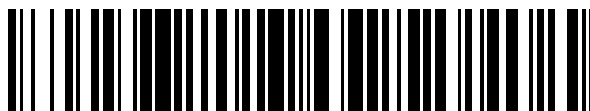


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 590 924**

51 Int. Cl.:

**F01N 3/20** (2006.01)

**B01D 53/94** (2006.01)

**F01N 3/035** (2006.01)

**F01N 13/00** (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.04.2010 PCT/JP2010/056345**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.10.2011 WO11125198**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.04.2010 E 10846814 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.08.2016 EP 2460987**

54 Título: **Método 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:  
**24.11.2016**

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 2 590 924 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).

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

La presente invención se refiere a un método 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 una relación aire-combustible de 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 bibliografía de patente 1).

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.

**Lista de citas**

Bibliografía de patente

30 Bibliografía de patente 1: JP 3969450 B2 y EP 1 710 407 A1

**Sumario de la invención****35 Problema técnico**

Sin embargo, existe el problema de que cuando el catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  pasa a estar a alta temperatura, la tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  disminuye.

40 Un objeto de la presente invención es proporcionar un método de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna que pueda obtener una alta tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  incluso si la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape pasa a ser una alta temperatura.

**Solución al problema**

45 Según la presente invención, se proporciona un método de purificación de gases de escape procedentes de un motor de combustión interna según la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se describen realizaciones adicionales preferidas de la invención.

**50 Efectos ventajosos de la invención**

Incluso si la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape pasa a ser una temperatura alta, puede obtenerse una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  alta.

**55 Breve descripción de los dibujos**

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

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

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

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

- La figura 5 es una vista que muestra una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ .
- Las figuras 6A y 6B son vistas para explicar una reacción de oxidación-reducción en un catalizador de purificación de gases de escape.
- 5 Las figuras 7A y 7B son vistas para explicar una reacción de oxidación-reducción en un catalizador de purificación de gases de escape.
- 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.
- 10 La figura 9 es una vista de una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ .
- La figura 10 es un diagrama de tiempo que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape.
- 15 La figura 11 es un diagrama de tiempo que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape.
- La figura 12 es una vista que muestra una relación entre una fuerza de oxidación de un catalizador de purificación de gases de escape y una relación aire-combustible mínima demandada X.
- 20 La figura 13 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  $\text{NO}_x$ .
- 25 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  $\text{NO}_x$ .
- la figura 15 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  $\text{NO}_x$ .
- 30 la figura 16 es un diagrama de tiempo que muestra cambios en una relación aire-combustible de gases de escape que fluyen al interior de un catalizador de purificación de gases de escape, etc.
- 35 la figura 17 es una vista que muestra un mapa de un tiempo de inyección WT de hidrocarburos.
- las figuras 18A y 18B son vistas que muestran relaciones entre una presión de inyección WP y tiempo de inyección WT de hidrocarburos.
- 40 las figuras 19A y 19B son vistas que muestran combustible pulverizado de hidrocarburos.
- la figura 20 es una vista que muestra una relación entre valores de coeficientes de corrección KP1 y KT1 y una temperatura de catalizador TC.
- 45 la figura 21 es una vista que muestra una relación entre valores de coeficientes de corrección KP2 y KT2 y contaminante de azufre  $\Sigma S$  etc.
- la figura 22 es una vista que muestra una relación entre valores de coeficientes de corrección KP3 y KT3 y una cantidad de aire de admisión GA.
- 50 la figura 23 es una vista que muestra una relación entre valores de coeficientes de corrección KP4 y KT4 y una cantidad de inyección W.
- la figura 24 es un diagrama de flujo para control de alimentación de hidrocarburos.
- 55

### Descripción de realizaciones

- La figura 1 es una vista general de un motor de combustión interna de tipo encendido por compresión.
- 60 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
- 65 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.

5 Por otro lado, el colector 5 de escape está conectado a una entrada de una turbina 7b de escape del turbocompresor 7 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. Esta válvula 15 de alimentación de hidrocarburos se alimenta con hidrocarburos que están almacenados en un almacenador 16 de hidrocarburos. El almacenador 16 de hidrocarburos se alimenta con combustible en el tanque 17 de combustible, es decir, con hidrocarburos, a través de una bomba 18 de alimentación. El almacenador 16 de hidrocarburos está dotado de un sensor 19 de presión para detectar la presión de los hidrocarburos en el almacenador 16 de hidrocarburos, es decir, la presión de inyección de los hidrocarburos procedentes de la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos. La presión de inyección de los hidrocarburos se hace que pase a ser una presión objetivo mediante el control de la bomba 18 de alimentación basándose en la señal de salida del sensor 19 de presión.

20 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 con una relación aire-combustible pobre. En este caso, desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, se alimentan hidrocarburos compuestos por gasolina u otro combustible usado como combustible de un motor de combustión interna de tipo 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 20 de recirculación de gases de escape (a continuación en el presente documento denominada "EGR"). Dentro del conducto 20 de EGR está dispuesta una válvula 21 de control de EGR controlada electrónicamente. Adicionalmente, alrededor del conducto 20 de EGR está dispuesto un dispositivo 22 de enfriamiento para enfriar el gas de EGR que fluye a través del interior del conducto 20 de EGR. En la realización mostrada en la figura 1, el agua de enfriamiento de motor se guía al interior del dispositivo 22 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 23 de alimentación de combustible a un conducto 24 común. Este conducto 24 común está conectado a través de una bomba 25 de combustible de descarga variable controlada electrónicamente a un tanque 17 de combustible. El combustible que está almacenado dentro del tanque 17 de combustible se alimenta mediante la bomba 25 de combustible al interior del conducto 24 común. El combustible que se alimenta al interior del conducto 24 común se alimenta a través de cada tubo 23 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. Aguas abajo del catalizador 13 de purificación de gases de escape, está acoplado un sensor 26 de temperatura para detectar la temperatura de gases de escape. En el filtro 14 de partículas hay acoplado un sensor 27 de presión diferencial para detectar una presión diferencial antes y después del filtro 14 de partículas. Señales de salida de estos sensor 26 de temperatura, sensor 27 de presión diferencial, sensor 19 de presión y detector 6 de cantidad de aire de admisión se introducen a través de convertidores 37 AD respectivamente correspondientes 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, bomba 18 de alimentación, válvula 21 de control de EGR y bomba 25 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, tal 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.

Por otro lado, en la figura 2, el catalizador 51 de metales preciosos está compuesto por platino Pt, mientras que el catalizador 52 de metales preciosos está compuesto por rodio Rh. Es decir, los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos que porta el soporte 50 de catalizador están compuestos 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, 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 por platino Pt y al menos uno de rodio Rh y paladio Pd.

Si se inyectan hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos al interior de los gases de escape, los hidrocarburos se reforman mediante el catalizador 13 de purificación de gases de escape. En la presente invención, en este momento, los hidrocarburos reformados se usan para eliminar el  $\text{NO}_x$  en el catalizador 13 de purificación de gases de escape. La figura 3 muestra esquemáticamente la acción de reformado realizada en el catalizador 13 de purificación de gases de escape en este momento. Tal como se muestra en la figura 3, los hidrocarburos HC que se inyectan desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos pasan a ser hidrocarburos HC con radicales con un pequeño número de carbonos por el catalizador 51.

La figura 4 muestra los tiempos 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 la 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 4 expresa el cambio en la 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 4, 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 5 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 4, 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  $\text{NO}_x$  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 5, se obtiene una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  extremadamente alta incluso en una región de alta temperatura de 400°C o superior.

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 6A y 6B. Obsérvese que estas figuras 6A y 6B muestran esquemáticamente la parte superficial del soporte 50 de catalizador del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Estas figuras 6A y 6B muestran la reacción que se presupone que se produce cuando la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace vibrar dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo.

La figura 6A muestra cuando la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape es baja, mientras que la figura 6B muestra cuando 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 más alta.

Ahora, tal como se entenderá a partir de la figura 4, la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape se mantiene pobre 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 6A, 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. Anteriormente, 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 3, 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 6B, 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 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 6B, el  $\text{NO}_2^*$  activo reacciona sobre el platino 51 con los hidrocarburos HC con radicales 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. Este compuesto de isocianato R-NCO, cuando se hidroliza, pasa a ser un compuesto de amina R- $\text{NH}_2$ . 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 6B, se cree que la mayoría del producto intermedio reductor que se retiene o se adsorbe sobre la superficie de la capa 53 básica es el compuesto de isocianato R-NCO y el compuesto de amina R- $\text{NH}_2$ .

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 por los hidrocarburos HC y la reacción no continuará. En este caso, si 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, 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  $\text{NO}_2^*$  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 por consiguiente se elimina el  $\text{NO}_x$ .

De este modo, en el catalizador 13 de purificación de gases de escape, al hacer 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 en el 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  $\text{NO}_x$  contenido en los gases de escape y los hidrocarburos reformados reaccione y produzca 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 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, una parte 54 de superficie de flujo de gases de escape básica está formada alrededor de los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos. Debido a la acción de reducción del producto intermedio reductor R-NCO o R- $\text{NH}_2$  que se retiene sobre la parte 54 de superficie de flujo de gases de escape básica, el  $\text{NO}_x$  se reduce. Se hace que el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos sea 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 4, se hace que el intervalo de inyección sea de 3 segundos.

