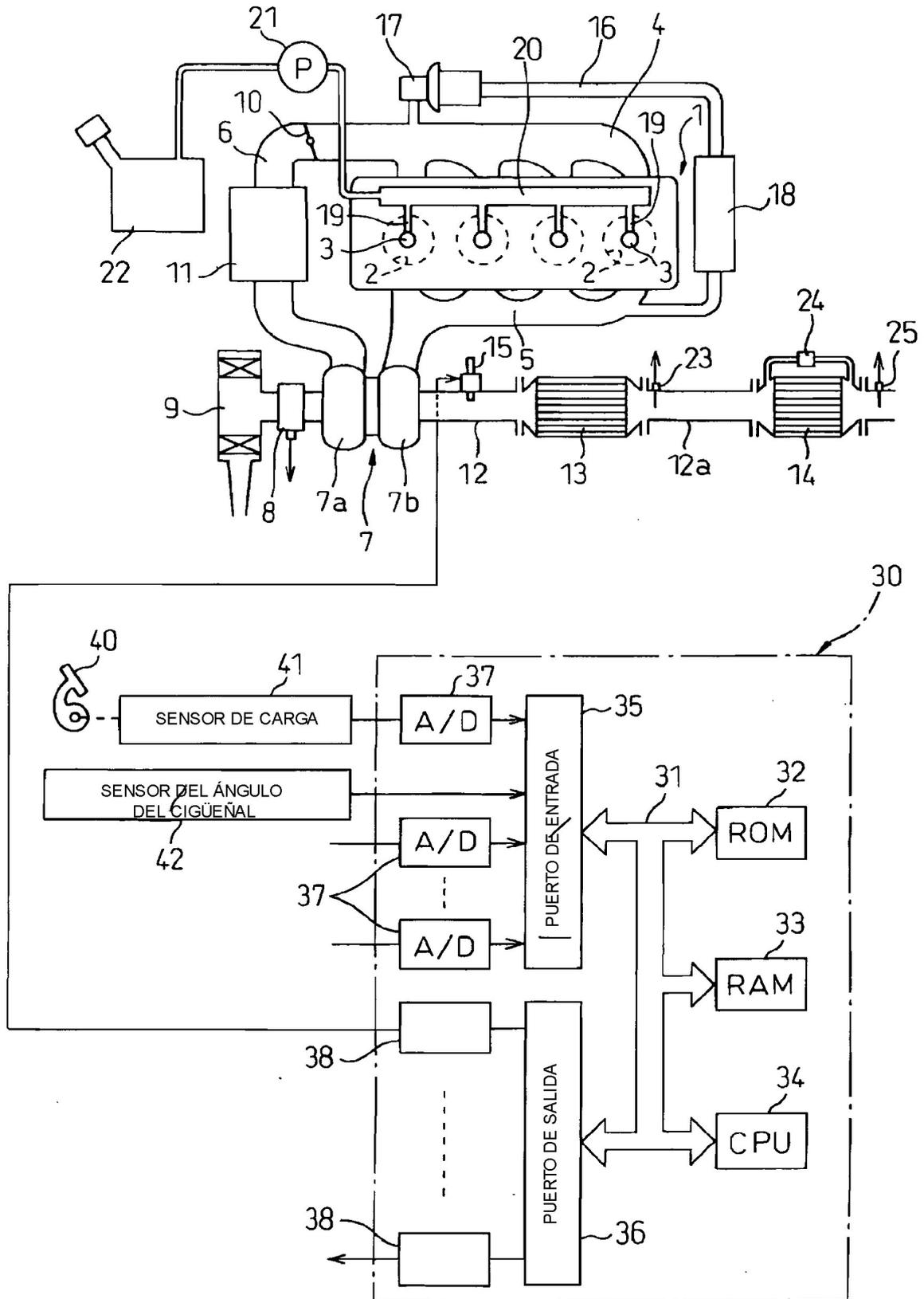


Fig.2

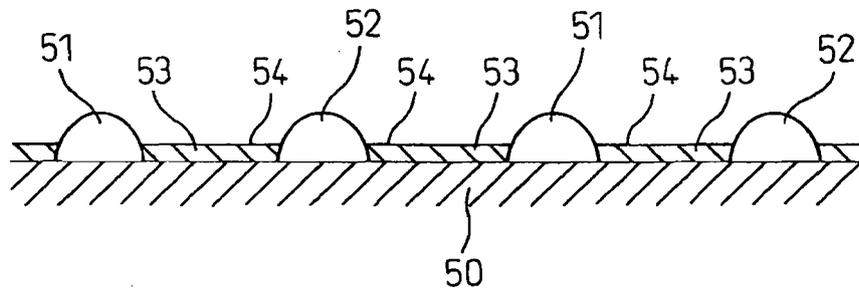


Fig.3

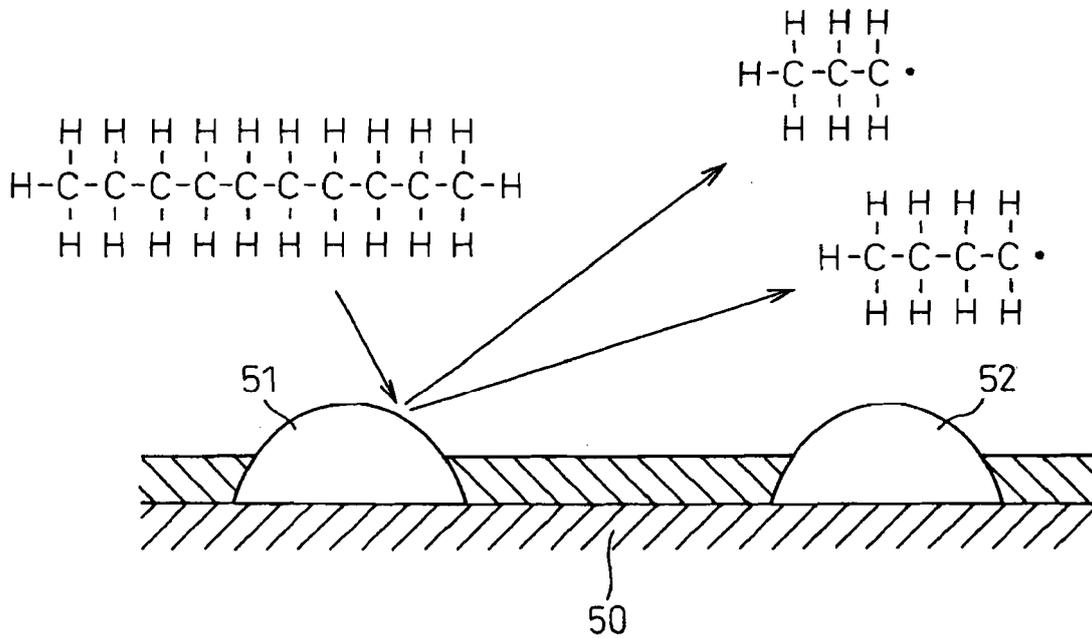


Fig.4

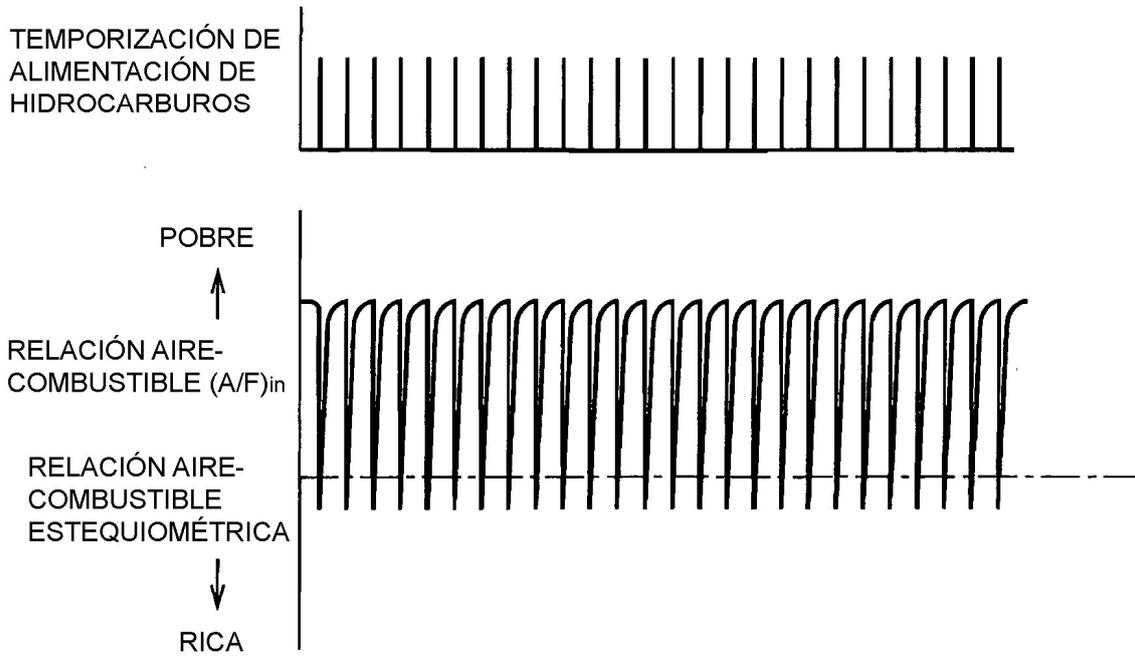


