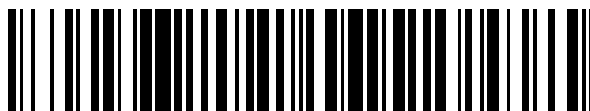


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 629 430**

51 Int. Cl.:

F01N 3/08 (2006.01)

F01N 3/36 (2006.01)

F02D 41/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.12.2010 PCT/JP2010/073878**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.06.2012 WO12086094**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.12.2010 E 10849178 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.04.2017 EP 2495409**

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

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.08.2017

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

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

74 Agente/Representante:
ZUAZO ARALUZE, Alexander

ES 2 629 430 T3

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

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

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

10 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 NO_x que almacena NO_x que está contenido en los gases de escape cuando la relación aire-combustible de los gases de escape entrantes es pobre y que libera el NO_x almacenado cuando la relación aire-combustible de los gases de escape entrantes pasa a ser rica, que dispone, en el conducto de escape del motor aguas arriba del catalizador del almacenamiento de 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 rica la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador de almacenamiento de NO_x cuando se libera NO_x del catalizador de almacenamiento de NO_x (véase, por ejemplo, el documento de patente 1).

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

Además, el documento de patente 2 da a conocer un motor de combustión interna en un conducto de escape del motor en el que está dispuesto un catalizador de purificación de gases de escape que tiene una función de oxidación y en el que en el conducto de escape del motor aguas arriba del catalizador de purificación de gases de escape están dispuestos un catalizador de oxidación de pequeño tamaño y una válvula de alimentación de combustible para alimentar combustible al catalizador de oxidación de pequeño tamaño. Cuando se activa el catalizador de purificación de gases de escape, el combustible alimentado desde el inyector de combustible se usa para calentar el catalizador de oxidación de pequeño tamaño y cuando se aumenta adicionalmente la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape, se aumenta el combustible alimentado desde la válvula de alimentación de combustible y se expulsa combustible reformado desde el catalizador de oxidación de pequeño tamaño.

Además, el documento de patente 3 da a conocer que se vuelve práctico realizar desnitrificaciones parciales mediante un catalizador SCR situado aguas abajo de un adsorbente de NO_x. El catalizador SCR permite que se extiendan desnitrificaciones parciales al punto en el que puede utilizarse una tasa de aumento de consumo de combustible favorable presentada por condiciones de conducción hasta un grado suficiente de modo que el beneficio de las condiciones favorables no se ve desplazado por el aumento de consumo de combustible de arranque incrementado asociado con la realización de desnitrificaciones parciales oportunistas. En realizaciones específicas de este documento de la técnica anterior, las regeneraciones se basan en bajas concentraciones de oxígeno, condición que existe mientras se cambia la marcha, y acontecimientos de reducción para un motor con un suministro de aire reducido. Los métodos aprovechan de manera flexible condiciones de conducción para reducir los aumentos de consumo de combustible asociados con regeneraciones. En una realización de este documento de la técnica anterior, las condiciones de conducción incluyen condiciones futuras predichas basándose en datos de GPS y mapa.

50 Lista de citas**Bibliografía de patentes**

Documento de patente 1: patente japonesa n.º 3969450

55 Documento de patente 2: documento EP 2 239 432 A1

Documento de patente 3: documento WO 2006/131825 A1

60 Sumario de la invención**Problema técnico**

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

65

Un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna que pueda obtener una alta tasa de purificación de NO_x aunque la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape llegue a ser una alta temperatura.

5 **Solución al problema**

Según la presente invención, se proporciona un sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna en el que una válvula de alimentación de hidrocarburos para alimentar hidrocarburos está dispuesta en el interior de un conducto de escape del motor, una combinación de catalizadores de purificación de gases de escape para hacer reaccionar NO_x contenido en gases de escape e hidrocarburos reformados está dispuesta en el interior del conducto de escape del motor aguas abajo de la válvula de alimentación de hidrocarburos, la combinación de catalizadores de purificación de gases de escape está compuesta por un catalizador de lado aguas arriba y un catalizador de lado aguas abajo dispuestos en serie con un intervalo entre sí, el catalizador de lado aguas arriba tiene un área de sección transversal más pequeña que el catalizador de lado aguas abajo y tiene una función de al menos reformar hidrocarburos que se alimentan desde la válvula de alimentación de hidrocarburos, se porta un catalizador de metales preciosos sobre una superficie de flujo de gases de escape de al menos un catalizador del catalizador de lado aguas arriba y el catalizador de lado aguas abajo y se forma una parte superficial de flujo de gases de escape básica alrededor del catalizador de metales preciosos, la combinación de catalizadores de purificación de gases de escape reduce el NO_x que está contenido en gases de escape si se hace vibrar una concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de lado aguas arriba dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo y aumenta una cantidad almacenada de NO_x que está contenido en gases de escape si el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace más largo que el intervalo predeterminado, y, en el momento de funcionamiento de motor, se hace vibrar la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador de lado aguas arriba dentro del intervalo predeterminado anterior de amplitud y dentro del intervalo predeterminado anterior de periodo para reducir de ese modo el NO_x que está contenido en gases de escape en el catalizador de purificación de gases de escape, en el que se hacen reaccionar el NO_x contenido en gases de escape e hidrocarburos reformados en el interior de la combinación de catalizadores de purificación de gases de escape mediante lo cual se produce un producto intermedio reductor que contiene nitrógeno e hidrocarburos, y un periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos es un periodo de vibración requerido para la producción continuada del producto intermedio reductor, en el que el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos es de 0,3 segundos a 5 segundos.

Efectos ventajosos de la invención

35 Aunque la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape llegue a ser una alta temperatura, puede obtenerse una alta tasa de purificación de NO_x.