Si el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos, es decir, el periodo de alimentación de los hidrocarburos HC, se hace más largo que el anterior intervalo predeterminado de periodo, el producto intermedio reductor R-NCO o R- $\text{NH}_2$  desaparece de la superficie de la capa 53 básica. En este momento, el  $\text{NO}_2^*$  activo que se

produce sobre el platino Pt 53, tal como se muestra en la figura 7A, difunde en la capa 53 básica en forma de iones nitrato  $\text{NO}_3^-$  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.

5 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 iones nitrato  $\text{NO}_3^-$  uno a uno 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 CO contenidos en los gases de escape.

15 La figura 8 muestra el caso de hacer temporalmente rica la relación aire-combustible (A/F)in de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape ligeramente antes de que la capacidad de absorción de  $\text{NO}_x$  de la capa 53 básica pase a ser saturada. Obsérvese que, en el ejemplo mostrado en la figura 8, el intervalo de tiempo de este control por riqueza 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)in de los gases de escape era pobre se libera todo de una vez de la capa 53 básica y se reduce cuando la relación aire-combustible (A/F)in de los gases de escape se hace temporalmente rica. Por tanto, en este caso, la capa 53 básica desempeña el papel de un absorbedor para absorber temporalmente  $\text{NO}_x$ .

20 Obsérvese que, en este momento, en ocasiones la capa 53 básica adsorbe temporalmente el  $\text{NO}_x$ . 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 el  $\text{NO}_x$ . Es decir, en este caso, si la relación del aire y el combustible (hidrocarburos) que se alimentan al interior del conducto de admisión del motor, las cámaras 2 de combustión y el conducto de escape aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape se denomina relación aire-combustible de los gases de escape, el catalizador 13 de purificación de gases de escape funciona como catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  que almacena el  $\text{NO}_x$  cuando la relación aire-combustible de los gases de escape es pobre y libera el  $\text{NO}_x$  almacenado cuando la concentración de oxígeno en los gases de escape disminuye.

25 La figura 9 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 el eje de abscisas de la figura 9 muestra la temperatura de catalizador TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Cuando se hace que el catalizador 13 de purificación de gases de escape funcione como catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$ , como se muestra en la figura 9, cuando la temperatura de catalizador TC es de 300°C a 400°C, se obtiene una tasa de purificación de  $\text{NO}_x$  extremadamente alta, 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.

35 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 alta tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ . Sin embargo, en el nuevo método de purificación de  $\text{NO}_x$  mostrado en 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  $\text{NO}_x$ .

40 Por tanto, en la presente invención, una válvula 15 de alimentación de hidrocarburos para alimentar hidrocarburos está dispuesta en el interior de un conducto de escape del motor, un catalizador 13 de purificación de gases de escape para hacer reaccionar el  $\text{NO}_x$  contenido en gases de escape e hidrocarburos reformados está dispuesto en el interior de un conducto de escape del motor aguas abajo de la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, y 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, está formada una parte 54 de superficie 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 gases de escape si la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos inyecta una cantidad predeterminada de hidrocarburos en un periodo de alimentación predeterminado y tiene la propiedad de aumentar en la cantidad de almacenamiento de  $\text{NO}_x$  que está contenido en gases de escape si el periodo de alimentación de los hidrocarburos se hace más largo que el intervalo de alimentación predeterminado. En el momento del funcionamiento del motor, la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos inyecta la cantidad predeterminada de hidrocarburos según el periodo de alimentación predeterminado. Debido a esto, el  $\text{NO}_x$  que está contenido en los gases de escape se reduce en el catalizador 13 de purificación de gases de escape.

65 Es decir, puede decirse que el método de purificación de  $\text{NO}_x$  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 casi ningún nitrato en 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 nuevo método de purificación de  $\text{NO}_x$ , la cantidad de nitratos que se detecta de la capa 53 básica pasa a ser mucho más pequeña en comparación con el caso en el que se hace funcionar el catalizador 13 de purificación de gases de escape como catalizador de almacenamiento de  $\text{NO}_x$ .

A continuación, haciendo referencia a de la figura 10 a la figura 15, se explicará un poco más en detalle el nuevo método de purificación de  $\text{NO}_x$  que se muestra en de la figura 4 a las figuras 6A y 6B.

La figura 10 muestra ampliado el cambio en la relación aire-combustible (A/F)in mostrada en la figura 4. Obsérvese que, tal 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 vibración de la concentración de los hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

Además, en la figura 10, (A/F)b muestra la relación aire-combustible 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)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 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 modificados reaccionen y produzcan el producto intermedio reductor, es necesario hacer que la relación aire-combustible (A/F)in sea inferior al límite superior X de esta relación aire-combustible.

En otras palabras, en la figura 10, 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)in. 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 10, 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)in se hace instantáneamente la relación aire-combustible mínima demandada X o menos, es decir, se hace rica. En contraposición a esto, en el ejemplo mostrado en la figura 11, la relación aire-combustible mínima demandada X pasa a ser pobre. En este caso, el producto intermedio reductor se produce manteniendo la relación aire-combustible (A/F)in pobre y reduciendo periódicamente la relación aire-combustible (A/F)in.

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 11, si se mantiene la relación aire-combustible (A/F)in pobre mientras se disminuye periódicamente la relación aire-combustible (A/F)in, los hidrocarburos acaban oxidándose por completo cuando se reduce la relación aire-combustible (A/F)in. 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 10, si se hace la relación aire-combustible (A/F)in periódicamente rica, cuando la relación aire-combustible (A/F)in se hace rica, los hidrocarburos se oxidarán parcialmente, sin oxidarse por completo, es decir, los hidrocarburos se modificarán, 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 11, si se mantiene la relación aire-combustible (A/F)in pobre mientras se disminuye periódicamente la relación aire-combustible (A/F)in, los hidrocarburos se oxidarán parcialmente sin oxidarse por completo, es decir, los hidrocarburos se reformarán y por consiguiente se producirá el producto intermedio reductor. 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 10, si se hace la relación aire-combustible (A/F)in



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 12, se reduce 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  $(A/F)_b$  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  $(A/F)_i$  en la relación aire-combustible mínima demandada  $X$  o menos aumenta y junto con esto también aumenta el exceso de cantidad de hidrocarburos que no contribuyen a la producción del producto intermedio reductor. En este caso, para eliminar bien el  $\text{NO}_x$ , tal como se explicó anteriormente, es necesario hacer que el exceso de hidrocarburos se oxide. Por tanto, para eliminar el  $\text{NO}_x$  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  $\text{NO}_x$  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 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  $\text{NO}_x$ . Para obtener la misma tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ , a partir de la figura 13, se aprende que 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  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos. Es decir, para obtener la misma tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ , cuanto mayor es la relación aire-combustible base  $(A/F)_b$ , mayor ha de hacerse la amplitud  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos. En otras palabras, para eliminar el  $\text{NO}_x$  bien, cuanto menor es la relación aire-combustible base  $(A/F)_b$ , más puede reducirse la amplitud  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos.

A este respecto, la relación aire-combustible base  $(A/F)_b$  pasa a ser la más baja en el momento de una operación de aceleración. En este momento, si la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos es de aproximadamente 200 ppm, es posible eliminar el  $\text{NO}_x$  bien. La relación aire-combustible base  $(A/F)_b$  es normalmente más grande 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  $\text{NO}_x$ .

Por otro lado, se aprende que cuando la relación aire-combustible base  $(A/F)_b$  es la más alta, si se hace la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos 10000 ppm aproximadamente, se obtiene una excelente tasa de purificación de  $\text{NO}_x$ . Además, si la amplitud  $\Delta H$  de la concentración de hidrocarburos está por encima de 10000 ppm, existe el peligro de que la relación aire-combustible  $(A/F)_i$  se haga rica. Por tanto, existe el peligro de que el nuevo método de purificación de  $\text{NO}_x$  que se muestra desde la figura 4 hasta las figuras 6A y 6B ya no pueda realizarse. Por tanto, en la presente invención, 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 15, 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  $\text{NO}_x$  cae. 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 15, si el periodo de vibración  $\Delta T$  de la 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 de vibración de la

concentración de hidrocarburos se hace de desde 0,3 segundos hasta 5 segundos.

Ahora, en la presente invención, al cambiar la cantidad de inyección y los tiempos de la inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, la amplitud  $\Delta H$  y el periodo de vibración  $\Delta T$  de la concentración de hidrocarburos se controlan a los valores óptimos según el estado de funcionamiento del motor, es decir, de modo que el nuevo método de purificación de  $\text{NO}_x$  realiza una buena acción de purificación. En este caso, en esta realización de la presente invención, la cantidad de inyección de hidrocarburos se determina controlando la presión de inyección y tiempo de inyección de los hidrocarburos de la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos.

La figura 16 muestra el cambio de concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador 13 de purificación de gases de escape, es decir, el cambio en la relación aire-combustible (A/F) in de los gases de escape que fluyen al catalizador 13 de purificación de gases de escape, y la cantidad de inyección W de hidrocarburos en un determinado estado de funcionamiento del motor representativo. El tiempo de inyección WT de hidrocarburos que permite garantizar una buena acción de purificación de  $\text{NO}_x$  por parte del nuevo método de purificación de  $\text{NO}_x$  cambia según el estado de funcionamiento del motor. En esta realización según la presente invención, el tiempo de inyección de referencia WT0 de los hidrocarburos cuando la presión de inyección WP de hidrocarburos es la presión de inyección de referencia WP0 se almacena en función del par motor demandado TQ del motor y la velocidad del motor N en forma de un mapa tal como se muestra en la figura 17 por adelantado en la ROM 32.