Fig.5

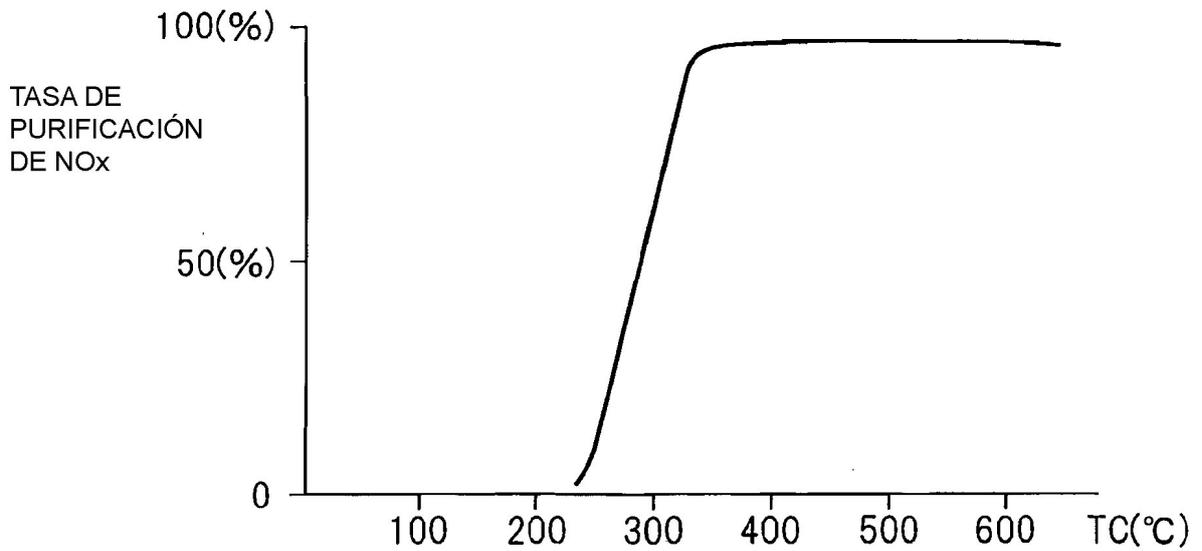


Fig.6A

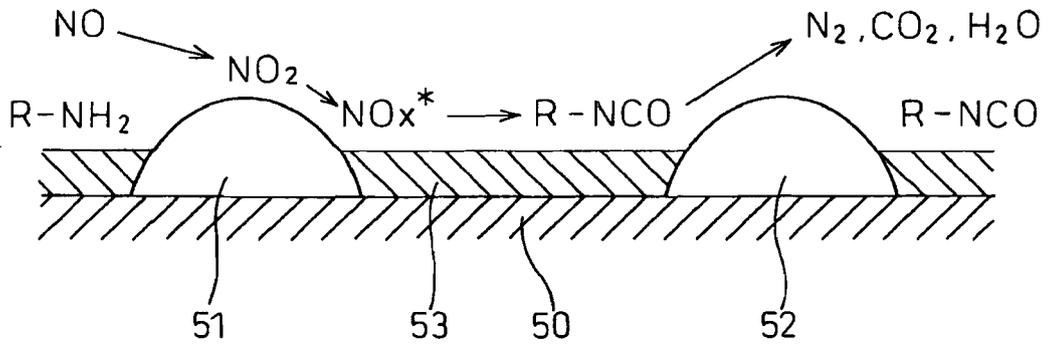


Fig.6B

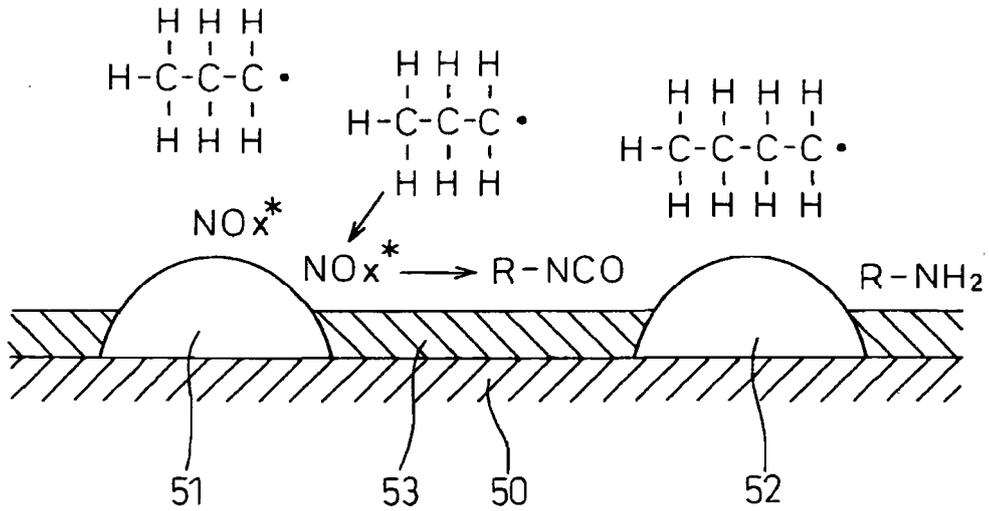


Fig.7A

