

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 567 463**

51 Int. Cl.:

**F01N 3/20** (2006.01)

**F01N 3/08** (2006.01)

**B01D 53/94** (2006.01)

**F02D 41/02** (2006.01)

**F02D 41/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.03.2010 E 10846815 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.03.2016 EP 2460995**

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

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**22.04.2016**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**BISAJI, YUKI;  
YOSHIDA, KOHEI y  
INOUE, MIKIO**

74 Agente/Representante:

**ZUAZO ARALUZE, Alexander**

**ES 2 567 463 T3**

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

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

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

**10 Técnica anterior**

En la técnica se conoce un motor de combustión interna que dispone, en un conducto de escape del motor, un catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  que almacena  $\text{NO}_x$  que está contenido en los gases de escape cuando la relación aire-combustible de los gases de escape entrantes es pobre y que libera el  $\text{NO}_x$  almacenado cuando la relación aire-combustible de los gases de escape entrantes pasa a ser rica, que dispone, en el conducto de escape del motor aguas arriba del catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$ , un catalizador de oxidación que tiene una función de adsorción, y que alimenta hidrocarburos al interior del conducto de escape del motor aguas arriba del catalizador de oxidación para hacer que la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  sea rica cuando se libera  $\text{NO}_x$  desde el catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  (por ejemplo, véase la patente japonesa n.º 3969450).

En este motor de combustión interna, los hidrocarburos que se alimentan cuando se libera  $\text{NO}_x$  desde el catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  se convierten en hidrocarburos gaseosos en el catalizador de oxidación, y los hidrocarburos gaseosos se alimentan al catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$ . Como resultado, el  $\text{NO}_x$  que se libera desde el catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  se reduce ampliamente.

También se conocen métodos para la purificación de  $\text{NO}_x$  de gases de escape expulsados por un motor de combustión interna a partir de los documentos FR 2927119 A1 y US 2007/214769 A1.

**30 Sumario de la invención**

Problema técnico

A este respecto, combustible y lubricantes contienen azufre.

Por tanto, el gas de escape contiene  $\text{SO}_x$ . Este  $\text{SO}_x$  está almacenado junto con el  $\text{NO}_x$  en el catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$ .

A este respecto, este  $\text{SO}_x$  no se libera del catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  solo haciendo rica la relación aire-combustible del gas de escape. Por tanto, la cantidad de  $\text{SO}_x$  que se almacena en el catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  aumenta gradualmente. Como resultado, la cantidad de  $\text{NO}_x$  que puede almacenarse disminuye gradualmente, de modo que la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  disminuye gradualmente.

Sin embargo, recientemente, los inventores descubrieron un nuevo método de purificación de  $\text{NO}_x$  que permite eliminar el  $\text{NO}_x$  con una alta tasa de purificación cuando la cantidad de almacenamiento de  $\text{SO}_x$  aumenta. Por tanto, si se usa este nuevo método de purificación de  $\text{NO}_x$  cuando la cantidad de almacenamiento de  $\text{SO}_x$  aumenta, es posible eliminar el  $\text{NO}_x$  con una alta tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  independientemente de la cantidad de almacenamiento de  $\text{SO}_x$ .

Un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna que permita obtener una alta tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  independientemente de la cantidad de almacenamiento de  $\text{SO}_x$ .

Solución al problema

Según la presente invención, tal como se expone en la reivindicación 1, se proporciona un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna en el que se dispone un catalizador de purificación de gases de escape para hacer reaccionar  $\text{NO}_x$  contenido en gas de escape e hidrocarburos reformados en un conducto de escape del motor, se portan catalizadores de metales preciosos y una capa básica está formada en el catalizador de purificación de gases de escape, el catalizador de purificación de gases de escape tiene la propiedad de almacenar  $\text{NO}_x$  que está contenido en gas de escape cuando la relación aire-combustible de un gas de escape que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape es pobre y liberar  $\text{NO}_x$  almacenado cuando la relación aire-combustible del gas de escape que fluye al interior pasa a ser rica y tiene la propiedad de reducir el  $\text{NO}_x$  que está contenido en gas de escape si se hace vibrar la concentración de hidrocarburos que fluyen 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 cuando la contaminación de azufre del catalizador de purificación de gases de

escape aumenta, y, en el momento del funcionamiento del motor, se usan selectivamente un primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  que hace vibrar la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador de purificación de gases de escape dentro del intervalo predeterminado de amplitud y dentro del intervalo predeterminado de periodo para eliminar de ese modo el  $\text{NO}_x$  que está contenido en gas de escape y un segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$  que conmuta la relación aire-combustible del gas de escape que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape de pobre a rica por un periodo más largo que el intervalo predeterminado de periodo anterior para eliminar de ese modo el  $\text{NO}_x$ , según la contaminación de azufre del catalizador de purificación de gases de escape. Cuando el uso del primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  proporciona una eficiencia de purificación de  $\text{NO}_x$  superior que el uso del segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ , se usa el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ , mientras que cuando el uso del segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$  proporciona una eficiencia de purificación de  $\text{NO}_x$  superior que el uso del primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ , se usa el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ , en el que cuando la contaminación de azufre de dicho catalizador de purificación de gases de escape es menor que una cantidad de referencia predeterminada, se usa dicho segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ , mientras que cuando la contaminación de azufre de dicho catalizador de purificación de gases de escape supera la cantidad de referencia predeterminada, se usa dicho primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ .

Efectos ventajosos de la invención

Al usar selectivamente el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  y el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ , es posible obtener una alta tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  independientemente de la contaminación de azufre del catalizador de purificación de gases de escape.

#### Breve descripción de dibujos

- La figura 1 es una vista general de un motor de combustión interna de tipo encendido por compresión.
- La figura 2 es una vista que muestra esquemáticamente una parte superficial de un soporte de catalizador.
- Las figuras 3A y 3B son vistas para explicar una reacción de oxidación-reducción en un catalizador de purificación de gases de escape.
- La figura 4 es una vista que muestra un cambio en la relación aire-combustible de gas de escape que fluye hacia un catalizador de purificación de gases de escape etc.
- La figura 5 es una vista que muestra un mapa de una cantidad de  $\text{NO}_x$  expulsada  $\text{NO}_x$ .
- La figura 6 es una vista que muestra una temporización de la inyección de combustible.
- La figura 7 es una vista que muestra una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ .
- La figura 8 es una vista para explicar la contaminación de  $\text{SO}_x$ .
- La figura 9 es una vista de una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ .
- La figura 10 es una vista para explicar una reacción de oxidación en un catalizador de purificación de gases de escape.
- La figura 11 es una vista que muestra un cambio en una relación aire-combustible de gas de escape que fluye hacia un catalizador de purificación de gases de escape.
- La figura 12 es una vista que muestra una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ .
- Las figuras 13A y 13B son vistas para explicar una reacción de oxidación-reducción en un catalizador de purificación de gases de escape.
- La figura 14 es un diagrama de tiempo que muestra un cambio en una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape.
- La figura 15 es un diagrama de tiempo que muestra un cambio en una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape.
- La figura 16 es una vista que muestra una relación entre una fuerza de oxidación de un catalizador de purificación de gases de escape y una relación aire-combustible mínima demandada X.
- La figura 17 es una vista que muestra una relación entre una concentración de oxígeno en gases de escape y una

amplitud  $\Delta H$  de una concentración de hidrocarburos que aporta la misma tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ .

La figura 18 es una vista que muestra una relación entre una amplitud  $\Delta H$  de una concentración de hidrocarburos y una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ .

5 La figura 19 es una vista que muestra una relación de un periodo de vibración  $\Delta T$  de una concentración de hidrocarburos y una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ .

La figura 20 es una vista que muestra un mapa de una cantidad de  $\text{SO}_x$  expulsada SOXA.

10 La figura 21 es un diagrama de tiempo que muestra un cambio en relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de gas de escape etc. cuando se está realizando un método de purificación de gases de escape según la presente invención.

La figura 22 es un diagrama de flujo para el procesamiento de purificación de gases de escape.

15 Las figuras 23A y 23B son vistas para explicar una cantidad de alimentación de hidrocarburos en el momento de la contaminación de  $\text{SO}_x$ .

### Descripción de realizaciones

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

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

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

Por otro lado, el colector 5 de escape y el colector 4 de admisión están conectados entre sí a través de un conducto 16 de recirculación de gases de escape (a continuación en el presente documento denominado "EGR"). Dentro del conducto 16 de EGR está dispuesta una válvula 17 de control de EGR controlada electrónicamente. Adicionalmente, alrededor del conducto 16 de EGR está dispuesto un dispositivo 18 de enfriamiento para enfriar el gas de EGR que fluye a través del interior del conducto 16 de EGR. En la realización mostrada en la figura 1, el agua de enfriamiento de motor se guía al interior del dispositivo 18 de enfriamiento en el que el agua de enfriamiento de motor se usa para enfriar el gas de EGR. Por otro lado, cada inyector 3 de combustible está conectado a través de un tubo 19 de alimentación de combustible a un conducto 20 común. Este conducto 20 común está conectado a través de una bomba 21 de combustible de descarga variable controlada electrónicamente a un tanque 22 de combustible. El combustible que está almacenado dentro del tanque 22 de combustible se alimenta mediante la bomba 21 de combustible al interior del conducto 20 común. El combustible que se alimenta al interior del conducto 20 común se alimenta a través de cada tubo 19 de alimentación de combustible al inyector 3 de combustible.

Una unidad 30 de control electrónica está compuesta por un ordenador digital dotado de una ROM (memoria de sólo lectura) 32, una RAM (memoria de acceso aleatorio) 33, una CPU (microprocesador) 34, un puerto 35 de entrada y un puerto 36 de salida, que están conectados entre sí mediante un bus 31 bidireccional. En el catalizador 13 de purificación de gases de escape, está acoplado un sensor 23 de temperatura para detectar la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Las señales de salida de este sensor 23 de temperatura y detector 8 de cantidad de aire de admisión se introducen respectivamente a través de correspondientes

convertidores 37 AD al puerto 35 de entrada. Adicionalmente, el pedal 40 del acelerador tiene un sensor 41 de carga conectado al mismo que genera una tensión de salida proporcional a la cantidad de depresión L del pedal 40 del acelerador. La tensión de salida del sensor 41 de carga se introduce a través de un correspondiente convertidor 37 AD al puerto 35 de entrada. Además, en el puerto 35 de entrada está conectado un sensor 42 del ángulo del cigüeñal que genera un impulso de salida cada vez que un árbol de cigüeñal rota, por ejemplo, 15°. Por otro lado, el puerto 36 de salida está conectado a través de correspondientes circuitos 38 de accionamiento a cada inyector 3 de combustible, un motor paso a paso para accionar la válvula 10 de mariposa, válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, válvula 17 de control de EGR y bomba 21 de combustible.

La figura 2 muestra esquemáticamente un sustrato del catalizador 13 de purificación de gases de escape que porta una parte superficial de un soporte de catalizador. En este catalizador 13 de purificación de gases de escape, como se muestra en la figura 2, por ejemplo, se proporciona un soporte 50 de catalizador hecho de alúmina sobre el que se portan catalizadores 51 y 52 de metales preciosos. Además, sobre este soporte 50 de catalizador, se forma una capa 53 básica que incluye al menos un elemento seleccionado de potasio K, sodio Na, cesio Cs u otro metal alcalino de este tipo, bario Ba, calcio Ca u otro metal alcalinotérreo de este tipo, un lantánido u otra tierra rara de este tipo y plata Ag, cobre Cu, hierro Fe, iridio Ir u otro metal que pueda donar electrones al NO<sub>x</sub>. Los gases de escape fluyen a lo largo de la parte superior del soporte 50 de catalizador, de modo que puede decirse que la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape porta los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos. Adicionalmente, la superficie de la capa 53 básica presenta basicidad, así que la superficie de la capa 53 básica se denomina parte 54 superficial de flujo de gases de escape básica.

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

Ahora, si la relación del aire y el combustible (hidrocarburos) que se alimentan al conducto de admisión del motor, las cámaras 2 de combustión, y conducto de escape aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape se denomina la relación aire-combustible del gas de escape, la capa 53 básica absorbe el NO<sub>x</sub> cuando la relación aire-combustible del gas de escape es pobre y libera el NO<sub>x</sub> absorbido cuando la concentración de oxígeno en el gas de escape disminuye, es decir, realiza una acción de absorción y liberación de NO<sub>x</sub>. Obsérvese que, la capa 53 básica a veces adsorbe NO<sub>x</sub> cuando la relación aire-combustible del gas de escape es pobre. Por tanto, si se usa el término de almacenamiento como término que incluye tanto absorción como adsorción, la capa 53 básica almacena el NO<sub>x</sub> cuando la relación aire-combustible del gas de escape es pobre y libera el NO<sub>x</sub> almacenado cuando la concentración de oxígeno en el gas de escape disminuye, es decir, realiza una acción de almacenamiento y liberación de NO<sub>x</sub>.