La figura 18A y la figura 18B muestran relaciones entre la presión de inyección WP y el tiempo de inyección WT cuando la cantidad de inyección de hidrocarburos es la misma. Como se entenderá a partir de la figura 18A y la figura 18B, si la presión de inyección WP pasa a ser baja, el tiempo de inyección WT pasa a ser largo, mientras que si la presión de inyección WP pasa a ser alta, el tiempo de inyección WT pasa a ser corto. Por otro lado, la figura 19A muestra el combustible pulverizado Fa de hidrocarburos formados por una única inyección cuando la presión de inyección WP es baja tal como se muestra en la figura 18A, mientras que la figura 19B muestra el combustible pulverizado Fb de hidrocarburos formados por una única inyección cuando la presión de inyección WP es alta tal como se muestra en la figura 18B. Obsérvese que, la figura 19A y la figura 19B muestran casos en los que el caudal de los gases de escape es el mismo. A partir de las figuras 19A y 19B, se entenderá que si la presión de inyección WP pasa a ser alta, el volumen ocupado por el combustible pulverizado pasa a ser pequeño y la concentración de hidrocarburos en el combustible pulverizado pasa a ser alta.

Ahora, cuando la fuerza de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape es fuerte, si se forma combustible pulverizado Fa con una concentración de hidrocarburos baja tal como se muestra en la figura 19A, los hidrocarburos terminarán oxidándose por completo. Como resultado, el producto intermedio reductor ya no podrá producirse. En contraposición a esto, cuando la fuerza de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape es fuerte, si se forma combustible pulverizado Fb con una concentración de hidrocarburos alta tal como se muestra en la figura 19B, los hidrocarburos se oxidarán parcialmente sin oxidarse por completo, es decir, los hidrocarburos se reformarán y por consiguiente se producirá el producto intermedio reductor. Por tanto, cuando la fuerza de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape es fuerte, es preferible formar combustible pulverizado Fb con una concentración de hidrocarburos alta, es decir, elevar la presión de inyección WP.

Por otro lado, cuando la fuerza de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape es débil, si se forma combustible pulverizado Fa con una concentración de hidrocarburos baja tal como se muestra en la figura 19A, los hidrocarburos se oxidarán parcialmente sin oxidarse por completo, es decir, los hidrocarburos se reformarán para formar el producto intermedio reductor. En contraposición a esto, cuando la fuerza de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape es débil, si se forma combustible pulverizado Fb con una concentración de hidrocarburos alta tal como se muestra en la figura 19B, simplemente se expulsará una gran cantidad de hidrocarburos desde el catalizador 13 de purificación de gases de escape sin oxidarse y por tanto la cantidad de hidrocarburos que se desperdicia aumentará. Por tanto, cuando la fuerza de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape es débil, es preferible formar combustible pulverizado Fa con una concentración de hidrocarburos baja, es decir, disminuir la presión de inyección WP.

Por tanto, en la presente invención, cuando se está haciendo funcionar el nuevo método de purificación de  $\text{NO}_x$ , es decir, cuando, en el momento del funcionamiento del motor, la cantidad de hidrocarburos predeterminada se inyecta desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos según el periodo de alimentación predeterminado, la presión de inyección WP de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos se aumenta según el aumento en la fuerza de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

A este respecto, en este caso, la fuerza de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape aumenta cuanto mayor es la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Por tanto, en esta realización según la presente invención, la presión de inyección de los hidrocarburos se aumenta según un aumento de la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Concretamente, en esta realización según la presente invención, la relación entre el coeficiente de corrección KP1 para la presión de inyección de referencia WP0 de hidrocarburos y la temperatura de catalizador TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape mostrada en la figura 20 y la relación entre el coeficiente de corrección KT1 para el tiempo de inyección de referencia WT0 y la temperatura de catalizador TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape mostrada en la figura 17 se

almacenan por adelantado. Los coeficientes de corrección KP1 y KT1 que se encuentran a partir de estas relaciones se usan para calcular la presión de inyección real WP y el tiempo de inyección real WT.

Es decir, en esta realización según la presente invención, a partir de la figura 20, se entenderá que cuando la temperatura de catalizador TC es menor que una temperatura de referencia predeterminada  $TC_0$ , la presión de inyección real WP se hace la presión de inyección de referencia WP0 y el tiempo de inyección real WT se hace el tiempo de inyección de referencia WT0 mostrado en la figura 17, mientras que cuando la temperatura de catalizador TC supera la temperatura de referencia predeterminada  $TC_0$ , la presión de inyección real WP se hace aumentar con respecto a la presión de inyección de referencia WP0 y el tiempo de inyección real WT se hace más corto que el tiempo de inyección de referencia WT0.

Además, la fuerza de oxidación del catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace más fuerte si el contaminante de azufre del catalizador 13 de purificación de gases de escape aumenta. Es decir, los gases de escape incluyen  $SO_x$ . Si este  $SO_x$  fluye al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape, a veces se almacenará en la capa 53 básica en forma de sulfatos. Esta acción de almacenamiento de  $SO_x$  ocurre en primer lugar en el extremo de lado aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape, por tanto, junto con el paso del tiempo, la cantidad de sulfatos que se almacenan en la capa 53 básica aumenta gradualmente en el extremo de lado aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

Si la cantidad almacenada de sulfatos aumenta, la basicidad de la capa 53 básica se debilitará y, como resultado, la capacidad de oxidación del metal 51 precioso en el extremo de lado aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape aumentará. Cuando la capacidad de oxidación del metal 51 precioso en el extremo de lado aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape aumenta de este modo, para provocar la producción del producto intermedio reductor, es preferible formar combustible pulverizado Fb con una concentración de hidrocarburos alta tal como se muestra en la figura 19B, es decir, elevar la presión de inyección WP.

Por tanto, en esta realización según la presente invención, la presión de inyección WP de hidrocarburos se aumenta según un aumento de contaminante de azufre en el extremo de lado aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Concretamente, en esta realización según la presente invención, la relación entre el coeficiente de corrección KP2 para la presión de inyección de referencia WP0 de hidrocarburos y el contaminante de azufre  $\Sigma S$  del catalizador 13 de purificación de gases de escape tal como se muestra en la figura 21 y la relación entre el coeficiente de corrección KT2 para el tiempo de inyección de referencia WT0 y el contaminante de azufre  $\Sigma S$  del catalizador 13 de purificación de gases de escape mostrada en la figura 17 se almacenan por adelantado. Los coeficientes de corrección KP2 y KT2 que se encuentran a partir de estas relaciones se usan para calcular la presión de inyección real WP y el tiempo de inyección real WT respectivamente.

Es decir, en esta realización, a partir de la figura 21, se entenderá que cuando el contaminante de azufre  $\Sigma S$  es menor que un contaminante de referencia predeterminado  $S_0$ , la presión de inyección real WP se hace la presión de inyección de referencia WP0 y el tiempo de inyección real WT se hace el tiempo de inyección de referencia WT0 mostrado en la figura 17, mientras que cuando el contaminante de azufre  $\Sigma S$  supera el contaminante de referencia predeterminado  $S_0$ , la presión de inyección real WP se hace aumentar con respecto a la presión de inyección de referencia WP0 y el tiempo de inyección real WT se hace más corto que el tiempo de inyección de referencia WT0.

Por otro lado, si el caudal de los gases de escape pasa a ser más rápido, es decir, si la cantidad de aire de admisión aumenta, la concentración de hidrocarburos en el combustible pulverizado de los hidrocarburos pasará a ser más diluida. En este momento, es preferible aumentar la concentración de hidrocarburos en el combustible pulverizado de los hidrocarburos para producir el producto intermedio reductor bien, es decir, elevar la presión de inyección WP. Por tanto, en esta realización según la presente invención, la presión de inyección WP de hidrocarburos se aumenta según un aumento en la cantidad de aire de admisión, es decir, según un aumento en el caudal de los gases de escape que fluyen a través del interior del conducto de escape del motor.

Concretamente, en esta realización según la presente invención, la relación entre el coeficiente de corrección KP3 para la presión de inyección de referencia WP0 de los hidrocarburos y la cantidad de aire de admisión GA tal como se muestra en la figura 22 y la relación entre el coeficiente de corrección KT3 para el tiempo de inyección de referencia WT0 y la cantidad de aire de admisión GA mostrada en la figura 17 se almacenan por adelantado. Los coeficientes de corrección KP3 y KT3 que se encuentran a partir de estas relaciones se usan para calcular la presión de inyección real WP y el tiempo de inyección real WT respectivamente.

Obsérvese que, el tiempo de inyección de referencia WT0 mostrado en la figura 17 muestra un valor cuando la cantidad de aire de admisión GA es la cantidad de aire de admisión de referencia  $GA_0$  mostrada en la figura 22, por tanto, cuando la cantidad de aire de admisión GA es la cantidad de aire de admisión de referencia  $GA_0$  los valores de los coeficientes de corrección KP3 y KT3 pasan a ser 1,0. Además, el valor del coeficiente de corrección KP3 pasa a ser mayor a medida que la cantidad de aire de admisión GA aumenta, mientras que el valor del coeficiente de corrección KT3 pasa a ser más pequeño a medida que la cantidad de aire de admisión GA aumenta.