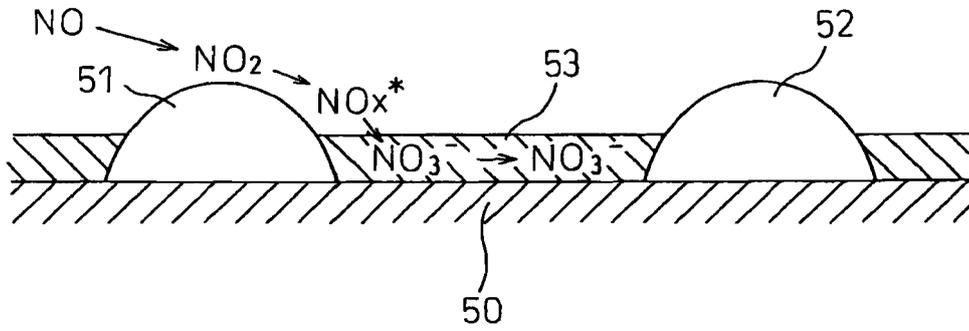


Fig.7B

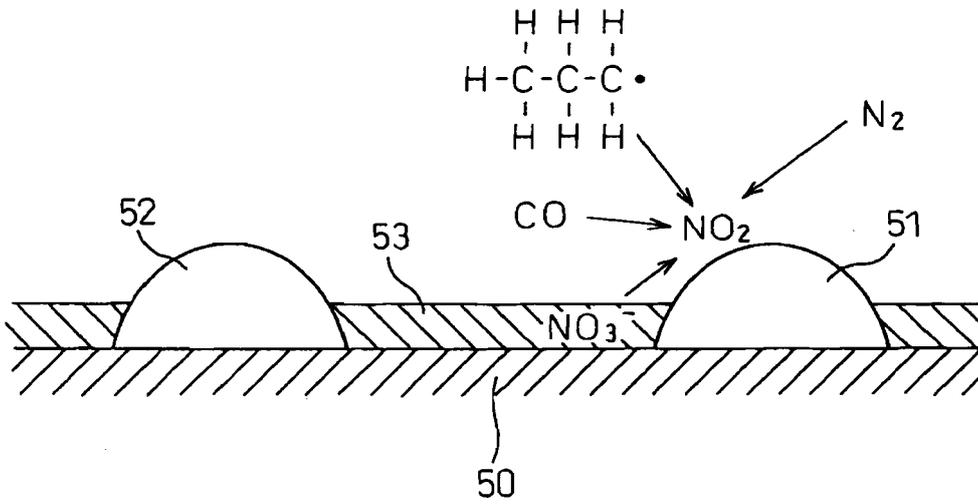


Fig.8

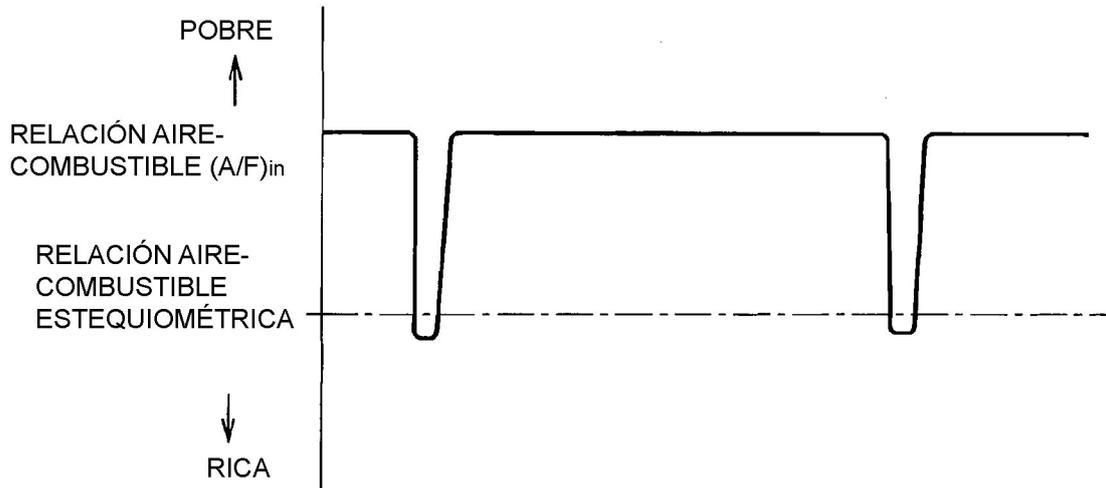


Fig.9

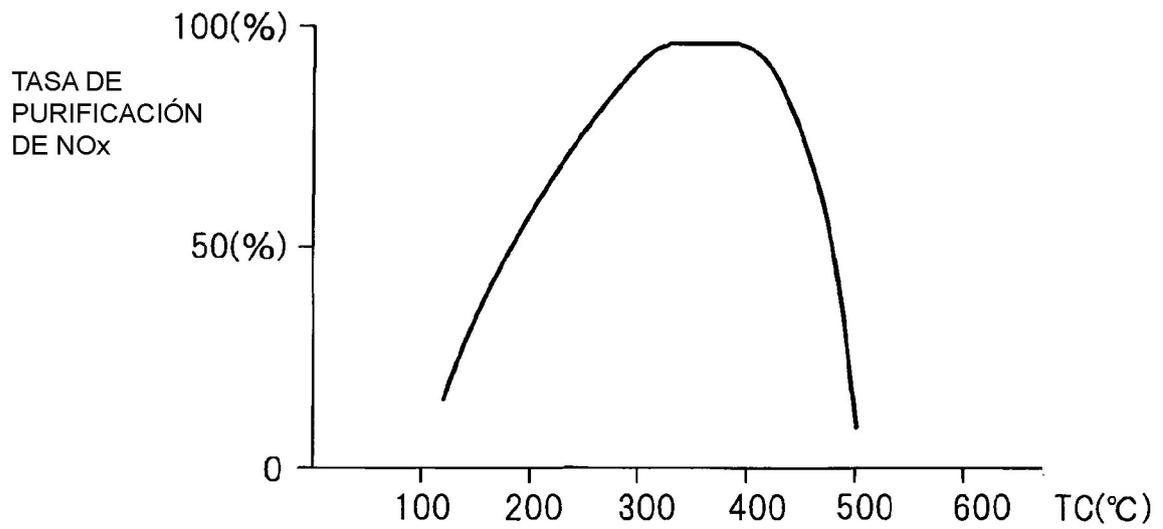


Fig.10