Es decir, explicando esto tomando como ejemplo el caso de usar bario Ba como ingrediente que forma la capa 53 básica, cuando la relación aire-combustible del gas de escape es pobre, es decir, cuando la concentración de oxígeno en el gas de escape es alta, el NO que está contenido en el gas de escape, tal como se muestra en la figura 3A, se oxida sobre el platino Pt 51 y pasa a ser NO<sub>2</sub>. A continuación, esto se almacena en la capa 53 básica y se une con el carbonato de bario BaCO<sub>3</sub> al tiempo que se difunde dentro de la capa 53 básica en forma de iones nitrato NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. De este modo, el NO<sub>x</sub> se almacena en la capa 53 básica. Siempre que la concentración de oxígeno en el gas de escape es alta, se forma NO<sub>2</sub> en la superficie del platino Pt 51. Siempre que la capacidad de almacenamiento de NO<sub>x</sub> de la capa 53 básica no pase a estar saturada, el NO<sub>2</sub> se almacena en la capa 53 básica y se producen iones nitrato NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

En contraposición a esto, si la relación aire-combustible del gas de escape que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace la relación aire-combustible estequiométrica o rica, la concentración de oxígeno en el gas de escape disminuye, de modo que la reacción procede en el sentido opuesto (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>→NO<sub>2</sub>) y por tanto los nitratos almacenados en la capa 53 básica pasan a ser gradualmente iones nitrato NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y, tal como se muestra en la figura 3B, se liberan de la capa 53 básica en forma de NO<sub>2</sub>. A continuación, el NO<sub>2</sub> liberado se reduce por los hidrocarburos HC y CO contenidos en el gas de escape.

De este modo, cuando se realiza la combustión cuando la relación aire-combustible del gas de escape es pobre, es decir, bajo una relación aire-combustible pobre, el NO<sub>x</sub> en el gas de escape se almacena en la capa 53 básica. Sin embargo, si la combustión continúa bajo una relación aire-combustible pobre, finalmente, la capacidad de almacenamiento de NO<sub>x</sub> de la capa 53 básica terminará saturándose y por tanto la capa 53 básica ya no podrá almacenar el NO<sub>x</sub>. Por tanto, en esta realización según la presente invención, antes de que se sature la capacidad de almacenamiento de la capa 53 básica, la relación aire-combustible del gas de escape se hace temporalmente rica y de ese modo se hace a la capa 53 básica liberar el NO<sub>x</sub>.

La figura 4 muestra el control para la liberación de NO<sub>x</sub> a partir de esta capa 53 básica. Es decir, en esta realización

según la presente invención, tal como se muestra en la figura 4, cuando la cantidad de  $\text{NO}_x$  almacenada  $\Sigma\text{NO}_x$  almacenada en la capa 53 básica supera una cantidad permisible predeterminada MAX, la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> del gas de escape que fluye 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> del gas de escape se hace rica, el  $\text{NO}_x$  que estaba almacenado en la capa 53 básica cuando la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> del gas de escape era pobre se libera de la capa 53 básica todo de una vez y se reduce. Debido a esto, se elimina el  $\text{NO}_x$ .

La cantidad de  $\text{NO}_x$  almacenada  $\Sigma\text{NO}_x$ , por ejemplo, se calcula a partir de la cantidad de  $\text{NO}_x$  que se ha expulsado del motor. En esta realización según la presente invención, la cantidad de  $\text{NO}_x$  NOXA que se expulsa del motor por unidad de tiempo se almacena como función de la carga de motor L y la velocidad de motor N en forma de un mapa tal como se muestra en la figura 5 por adelantado en la ROM 32. A partir de esta cantidad de  $\text{NO}_x$  expulsada NOXA, se calcula la cantidad de  $\text{NO}_x$  almacenada  $\Sigma\text{NO}_x$ . El periodo por el que la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> del gas de escape se hace rica es de habitualmente 1 minuto o más.

En este método de purificación de  $\text{NO}_x$ , cuando la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> del gas de escape es pobre, el  $\text{NO}_x$  que está contenido en gas de escape se almacena en la capa 53 básica.

Por tanto, la capa 53 básica desempeña el papel de agente de almacenamiento para almacenar temporalmente el  $\text{NO}_x$ . Es decir, en este método de purificación de  $\text{NO}_x$ , el catalizador 13 de purificación de gases de escape funciona como un catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  que almacena el  $\text{NO}_x$  cuando la relación aire-combustible del gas de escape es pobre y libera el  $\text{NO}_x$  almacenado cuando la concentración de oxígeno en el gas de escape disminuye.

Además, en este método de purificación de  $\text{NO}_x$ , tal como se muestra en la figura 6, se inyecta combustible W adicional además del combustible para uso de combustión M en las cámaras 2 de combustión desde los inyectores 3 de combustible para hacer la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> del gas de escape que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape rica. Obsérvese que, la abscisa de la figura 6 muestra el ángulo del cigüeñal. Este combustible W adicional se inyecta con una temporización en la que se quema, pero no aparece como salida del motor, es decir, ligeramente antes de ATDC90° tras el punto muerto superior de compresión. Evidentemente, también es posible hacer que aumente la cantidad de hidrocarburos alimentada desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos para hacer la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> del gas de escape rica.

La figura 7 muestra la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  cuando se hace que el catalizador 13 de purificación de gases de escape funcione como catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  de este modo. Obsérvese que, la abscisa de la figura 7 muestra la temperatura de catalizador TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Cuando se hace que el catalizador 13 de purificación de gases de escape funcione como catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$ , tal como se muestra en la figura 7, cuando la temperatura de catalizador TC es de 300°C a 400°C, se obtiene una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  extremadamente alta, pero cuando la temperatura de catalizador TC pasa a ser una temperatura elevada de 400°C o más elevada, la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  disminuye.

A este respecto, el gas de escape contiene  $\text{SO}_x$ , es decir,  $\text{SO}_2$ . Si este  $\text{SO}_2$  fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape, este  $\text{SO}_2$  se oxida sobre el platino Pt 51 y pasa a ser  $\text{SO}_3$ . A continuación, este  $\text{SO}_3$  se almacena en la capa 53 básica y se une con el carbonato de bario  $\text{BaCO}_3$  mientras se difunde dentro de la capa 53 básica en forma de iones sulfato  $\text{SO}_4^{2-}$  para producir de ese modo el sulfato estable  $\text{BaSO}_4$ . Este sulfato  $\text{BaSO}_4$  se produce en la región en la que el gas de escape entra en contacto en primer lugar con el catalizador 13 de purificación de gases de escape, es decir, en la figura 8, la región de extremo de lado aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape mostrado por 13a.

A este respecto, la capa 53 básica tiene una fuerte basicidad, de modo que el sulfato  $\text{BaSO}_4$  es estable y difícil de descomponer. Si solo se hace la relación aire-combustible del gas de escape rica, el sulfato  $\text{BaSO}_4$  permanecerá como está sin descomponerse. Por tanto, dentro de la capa 53 básica, junto con el paso del tiempo, el sulfato  $\text{BaSO}_4$  aumentará, por tanto, junto con el paso del tiempo, la cantidad de  $\text{NO}_x$  que la capa 53 básica puede almacenar disminuirá. Como resultado, tal como se muestra por la línea continua en la figura 9, cuanto mayor es la cantidad de  $\text{SO}_x$   $\Sigma\text{SO}_x$  que se almacena en la capa 53 básica, es decir, cuanto mayor es la contaminación de azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape, más disminuirá la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

A este respecto, si se forman sulfatos en la capa 53 básica, la basicidad de la capa 53 básica se verá debilitada y, como resultado, se potenciará la función de oxidación sobre los hidrocarburos HC por el metal precioso, por ejemplo, platino Pt 51. Es decir, en esta realización según la presente invención, se potencia la acción de oxidación de los hidrocarburos HC en la región 13a de extremo de lado aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Como resultado, por ejemplo, cuando se inyectan hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, los hidrocarburos inyectados pueden reformarse en la región 13a de extremo de lado aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

La figura 10 ilustra la acción de reformación realizada en la región 13a de extremo de lado aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape en este momento. Tal como se muestra en la figura 10, en este

momento, los hidrocarburos HC inyectados desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos pasan a ser hidrocarburos radicales HC con un pequeño número de carbonos debido al platino Pt 51.

Obsérvese que, incluso si se inyecta combustible, es decir, hidrocarburos, desde el inyector 3 de combustible al interior de la cámara 2 de combustión durante la mitad posterior de la carrera de expansión o durante la carrera de escape, los hidrocarburos se reforman dentro de la cámara 2 de combustión o en el catalizador 13 de purificación de gases de escape, y el  $\text{NO}_x$  que está contenido en los gases de escape se elimina mediante los hidrocarburos modificados en el catalizador 13 de purificación de gases de escape. Por tanto, en la presente invención, en lugar de alimentar hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos al interior del conducto de escape del motor, también es posible alimentar hidrocarburos al interior de la cámara 2 de combustión durante la mitad posterior de la carrera de expansión o durante la carrera de escape. De este modo, en la presente invención, también es posible alimentar hidrocarburos al interior de la cámara 2 de combustión, aunque a continuación la presente invención se explica tomando como ejemplo el caso de inyectar hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos al interior del conducto de escape del motor.

A este respecto, si se hace posible reformar los hidrocarburos de este modo, el nuevo método descubierto por los inventores podría usarse para eliminar el  $\text{NO}_x$ . A continuación, haciendo referencia a de la figura 11 a la figura 19, se explicará este nuevo método de purificación de  $\text{NO}_x$ . Obsérvese que el nuevo método de purificación de  $\text{NO}_x$  explicado a continuación se denominará el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ , mientras que el método de purificación de  $\text{NO}_x$  que usa la acción de almacenamiento y liberación de  $\text{NO}_x$  ya explicada con referencia a de la figura 3 a la figura 7 se denominará el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ .

La figura 11 muestra la progresión en el tiempo de la alimentación de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos y los cambios en 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. Obsérvese que los cambios en la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> dependen del cambio en concentración de los hidrocarburos en los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape, de modo que puede decirse que el cambio en la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> mostrado en la figura 11 expresa el cambio en concentración de los hidrocarburos. Sin embargo, si la concentración de hidrocarburos pasa a ser más alta, la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> pasa a ser más pequeña, de modo que, en la figura 11, cuanto más hacia el lado rico está la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub>, más alta es la concentración de hidrocarburos.

La figura 12 muestra la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  por el catalizador 13 de purificación de gases de escape con respecto a las temperaturas de catalizador del catalizador 13 de purificación de gases de escape cuando se hace cambiar periódicamente la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape para, tal como se muestra en la figura 11, hacer que cambie la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape que fluyen al catalizador 13 de purificación de gases de escape. Los inventores se dedicaron a la investigación en relación a la purificación de purificación de  $\text{NO}_x$  durante mucho tiempo. En el proceso de investigación, aprendieron que si se hace vibrar la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo, tal como se muestra en la figura 11, se obtiene una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  extremadamente alta incluso en una región de alta temperatura de 400°C o superior tal como se muestra en la figura 12.

Además, en este momento, una gran cantidad de producto intermedio reductor que contiene nitrógeno e hidrocarburos continúa estando retenida o adsorbida sobre la superficie de la capa 53 básica, es decir, sobre la parte 54 superficial de flujo de gases de escape básica del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Se aprendió que, este producto intermedio reductor desempeña un papel central en la obtención de una alta tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ . A continuación, esto se explicará con referencia a las figuras 13A y 13B. Obsérvese que estas figuras 13A y 13B muestran esquemáticamente la parte superficial del soporte 50 de catalizador del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Estas figuras 13A y 13B muestran la reacción que se presupone que se produce cuando la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace vibrar dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo.

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

Ahora, tal como se entenderá a partir de la figura 11, la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se mantiene pobre excepto por un instante, de modo que los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape pasan normalmente a un estado de exceso de oxígeno. Por tanto, el  $\text{NO}$  que está contenido en los gases de escape, tal como se muestra en la figura 13A, se oxida sobre el platino 51 y pasa a ser  $\text{NO}_2$ . A continuación, este  $\text{NO}_2$  se suministra con electrones del platino 51 y pasa a ser  $\text{NO}_2^-$ . Por tanto, se produce una gran cantidad de  $\text{NO}_2^-$  sobre el

platino 51. Este  $\text{NO}_2^-$  presenta una fuerte actividad. A continuación, este  $\text{NO}_2^-$  se denomina  $\text{NO}_2^*$  activo.