Además, por ejemplo, en el momento de la regeneración del filtro 14 de partículas, el filtro 14 de partículas ha de

elevarse de temperatura. En este momento, la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos se aumenta. A este respecto, cuando la cantidad de inyección de hidrocarburos se aumenta de este modo, si se mantiene la presión de inyección WP de hidrocarburos a la presión de inyección de referencia WP0, la concentración de hidrógeno en el combustible pulverizado de hidrocarburos pasa a ser extremadamente alta. Como resultado, pasa a ser difícil provocar que todos los hidrocarburos que se inyectan se oxiden parcialmente. Por tanto, la situación se provoca donde parte de los hidrocarburos pasan directamente a través del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

Por tanto, en esta realización según la presente invención, la presión de inyección WP de hidrocarburos se aumenta según un aumento en la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos. Concretamente, en esta realización según la presente invención, la relación entre el coeficiente de corrección KP4 para la presión de inyección de referencia WP0 de los hidrocarburos y la cantidad de inyección de hidrocarburos W tal como se muestra en la figura 23 y la relación entre el coeficiente de corrección KT4 para el tiempo de inyección de referencia WT0 y la cantidad de inyección de hidrocarburos W mostrada en la figura 17 se almacenan por adelantado. Los coeficientes de corrección KP4 y KT4 que se encuentran a partir de estas relaciones se usan para calcular la presión de inyección real WP y el tiempo de inyección real WT respectivamente.

Es decir, en esta realización según la presente invención, a partir de la figura 23, se entenderá que cuando la cantidad de inyección W es menor que una cantidad de inyección de referencia predeterminada  $W_0$ , la presión de inyección real WP se hace la presión de inyección de referencia WP0 y el tiempo de inyección real WT se hace el tiempo de inyección de referencia WT0 mostrado en la figura 17, mientras que cuando la cantidad de inyección W supera la cantidad de inyección de referencia predeterminada  $W_0$ , la presión de inyección real WP se hace disminuir con respecto a la presión de inyección de referencia WP0 y el tiempo de inyección real WT se hace mayor que el tiempo de inyección de referencia WT0.

La figura 24 muestra una rutina de control de la cantidad de alimentación de hidrocarburos. Esta rutina se ejecuta por interrupción cada tiempo predeterminado.

Haciendo referencia a la figura 24, en primer lugar, en la etapa 60, el tiempo de inyección de referencia WT0 según el estado de funcionamiento del motor se calcula a partir del mapa mostrado en la figura 17. A continuación, en la etapa 61, se lee la presión de inyección de referencia WP0. A continuación, en la etapa 62, la temperatura de catalizador TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape que se detecta mediante el sensor 26 de temperatura se usa para calcular los valores de los coeficientes de corrección KP1 y KT1 a partir de la relación mostrada en la figura 20. A continuación, en la etapa 63, se calcula el contaminante de azufre  $\Sigma S$ .

Es decir, la cantidad de  $SO_x$  que está contenida en los gases de escape se determina en consecuencia cuando se determina el estado de funcionamiento del motor. La cantidad de  $SO_x$  SOXA que se expulsa desde el motor por unidad de tiempo se almacena en función del estado de funcionamiento del motor por adelantado en la ROM 32. La cantidad de  $SO_x$  que se almacena en el catalizador 13 de purificación de gases de escape se considera proporcional a la cantidad de  $SO_x$  SOXA que se expulsa desde el motor. Por tanto, en la etapa 63,  $\Sigma S$  se suma al producto de la cantidad de  $SO_x$  SOXA y una constante proporcional C para calcular el contaminante de azufre  $\Sigma S$ . En la etapa 64, este contaminante de azufre  $\Sigma S$  calculado se usa para calcular los valores de los coeficientes de corrección KP2 y KT2 a partir de la relación mostrada en la figura 21.

A continuación, en la etapa 65, la cantidad de aire de admisión GA que se detecta mediante el detector 8 de cantidad de aire de admisión se usa para calcular los valores de los coeficientes de corrección KP3 y KT3 a partir de la relación mostrada en la figura 22. A continuación, en la etapa 65, la cantidad de inyección W se usa como base para calcular los valores de los coeficientes de corrección KP4 y KT4 a partir de la relación mostrada en la figura 23. A continuación, en la etapa 67, la presión de inyección de referencia WP0 se multiplica por los valores de todos los coeficientes de corrección KP1, KP2, KP3, y KP4 correspondientes para calcular la presión de inyección final WP, entonces la presión de inyección real se hace esta presión de inyección final WP. A continuación, en la etapa 68, el tiempo de inyección de referencia WT0 se multiplica por los valores de todos los coeficientes de corrección KT1, KT2, KT3, y KT4 correspondientes para calcular el tiempo de inyección final WT, entonces el tiempo de inyección real se hace este tiempo de inyección final WT.

Obsérvese que, como 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

5... colector de escape

7... turbocompresor de escape

- 12... tubería de escape
- 13... catalizador de purificación de gases de escape
- 5 14... filtro de partículas
- 15... válvula de alimentación de hidrocarburos

## REIVINDICACIONES

1. Método de purificación de gases de escape expulsados de un motor de combustión interna en el que una válvula (15) de alimentación de hidrocarburos para alimentar hidrocarburos está dispuesta en el interior de un conducto de escape del motor, un catalizador (13) de purificación de gases de escape para hacer reaccionar el NO<sub>x</sub> contenido en gases de escape e hidrocarburos reformados está dispuesto en el interior del conducto de escape del motor aguas abajo de la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos, una superficie de flujo de gases de escape del catalizador (13) de purificación de gases de escape porta un catalizador (51, 52) de metales preciosos y una parte (54) de superficie de flujo de gases de escape básica está formada alrededor del catalizador (51, 52) de metales preciosos, el catalizador (13) de purificación de gases de escape tiene la propiedad de reducir el NO<sub>x</sub> que está contenido en gases de escape si se inyecta una cantidad de hidrocarburos predeterminada mediante un periodo de alimentación predeterminado desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos y tiene la propiedad de aumentar en la cantidad de almacenamiento de NO<sub>x</sub> que está contenido en gases de escape si se prolonga el periodo de alimentación de los hidrocarburos con respecto al periodo de alimentación predeterminado, en el momento del funcionamiento del motor, la cantidad de hidrocarburos predeterminada se inyecta desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos según el periodo de alimentación predeterminado, y, en este momento, se aumenta una presión de inyección de los hidrocarburos procedentes de la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos según un aumento en la fuerza de oxidación del catalizador (13) de purificación de gases de escape, en el que dicho catalizador (51, 52) de metales preciosos hace que el NO<sub>x</sub> contenido en gases de escape y los hidrocarburos reformados reaccionen para producir un producto intermedio reductor que contiene nitrógeno e hidrocarburos, el producto intermedio reductor producido se retiene en la parte (54) de superficie de flujo de gases de escape básica, una acción de reducción del producto intermedio reductor que se retiene en la parte (54) de superficie de flujo de gases de escape básica reduce el NO<sub>x</sub>, y el periodo de alimentación predeterminado de dichos hidrocarburos es el periodo de alimentación requerido para continuar produciendo el producto intermedio reductor.
2. Método de purificación de gases de escape expulsados de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que la presión de inyección de dichos hidrocarburos se aumenta según un aumento de temperatura del catalizador (13) de purificación de gases de escape.
3. Método de purificación de gases de escape expulsados de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que la presión de inyección de dichos hidrocarburos se aumenta según un aumento en contaminante de azufre en un extremo de lado aguas arriba del catalizador (13) de purificación de gases de escape.
4. Método de purificación de gases de escape expulsados de un motor de combustión interna según la reivindicación 2 ó 3, en el que la presión de inyección de dichos hidrocarburos se aumenta según un aumento en un caudal de gases de escape que fluye a través del interior del conducto de escape del motor.
5. Método de purificación de gases de escape expulsados de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que la presión de inyección de dichos hidrocarburos se aumenta según un aumento en la cantidad de inyección de hidrocarburos desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos.
6. Método de purificación de gases de escape expulsados de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que dicho catalizador (51, 52) de metales preciosos está compuesto por platino Pt y al menos uno de rodio Rh y paladio Pd.
7. Método de purificación de gases de escape expulsados de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que, en la superficie de flujo de gases de escape de dicho catalizador (13) de purificación de gases de escape, está formada una capa (53) básica que incluye un metal alcalino, metal alcalinotérreo, tierra rara, o metal que puede donar electrones al NO<sub>x</sub>, y la superficie de dicha capa (53) básica forma dicha parte (54) de superficie de flujo de gases de escape básica.