Breve descripción de los dibujos

40 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.
La figura 3 es una vista para explicar una reacción de oxidación en un catalizador de purificación de gases de escape.
45 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.
50 La figura 5 es una vista que muestra una tasa de purificación de NO_x.
Las figuras 6A, 6B y 6C son vistas para explicar una reacción de oxidación-reducción en un catalizador de purificación de gases de escape.
55 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.
60 La figura 9 es una vista de una tasa de purificación de 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.
65 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.

5 La figura 13 es una vista que muestra una relación entre una concentración de oxígeno en gases de escape y una amplitud ΔH de una concentración de hidrocarburos que aporta la misma tasa de purificación de NO_x .

10 La figura 14 es una vista que muestra una relación entre una amplitud ΔH de una concentración de hidrocarburos y una tasa de purificación de NO_x .

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

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

La figura 17 es una vista que muestra un cambio en la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al catalizador de purificación de gases de escape etc.

20 La figura 18 es una vista que muestra un mapa de una cantidad de NO_x expulsado, NOXA.

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

25 La figura 20 es una vista que muestra un mapa de una cantidad de alimentación de hidrocarburos WR.

Las figuras 21A y 21B son vistas que muestran vistas aumentadas de un catalizador de purificación de gases de escape.

30 La figura 22 es un diagrama de flujo para control de purificación de NO_x .

Descripción de realizaciones

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

35 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 gases 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 gases de escape, mientras que una entrada del compresor 7a está conectada a través de un detector 8 de cantidad de aire de admisión a un purificador 9 de aire. En el interior del canal 6 de admisión está dispuesta una válvula 10 de mariposa accionada por un motor paso a paso. Además, 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.

45 Por otro lado, el colector 5 de gases de escape está conectado a una entrada de una turbina 7b de gases de escape del turbocompresor 7 de gases de escape. La salida de la turbina 7b de gases de escape está conectada a través de una tubería 12 de gases de escape a un catalizador 13 de purificación de gases de escape. Tal como se muestra en la figura 1, este catalizador 13 de purificación de gases de escape está compuesto por un catalizador 14a de lado aguas arriba y un catalizador 14b de lado aguas abajo dispuestos en serie con un intervalo entre sí. El catalizador 14a de lado aguas arriba tiene un área de sección transversal más pequeña que el catalizador 14b' de lado aguas abajo

50 En el interior de la tubería 12 de gases de escape aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape, está dispuesta una válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, para alimentar hidrocarburos compuestos por gasóleo u otro combustible usado como combustible para un motor de combustión interna de tipo encendido por compresión. En la realización mostrada en la figura 1, se usa gasóleo como hidrocarburos que se alimentan desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos. Obsérvese que, la presente invención también puede aplicarse a un motor de combustión interna de tipo 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.

65 Por otro lado, el colector 5 de gases de escape y el colector 4 de admisión están conectados entre sí a través de un conducto 16 de recirculación de gases de escape (a continuación en el presente documento denominado "EGR"). En el interior 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 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 en el interior 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. Aguas abajo del catalizador 14a de lado aguas arriba, se conecta un sensor 23 de temperatura para estimar la temperatura del catalizador 14a de lado aguas arriba y la temperatura de un extremo aguas arriba del catalizador 14a de lado aguas arriba. Las señales de salida de este sensor 23 de temperatura y el detector 8 de cantidad de aire de admisión se introducen a través de correspondientes convertidores 37 AD respectivamente al puerto 35 de entrada. Adicionalmente, un pedal 40 de 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 de acelerador. La tensión de salida del sensor 41 de carga se introduce a través de un correspondiente convertidor 37 AD en el puerto 35 de entrada. Además, 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, 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.

En una primera realización según la presente invención, el catalizador 14a de lado aguas arriba y el catalizador 14b de lado aguas abajo están formados a partir del mismo catalizador. La figura 2 muestra esquemáticamente la parte superficial del soporte de catalizador portado sobre el sustrato del catalizador 14a de lado aguas arriba y el catalizador 14b de lado aguas abajo. En este catalizador 14a de lado aguas arriba y catalizador 14b de lado aguas abajo, tal como se muestra en la figura 2, por ejemplo, se portan catalizadores 51 y 52 de metales preciosos sobre un soporte 50 de catalizador compuesto por alúmina. 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_x . 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 14a de lado aguas arriba y el catalizador 14b de lado aguas abajo 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 la 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 14a de lado aguas arriba y el catalizador 14b de lado aguas abajo, 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 en el catalizador 14a de lado aguas arriba. En la presente invención, en este momento, los hidrocarburos reformados se usan para eliminar el NO_x en el catalizador 14b de lado aguas abajo. La figura 3 muestra esquemáticamente la acción de modificación realizada en el catalizador 14a de lado aguas arriba 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 alimentación de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos y los cambios en la relación aire-combustible (A/F)_{in} de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14a de lado aguas arriba. Obsérvese que, los cambios en la relación aire-combustible (A/F)_{in} dependen del cambio en la concentración de los hidrocarburos en los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14a de lado aguas arriba, de modo que puede decirse que el cambio en la relación aire-combustible (A/F)_{in} mostrado en la figura 4 expresa el cambio en la concentración de los hidrocarburos. Sin embargo, si la concentración de hidrocarburos pasa a ser más alta, la relación aire-combustible (A/F)_{in} 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)_{in}, más alta es la concentración de hidrocarburos.