Por otro lado, si se alimentan hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, tal como se muestra en la figura 10, los hidrocarburos se reforman y pasan a estar radicalizados dentro del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Como resultado, tal como se muestra en la figura 13B, la concentración de hidrocarburos alrededor del  $\text{NO}_2^*$  activo pasa a ser más alta. A este respecto, después de producirse el  $\text{NO}_2^*$  activo, si el estado de una alta concentración de oxígeno alrededor del  $\text{NO}_2^*$  activo continúa durante un tiempo predeterminado o más, el  $\text{NO}_2^*$  activo se oxida y se absorbe en la capa 53 básica en forma de iones de nitrato  $\text{NO}_3^-$ . Sin embargo, si la concentración de hidrocarburos alrededor del  $\text{NO}_2^*$  activo se hace más alta antes de que pase este tiempo predeterminado, tal como se muestra en la figura 13B, el  $\text{NO}_2^*$  activo reacciona sobre el platino 51 con los hidrocarburos radicales HC mediante lo cual se produce un producto intermedio reductor. Este producto intermedio reductor se adhiere o adsorbe sobre la superficie de la capa 53 básica.

Obsérvese que, en este momento, se considera que el primer producto intermedio reductor producido es un nitrocompuesto R- $\text{NO}_2$ . Si se produce este nitrocompuesto R- $\text{NO}_2$ , el resultado pasa a ser un compuesto de nitrilo R-CN, pero este compuesto de nitrilo R-CN sólo puede sobrevivir durante un instante en este estado, así que inmediatamente pasa a ser un compuesto de isocianato R-NCO. Sin embargo, en este caso, lo que se hidroliza se considera parte del compuesto de isocianato R-NCO. Por tanto, tal como se muestra en la figura 13B, se cree que la mayoría del producto intermedio reductor que se retiene o se adsorbe sobre la superficie de la capa 53 básica es el compuesto de isocianato R-NCO y el compuesto de amina R- $\text{NH}_2$ .

Por otro lado, tal como se muestra en la figura 13B, si el producto intermedio reductor producido está rodeado por los hidrocarburos HC, el producto intermedio reductor se bloquea por los hidrocarburos HC y la reacción no continuará. En este caso, la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se reduce y de ese modo la concentración de oxígeno pasa a ser más alta. Si esto ocurre, los hidrocarburos alrededor del producto intermedio reductor se oxidarán. Como resultado, tal como se muestra en la figura 13A, el producto intermedio reductor y el  $\text{NO}_2^*$  activo reaccionarán. En este momento, el  $\text{NO}_2^*$  activo reacciona con el producto intermedio reductor R-NCO o R- $\text{NH}_2$  para formar  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , y  $\text{H}_2\text{O}$  y posteriormente se elimina el  $\text{NO}_x$ .

De este modo, en el catalizador 13 de purificación de gases de escape, haciendo más alta la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape, se produce un producto intermedio reductor. Al hacer más baja la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape y aumentar la concentración de oxígeno, el  $\text{NO}_2^*$  activo reacciona con el producto intermedio reductor y se elimina el  $\text{NO}_x$ . Es decir, para que el catalizador 13 de purificación de gases de escape elimine el  $\text{NO}_x$ , la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape ha de cambiarse periódicamente.

Obviamente, en este caso, es necesario aumentar la concentración de hidrocarburos hasta una concentración suficientemente alta para producir el producto intermedio reductor y es necesario reducir la concentración de hidrocarburos hasta una concentración suficientemente baja para hacer que el producto intermedio reductor producido reaccione con el  $\text{NO}_2^*$  activo. Es decir, la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape ha de hacerse vibrar dentro de un intervalo predeterminado de amplitud. Obsérvese que, en este caso, ha de retenerse una cantidad suficiente de producto intermedio reductor R-NCO o R- $\text{NH}_2$  sobre la capa 53 básica, es decir, sobre la parte 24 de superficie de flujo de gases de escape básica, hasta que el producto intermedio reductor producido reacciona con el  $\text{NO}_2^*$  activo. Por este motivo se proporciona la parte 24 de superficie de flujo de gases de escape básica.

Por otro lado, si se prolonga el periodo de alimentación de los hidrocarburos, el tiempo hasta que la concentración de oxígeno se hace más alta pasa a ser más largo en el periodo después de alimentarse los hidrocarburos hasta que se alimentan de nuevo los hidrocarburos. Por tanto, el  $\text{NO}_2^*$  activo se absorbe en la capa 53 básica en forma de nitratos sin producir un producto intermedio reductor. Para evitar esto, es necesario hacer vibrar la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape dentro de un intervalo predeterminado de periodo.

Por tanto, en una realización de la presente invención, para hacer que el  $\text{NO}_x$  que está contenido en los gases de escape y los hidrocarburos reformados reaccionen y produzcan el producto intermedio reductor R-NCO o R- $\text{NH}_2$  que contiene nitrógeno e hidrocarburos, la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape porta los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos. Para retener el producto intermedio reductor producido R-NCO o R- $\text{NH}_2$ , dentro del catalizador 13 de purificación de gases de escape, la parte 54 de superficie de flujo de gases de escape básica está formada alrededor de los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos. En el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  según la presente invención, el  $\text{NO}_x$  se reduce por la acción de reducción del producto intermedio reductor R-NCO o R- $\text{NH}_2$  retenido sobre la parte 54 de superficie de flujo de gases de escape básica, y el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace el periodo de vibración requerido para continuar la producción del producto intermedio reductor R-NCO o R- $\text{NH}_2$ . A este respecto, en el ejemplo mostrado en la figura 11, el intervalo de inyección se hace 3 segundos.



A este respecto, cuando se usa el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ , tal como se muestra en la figura 7, cuando la temperatura de catalizador TC pasa a ser  $400^\circ\text{C}$  o más, la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  disminuye porque si la temperatura de catalizador TC pasa a ser  $400^\circ\text{C}$  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 elevada, resulta difícil obtener una alta tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ .

Sin embargo, en el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  mostrado desde la figura 10 hasta las figuras 13A y 13B, como se entenderá a partir de las figuras 13A y 13B, no se forman nitratos o incluso si se forman son de una cantidad extremadamente fina, por consiguiente, tal como se muestra en la figura 12, incluso cuando la temperatura de catalizador TC es elevada, se obtiene una alta tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ .

Es decir, el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  que se muestra desde la figura 10 hasta las figuras 13A y 13B puede decirse que es un nuevo método de purificación de  $\text{NO}_x$  diseñado para eliminar  $\text{NO}_x$  sin formar casi ningún nitrato en el caso de usar un catalizador de purificación de gases de escape que porta un catalizador de metales preciosos y forma una capa básica que puede absorber  $\text{NO}_x$ . En realidad, cuando se usa este primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ , los nitratos que se detectan desde la capa 53 básica pasan a ser mucho más pequeños en cantidad en comparación con el caso en el que se usa el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ .

A continuación, haciendo referencia a de la figura 14 a la figura 19, se explicará un poco más en detalle el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  mostrado en de la figura 10 a las figuras 13A y 13B.

La figura 14 muestra ampliado el cambio en la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> mostrada en la figura 11. Obsérvese que, tal como se explicó anteriormente, el cambio en la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> de los gases de escape que fluyen al interior de este catalizador 13 de purificación de gases de escape muestra simultáneamente el cambio en la concentración de los hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Obsérvese que, en la figura 14,  $\Delta H$  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 vibración de la concentración de los hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

Además, en la figura 14, (A/F)<sub>b</sub> muestra la relación aire-combustible base que muestra la relación aire-combustible del gas de combustión para generar la salida de motor. En otras palabras, esta relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> muestra la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape cuando se detiene la alimentación de hidrocarburos. Por otro lado, en la figura 14, X muestra el límite superior de la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> que se usa para producir el producto intermedio reductor sin que el  $\text{NO}_2^*$  activo producido se almacene en forma de nitratos dentro de la capa 53 básica. Para hacer que el  $\text{NO}_2^*$  activo y los hidrocarburos reformados reaccionen y produzcan el producto intermedio reductor, es necesario hacer que la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> sea inferior al límite superior X de esta relación aire-combustible.

En otras palabras, en la figura 14, X muestra el límite inferior de la concentración de hidrocarburos requerida para hacer que el  $\text{NO}_2^*$  activo y el hidrocarburo reformado reaccionen para producir un producto intermedio reductor. Para producir el producto intermedio reductor, la concentración de hidrocarburos ha de hacerse superior a este límite inferior X. En este caso, se determina si se produce el producto intermedio reductor por la relación de la concentración de oxígeno y la concentración de hidrocarburo alrededor del  $\text{NO}_2^*$  activo, es decir, la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub>. El límite superior X de la relación aire-combustible requerida para producir el producto intermedio reductor se denominará a continuación la relación aire-combustible mínima demandada.

En el ejemplo mostrado en la figura 14, la relación aire-combustible mínima demandada X es rica, por tanto, en este caso, para formar el producto intermedio reductor, la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> se hace instantáneamente la relación aire-combustible mínima demandada X o menos, es decir, rica. En contraposición a esto, en el ejemplo mostrado en la figura 15, la relación aire-combustible mínima demandada X es pobre. En este caso, se mantiene la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> pobre y mientras que se reduce periódicamente la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> para así formar el producto intermedio reductor.

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

Ahora, si se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una gran fuerza de oxidación, tal como se muestra en la figura 15, si se mantiene la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> pobre mientras se disminuye periódicamente la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub>, los hidrocarburos acaban oxidándose por completo cuando se

reduce la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub>. Como resultado, el producto intermedio reductor ya no puede producirse. En contraposición a esto, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una gran fuerza de oxidación, tal como se muestra en la figura 14, si se hace la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> periódicamente rica, cuando la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> se hace rica, los hidrocarburos se oxidarán parcialmente, sin oxidarse por completo, es decir, los hidrocarburos se reformarán, por consiguiente se producirá el producto intermedio reductor. Por tanto, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una gran fuerza de oxidación, la relación aire-combustible mínima demandada X ha de hacerse rica.

Por otro lado, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una fuerza de oxidación débil, tal como se muestra en la figura 15, si se mantiene la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> pobre mientras se disminuye periódicamente la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub>, los hidrocarburos se oxidarán parcialmente sin oxidarse por completo, es decir, los hidrocarburos se reformarán y por consiguiente se producirá el producto intermedio reductor. En contraposición a esto, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una fuerza de oxidación débil, tal como se muestra en la figura 14, si se hace la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> periódicamente rica, se escapará una gran cantidad de hidrocarburos del catalizador 13 de purificación de gases de escape sin oxidarse y por consiguiente la cantidad de hidrocarburos que se desperdicia aumentará. Por tanto, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con una fuerza de oxidación débil, la relación aire-combustible mínima demandada X tiene que hacerse pobre.

Es decir, se aprende que la relación aire-combustible mínima demandada X, tal como se muestra en la figura 16, ha de reducirse cuanto más grande es la fuerza de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape. De este modo, la relación aire-combustible mínima demandada X pasa a ser pobre o rica debido a la fuerza de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape. A continuación, tomando como ejemplo el caso en el que la relación aire-combustible mínima demandada X es rica, se explicará la amplitud del cambio en la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape y el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

Ahora, si la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> pasa a ser más grande, es decir, si la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos pasa a ser más alta, la cantidad de alimentación de hidrocarburos requerida para hacer la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> la relación aire-combustible mínima demandada X o menor aumenta y junto con esto también aumenta el exceso de cantidad de hidrocarburos que no contribuyeron a la producción del producto intermedio reductor. En este caso, para eliminar bien el NO<sub>x</sub>, tal como se explicó anteriormente, es necesario hacer que el exceso de hidrocarburos se oxide. Por tanto, para eliminar el NO<sub>x</sub> bien, cuanto mayor es la cantidad de exceso de hidrocarburos, mayor es la cantidad de oxígeno que se requiere.

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

La figura 17 muestra la relación entre la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos y la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos cuando se obtiene la misma tasa de purificación de NO<sub>x</sub>. A partir de la figura 17 se aprende que para obtener la misma tasa de purificación de NO<sub>x</sub>, cuanto mayor es la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos, mayor ha de hacerse la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos. Es decir, para obtener la misma tasa de purificación de NO<sub>x</sub>, cuanto mayor es la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub>, mayor ha de hacerse la amplitud ΔT de la concentración de hidrocarburos. En otras palabras, para eliminar el NO<sub>x</sub> bien, cuanto menor es la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub>, más puede reducirse la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos.

A este respecto, la relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> pasa a ser la más baja en el momento de una operación de aceleración. En este momento, si la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos es de aproximadamente 200 ppm, es posible eliminar el NO<sub>x</sub> bien. La relación aire-combustible base (A/F)<sub>b</sub> es normalmente más grande que el tiempo de la operación de aceleración. Por tanto, tal como se muestra en la figura 18, si la amplitud ΔH 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 base (A/F)<sub>b</sub> es la más alta, si se hace la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos 10000 ppm aproximadamente, se obtiene una excelente tasa de purificación de NO<sub>x</sub>. Además, si la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos está por encima de 10000 ppm, existe el peligro de que la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> se haga rica. Por tanto, existe el peligro de que el nuevo método de purificación de NO<sub>x</sub> ya no pueda realizarse. Por tanto, en la presente invención, cuando se realiza el primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, el intervalo predeterminado de la amplitud de la concentración de hidrocarburos se hace de 200 ppm a 10000 ppm.