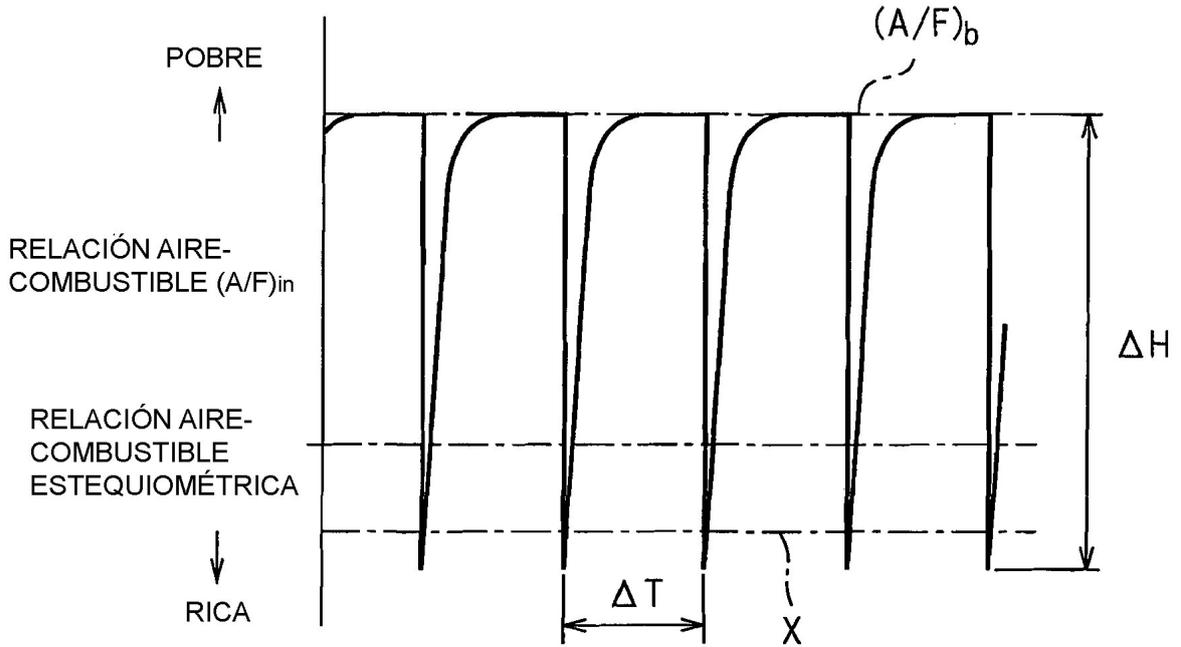


Fig.11

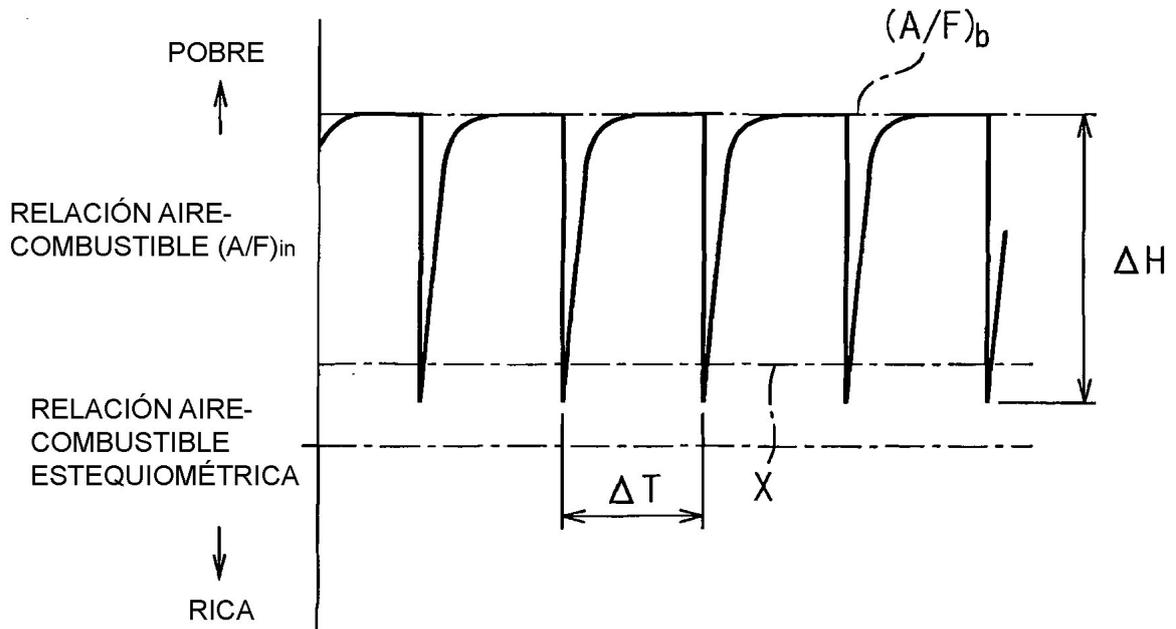


Fig.12

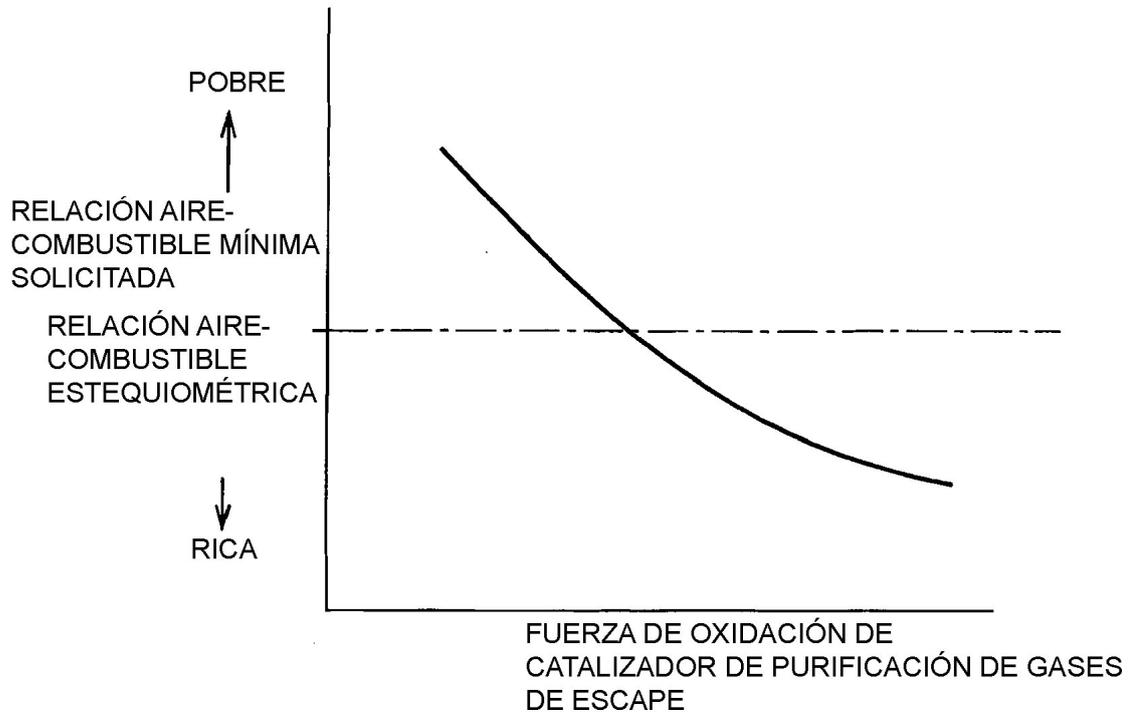


Fig.13

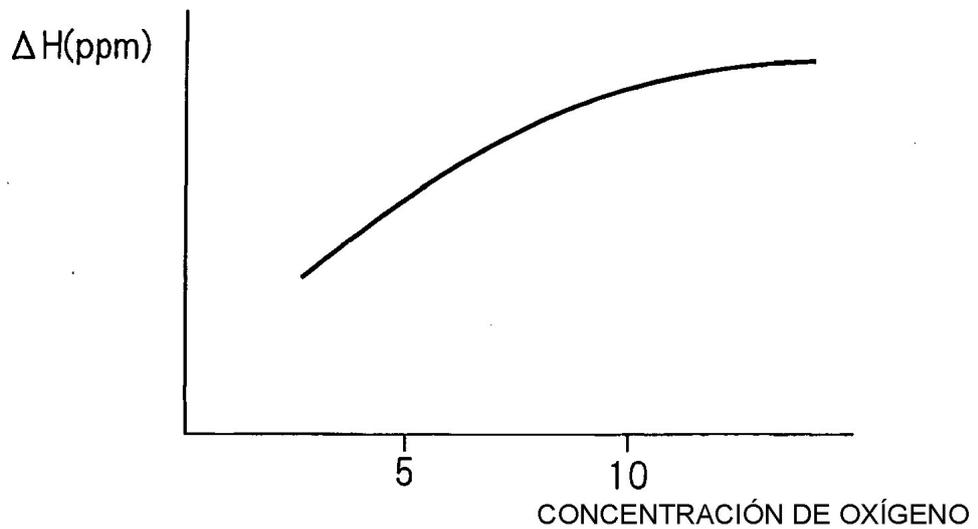