La figura 5 muestra la tasa de purificación de NO_x por el catalizador 13 de purificación de gases de escape con respecto a las temperaturas de catalizador TC del catalizador 14a de lado aguas arriba cuando se hace cambiar periódicamente la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 14a de lado aguas arriba para, tal como se muestra en la figura 4, hacer cambiar la relación aire-combustible (A/F) in de los gases de escape que fluyen al catalizador 14a de lado aguas arriba. Los inventores se dedicaron a la investigación en relación a la purificación de 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 14a de lado aguas arriba dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo, tal como se muestra en la figura 5, se obtiene una tasa de purificación de NO_x extremadamente 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 del catalizador 14a de lado aguas arriba, es decir, sobre la parte 54 superficial de flujo de gases de escape básica del catalizador 14a de lado aguas arriba. Se aprendió que este producto intermedio reductor desempeña un papel central en la obtención de una alta tasa de purificación de NO_x . A continuación, esto se explicará con referencia a las figuras 6A, 6B y 6C. Obsérvese que las figuras 6A y 6B muestran esquemáticamente la parte superficial del soporte 50 de catalizador del catalizador 14a de lado aguas arriba, mientras que la figura 6C muestra esquemáticamente la parte superficial del soporte 50 del catalizador 14b de lado aguas abajo. Estas figuras 6A, 6B y 6C muestran la reacción que se presupone que se produce cuando se hace vibrar la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 14a de lado aguas arriba 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 14a de lado aguas arriba es baja, mientras que la figura 6B muestra cuando se alimentan los hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos y la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 14a de lado aguas arriba pasa a ser 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 14a de lado aguas arriba se mantiene pobre excepto por un instante, de modo que los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14a de lado aguas arriba pasan normalmente a un estado de exceso de oxígeno. Por tanto, el NO que está contenido en los gases de escape, tal como se muestra en la figura 6A, se oxida sobre el platino 51 y pasa a ser NO_2 . A continuación, este NO_2 se oxida adicionalmente y pasa a ser NO_3 . Una parte adicional del NO_2 pasa a ser NO_2^- . En este caso, la cantidad de producción de NO_3 es mucho mayor que la cantidad de producción de NO_2^- . Por tanto, sobre el platino Pt 51, se producen una gran cantidad de NO_3 y una pequeña cantidad de NO_2^- . Estos NO_3 y NO_2^- presentan una fuerte actividad. A continuación, estos NO_3 y NO_2^- se denominarán como el NO_x^* 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 en el interior del catalizador 14a de lado aguas arriba. Como resultado, tal como se muestra en la figura 6B, la concentración de hidrógeno alrededor del NO_x^* activo pasa a ser más alta. A este respecto, después de producirse el NO_x^* activo, si el estado de una alta concentración de oxígeno alrededor del NO_x^* activo continúa durante un tiempo predeterminado o más, el NO_x^* activo se oxida y se absorbe en la capa 53 básica en forma de iones de nitrato NO_3^- . Sin embargo, si la concentración de hidrocarburos alrededor del NO_x^* activo se hace más alta antes de que transcurra este tiempo predeterminado, tal como se muestra en la figura 6B, el NO_x^* activo reacciona sobre el platino 51 con los hidrocarburos HC con radicales mediante lo cual se produce un producto intermedio reductor 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-NO_2 . Si se produce este nitrocompuesto R-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-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 produce sobre la superficie de la capa 53 básica es el compuesto de isocianato R-NCO y el compuesto de amina R-NH_2 . El producto intermedio reductor R-NCO o R-NH_2 que se produce en el catalizador 14a de lado aguas arriba se envía al catalizador 14b de lado aguas abajo.

Por otro lado, el área de sección transversal del catalizador 14b de lado aguas abajo es más grande que el área de sección transversal del catalizador 14a de lado aguas arriba. Por tanto, aunque la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen hacia fuera del catalizador 14a de lado aguas arriba se vuelva rica durante un instante, estos gases ricos se dispersarán antes de que fluyan al interior del catalizador 14b de lado aguas abajo, por tanto la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14b de lado aguas abajo se mantiene pobre de manera constante. Por tanto, tal como se muestra en la figura 6C, se produce activamente NO_x^* activo sobre el catalizador 14b de lado aguas abajo. Además, parte del NO_x^* activo producido en el catalizador 14a

de lado aguas arriba fluye hacia fuera del catalizador 14a de lado aguas arriba, fluye al interior del catalizador 14b de lado aguas abajo, y se adhiere o fija a la superficie de la capa 53 básica del catalizador 14b de lado aguas abajo. Por tanto, se retiene una gran cantidad de NO_x^* activo en el interior del catalizador 14b de lado aguas abajo.

5 Por otra parte, tal como se explicó anteriormente, una gran cantidad de producto intermedio reductor se envía desde el catalizador 14a de lado aguas arriba hasta el catalizador 14b de lado aguas abajo. El producto reductor intermedio R-NCO o R-NH₂, tal como se muestra en la figura 6C, reacciona con el NO_x^* activo que está retenido en el catalizador 14b de lado aguas abajo y pasa a ser N₂, CO₂ y H₂O, por tanto, se elimina el NO_x .

10 De este modo, en el catalizador 13 de purificación de gases de escape, al hacer temporalmente más alta la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 14a de lado aguas arriba y al producir un producto intermedio reductor, el NO_x^* activo reacciona con el producto intermedio reductor y se elimina el NO_x . Es decir, con el fin de que el catalizador 13 de purificación de gases de escape elimine el NO_x , tiene que cambiarse periódicamente la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 14a de lado aguas arriba.

15 Obviamente, en este caso, es necesario aumentar la concentración de hidrocarburos hasta una concentración suficientemente alta para producir el producto intermedio reductor. Es decir, es necesario hacer vibrar la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 14a de lado aguas arriba dentro de un intervalo predeterminado de amplitud.

20 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 alimentar los hidrocarburos hasta que se alimentan de nuevo los hidrocarburos. Por tanto, el NO_x^* 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. . A este respecto, en el ejemplo mostrado en la figura 4, se hace que el intervalo de inyección sea de 3 segundos.

30 Tal como se mencionó anteriormente, 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 un intervalo predeterminado de periodo, el NO_x^* activo que se produce sobre el platino Pt 53, tal como se muestra en la figura 7A, se difundirá en la capa 53 básica en forma de iones nitrato NO_3^- y pasará a ser nitratos. Es decir, en este momento, el NO_x en los gases de escape se absorbe en forma de nitratos en el interior de la capa 53 básica.