Además, si el periodo de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos se hace más largo, la concentración de oxígeno alrededor del  $\text{NO}_2^*$  activo se hace más alta en el tiempo desde después de alimentarse los hidrocarburos hasta cuando los hidrocarburos se alimentan de nuevo. En este caso, si el periodo de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos se hace más largo de aproximadamente 5 segundos, el  $\text{NO}_2^*$  activo empieza a absorberse en forma de nitratos dentro de la capa 53 básica. Por tanto, tal como se muestra en la figura 19, si el periodo de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos se hace más largo de aproximadamente 5 segundos, la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  disminuirá. Por tanto, el periodo de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos ha de hacerse de 5 segundos o menos.

Por otro lado, si el periodo de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos se hace de aproximadamente 0,3 segundos o menos, los hidrocarburos alimentados empiezan a acumularse sobre la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Por tanto, tal como se muestra en la figura 19, si el periodo de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos pasa a ser sustancialmente 0,3 segundos o menos, la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  disminuye. Por tanto, en la presente invención, cuando se realiza el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ , el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace de desde 0,3 segundos hasta 5 segundos.

Ahora, para usar el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  para eliminar el  $\text{NO}_x$ , incluso cuando la concentración de  $\text{NO}_x$  en el gas de escape es baja, es necesario alimentar una determinada cantidad o más de hidrocarburos por un corto periodo.

Por tanto, cuando la concentración de  $\text{NO}_x$  del gas de escape es baja, la eficiencia de purificación de  $\text{NO}_x$  pasa a ser peor. En contraposición a esto, en el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ , cuando la concentración de  $\text{NO}_x$  en el gas de escape es baja, el tiempo hasta que la cantidad de  $\text{NO}_x$  almacenada  $\Sigma\text{NO}_x$  alcanza el valor permisible MAX pasa a ser más largo, así que el periodo por el que la relación aire-combustible (A/F)in del gas de escape se hace rica pasa a ser meramente más largo. La eficiencia de purificación de  $\text{NO}_x$  no se hace particularmente mala. Por tanto, cuando la concentración de  $\text{NO}_x$  en el gas de escape es baja, puede decirse que es preferible usar el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$  en lugar del primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ .

La línea discontinua de la figura 9 muestra el cambio en la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  cuando se usa el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ . Como se entenderá a partir de la figura 9, la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  mediante el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  en primer lugar aumenta junto con un aumento de la contaminación de azufre, después disminuye gradualmente. Es decir, si la contaminación de azufre aumenta, la función de oxidación con respecto a los hidrocarburos HC se hace más fuerte, así que la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  aumenta gradualmente. Sin embargo, si la contaminación de azufre aumenta adicionalmente, la basicidad de la capa 53 básica se hace más débil, así que la fuerza de retención en lo que se refiere al producto intermedio de reducción R-NCO o R-NH<sub>2</sub> se hace más débil y por tanto la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  disminuye gradualmente.

Obsérvese que, en el caso mostrado en la figura 11, si se hace el periodo de alimentación de los hidrocarburos HC más largo que el periodo de alimentación predeterminado mostrado en la figura 11, los hidrocarburos HC y el producto intermedio de reducción R-NCO o RNH<sub>2</sub> desaparecerán de la superficie de la capa 53 básica.

En este momento, los iones nitrato  $\text{NO}_3^-$  formados sobre el platino Pt 51, tal como se muestra en la figura 3A, se difundirán en la capa 53 básica y pasarán a ser nitratos. Es decir, en este momento, el  $\text{NO}_x$  en el gas de escape se almacena en forma de nitratos en la capa 53 básica. Por tanto, en este caso, el método de purificación de  $\text{NO}_x$  pasa a ser no el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$ , sino el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$ .

Ahora, como se entenderá a partir de la figura 9, para obtener una alta eficiencia de purificación de  $\text{NO}_x$ , es preferible usar selectivamente el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  y el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$  según la contaminación de azufre. Por tanto, en la presente invención, se usan selectivamente el primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  y el segundo método de purificación de  $\text{NO}_x$  según la contaminación de azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

Es decir, explicando esto con un poco más de detalle, en la presente invención, el catalizador 13 de purificación de gases de escape tiene la propiedad de almacenar el  $\text{NO}_x$  que está contenido en gas de escape cuando la relación aire-combustible del gas de escape que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape es pobre y liberar el  $\text{NO}_x$  almacenado cuando la relación aire-combustible del gas de escape que fluye al interior pasa a ser rica y tiene la propiedad de reducir el  $\text{NO}_x$  que está contenido en el gas de escape si se hace vibrar la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo cuando la contaminación de azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape aumenta y, en el momento del funcionamiento del motor, se usan selectivamente un primer método de purificación de  $\text{NO}_x$  que hace vibrar la concentración de hidrocarburos que fluyen 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 para eliminar de ese modo

el NO<sub>x</sub> que está contenido en gas de escape y un segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> que conmuta la relación aire-combustible del gas de escape que fluye al interior del catalizador de purificación de gases de escape de pobre a rica por un periodo más largo que el intervalo predeterminado anterior de periodo para eliminar de ese modo el NO<sub>x</sub> según la contaminación de azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

En este caso, para garantizar una tasa de purificación de NO<sub>x</sub> lo más elevada posible independientemente de la contaminación de azufre, en esta realización según la presente invención, cuando el uso del primer método de purificación de NO<sub>x</sub> da como resultado una eficiencia de purificación de NO<sub>x</sub> más elevada que el uso del segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>, se usa el primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, mientras que cuando el uso del segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> da como resultado una eficiencia de purificación de NO<sub>x</sub> más elevada que el uso del primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, se usa el segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>.

Obsérvese que, en realidad, tal como se muestra en la figura 9, la contaminación de azufre SX1 para cuando la tasa de purificación de NO<sub>x</sub> cuando se usa el primer método de purificación de NO<sub>x</sub> y la tasa de purificación de NO<sub>x</sub> cuando se usa el segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> pasan a ser iguales se encuentra de antemano mediante experimentos.

Esta contaminación de azufre SX1 se usa como cantidad de referencia para conmutar del método de purificación de NO<sub>x</sub>. Es decir, cuando la contaminación de azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape es menor que una cantidad de referencia predeterminada SX1, se usa el segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>, mientras que cuando la contaminación de azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape supera la cantidad de referencia predeterminada SX1, se usa el primer método de purificación de NO<sub>x</sub>.

Por otro lado, si la contaminación de azufre supera la cantidad de referencia SX1 y se usa el primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, tal como se muestra mediante la línea discontinua en la figura 9, en primer lugar, la tasa de purificación de NO<sub>x</sub> aumenta a medida que la contaminación de azufre aumenta. Cuando la contaminación de azufre aumenta adicionalmente, la tasa de purificación de NO<sub>x</sub> disminuye. Cuando la tasa de purificación de NO<sub>x</sub> disminuye de este modo, mientras la contaminación de azufre no se invierte, no será ya posible elevar la tasa de purificación de NO<sub>x</sub>. Por tanto, en esta realización según la presente invención, si la contaminación de azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape alcanza una cantidad límite predeterminada SX2 mayor que la cantidad de referencia SX1, se realiza un procesamiento de recuperación de contaminación de azufre.

En este caso, si la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace elevarse hasta una temperatura de liberación de SO<sub>x</sub> de 600 °C o mayor y, en ese estado, la relación aire-combustible del gas de escape que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace rica, es posible hacer que el catalizador 13 de purificación de gases de escape libere el SO<sub>x</sub>. Por tanto, en esta realización según la presente invención, la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace elevarse hasta una temperatura de liberación de SO<sub>x</sub> de 600 °C o mayor y, en ese estado, la relación aire-combustible del gas de escape que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace rica para realizar un procesamiento de recuperación de contaminación de SO<sub>x</sub>.

La contaminación de azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape puede estar representada por la cantidad de SO<sub>x</sub> almacenada en el catalizador 13 de purificación de gases de escape. La cantidad de SO<sub>x</sub> que está almacenada en el catalizador 13 de purificación de gases de escape puede encontrarse añadiendo de manera acumulativa las cantidades de SO<sub>x</sub> que se expulsan del motor. Por tanto, en esta realización según la presente invención, la cantidad de SO<sub>x</sub> expulsada SOXA, expulsada del motor por unidad de tiempo se almacena como función de la carga de motor L y la velocidad de motor N en forma de un mapa tal como se muestra en la figura 20 de antemano en la ROM 32. La cantidad de SO<sub>x</sub> almacenada  $\Sigma$ SOX que representa la contaminación de azufre se calcula a partir de esta cantidad de SO<sub>x</sub> expulsada SOXA.

La figura 21 muestra un ejemplo de un método de purificación de gases de escape según la presente invención. Obsérvese que, la figura 21 muestra el cambio de la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> del gas de escape que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape, el cambio de la cantidad de NO<sub>x</sub> almacenada  $\Sigma$ NOX, almacenada en el catalizador 13 de purificación de gases de escape, y el cambio de la cantidad de SO<sub>x</sub> almacenada  $\Sigma$ SOX, almacenada en el catalizador 13 de purificación de gases de escape.

Tal como se muestra en la figura 21, cuando la cantidad de SO<sub>x</sub> almacenada  $\Sigma$ SOX que representa la contaminación de azufre es menor que una cantidad de referencia SX1, se usa el segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> para la acción de purificación de NO<sub>x</sub>. Es decir, en este momento, cada vez que la cantidad de NO<sub>x</sub> almacenada  $\Sigma$ NOX del catalizador 13 de purificación de gases de escape supera el valor permisible MAX, la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> del gas de escape que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace rica.

A continuación, si la cantidad de SO<sub>x</sub> almacenada  $\Sigma$ SOX supera la cantidad de referencia SX1, el método de purificación de NO<sub>x</sub> se conmuta del segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> al primer método de purificación de

NO<sub>x</sub>. Por tanto, en este momento, se inyectan hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos por el periodo predeterminado.

5 A continuación, cuando la cantidad de SO<sub>x</sub> almacenada  $\Sigma$ SOX alcanza la cantidad límite SX2, se realiza un procesamiento de recuperación de contaminación de SO<sub>x</sub>. Es decir, la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace que aumente hasta una temperatura de liberación de SO<sub>x</sub> de 600°C o superior y, en ese estado, la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> del gas de escape que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace rica durante un corto intervalo. A continuación, cuando el procesamiento de recuperación de contaminación de SO<sub>x</sub> se completa, se inicia de nuevo una acción de purificación de NO<sub>x</sub> mediante el segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>.

15 Obsérvese que, cuando el segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> se conmuta al primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, si el NO<sub>x</sub> almacenado permanece en el catalizador 13 de purificación de gases de escape, existe el peligro de que cuando la alimentación de hidrocarburos provoca que la temperatura TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape aumente, el NO<sub>x</sub> almacenado se descargará del catalizador 13 de purificación de NO<sub>x</sub>. Sin embargo, cuando está realizándose la acción de purificación de NO<sub>x</sub> mediante el primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, no hay acción de reducción en el NO<sub>x</sub> así descargado y por tanto el NO<sub>x</sub> se expulsa a la atmósfera.

20 Sin embargo, si se hace la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> del gas de escape de un determinado grado de riqueza o nivel de riqueza superior, es posible reducir el NO<sub>x</sub> almacenado que permanece en el catalizador 13 de purificación de gases de escape y por tanto es posible evitar que se expulsa NO<sub>x</sub> a la atmósfera. Por tanto, en esta realización según la presente invención, tal como se muestra en la figura 21, cuando se conmuta del segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> al primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, la relación aire-combustible del gas de escape que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace temporalmente de un determinado grado de riqueza o nivel de riqueza superior para liberar y reducir el NO<sub>x</sub> que está almacenado en el catalizador 13 de purificación de gases de escape.

25 La figura 22 muestra una rutina de procesamiento para la purificación de gases de escape para hacer funcionar la realización mostrada en la figura 21.

30 Esta rutina se ejecuta mediante la interrupción cada tiempo predeterminado.

Haciendo referencia a la figura 22, en primer lugar, en la etapa 60, la cantidad de SO<sub>x</sub> SOXA expulsada por unidad de tiempo se calcula a partir del mapa mostrado en la figura 20. A continuación, en la etapa 61, esta cantidad de SO<sub>x</sub> expulsada SOXA se suma a  $\Sigma$ SOX para calcular la cantidad de SO<sub>x</sub> almacenada  $\Sigma$ SOX, almacenada en el catalizador 13 de purificación de gases de escape. A continuación, en la etapa 62, se determina si la cantidad de SO<sub>x</sub> almacenada  $\Sigma$ SOX supera la cantidad límite SX2. Cuando  $\Sigma$ SOX ≤ SX2, la rutina continúa a la etapa 63 donde se determina si la cantidad de SO<sub>x</sub> almacenada  $\Sigma$ SOX supera la cantidad de referencia SX1. Cuando  $\Sigma$ SOX ≤ SX1, la rutina continúa a la etapa 64.