Fig.14

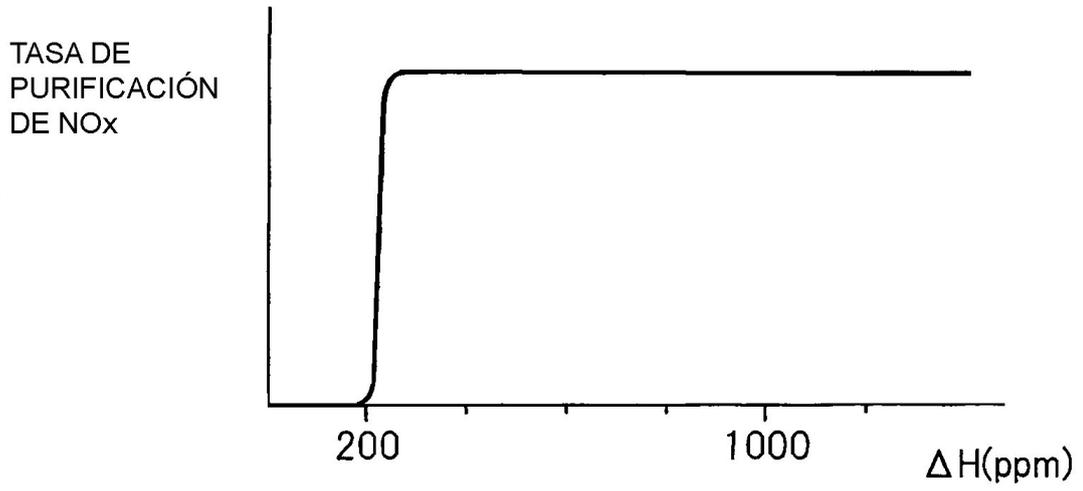


Fig.15

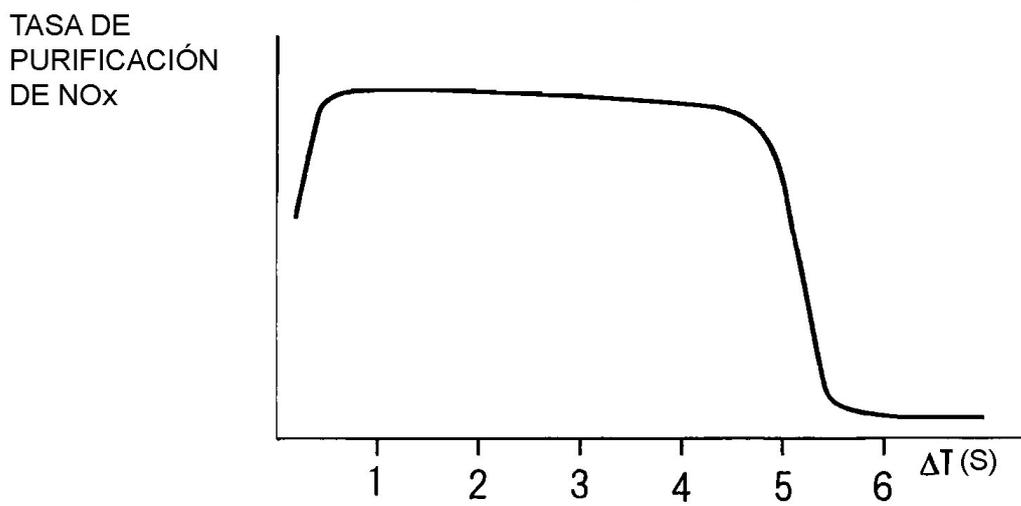


Fig.16

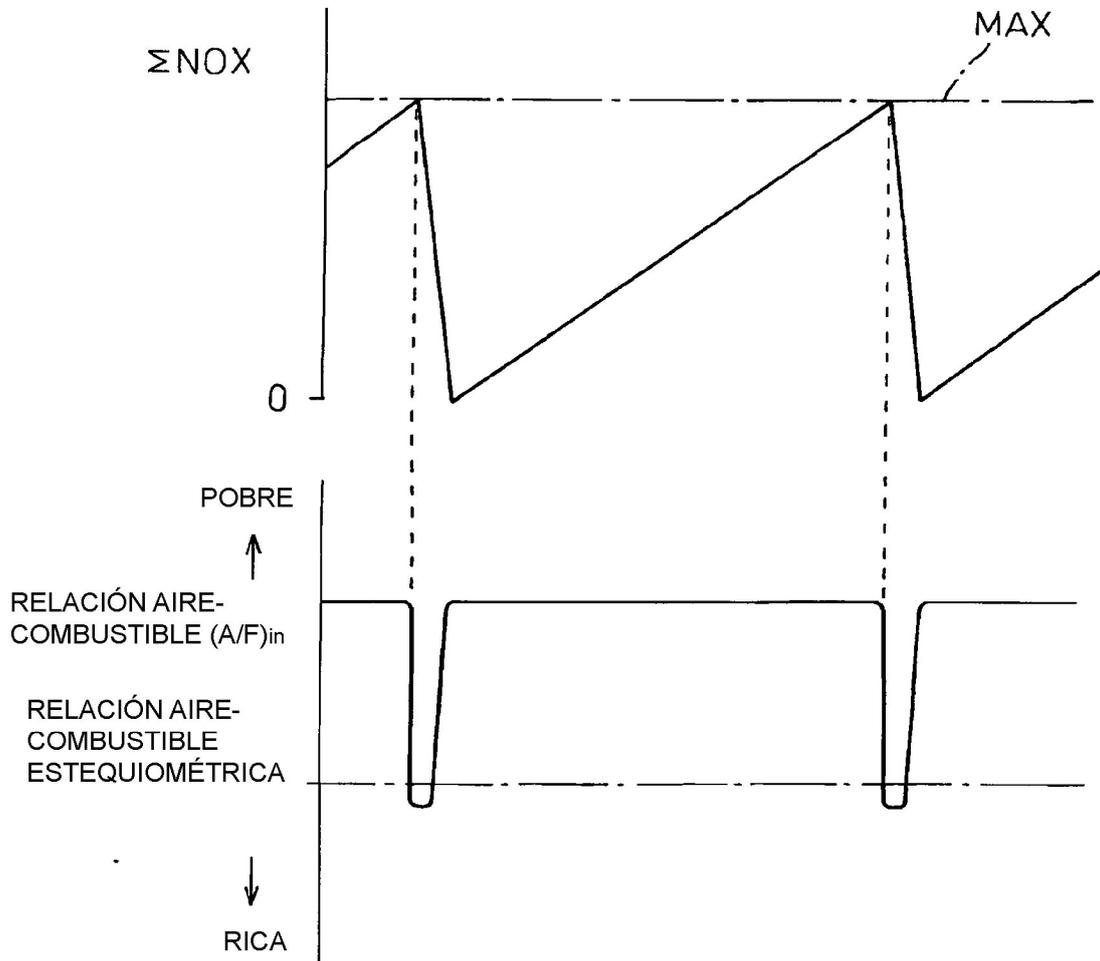


Fig.17

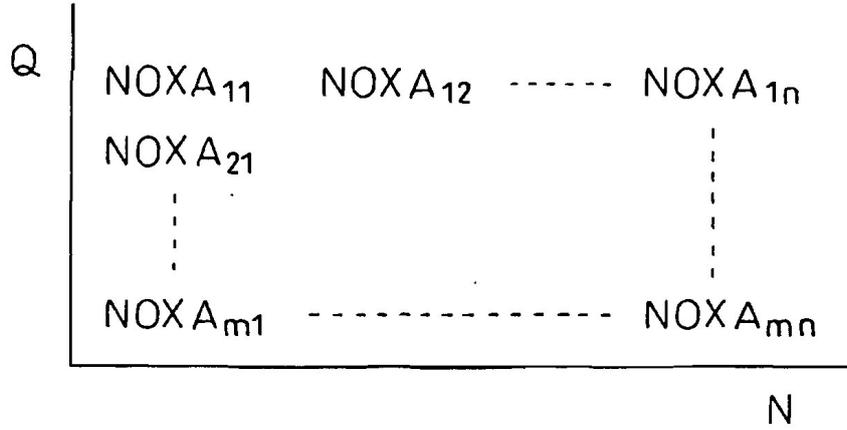