35 Por otro lado, la figura 7B muestra el caso en el que se absorbe NO_x en forma de nitratos en el interior de la capa 53 básica, de este modo, se hace que la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14a de lado aguas arriba sea la relación aire-combustible estequiométrica o rica. En este caso, la concentración de oxígeno en los gases de escape disminuye, así que la reacción avanza en el sentido opuesto ($\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2$), y por consiguiente los nitratos absorbidos en la capa 53 básica pasan a ser iones nitrato NO_3^- uno a uno y, como se muestra en la figura 7B, se liberan de la capa 53 básica en forma de NO_2 . A continuación, el NO_2 liberado se reduce mediante los hidrocarburos HC y CO contenidos en los gases de escape.

45 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 14a de lado aguas arriba ligeramente antes de que la capacidad de absorción de NO_x de la capa 53 básica pase a estar saturada. Obsérvese que, en el ejemplo mostrado en la figura 8, el intervalo de tiempo de este control de riqueza es de 1 minuto o más. En este caso, el NO_x que se absorbió en la capa 53 básica cuando la relación aire-combustible (A/F)in de los gases de escape era pobre se libera 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 NO_x .

50 Obsérvese que, en este momento, en ocasiones la capa 53 básica adsorbe temporalmente el 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 NO_x para almacenar temporalmente el 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 14a de lado aguas arriba se denomina relación aire-combustible de los gases de escape, el catalizador 13 de purificación de gases de escape funciona como catalizador de almacenamiento de NO_x que almacena el NO_x cuando la relación aire-combustible de los gases de escape es pobre y libera el NO_x almacenado cuando la concentración de oxígeno en los gases de escape disminuye.

60 La figura 9 muestra la tasa de purificación de NO_x cuando se hace que el catalizador 13 de purificación de gases de escape funcione como catalizador de almacenamiento de NO_x de este modo. Obsérvese que, la abscisa de la figura 9 muestra la temperatura de catalizador TC del catalizador 14a de lado aguas arriba. Cuando se hace que el catalizador 13 de purificación de gases de escape funcione como catalizador de almacenamiento de NO_x , tal como se muestra en la figura 9, cuando la temperatura de catalizador TC es de 300°C a 400°C, se obtiene una tasa de

purificación de NO_x extremadamente alta, pero cuando la temperatura de catalizador TC pasa a ser de 400°C o una temperatura más alta, la tasa de purificación de NO_x disminuye.

De esta manera, cuando la temperatura de catalizador TC pasa a ser de 400°C o más, la tasa de purificación de NO_x disminuye porque si la temperatura de catalizador TC pasa a ser de 400°C o más, los nitratos se descomponen por el calor y se liberan en forma de NO_2 desde el catalizador 13 de purificación de gases de escape. Es decir, siempre que se almacene NO_x en forma de nitratos, cuando la temperatura de catalizador TC es alta, es difícil obtener una alta tasa de purificación de NO_x . Sin embargo, en el nuevo método de purificación de NO_x mostrado de la figura 4 a las figuras 6A y 6B, tal como se entenderá a partir de las figuras 6A y 6B, no se forman nitratos o aunque se formen, su cantidad es extremadamente pequeña, por consiguiente, tal como se muestra en la figura 5, incluso cuando la temperatura de catalizador TC es alta, se obtiene una alta tasa de purificación de NO_x .

Por tanto, en una primera realización según 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 NO_x contenido en los 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, el catalizador 13 de purificación de gases de escape está compuesto por un catalizador 14a de lado aguas arriba y un catalizador 14b de lado aguas abajo dispuestos en serie con un intervalo entre sí, el catalizador 14a de lado aguas arriba tiene un área de sección transversal más pequeña que el catalizador 14b de lado aguas abajo y tiene la función de reformar los hidrocarburos que se alimentan desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 14a de lado aguas arriba y el catalizador 14b de lado aguas abajo porta los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos y una parte 54 superficial de flujo de gases de escape básica está formada alrededor de los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos, el catalizador 13 de purificación de gases de escape tiene la propiedad de reducir el NO_x que está contenido en los gases de escape si se hace vibrar la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 14a de lado aguas arriba dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo y tiene la propiedad de aumentar la cantidad de almacenamiento de NO_x que está contenido en los gases de escape si el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace más largo que este intervalo predeterminado, y, en el momento de funcionamiento del motor, se hace vibrar la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 14a de lado aguas arriba dentro del intervalo predeterminado de amplitud y dentro del intervalo predeterminado de periodo para reducir de ese modo el NO_x que está contenido en los gases de escape en el catalizador 13 de purificación de gases de escape.

Es decir, puede decirse que el método de purificación de NO_x que se muestra de la figura 4 a las figuras 6A y 6B es un nuevo método de purificación de NO_x diseñado para eliminar NO_x sin formar casi ningún nitrato en caso de usar un catalizador de purificación de gases de escape que porta catalizadores de metales preciosos y forma una capa básica que puede absorber NO_x . En realidad, cuando se usa este nuevo método de purificación de NO_x , la cantidad de nitratos que se detectan 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 NO_x . Obsérvese que, este nuevo método de purificación de NO_x se denominará a continuación como el primer método de purificación de NO_x .

A continuación, con referencia a de la figura 10 a la figura 15, este primer método de purificación de NO_x se explicará un poco más en detalle.

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 de la relación aire-combustible (A/F)in de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14a de lado aguas arriba muestra simultáneamente el cambio en la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 14a de lado aguas arriba. Obsérvese que, en la figura 10, ΔH muestra la amplitud del cambio en concentración de hidrocarburos HC que fluyen al interior del catalizador 14a de lado aguas arriba, mientras que ΔT muestra el periodo de vibración de la concentración de los hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 14a de lado aguas arriba.