40 En la etapa 64, la cantidad de NO<sub>x</sub> NOXA expulsada por unidad de tiempo se calcula a partir del mapa mostrado en la figura 5. A continuación, en la etapa 65, esta cantidad de NO<sub>x</sub> expulsada NOXA se suma a  $\Sigma$ NOX para calcular la cantidad de NO<sub>x</sub> almacenada  $\Sigma$ NOX que se almacena en el catalizador 13 de purificación de gases de escape. A continuación, en la etapa 66, se determina si la cantidad de NO<sub>x</sub> almacenada  $\Sigma$ NOX supera el valor permisible MAX. Cuando  $\Sigma$ NOX > MAX, la rutina continúa a la etapa 67 donde la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> del gas de escape que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace temporalmente de un determinado grado de riqueza o nivel de riqueza superior. A continuación, en la etapa 68, se despeja  $\Sigma$ NOX.

45 Por otro lado, cuando se determina en la etapa 63 que  $\Sigma$ SOX > SX1, la rutina continúa a la etapa 69 donde se determina si el método de purificación de NO<sub>x</sub> se ha conmutado ahora del segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> al primer método de purificación de NO<sub>x</sub>. Cuando el método de purificación de NO<sub>x</sub> se ha conmutado ahora del segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> al primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, la rutina continúa a la etapa 67 donde la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> del gas de escape que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace temporalmente de un determinado grado de riqueza o nivel de riqueza superior. En contraposición a esto, cuando el método de purificación de NO<sub>x</sub> no se ha conmutado ahora del segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> al primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, la rutina continúa a la etapa 70 donde se inyectan hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos por el periodo predeterminado.

50 Por otro lado, cuando se determina en la etapa 62 que  $\Sigma$ SOX > SX2, la rutina continúa a la etapa 71 donde se realiza un procesamiento de recuperación de contaminación de SO<sub>x</sub>. Es decir, la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace elevarse hasta una temperatura de liberación de SO<sub>x</sub> de 600°C o superior y, en ese estado, la relación aire-combustible (A/F)<sub>in</sub> del gas de escape que fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace rica durante un corto intervalo. A continuación, en la etapa 72, se determina si el procesamiento de recuperación de contaminación de SO<sub>x</sub> se ha completado. Cuando el procesamiento de recuperación de contaminación de SO<sub>x</sub> se ha completado, la rutina continúa a la etapa 73 donde se despeja  $\Sigma$ SOX.

5 A este respecto, cuando el catalizador 13 de purificación de gases de escape tiene capacidad de almacenamiento de oxígeno, por ejemplo, cuando contiene cesio Ce, si la contaminación de azufre progresa, el óxido de cerio  $CeO_2$  se cambia al sulfato  $CeSO_4$ . Por tanto, en este caso, tal como se muestra en la figura 23A, cuanto mayor es la contaminación de azufre, es decir, cuanto mayor es la cantidad de  $SO_x$  almacenada  $\Sigma SO_x$ , más disminuye la cantidad de almacenamiento de oxígeno del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

10 Por otro lado, dado que se usa el primer método de purificación de  $NO_x$  para eliminar el  $NO_x$ , si se alimentan hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, parte de los hidrocarburos se oxidarán por el oxígeno que está almacenado en el catalizador 13 de purificación de gases de escape. Dicho de otro modo, parte de los hidrocarburos alimentados se usarán para consumir el oxígeno almacenado. Por otro lado, para eliminar el  $NO_x$ , se requiere una determinada cantidad de hidrocarburos.

15 Por tanto, tal como se muestra en la figura 23B, cuanto menor es la cantidad de almacenamiento de oxígeno, es decir, cuanto mayor es la contaminación de azufre, más puede disminuirse la cantidad de alimentación de hidrocarburos.

20 Por tanto, en una realización de la presente invención, cuando la cantidad de oxígeno que está almacenada en el catalizador 13 de purificación de gases de escape se reduce, cuando está usándose el primer método de purificación de  $NO_x$ , la cantidad de hidrocarburos que se inyecta desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos se hace disminuir.

25 Obsérvese que, al igual que en otra realización, en el conducto de escape del motor aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape, puede disponerse un catalizador de oxidación para modificar los hidrocarburos.

**Lista de números de referencia**

- 4       colector de admisión
- 30    5       colector de escape
- 7       turbocompresor de escape
- 35    12       tubería de escape
- 13       catalizador de purificación de gases de escape
- 15       válvula de alimentación de hidrocarburos

40

## REIVINDICACIONES

1. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna en el que se dispone un catalizador (13) de purificación de gases de escape para hacer reaccionar NO<sub>x</sub> contenido en gas de escape e hidrocarburos reformados en un conducto (12) de escape del motor, se portan catalizadores (51, 52) de metales preciosos y una capa básica está formada en el catalizador (13) de purificación de gases de escape, el catalizador (13) de purificación de gases de escape tiene la propiedad de almacenar NO<sub>x</sub> que está contenido en gas de escape cuando la relación aire-combustible de un gas de escape que fluye al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape es pobre y liberar NO<sub>x</sub> almacenado cuando la relación aire-combustible del gas de escape que fluye al interior pasa a ser rica y tiene la propiedad de reducir el NO<sub>x</sub> que está contenido en gas de escape si se hace vibrar la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo cuando una contaminación de azufre del catalizador (13) de purificación de gases de escape aumenta, y, en el momento del funcionamiento del motor, se usan selectivamente un primer método de purificación de NO<sub>x</sub> que hace vibrar la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape dentro del intervalo predeterminado de amplitud y dentro del intervalo predeterminado de periodo para eliminar de ese modo el NO<sub>x</sub> contenido en gas de escape y un segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> que conmuta la relación aire-combustible del gas de escape que fluye al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape de pobre a rica durante un periodo más largo que dicho intervalo predeterminado de periodo para eliminar de ese modo el NO<sub>x</sub>, según la contaminación de azufre del catalizador (13) de purificación de gases de escape,
- caracterizado porque
- cuando el uso del primer método de purificación de NO<sub>x</sub> proporciona una eficiencia de purificación de NO<sub>x</sub> más elevada que el uso del segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>, se usa el primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, mientras que cuando el uso del segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> proporciona una eficiencia de purificación de NO<sub>x</sub> más elevada que el uso del primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, se usa el segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>, en el que cuando la contaminación de azufre de dicho catalizador (13) de purificación de gases de escape es más pequeña que una cantidad de referencia predeterminada, se usa dicho segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>, mientras que cuando la contaminación de azufre de dicho catalizador (13) de purificación de gases de escape supera la cantidad de referencia predeterminada, se usa dicho primer método de purificación de NO<sub>x</sub>.
2. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que cuando la contaminación de azufre de dicho catalizador (13) de purificación de gases de escape alcanza una cantidad límite predeterminada mayor que dicha cantidad de referencia, se realiza un proceso de recuperación de la contaminación de azufre.
3. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que el catalizador (13) de purificación de gases de escape tiene la capacidad de almacenamiento de oxígeno y, cuando disminuye una cantidad de oxígeno que está almacenado en dicho catalizador (13) de purificación de gases de escape, disminuye una cantidad de hidrocarburos alimentados cuando está usándose el primer método de purificación de NO<sub>x</sub>.
4. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que cuando se conmuta del segundo método de purificación de NO<sub>x</sub> al primer método de purificación de NO<sub>x</sub>, la relación aire-combustible del gas de escape que fluye al interior del catalizador (13) de purificación de gases de escape se hace temporalmente rica para liberar y reducir el NO<sub>x</sub> almacenado en el catalizador (13) de purificación de gases de escape.
5. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que dentro del catalizador (13) de purificación de gases de escape, el NO<sub>x</sub> contenido en el gas de escape e hidrocarburos reformados reaccionan para producir un producto intermedio de reducción que contiene nitrógeno e hidrocarburos, y el periodo de vibración de dicha concentración de hidrocarburos es un periodo de vibración necesario para continuar produciendo el producto intermedio de reducción.
6. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 4, en el que el periodo de vibración de dicha concentración de hidrocarburos es de 0,3 segundos a 5 segundos.
7. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que, en dicho segundo método de purificación de NO<sub>x</sub>, cuando la relación aire-combustible del gas de escape que fluye al catalizador (13) de purificación de gases de escape es pobre, el NO<sub>x</sub> en el gas de escape se almacena en la capa básica, mientras que cuando la relación aire-combustible del gas de escape

que fluye al catalizador (13) de purificación de gases de escape se hace rica, el NO<sub>x</sub> almacenado se libera de la capa básica y se reduce.

- 5 8. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que dichos catalizadores (51, 52) de metales preciosos están compuestos por platino Pt y al menos uno de rodio Rh y paladio Pd.
- 10 9. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que dicha capa básica incluye un metal alcalino, metal alcalinotérreo, tierra rara, o metal que puede donar electrones al NO<sub>x</sub>.