Fig.18

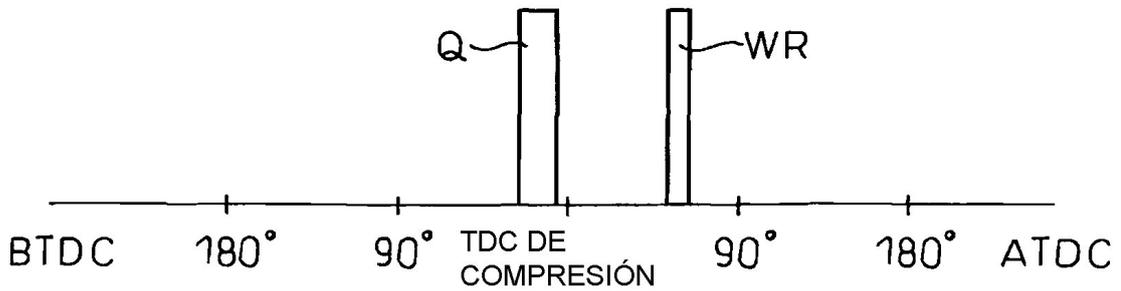


Fig.19

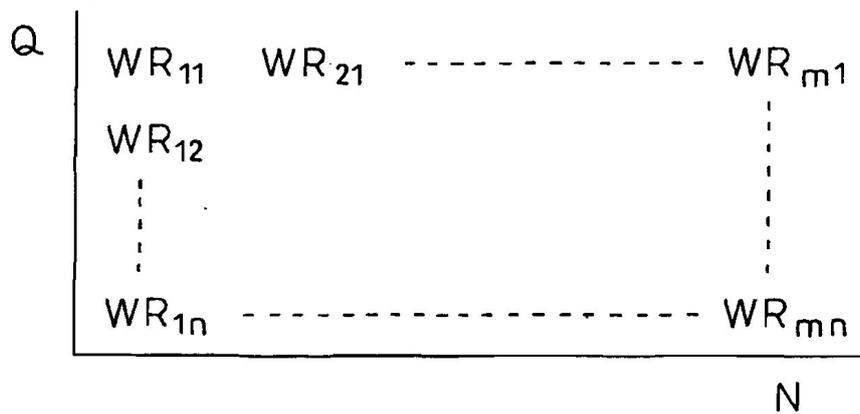


Fig.20

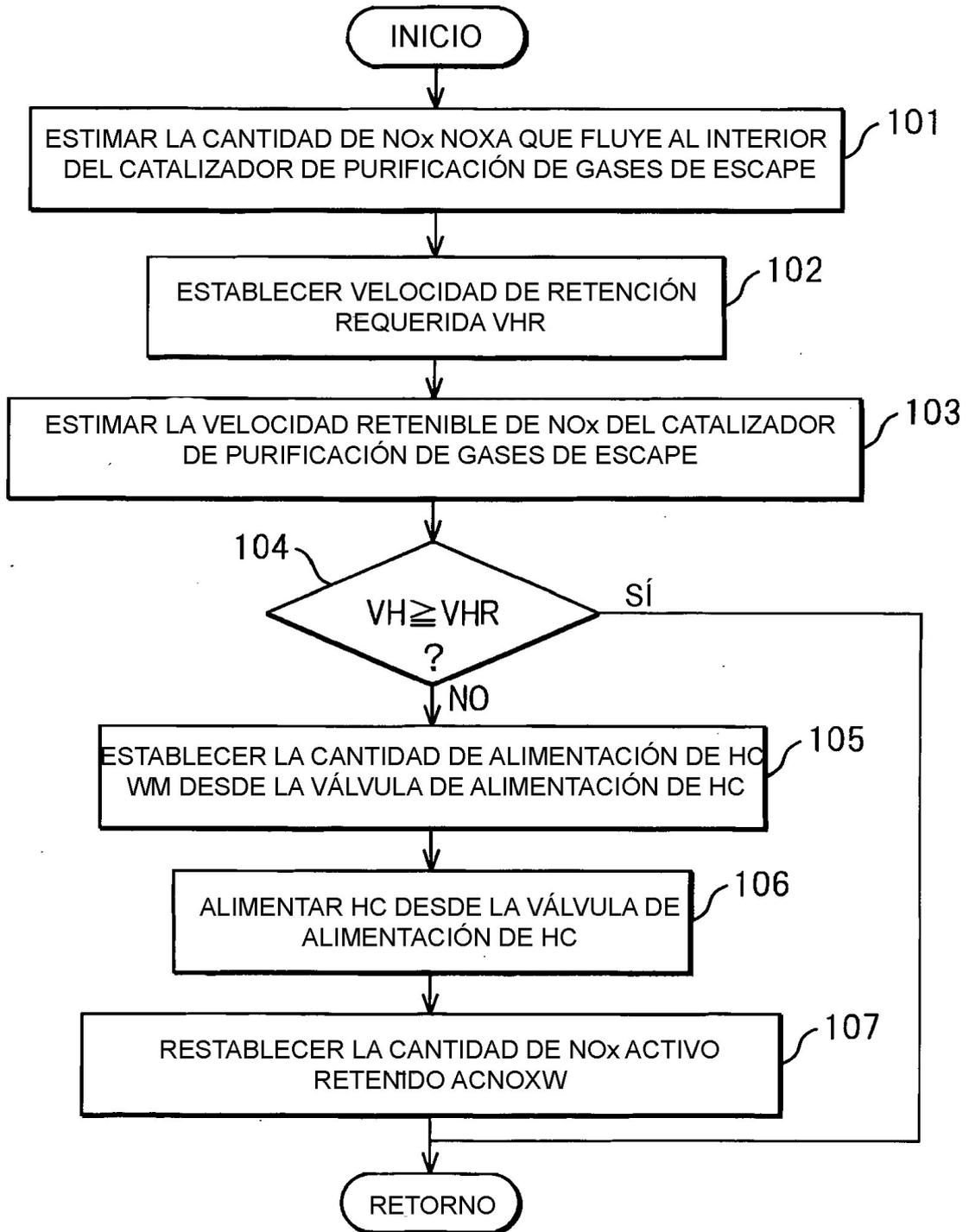


Fig.21