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 14a de lado aguas arriba 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 usada para producir el producto intermedio reductor sin que el NO_x^* activo producido se almacene casi nada en forma de nitratos dentro de la capa 53 básica. Para hacer que el NO_x^* activo y los hidrocarburos reformados reaccionen para producir un producto intermedio reductor, la relación aire-combustible (A/F)in tiene que hacerse inferior a este límite superior X de la 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 NO_x^* activo e hidrocarburos reformados reaccionen para producir un producto intermedio reductor. Para producir el producto intermedio reductor, la concentración de hidrocarburos tiene que 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 hidrocarburos alrededor del NO_x^* 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.

5 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, rica. En contraposición a esto, en el ejemplo
10 mostrado en la figura 11, la relación aire-combustible mínima demandada X es pobre. En este caso, la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$ se mantiene pobre mientras se reduce periódicamente la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$ para 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 14a de lado aguas arriba. En este caso, el catalizador 14a de lado aguas arriba,
15 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 14a de lado aguas arriba cambia debido a la cantidad portada del metal 51 precioso o la fuerza de la acidez.

Ahora, si se usa un catalizador 14a de lado aguas arriba con una gran fuerza de oxidación, tal como se muestra en
20 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 terminan oxidándose completamente 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 14a de lado aguas arriba 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 se hace
25 rica la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$, los hidrocarburos se oxidarán parcialmente, sin oxidarse completamente, es decir, los hidrocarburos se reformarán, por consiguiente se producirá el producto intermedio reductor. Por tanto, cuando se usa un catalizador 14a de lado aguas arriba con una gran fuerza de oxidación, la relación aire-combustible mínima demandada X tiene que hacerse rica.

30 Por otro lado, cuando se usa un catalizador 14a de lado aguas arriba 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 completamente, es decir, los hidrocarburos se reformarán, y por consiguiente se producirá un producto intermedio reductor. En contraposición a esto, cuando se usa un catalizador 14a de lado aguas arriba 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
35 rica, se expulsará una gran cantidad de hidrocarburos desde el catalizador 14a de lado aguas arriba sin oxidarse y por consiguiente la cantidad de hidrocarburos que se desperdicia aumentará. Por tanto, cuando se usa un catalizador 14a de lado aguas arriba con una fuerza de oxidación débil, la relación aire-combustible mínima demandada X tiene que hacerse pobre.

40 Es decir, se aprende que la relación aire-combustible mínima demandada X, tal como se muestra en la figura 12, tiene que reducirse cuanto más grande es la fuerza de oxidación del catalizador 14a de lado aguas arriba. De este modo, la relación aire-combustible mínima demandada X pasa a ser pobre o rica debido a la fuerza de oxidación del catalizador 14a de lado aguas arriba. A continuación, tomando como ejemplo el caso en el que la relación aire-combustible mínima demandada X es rica, se explicarán la amplitud del cambio en la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 14a de lado aguas arriba y el periodo de vibración de la
45 concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 14a de lado aguas arriba.

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 $(A/F)_{in}$ la relación aire-combustible mínima demandada X o menos aumenta. Por tanto, cuanto más alta es la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos, mayor tiene que hacerse la amplitud de la concentración de hidrocarburos.
50

55 La figura 13 muestra la relación entre la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos y la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos cuando se obtiene la misma tasa de purificación de NO_x . A partir de la figura 13, se aprende que, para obtener la misma tasa de purificación de NO_x , cuanto más alta es la concentración de oxígeno en los gases de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos, mayor tiene que hacerse la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos. Es decir, para obtener
60 la misma tasa de purificación de NO_x , cuanto más alta es la relación aire-combustible base $(A/F)_b$, mayor se hace la amplitud ΔT de la concentración de hidrocarburos. En otras palabras, para eliminar el NO_x bien, cuanto menor es la relación aire-combustible base $(A/F)_b$, más puede reducirse la amplitud ΔT 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 ΔH de la concentración de hidrocarburos es de aproximadamente 200 ppm, es posible eliminar el NO_x bien. La relación aire-combustible base $(A/F)_b$ es habitualmente más grande que en el momento de la operación de aceleración. Por tanto, tal como se muestra en la figura 14, si la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos es de 200 ppm o más, se puede obtener una excelente tasa de purificación de 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 ΔH de la concentración de hidrocarburos de 10000 ppm o similar, se obtiene una excelente tasa de purificación de NO_x . 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.

Adicionalmente, si el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos pasa a ser mayor, la concentración de oxígeno alrededor del NO_x^* activo pasa a ser más alta en el momento después de alimentarse los hidrocarburos hasta cuando los hidrocarburos se alimentan de nuevo. En este caso, si el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos se hace más largo de aproximadamente 5 segundos, la mayor parte del NO_x^* activo empieza a absorberse en forma de nitratos en el interior de la capa 53 básica. Por tanto, tal como se muestra en la figura 15, si el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos se hace más largo de aproximadamente 5 segundos, la tasa de purificación de NO_x disminuye. Por tanto, el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos tiene que hacerse de 5 segundos o menos.

Por otro lado, si el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos pasa a ser de aproximadamente 0,3 segundos o menos, los hidrocarburos alimentados empiezan a acumularse sobre la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 14a de lado aguas arriba, por tanto, tal como se muestra en la figura 15, si el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos pasa a ser de aproximadamente 0,3 segundos o menos, la tasa de purificación de NO_x disminuye. Por tanto, en la presente invención, el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace de desde 0,3 segundos hasta 5 segundos.

Ahora, en la presente invención, cambiando la cantidad de alimentación de hidrocarburos y el tiempo de inyección de la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, el periodo de amplitud ΔH y de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos se controla para pasar a ser los valores óptimos según el estado de funcionamiento de motor. En este caso, en esta realización de la presente invención, la cantidad de alimentación de hidrocarburos W que puede dar la amplitud óptima ΔH de la concentración de hidrocarburos se almacena como función de la cantidad de inyección Q desde el inyector 3 de combustible y la velocidad de motor N en forma de un mapa tal como se muestra en la figura 16 de antemano en la ROM 32. Además, la amplitud de vibración óptima ΔT de la concentración de hidrocarburos, es decir, el periodo de inyección ΔT de los hidrocarburos, se almacena de manera similar como función de la cantidad de inyección Q y la velocidad de motor N en forma de un mapa de antemano en la ROM 32.