55

Fig.1

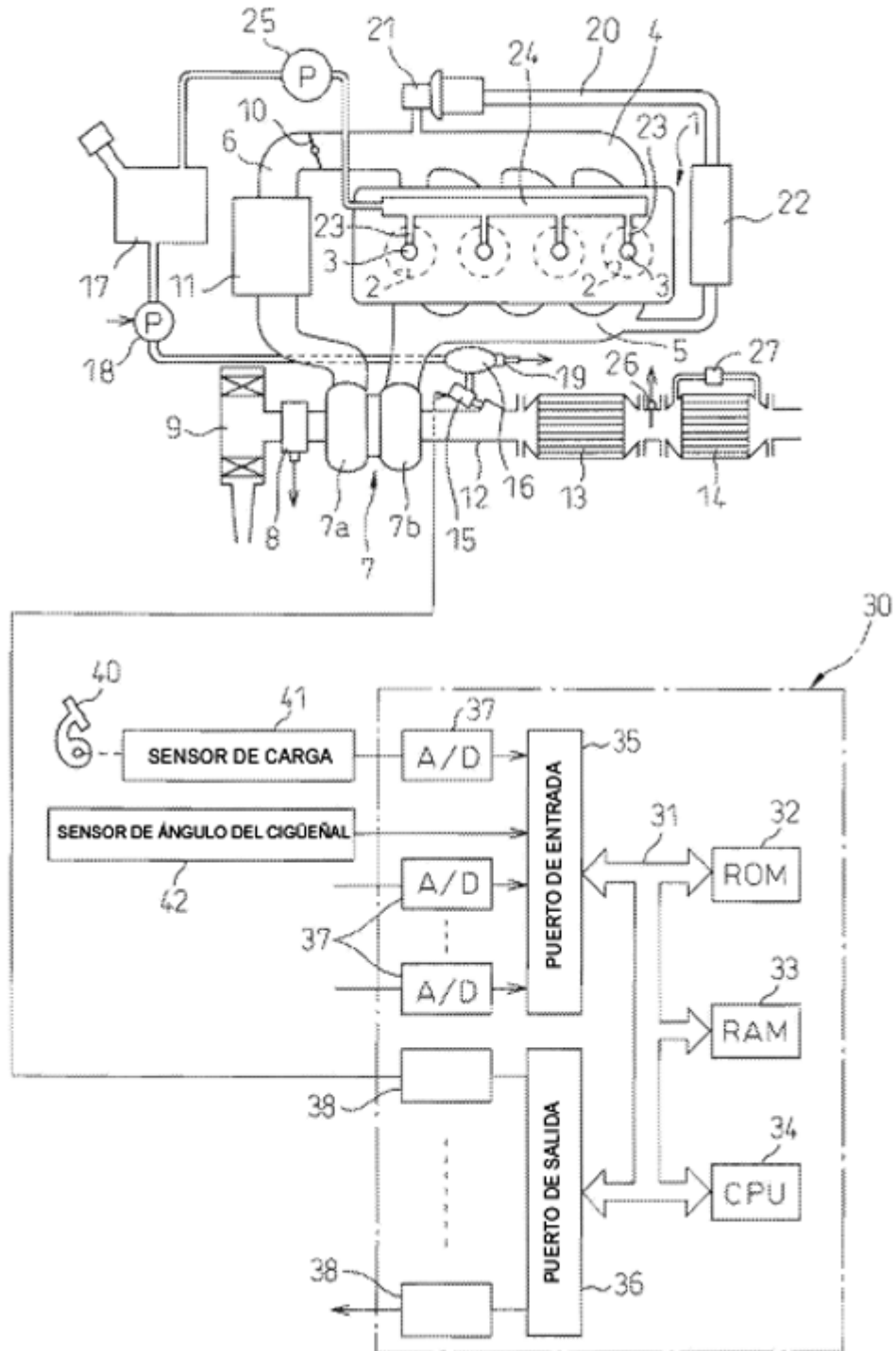


Fig. 2

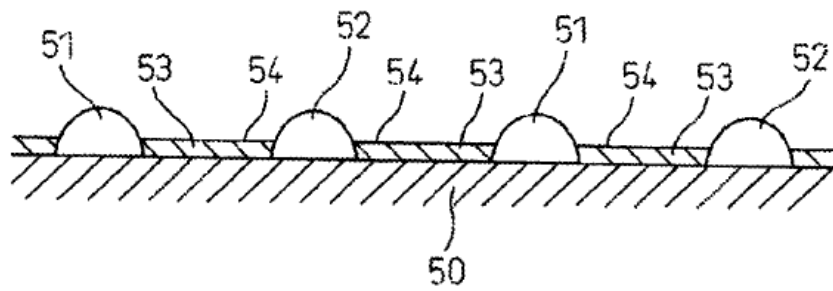


Fig. 3

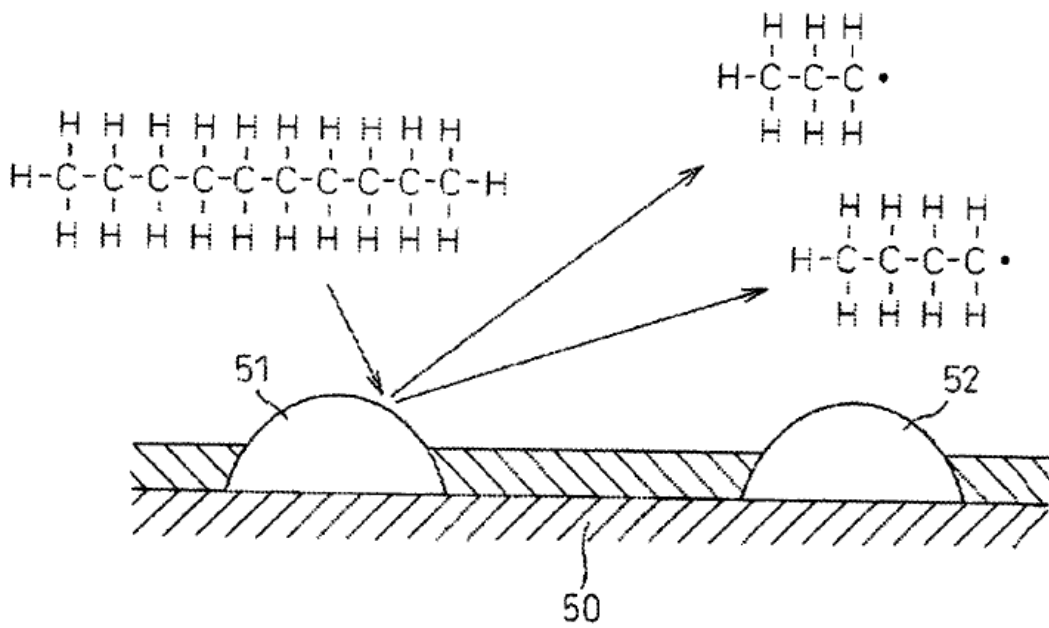




Fig.4

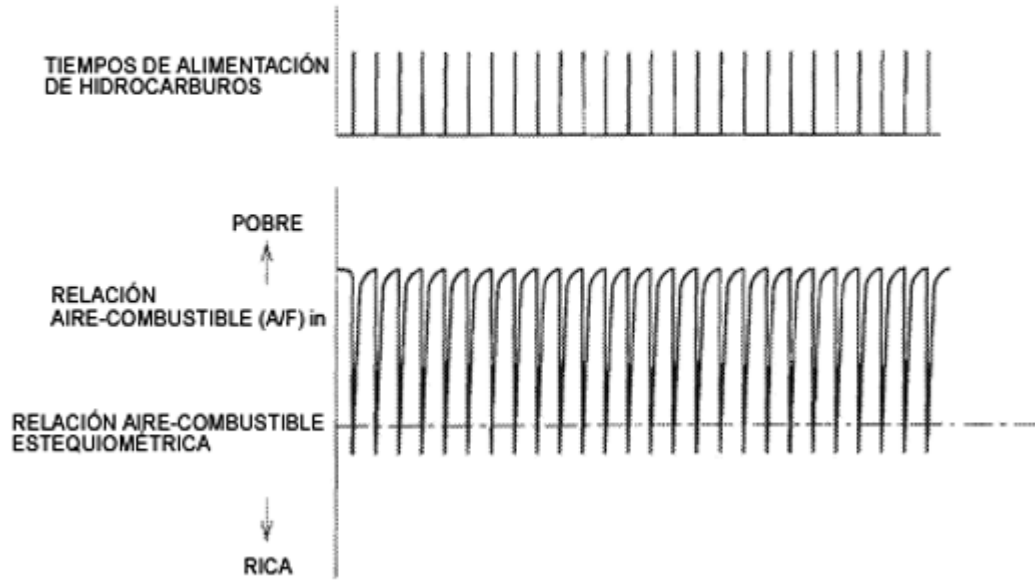


Fig.5

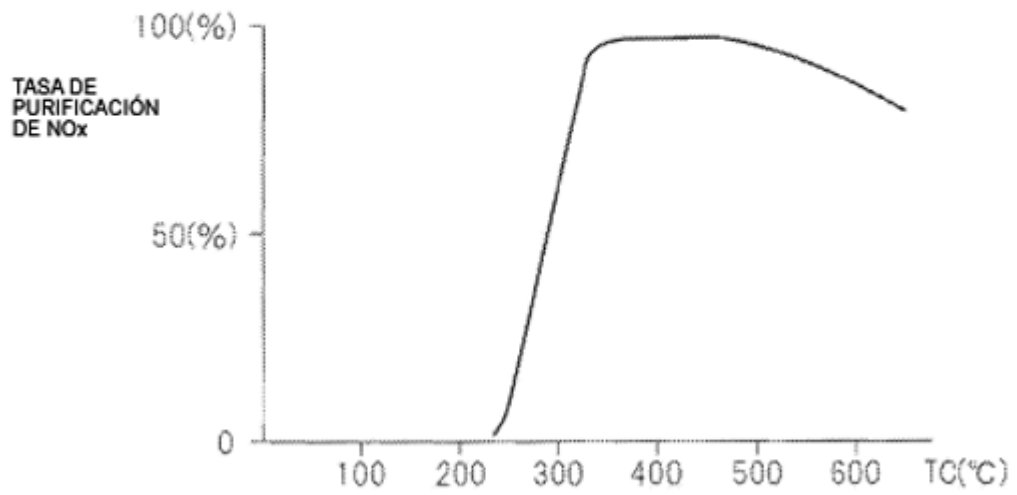


Fig. 6A

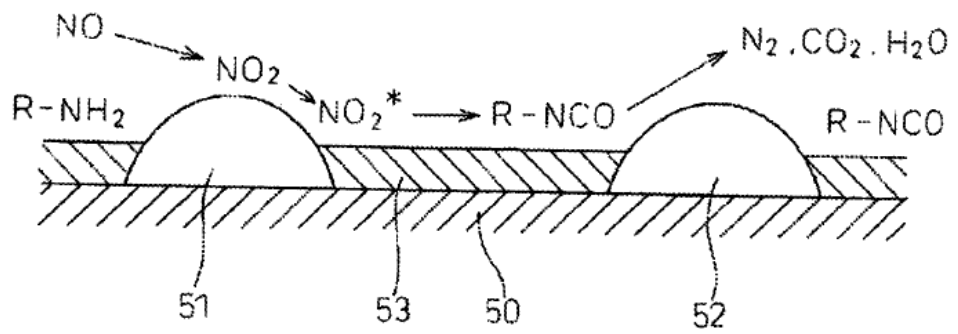


Fig. 6B

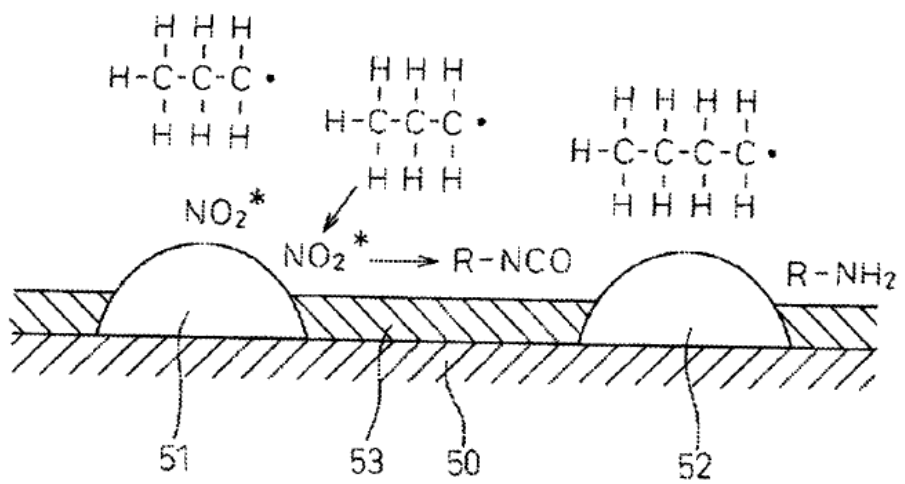