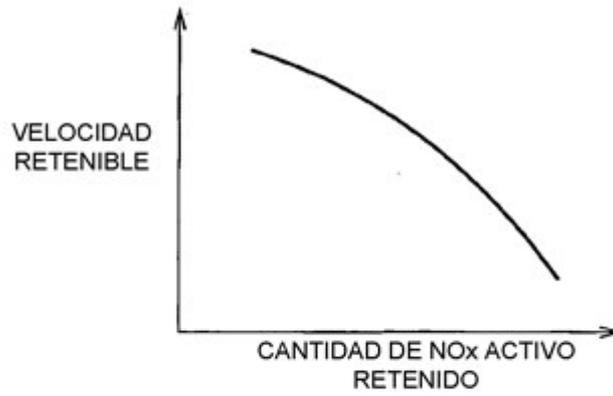


Fig.22



Fig.23

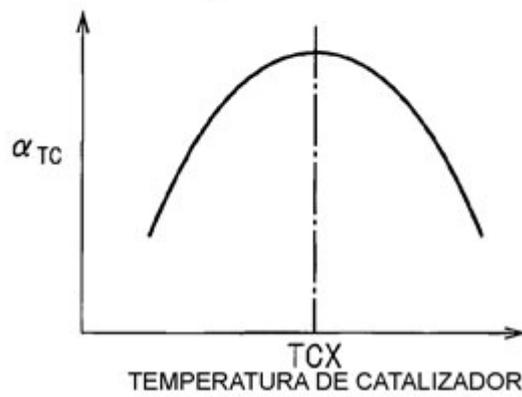


Fig.24

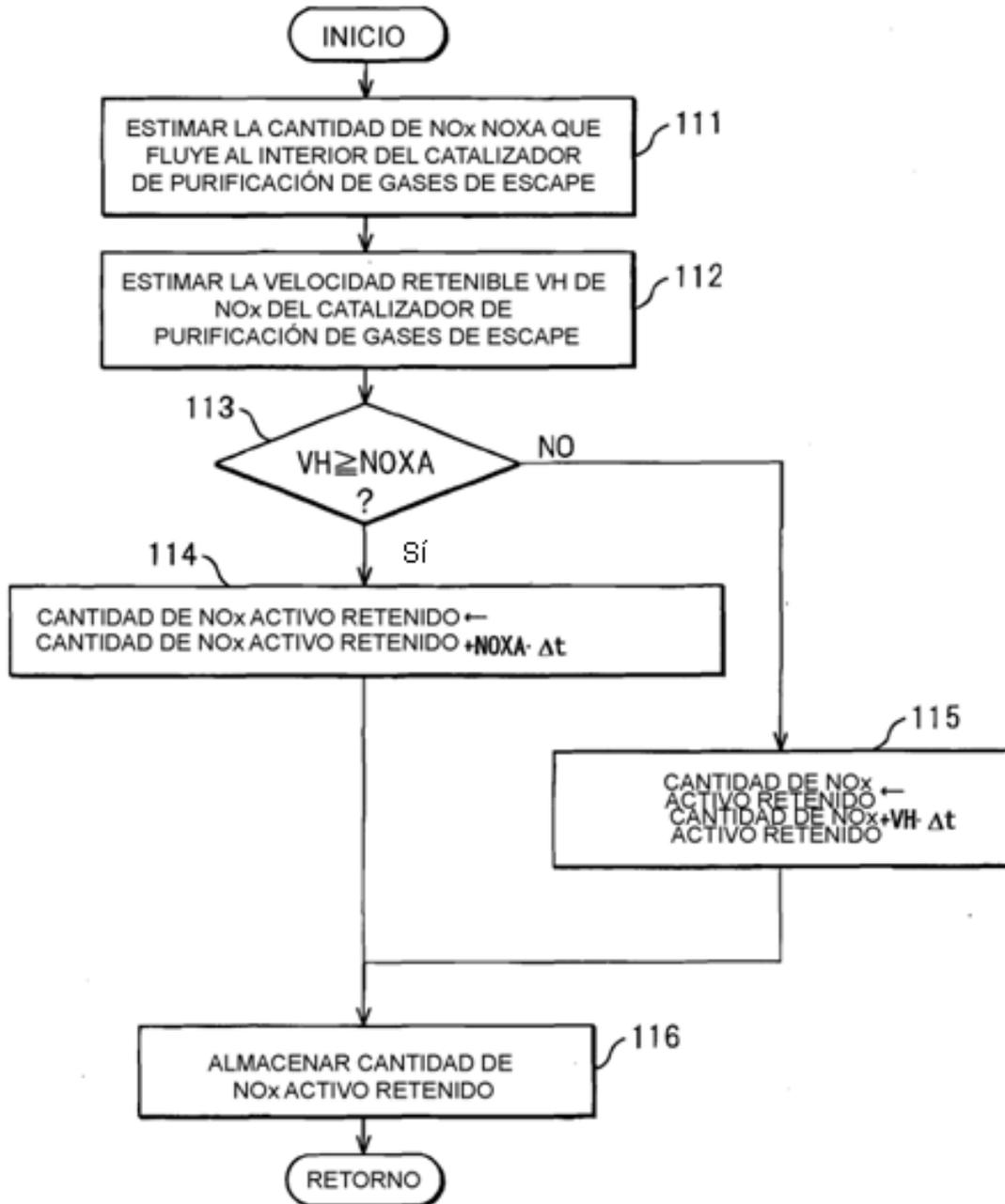


Fig.25



Fig.26