A continuación, con referencia a de la figura 17 a la figura 20, se explicará en detalle un método de purificación de NO_x en el caso en el que el catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace funcionar como un catalizador de almacenamiento de NO_x . El método de purificación de NO_x en el caso en el que el catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace funcionar como un catalizador de almacenamiento de NO_x de este modo se denominará a continuación como el segundo método de purificación de NO_x .

En este segundo método de purificación de NO_x , tal como se muestra en la figura 17, cuando la cantidad de NO_x almacenado ΣNO_x que está almacenado en la capa 53 básica supera una cantidad permisible predeterminada MAX , la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$ de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14a de lado aguas arriba se hace temporalmente rica. Si la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$ de los gases de escape se hace rica, el NO_x que estaba almacenado en la capa 53 básica cuando la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$ de los gases de escape era pobre se libera de la capa 53 básica todo de una vez y se reduce. Debido a esto, se elimina el NO_x .

La cantidad de NO_x almacenado ΣNO_x se calcula, por ejemplo, a partir de la cantidad de NO_x que se expulsa del motor. En esta realización según la presente invención, la cantidad de NO_x expulsado NO_x de NO_x que se expulsa del motor por unidad de tiempo se almacena como función de la cantidad de inyección Q y la velocidad de motor N en forma de un mapa tal como se muestra en la figura 18 de antemano en la ROM 32. La cantidad de NO_x almacenado ΣNO_x se calcula a partir de la cantidad de NO_x expulsado NO_x . En este caso, tal como se explicó anteriormente, el periodo en el que la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$ de los gases de escape se hace rica es habitualmente de 1 minuto o más.

En este segundo método de purificación de NO_x , tal como se muestra en la figura 19, el inyector 3 de combustible inyecta combustible adicional WR al interior de la cámara 2 de combustión además del combustible para su uso en combustión Q de modo que la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$ de los gases de escape que fluyen al catalizador 14a de lado aguas arriba se hace rica. Obsérvese que, en la figura 19, la abscisa indica el ángulo del cigüeñal. Este combustible adicional WR se inyecta en un tiempo en el que se quemará, pero no aparecerá como salida de motor, es decir, ligeramente antes de $\text{ATDC}90^\circ$ después del centro de punto muerto de compresión. Esta cantidad de combustible WR se almacena como función de la cantidad de inyección Q y la velocidad de motor N en forma de un

mapa tal como se muestra en la figura 20 de antemano en la ROM 32. Evidentemente, en este caso, también es posible hacer aumentar la cantidad de alimentación de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos para hacer la relación aire-combustible (A/F)in de los gases de escape rica.

5 La figura 21A muestra una vista aumentada del entorno del catalizador 13 de purificación de gases de escape de la figura 1a. Además, la figura 21B es una vista para explicar las funciones del catalizador 13 de purificación de gases de escape según la presente invención mostrado en la figura 21A.

10 Ahora, tal como se explicó anteriormente, para producir el producto intermedio reductor, tiene que hacerse que la relación aire-combustible (A/F)in de los gases de escape que fluyen al interior el catalizador 13 de purificación de gases de escape sea la relación aire-combustible mínima demandada X o menos. En este caso, tal como se muestra en la figura 21B, si una parte 55 de sección transversal aumentada del conducto de escape se forma delante del catalizador 13 de purificación de gases de escape, el flujo de los gases de escape se alterará en el interior de esta parte 55 de sección transversal aumentada, de modo que los hidrocarburos que se inyectan desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos terminarán difundiéndose en la dirección radial y la dirección del flujo. Como resultado, la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 13 de purificación de gases de escape terminará desplazándose en gran medida hacia el lado pobre de la relación aire-combustible en el interior de la tubería 12 de gases de escape. Por tanto, en este caso, para hacer que la relación aire-combustible (A/F)in de los gases de escape que fluyen al interior el catalizador 13 de purificación de gases de escape sea la relación aire-combustible mínima demandada X o menos, se requiere que se alimente una gran cantidad de hidrocarburos.

20 En la presente invención, para reducir la cantidad de alimentación de hidrocarburos requerida para hacer que la relación aire-combustible (A/F)in de los gases de escape sea la relación aire-combustible mínima demandada X o menos, tal como se muestra en la figura 21A, el catalizador 13 de purificación de gases de escape está compuesto por el catalizador 14a de lado aguas arriba y catalizador 14b de lado aguas abajo dispuestos en serie con un intervalo entre sí, y el catalizador 14a de lado aguas arriba tiene un área de sección transversal más pequeña que el catalizador 14b' de lado aguas abajo. Si se hace que el área de sección transversal del catalizador 14a de lado aguas arriba sea más pequeña de este modo, el grado de difusión de los hidrocarburos alimentados en los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14a de lado aguas arriba pasa a ser más débil, de modo que se hace posible reducir la cantidad de alimentación de los hidrocarburos requerida para hacer que la relación aire-combustible (A/F)in de los gases de escape sea la relación aire-combustible mínima demandada X o menos.

30 Obsérvese que, si se hace que el diámetro del catalizador 13 de purificación de gases de escape en su totalidad sea más pequeño, será necesario hacer mayor la longitud total del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Como resultado, en el lado aguas abajo del catalizador, surgirá el problema de que disminuye en gran medida la temperatura del catalizador. No sólo eso, surgirá el problema de que aumenta en gran medida de la resistencia de escape. Por tanto, en la presente invención, para impedir que surjan estos problemas, el diámetro del catalizador 14b de lado aguas abajo se hace más grande y, tal como se muestra en la figura 21A, se forma una parte 56 de sección transversal aumentada del conducto de escape entre el catalizador 14a de lado aguas arriba y el catalizador 14b de lado aguas abajo.