Fig. 7A

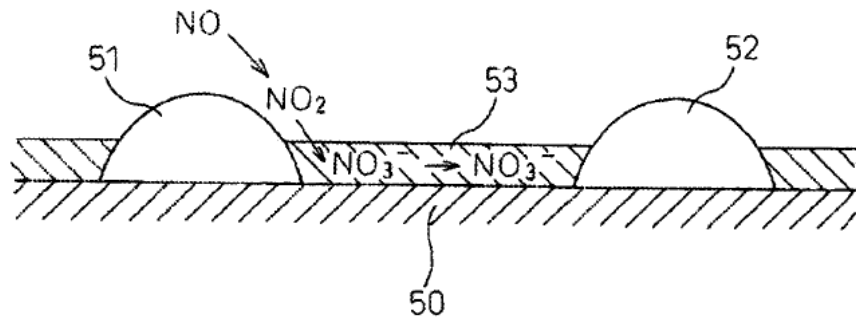


Fig. 7B

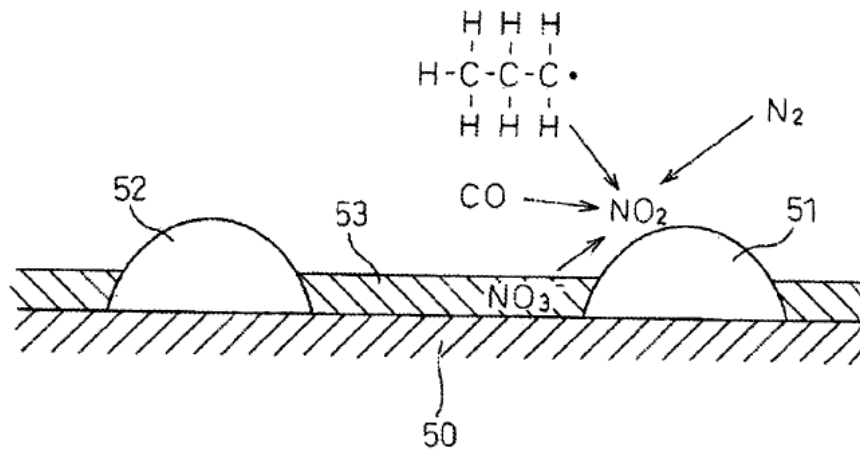


Fig.8

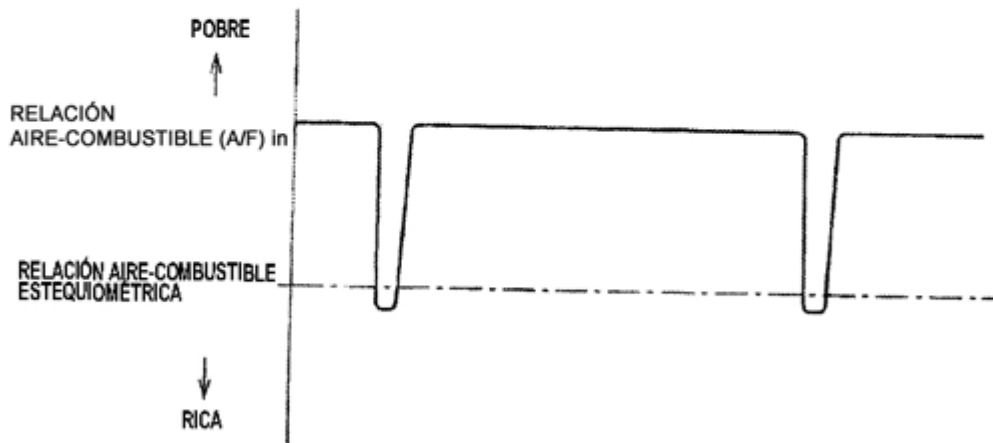


Fig.9

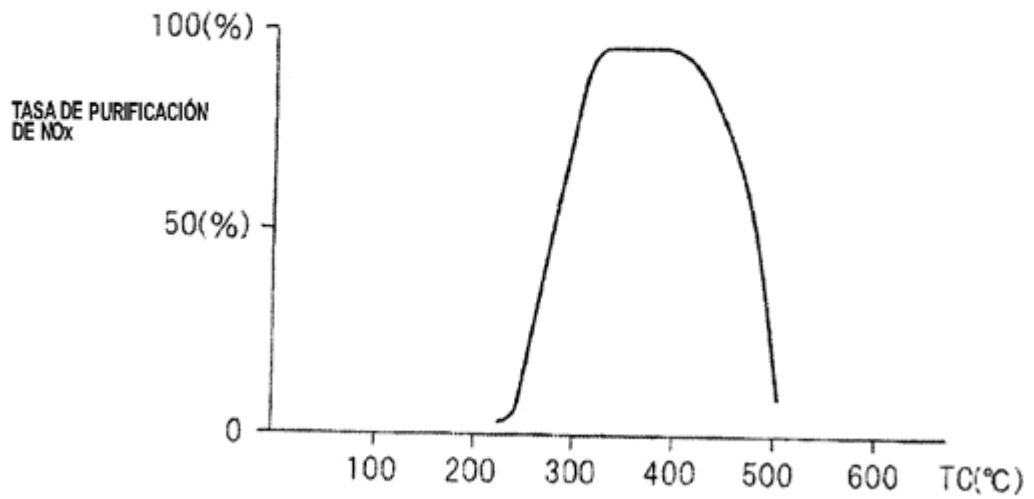


Fig.10

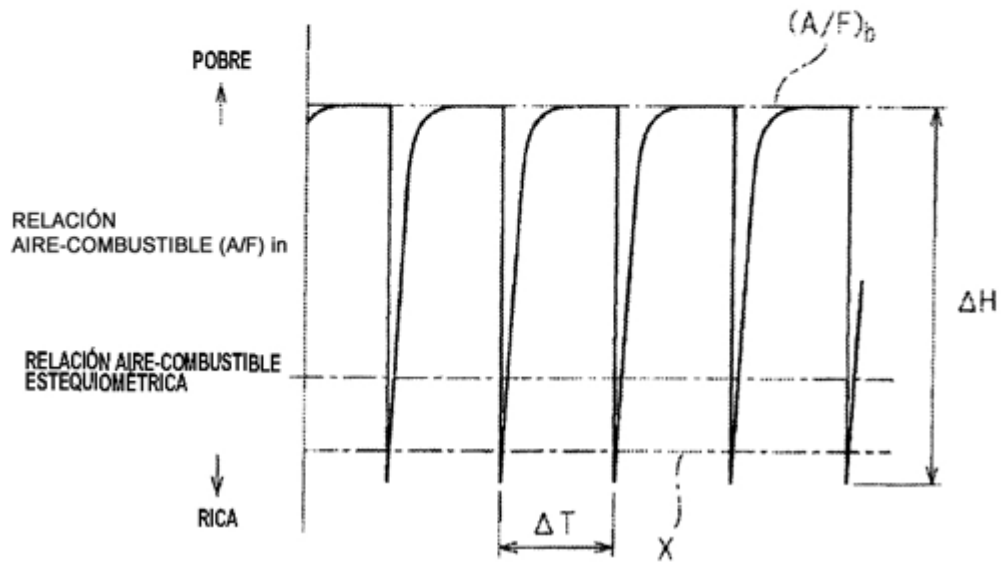


Fig.11

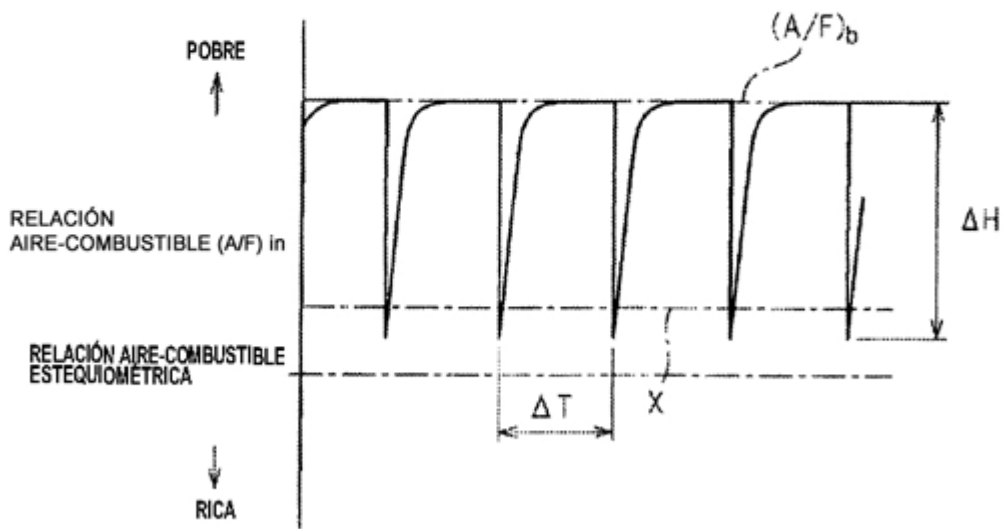


Fig.12

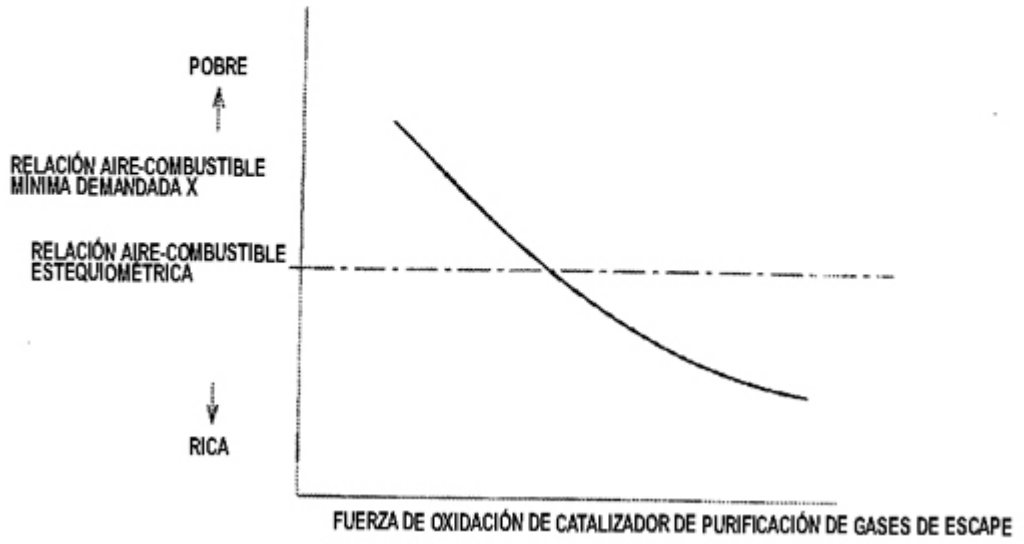