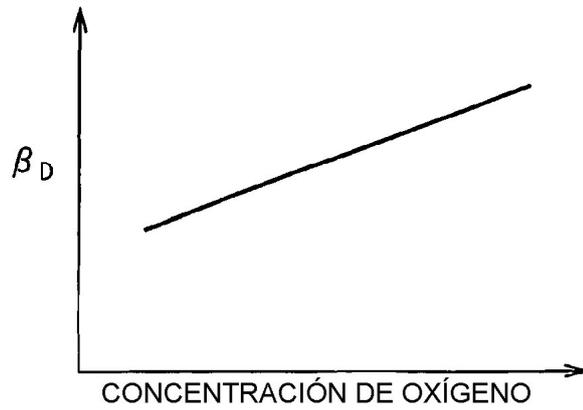


Fig.27

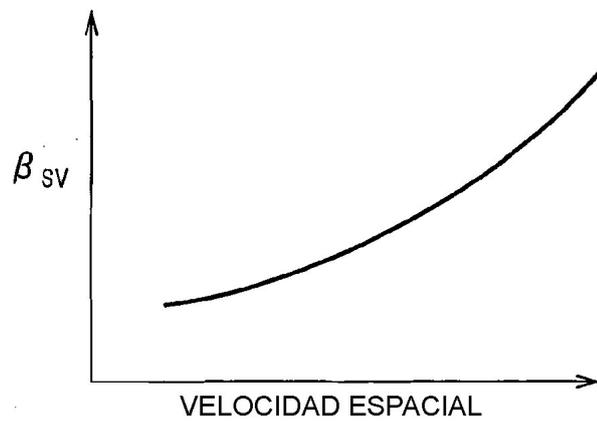


Fig.28

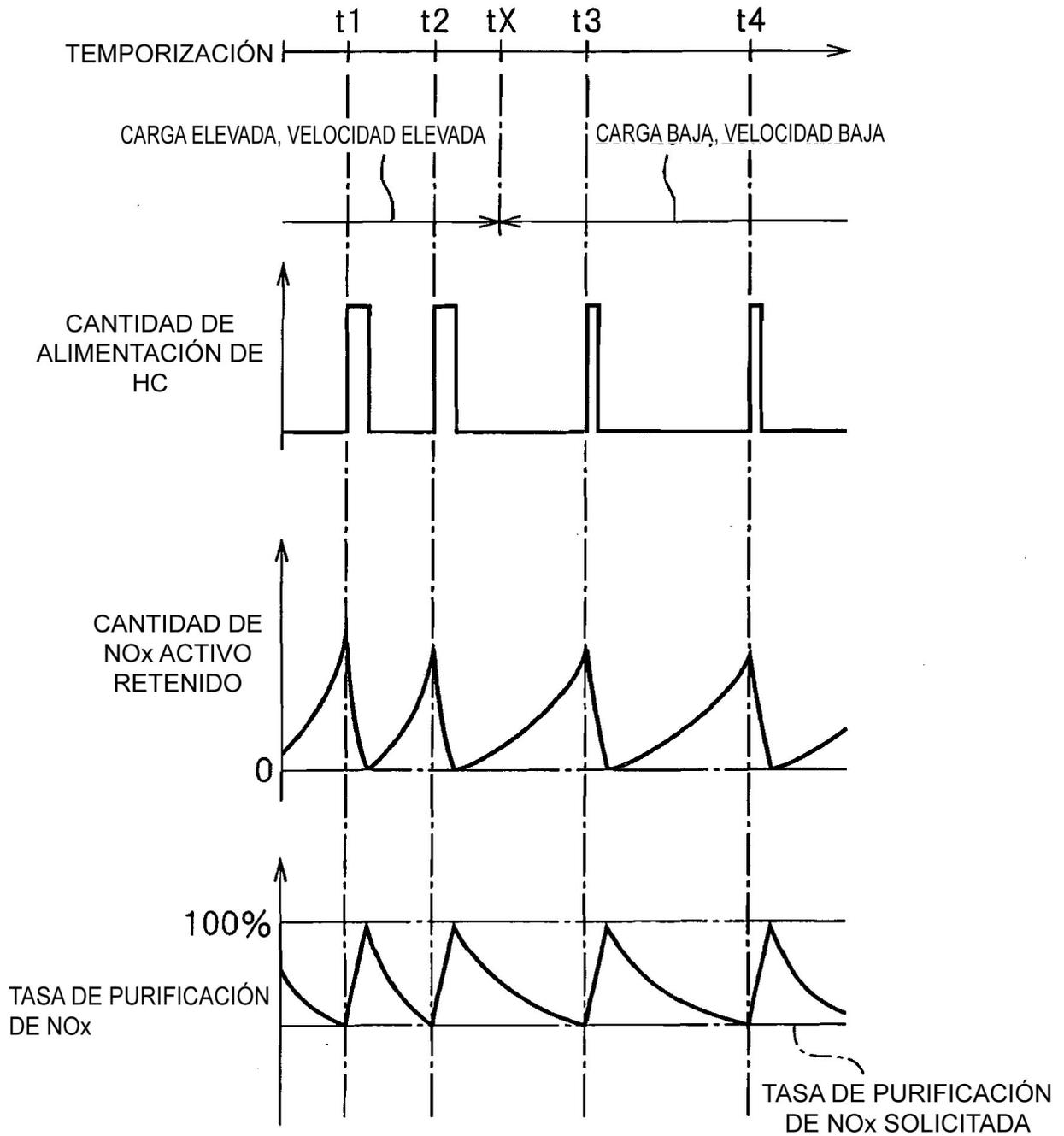
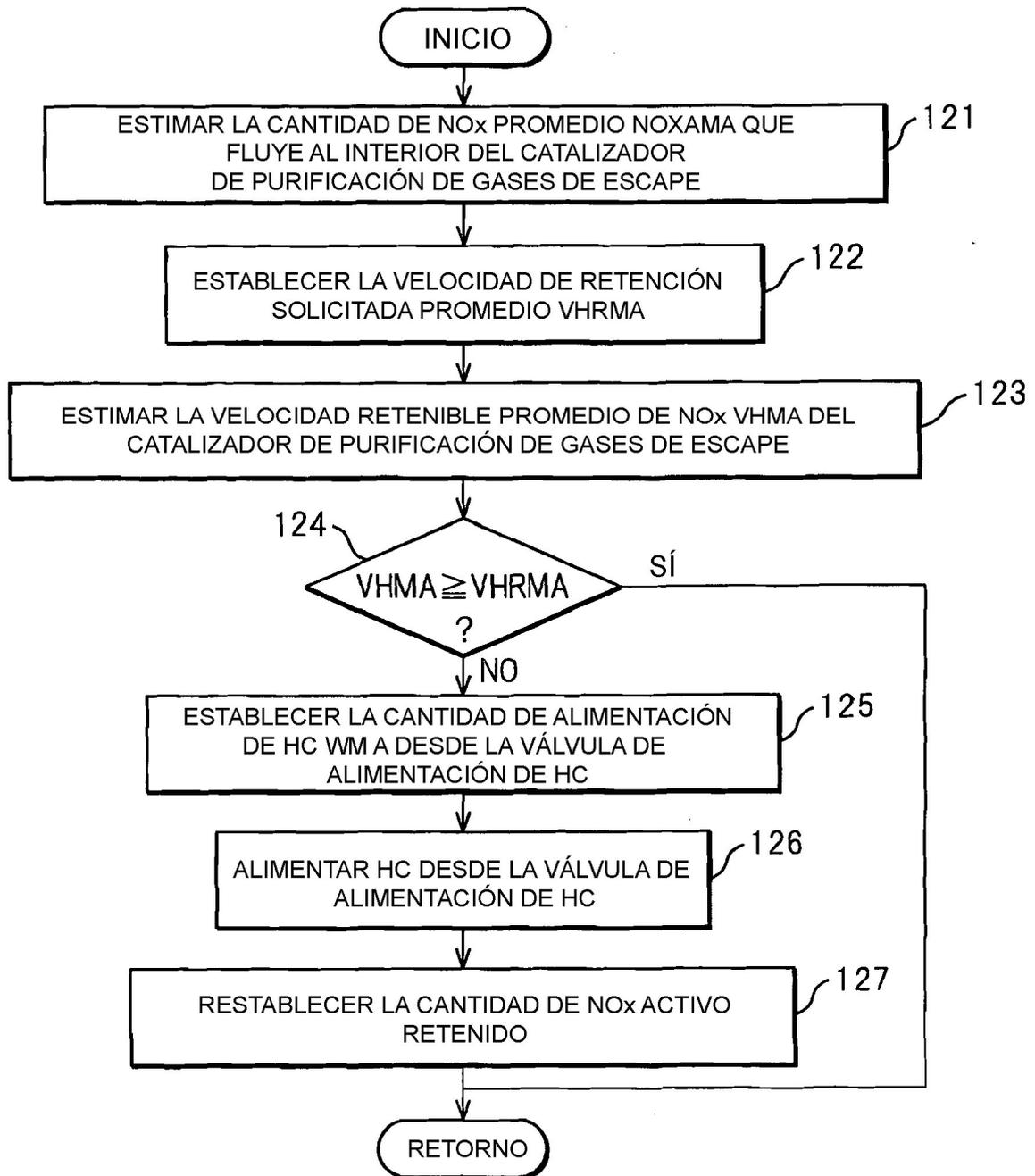


Fig.29



# Fig.30