35 Es decir, en la presente invención, no tiene que hacerse que la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al catalizador 14b de lado aguas abajo sea la relación aire-combustible mínima demandada X o menos. Para producir NO_x^* , es decir, para aumentar la tasa de purificación de NO_x , es necesario mantener pobre la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14b de lado aguas abajo. Por tanto, tal como se muestra en la figura 21A, puede decirse que es preferible formar la parte 56 de sección transversal aumentada entre el catalizador 14a de lado aguas arriba y el catalizador 14b de lado aguas abajo.

40 Por otra parte, para impedir la difusión de los hidrocarburos que se inyectan desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, es necesario impedir la alteración del flujo de gases de escape que fluyen al catalizador 14a de lado aguas arriba tanto como sea posible. Por tanto, en esta realización según la presente invención, tal como se muestra en la figura 21A, se forma el conducto de escape del motor entre la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos y el catalizador 14a de lado aguas arriba en el interior de la tubería 12 de gases de escape que se extiende en línea recta. En este caso, para impedir además que los hidrocarburos alimentados se difundan, tal como se muestra en la figura 21A, es preferible ajustar el catalizador 14a de lado aguas arriba en el interior de la tubería 12 de gases de escape de un diámetro constante.

45 Obsérvese que, en la presente invención, el catalizador 14a de lado aguas arriba puede estar compuesto por un catalizador de oxidación, y puede realizarse sólo una acción de oxidación parcial de hidrocarburos, es decir, sólo una acción de reformado los hidrocarburos en el catalizador 14a de lado aguas arriba. En este caso, se realizan la producción del producto intermedio reductor y la acción de purificación del NO_x en el catalizador 14b de lado aguas abajo. Por tanto, en la presente invención, el catalizador 14a de lado aguas arriba tiene un área de sección transversal más pequeña que el catalizador 14b de lado aguas abajo y tiene la función de al menos reformar los hidrocarburos que se alimentan desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos.

Además, en la presente invención, como catalizador 14b de lado aguas abajo, por ejemplo, es posible usar un catalizador de purificación de NO_x en el que se porta un metal que tiene una fuerza de oxidación más baja que un metal precioso sobre un soporte de catalizador. En este catalizador de purificación de NO_x , por ejemplo, el soporte de catalizador está compuesto por alúmina o zeolita, mientras que el metal que se porta sobre este soporte de catalizador está compuesto por al menos un metal de transición seleccionado de plata Ag, cobre Cu, hierro Fe, vanadio V, molibdeno Mo, cobalto Co, níquel Ni y manganeso Mn. Por tanto, en la presente invención, se portan catalizadores 51 y 52 de metales preciosos sobre la superficie de flujo de gases de escape de al menos un catalizador del catalizador 14a de lado aguas arriba y el catalizador 14b de lado aguas abajo, y se forma una parte 54 superficial de flujo de gases de escape básica alrededor de los catalizadores 51 y 52 de metales preciosos.

Ahora, se realiza la reacción de oxidación de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 14a de lado aguas arriba de la manera más activa en el extremo aguas arriba del catalizador 14a de lado aguas arriba. Por tanto, en el catalizador 14a de lado aguas arriba, la temperatura del extremo aguas arriba pasa a ser la más alta. Si la temperatura del extremo aguas arriba del catalizador 14a de lado aguas arriba pasa a ser alta, el NO_x^* activo producido empezará a desorberse y como resultado la cantidad de producción del producto intermedio reductor empezará a disminuir, de modo que la tasa de purificación de NO_x empezará a disminuir. Es decir, la temperatura TCA del extremo aguas arriba del catalizador 14a de lado aguas arriba tiene una temperatura límite predeterminada TC_{max} más allá de la cual se produce una disminución en la tasa de purificación de NO_x . Esta temperatura límite TC_{max} es de aproximadamente 500°C .

Por tanto, en esta realización según la presente invención, cuando la temperatura TCA del extremo aguas arriba del catalizador 14a de lado aguas arriba supera la temperatura límite predeterminada TC_{max} más allá de la cual se produce una disminución en la tasa de purificación de NO_x , se reduce la temperatura TCA del extremo aguas arriba del catalizador 14a de lado aguas arriba. Un método para reducir la temperatura TCA del extremo aguas arriba del catalizador 14a de lado aguas arriba es el método de aumentar la cantidad de hidrocarburos alimentados para hacer que la atmósfera en el catalizador 14a de lado aguas arriba sea rica. Si se hace que la atmósfera en el catalizador 14a de lado aguas arriba sea rica, se suprime la reacción de oxidación y el calor de evaporación de los hidrocarburos alimentados produce que la temperatura TCA del extremo aguas arriba del catalizador 14a de lado aguas arriba disminuya.

Además, otros métodos de reducir la temperatura TCA del extremo aguas arriba del catalizador 14a de lado aguas arriba son prolongar el periodo de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 14a de lado aguas arriba, es decir, prolongar el periodo de inyección de los hidrocarburos, o detener la alimentación de hidrocarburos. En la presente invención, se usa cualquiera de estos métodos.

La figura 22 muestra la rutina de control de purificación de NO_x . Esta rutina se ejecuta mediante interrupción de cada cierto tiempo constante.

Haciendo referencia a la figura 22, en primer lugar, en la etapa 60, se evalúa a partir de la señal de salida del sensor 23 de temperatura si la temperatura TC del catalizador 14a de lado aguas arriba supera la temperatura de activación TX. Cuando $\text{TC} \geq \text{TX}$, es decir, cuando se activa el catalizador 14a de lado aguas arriba, la rutina continúa a la etapa 61 en la que se evalúa a partir de la señal de salida del sensor 23 de temperatura si la temperatura TCA del extremo aguas arriba del catalizador 14a de lado aguas arriba supera la temperatura límite predeterminada TC_{max} más allá de la cual se produce una disminución en la tasa de purificación de NO_x . Cuando $\text{TCA} < \text{TC}_{\text{max}}$, se evalúa que debe usarse el primer método de purificación de NO_x . En este momento, la rutina continúa a la etapa 62. En la etapa 62, se realiza el control de alimentación de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos. En este momento, se realiza la acción de purificación NO_x mediante el primer método de purificación de NO_x .