Fig.1

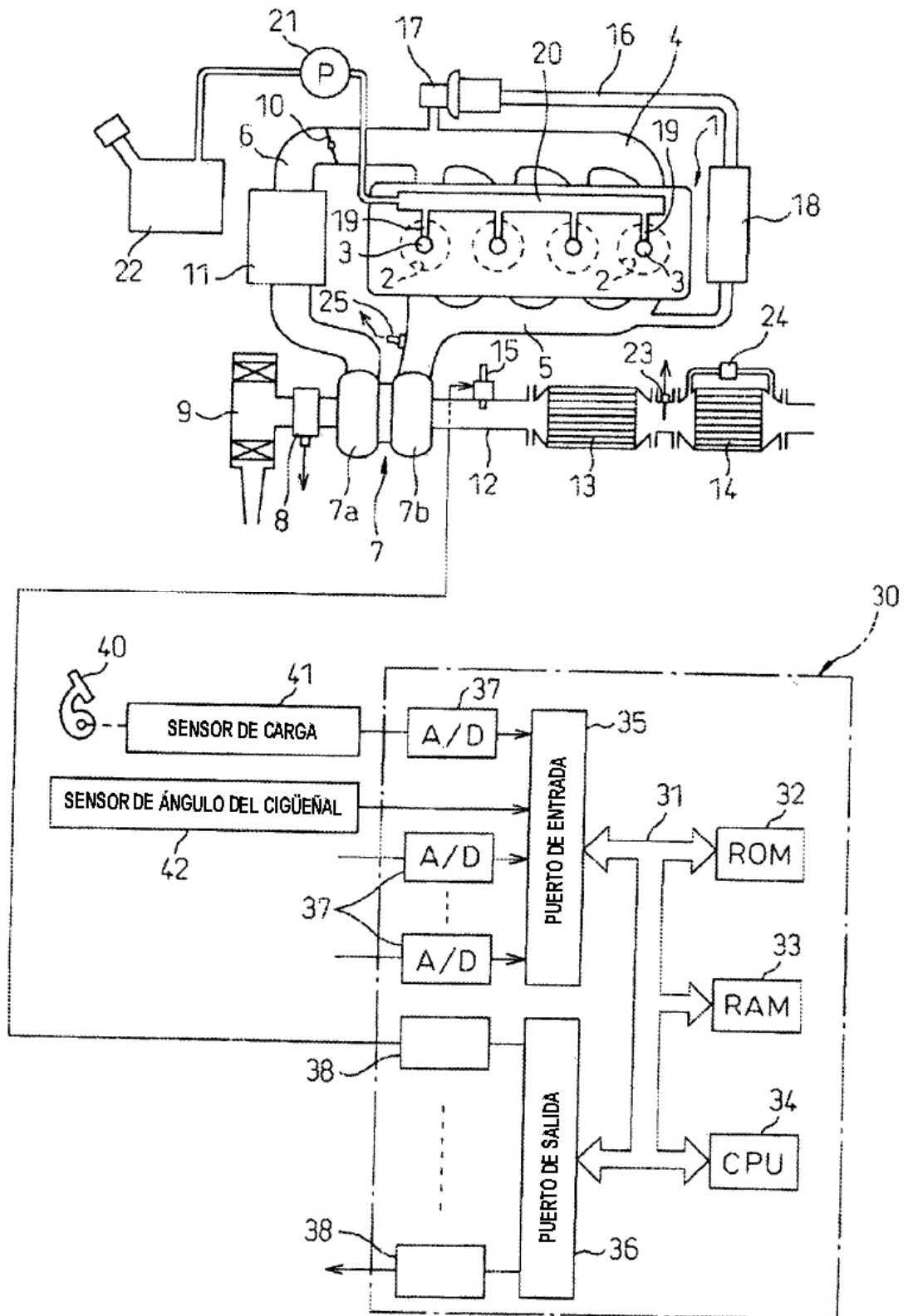


Fig.2

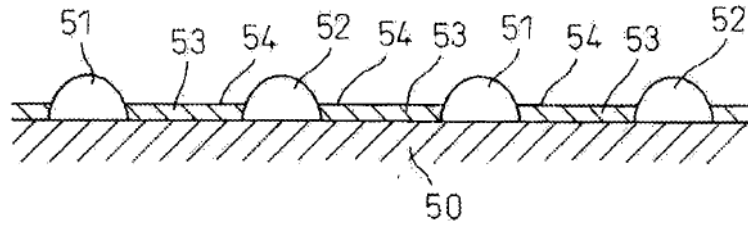


Fig.3A

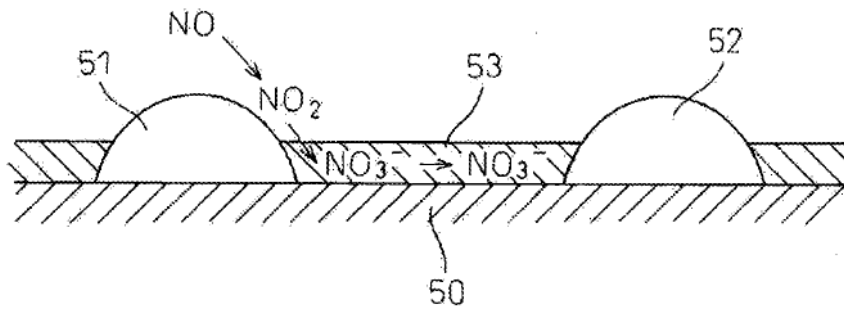


Fig.3B

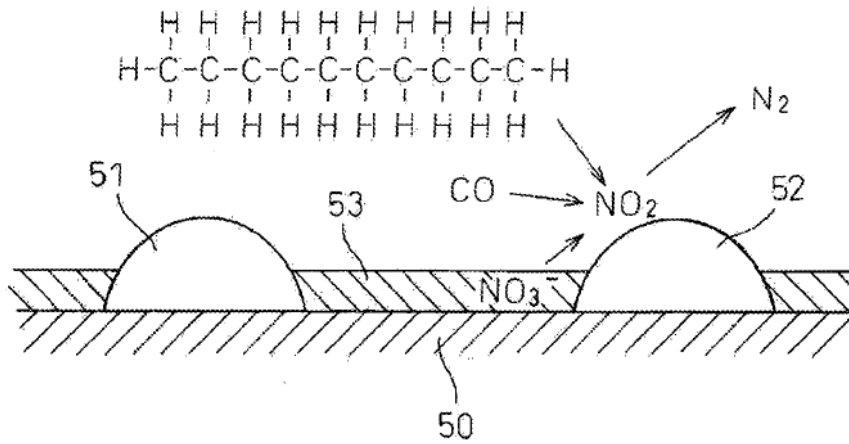


Fig.4

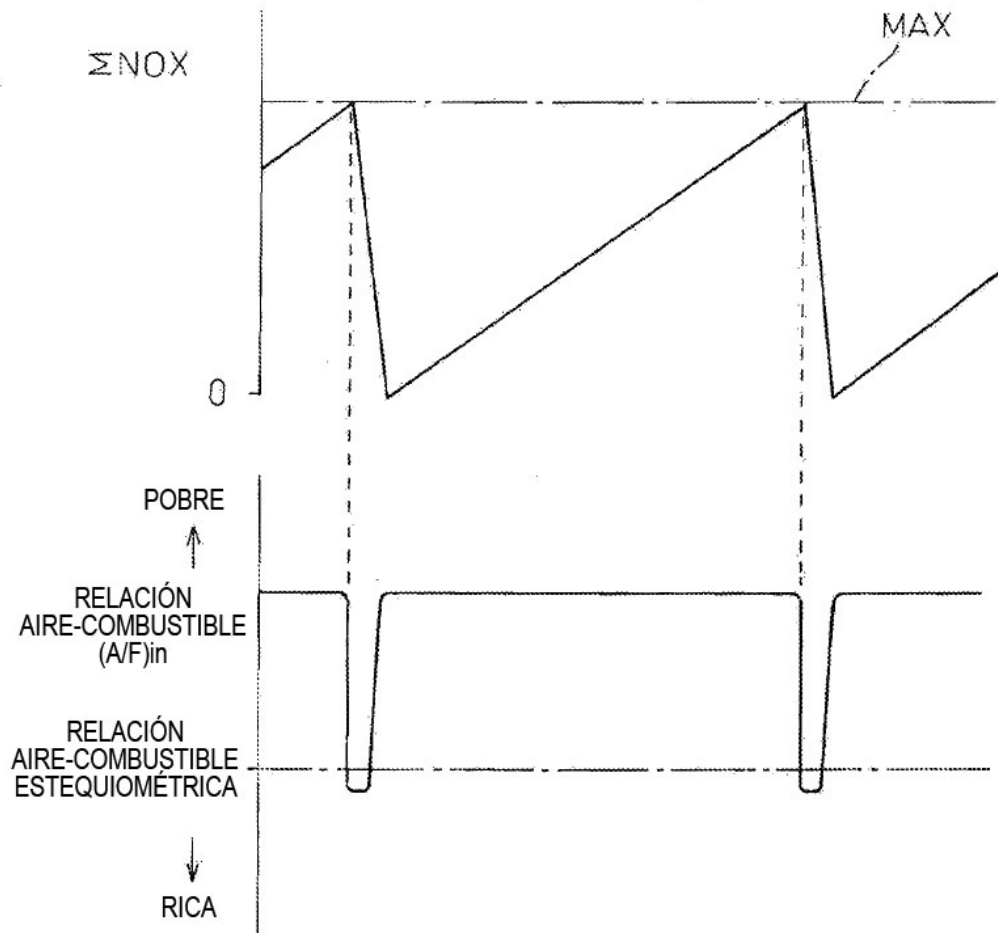


Fig.5

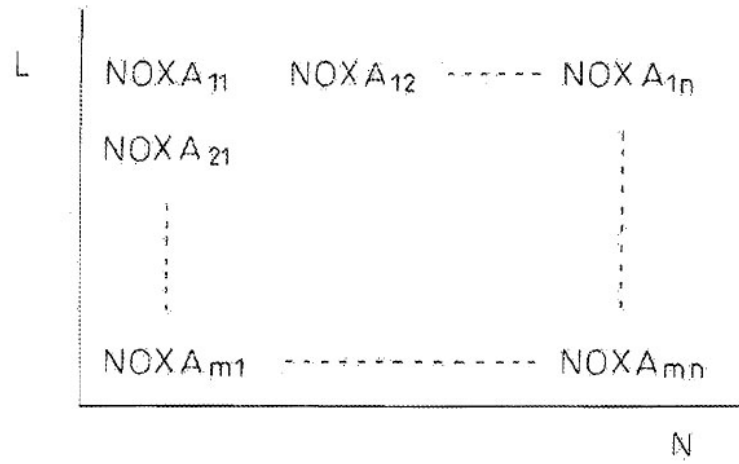


Fig.6

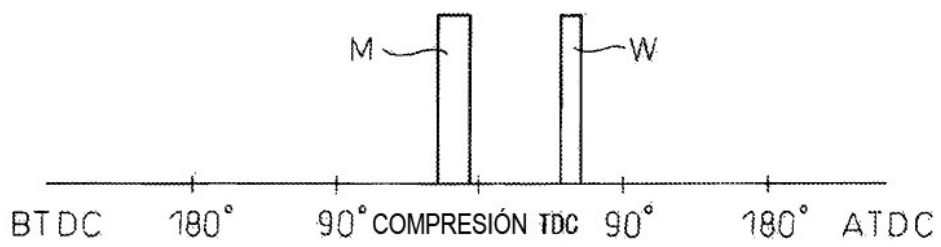


Fig.7

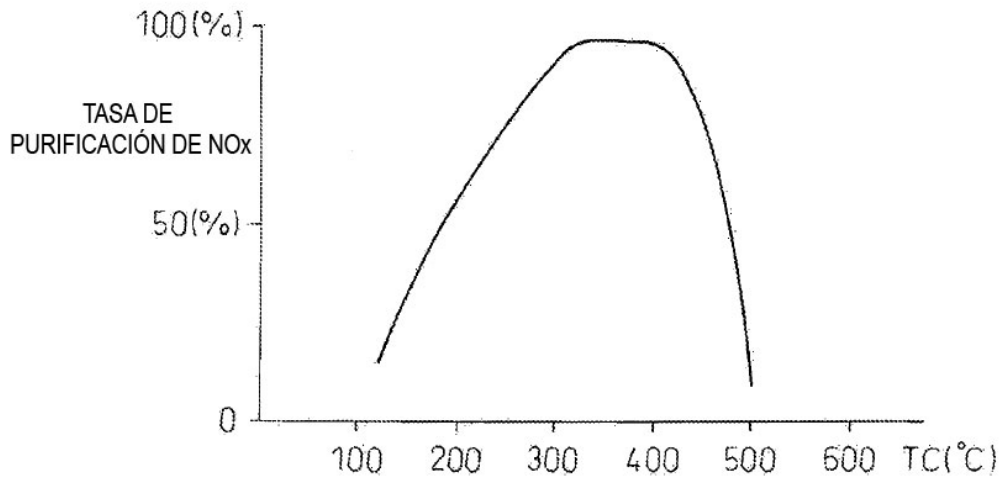


Fig.8