Fig.13

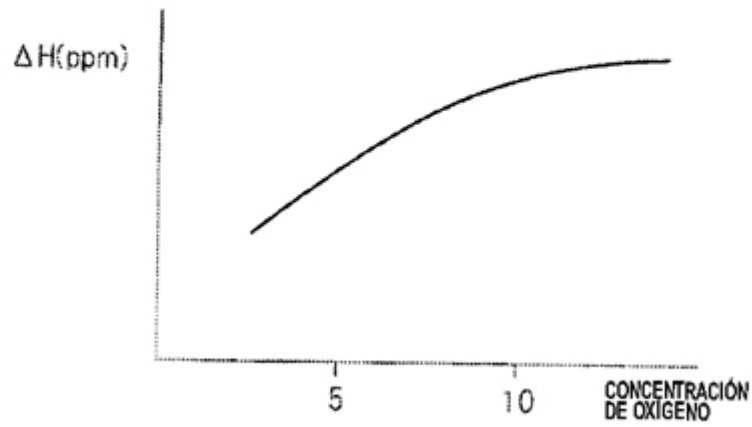


Fig.14

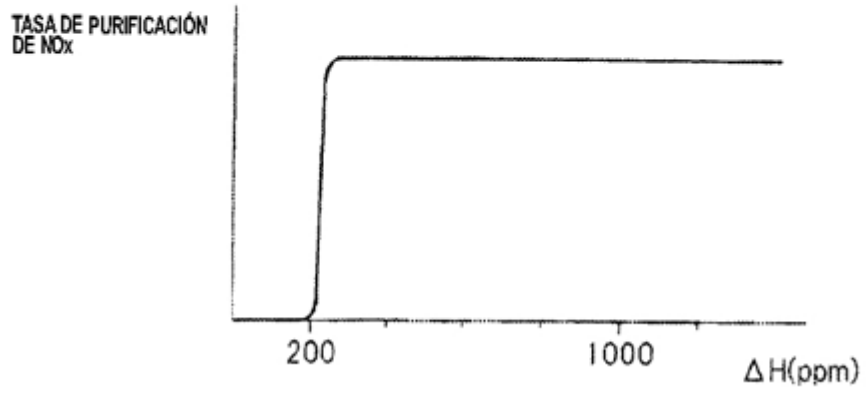


Fig.15

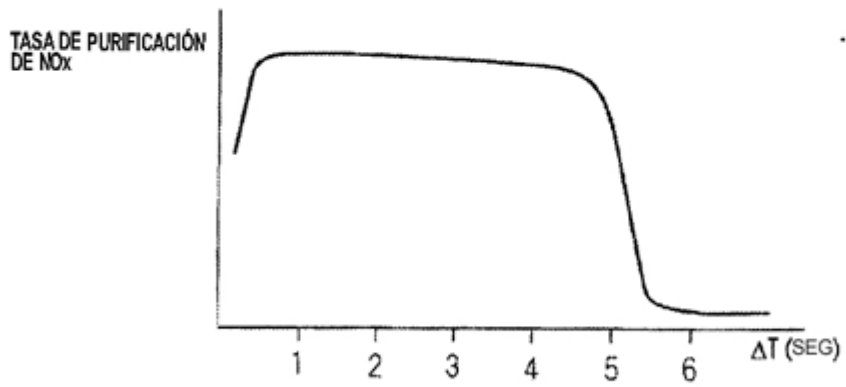


Fig.16

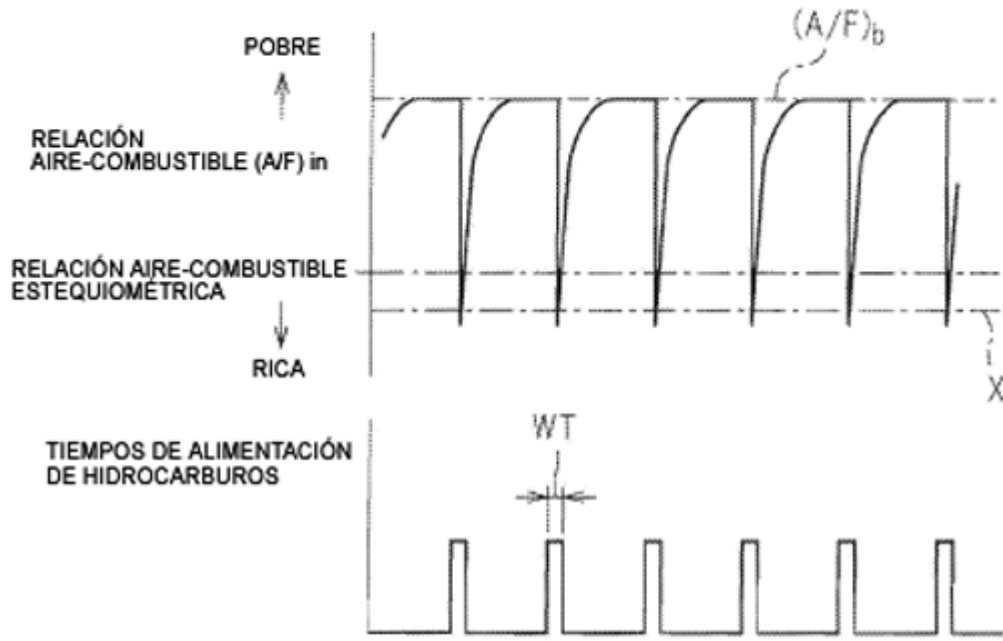


Fig.17

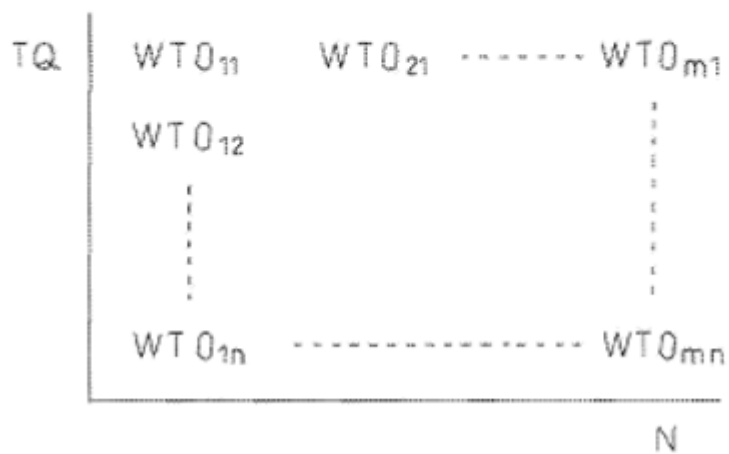




Fig.18A

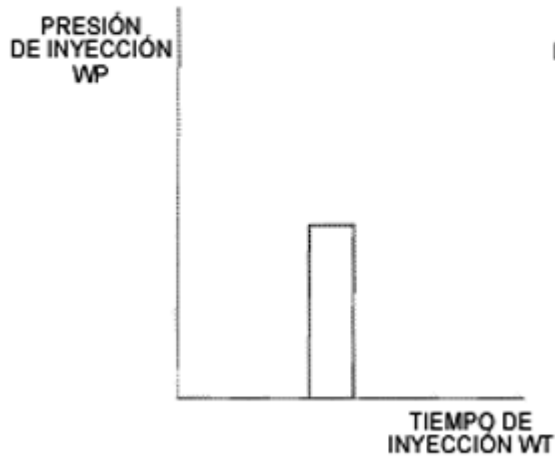


Fig.18B

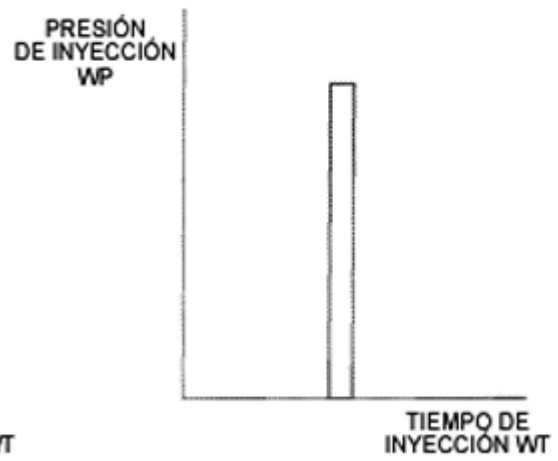


Fig.19A

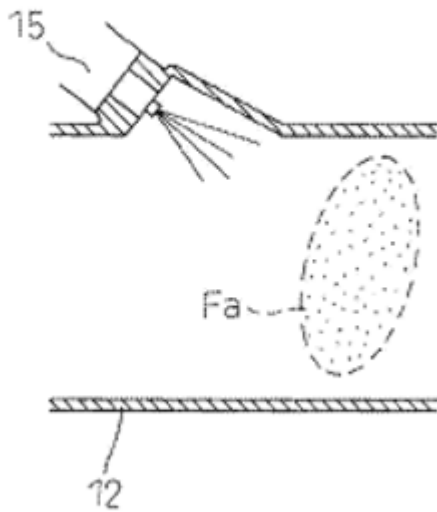


Fig.19B

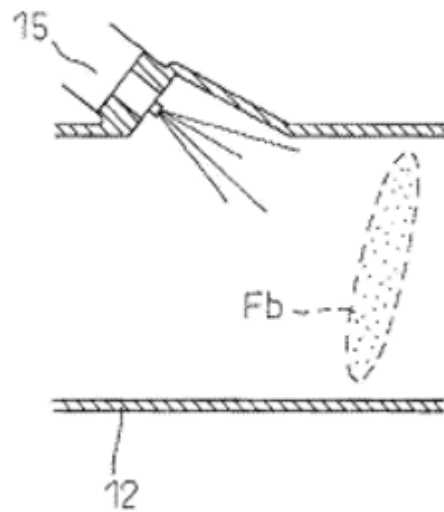


Fig. 20

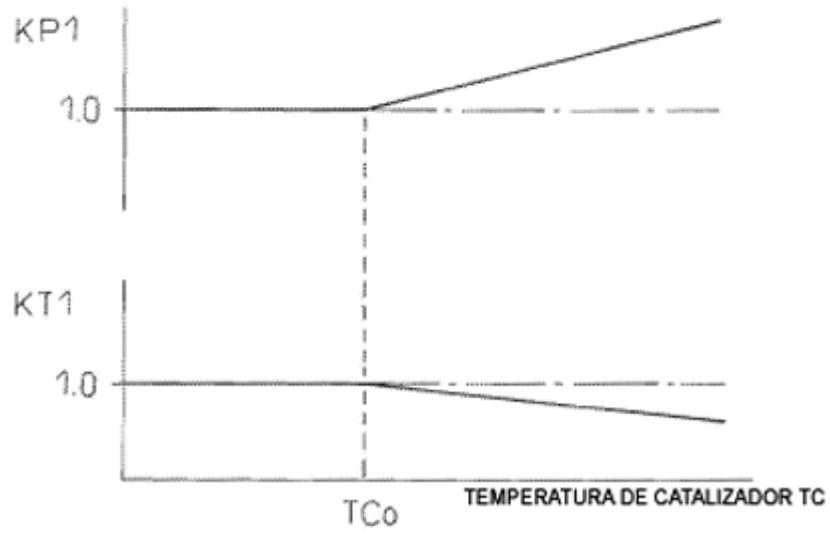


Fig. 21

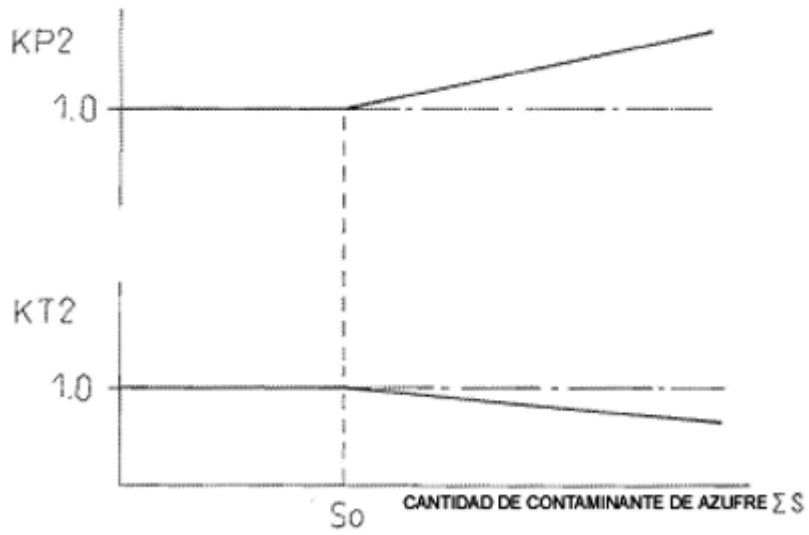


Fig.22

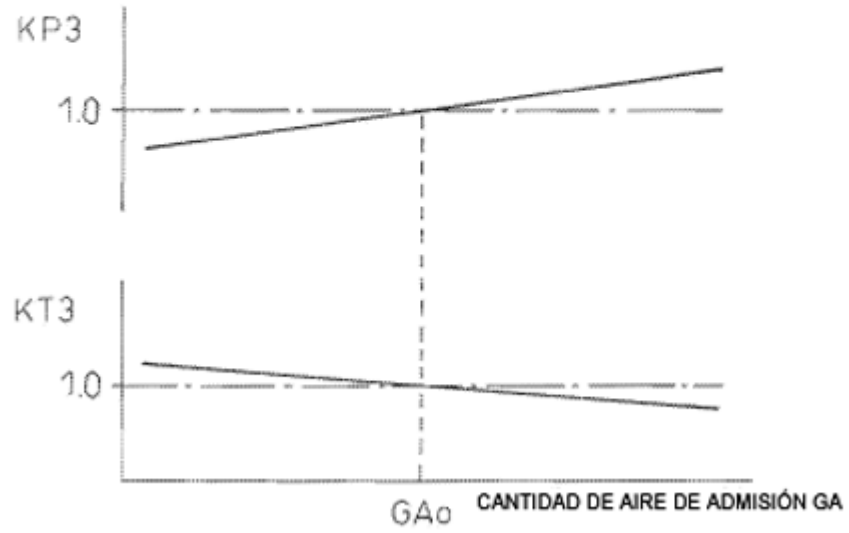


Fig.23

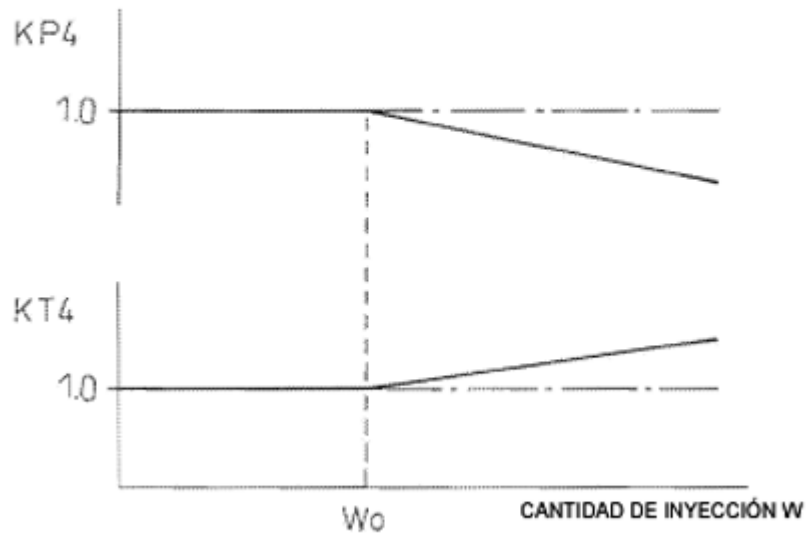


Fig.24