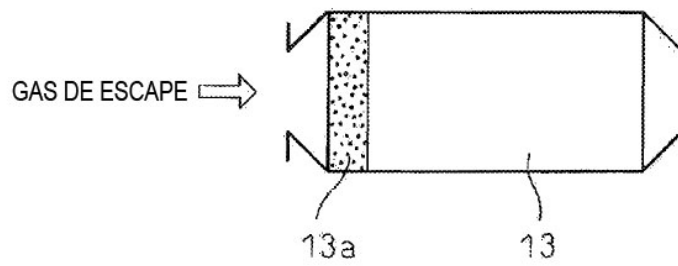


Fig.9

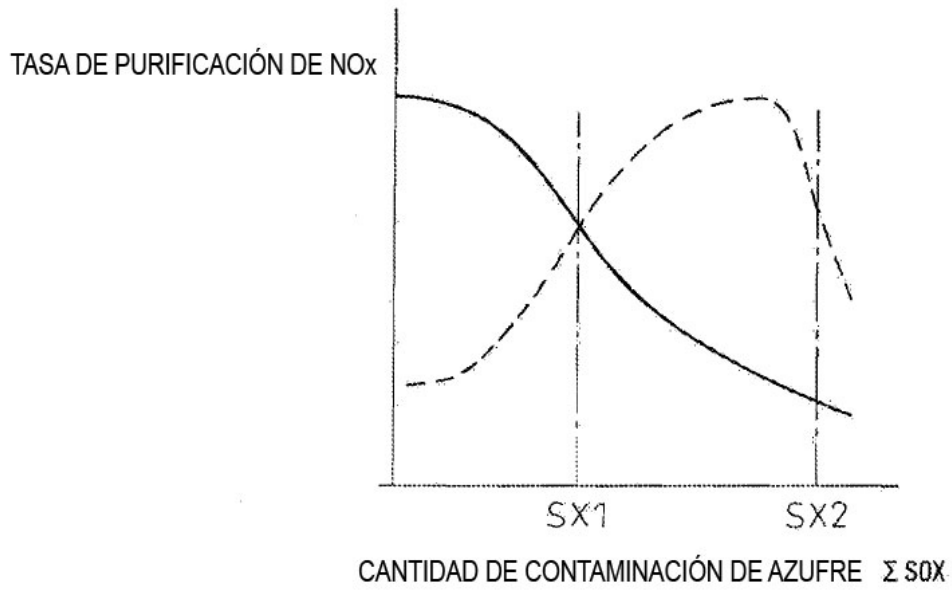


Fig.10

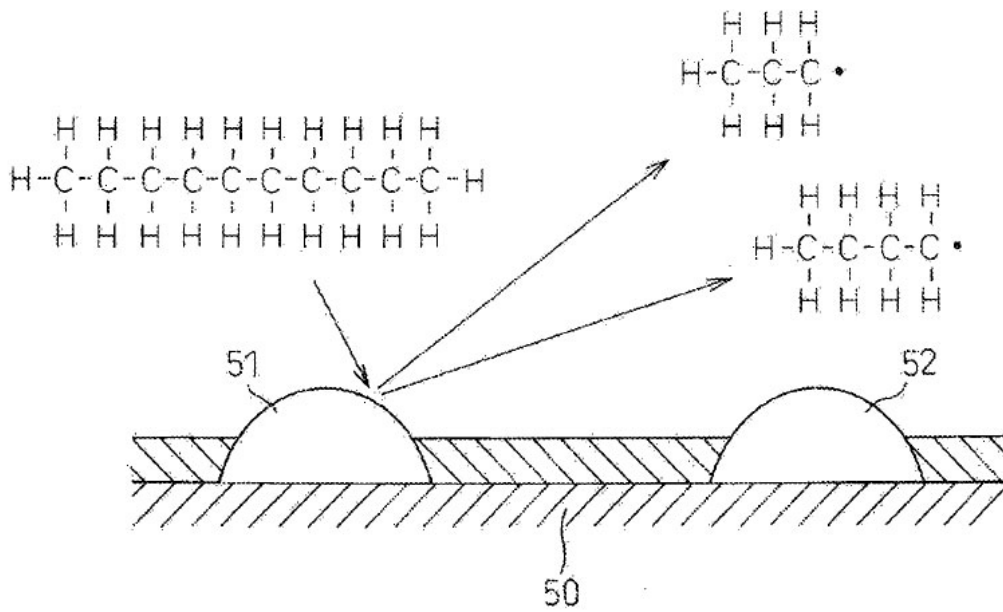


Fig.11

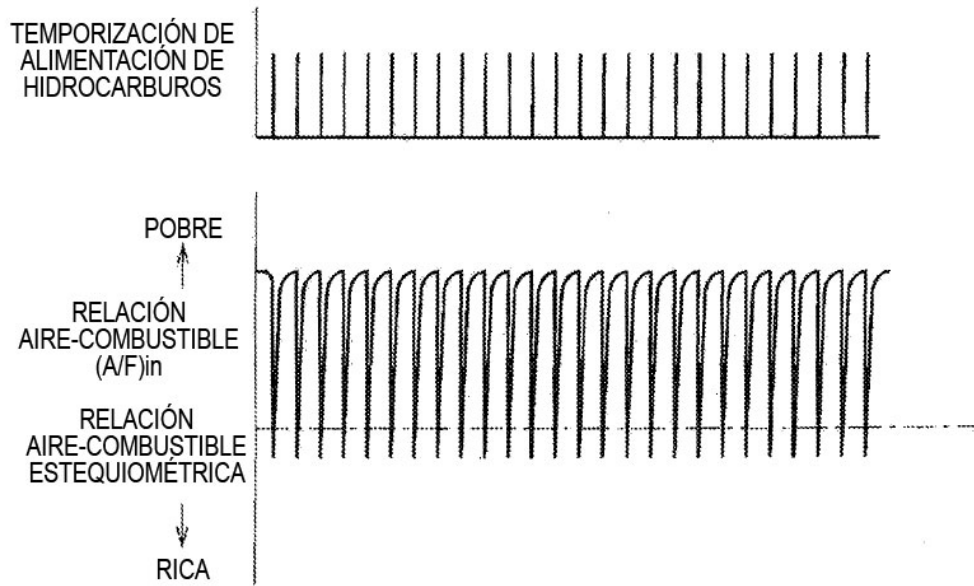


Fig.12

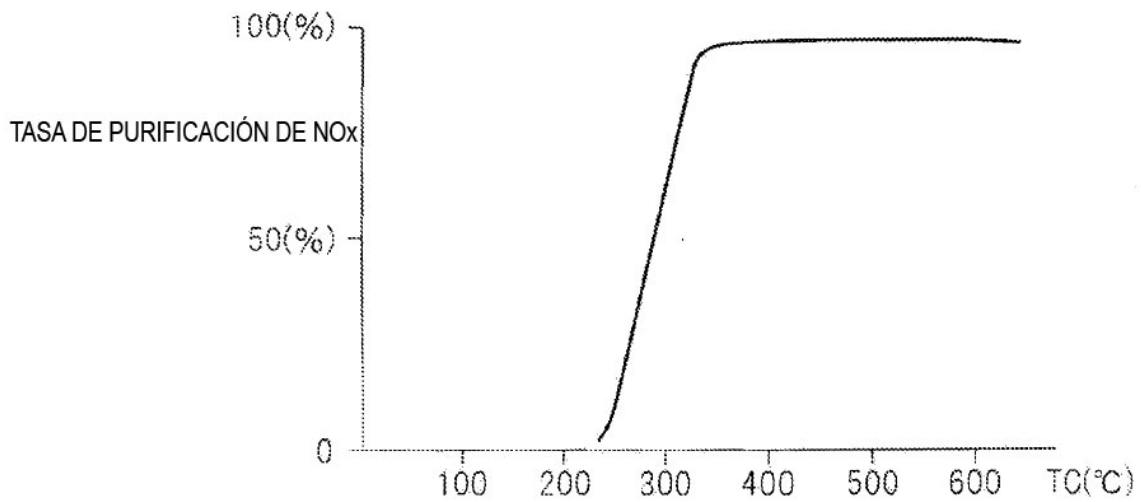


Fig.13A

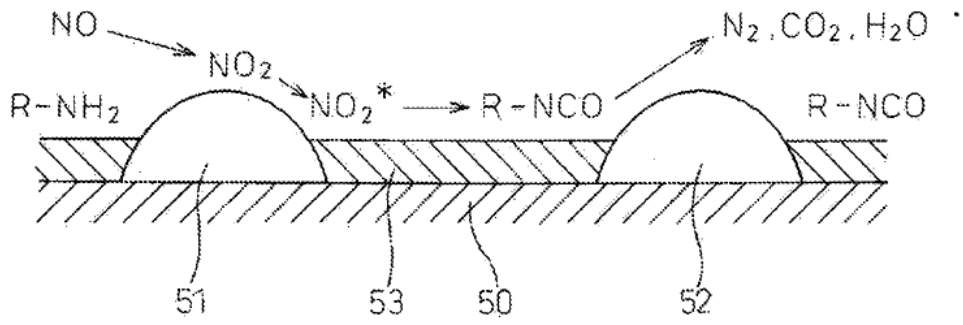


Fig.13B

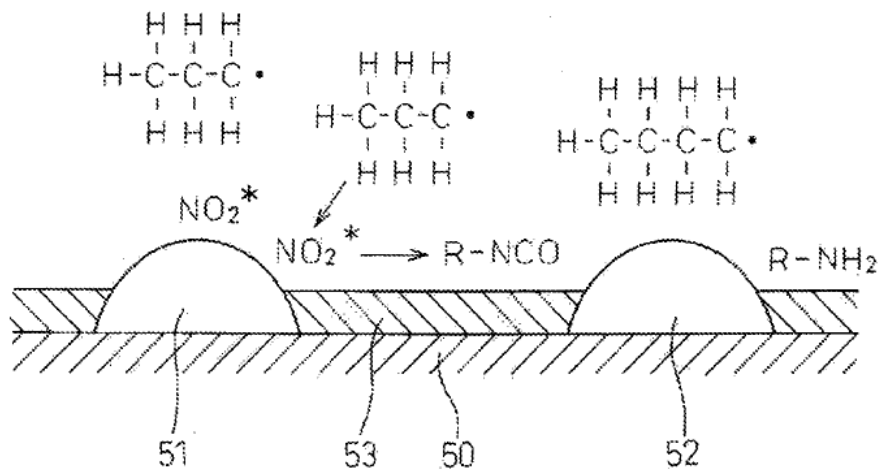




Fig.14

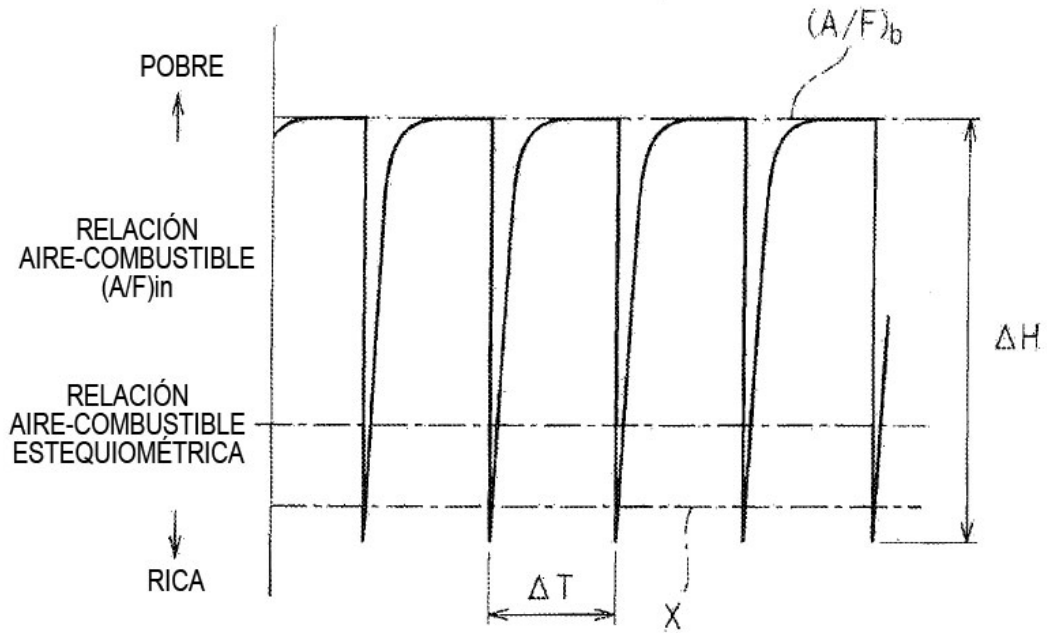


Fig.15

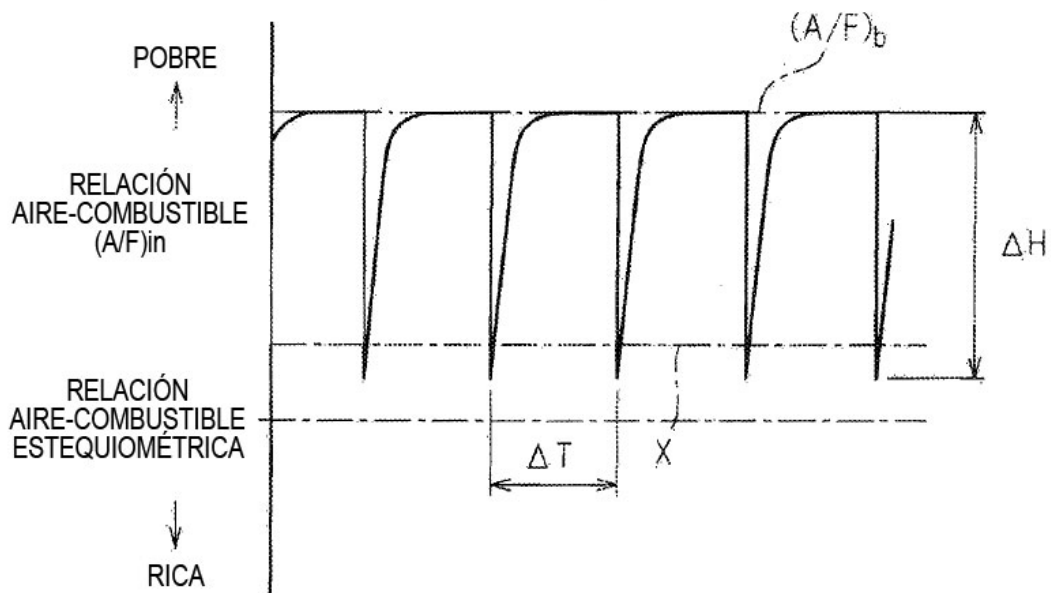


Fig.16

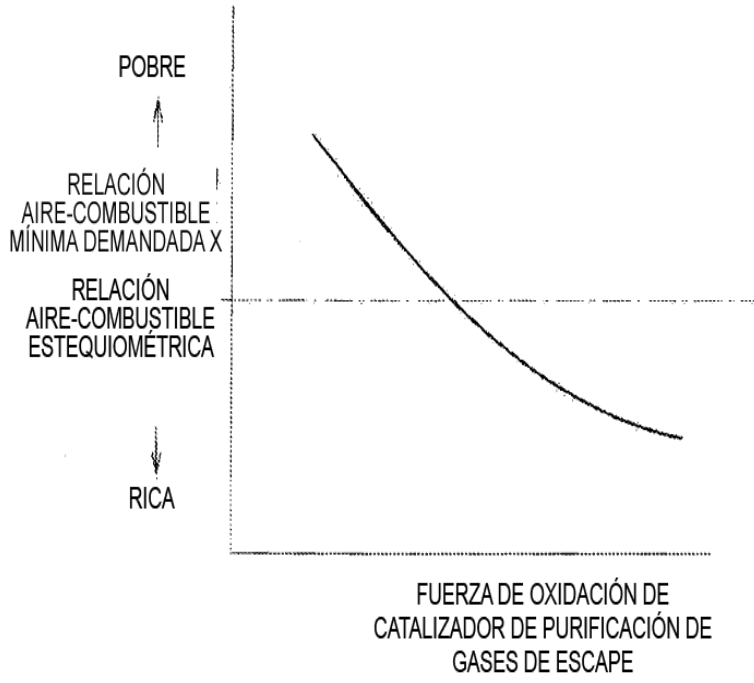


Fig.17

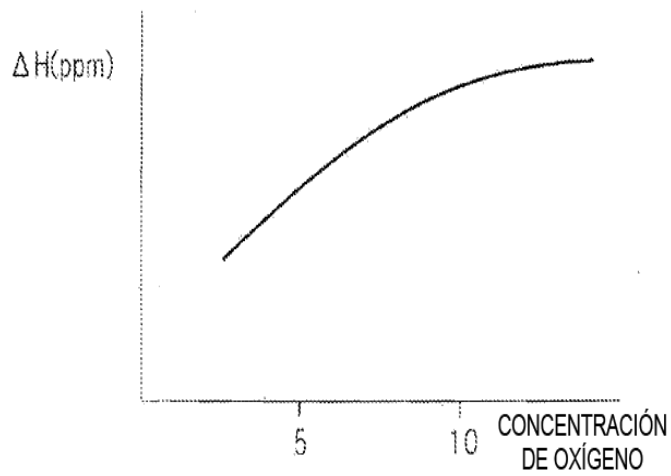


Fig.18

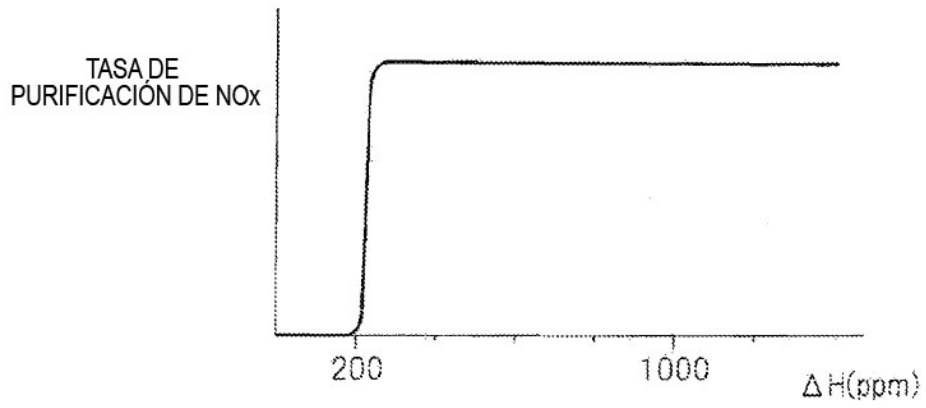


Fig.19

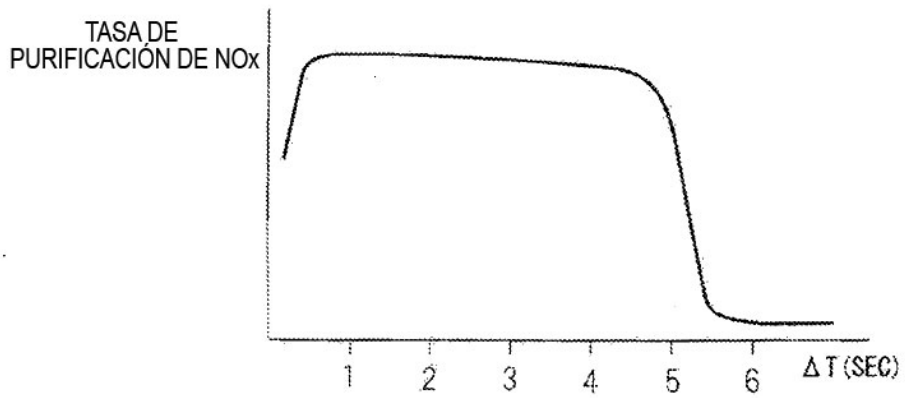


Fig.20

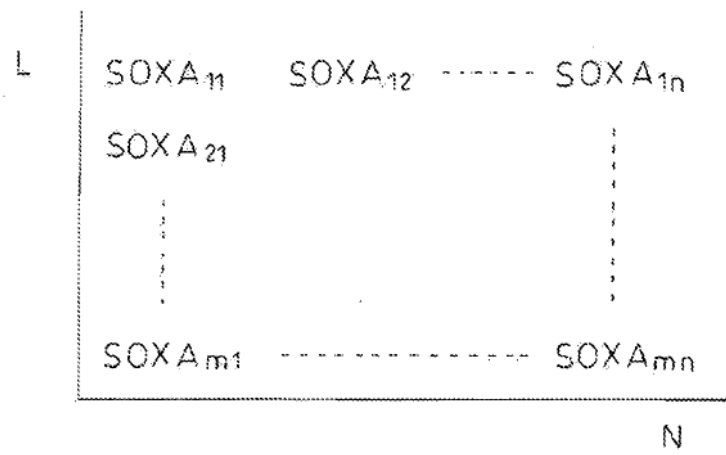


Fig.21

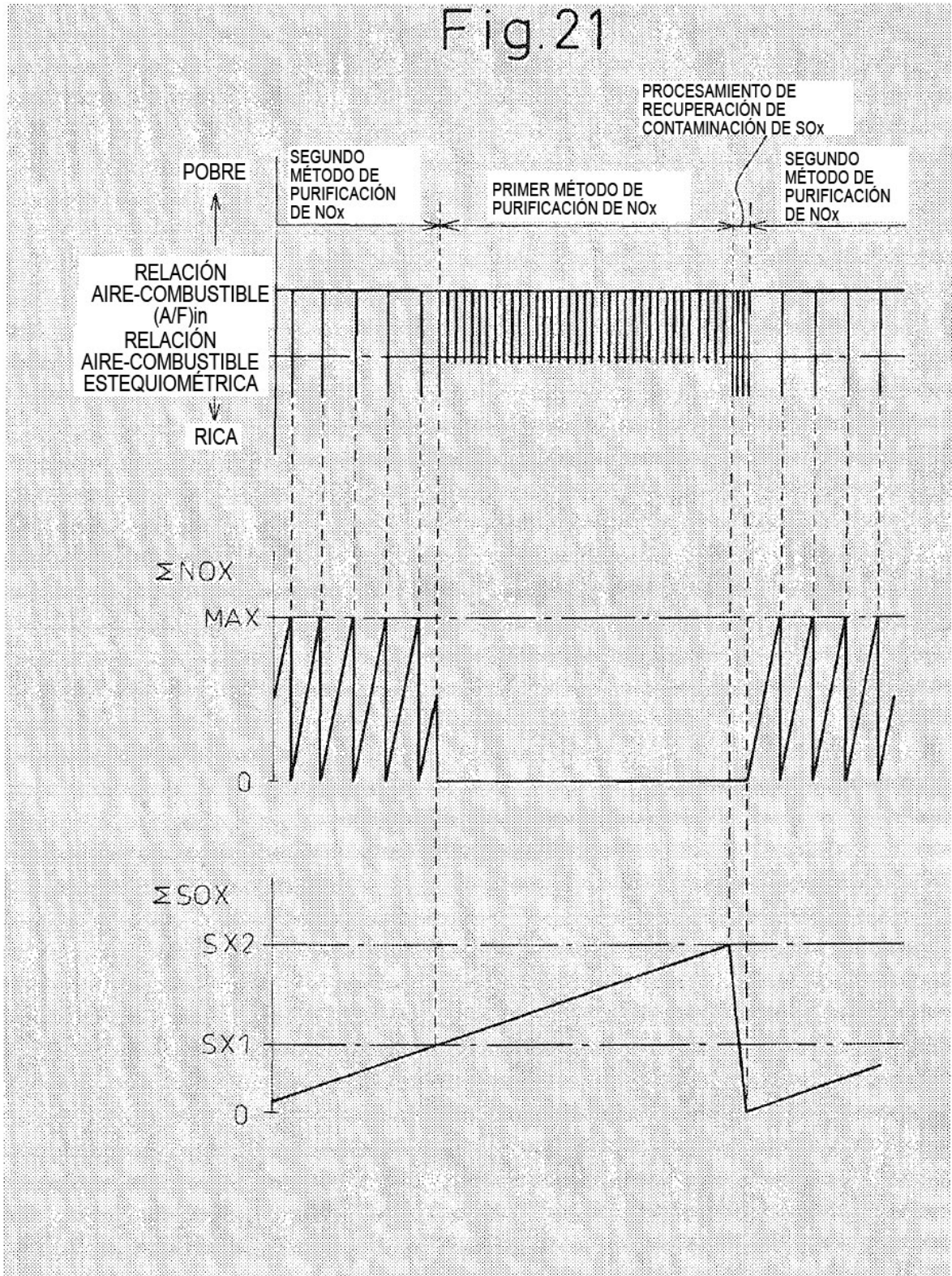


Fig.22

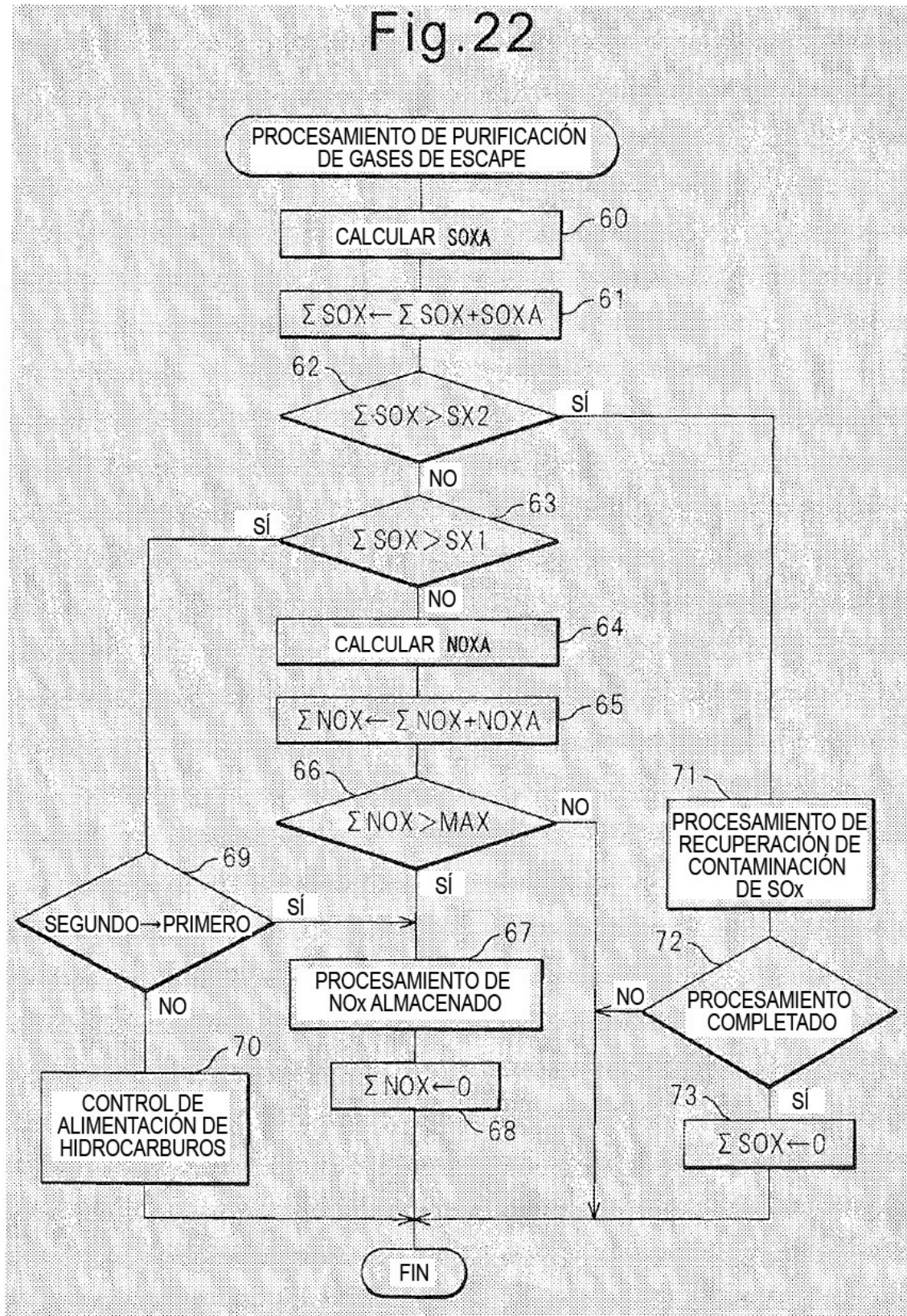


Fig.23A

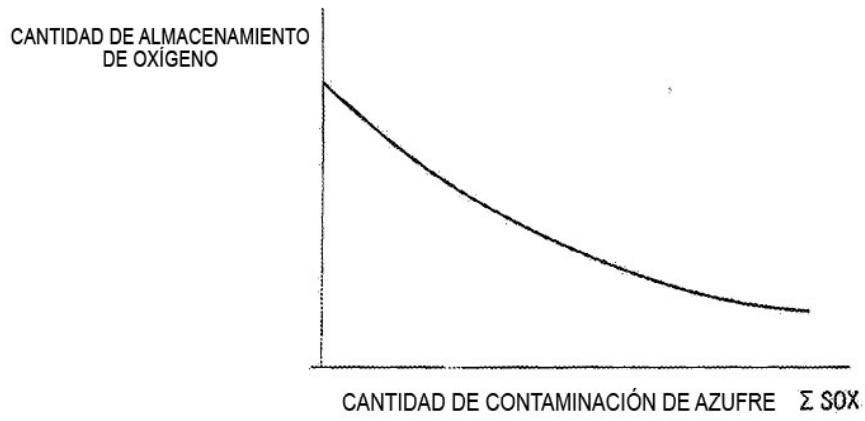


Fig.23B