Por otra parte, cuando se evalúa en la etapa 61 que $\text{TCA} \geq \text{TC}_{\text{max}}$, la rutina continúa a la etapa 63 en la que se realiza un procesamiento de disminución de temperatura en el que se hace que disminuya la temperatura TCA del extremo aguas arriba del catalizador 14a de lado aguas arriba. Por ejemplo, se eleva la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 14a de lado aguas arriba de manera que cuando la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14a de lado aguas arriba es pobre, se hace que la relación aire-combustible de los gases de escape pase a ser rica, mientras que cuando la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior del catalizador 14a de lado aguas arriba es rica, se hace que la relación aire-combustible de los gases de escape pase a ser aún más rica. Alternativamente, el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos que fluyen al interior del catalizador 14a de lado aguas arriba se hace más largo o se detiene la alimentación de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos.

Por otra parte, cuando se evalúa en la etapa 60 que $\text{TC} < \text{TX}$, se evalúa que debe usarse el segundo método de purificación de NO_x , entonces la rutina continúa a la etapa 64. En la etapa 64, la cantidad de NO_x del NO_x expulsado por unidad de tiempo se calcula a partir del mapa mostrado en la figura 18. A continuación, en la etapa 65, se aumenta ΣNO_x mediante la cantidad de NO_x expulsado NOXA para calcular la cantidad de NO_x almacenado ΣNO_x . A continuación, en la etapa 66, se evalúa si la cantidad de NO_x almacenado ΣNO_x supera el valor permisible MAX. Cuando $\Sigma \text{NO}_x > \text{MAX}$, la rutina continúa a la etapa 67 en la que se calcula la cantidad de combustible adicional

WR a partir del mapa mostrado en la figura 20 y se realiza una acción de inyección del combustible adicional. A continuación, en la etapa 68, se borra ΣNO_x .

Lista de números de referencia

- 5 4 .. colector de admisión
- 5 .. colector de gases de escape
- 10 7 .. turbocompresor de gases de escape
- 12 .. tubería de gases de escape
- 15 13 .. catalizador de purificación de gases de escape
- 14a .. catalizador de lado aguas arriba
- 14b .. catalizador de lado aguas abajo
- 20 15 .. válvula de alimentación de hidrocarburos

REIVINDICACIONES

1. Sistema de purificación de gases de escape 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, una combinación de catalizadores de purificación de gases de escape para hacer reaccionar NO_x contenido en gases de escape e hidrocarburos reformados está dispuesta en el interior del conducto de escape del motor aguas abajo de la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos, la combinación de catalizadores de purificación de gases de escape está compuesta por un catalizador (14a) de lado aguas arriba y un catalizador (14b) de lado aguas abajo dispuestos en serie con un intervalo entre sí, el catalizador (14a) de lado aguas arriba tiene un área de sección transversal más pequeña que el catalizador (14b) de lado aguas abajo y tiene una función de al menos reformar hidrocarburos que se alimentan desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos, se porta un catalizador (51, 52) de metales preciosos sobre una superficie de flujo de gases de escape de al menos un catalizador del catalizador (14a) de lado aguas arriba y el catalizador (14b) de lado aguas abajo y se forma una parte (54) superficial de flujo de gases de escape básica alrededor del catalizador (51, 52) de metales preciosos, la combinación de catalizadores de purificación de gases de escape reduce el NO_x que está contenido en gases de escape si se hace vibrar una concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador (14a) de lado aguas arriba dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de periodo y aumenta una cantidad almacenada de NO_x que está contenido en gases de escape si el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace más largo que el intervalo predeterminado, y, en el momento de funcionamiento de motor, se hace vibrar la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador (14a) de lado aguas arriba dentro de dicho intervalo predeterminado de amplitud y dentro de dicho intervalo predeterminado de periodo para reducir de ese modo NO_x que está contenido en gases de escape en el catalizador de purificación de gases de escape, caracterizado porque se hacen reaccionar el NO_x contenido en gases de escape e hidrocarburos reformados en el interior de la combinación de catalizadores de purificación de gases de escape mediante lo cual se produce un producto intermedio reductor que contiene nitrógeno e hidrocarburos, y un periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos es un periodo de vibración requerido para la producción continuada del producto intermedio reductor, en el que el periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos es de 0,3 segundos a 5 segundos.
2. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que se forma el conducto de escape del motor entre dicha válvula (15) de alimentación de hidrocarburos y dicho catalizador (14a) de lado aguas arriba en el interior de una tubería (12) de gases de escape que se extiende en línea recta.
3. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que cuando una temperatura (TCA) de un extremo aguas arriba de dicho catalizador (14a) de lado aguas arriba supera una temperatura límite predeterminada (TC_{max}) más allá de la cual se produce una disminución en una tasa de purificación de NO_x , para reducir la temperatura del extremo aguas arriba de dicho catalizador (14a) de lado aguas arriba, se eleva la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador (14a) de lado aguas arriba de manera que se hace que una relación aire-combustible de los gases de escape sea rica cuando la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior el catalizador (14a) de lado aguas arriba es pobre y se hace que la relación aire-combustible de los gases de escape sea más rica cuando la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen al interior el catalizador (14a) de lado aguas arriba es rica.
4. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que cuando una temperatura (TCA) de un extremo aguas arriba de dicho catalizador (14a) de lado aguas arriba supera una temperatura límite predeterminada (TC_{max}) más allá de la cual se produce una disminución en una tasa de purificación de NO_x , para reducir la temperatura del extremo aguas arriba de dicho catalizador (14a) de lado aguas arriba, un periodo de vibración de la concentración de hidrocarburos que fluyen al catalizador (14a) de lado aguas arriba se hace más largo o se detiene una alimentación de hidrocarburos desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos.
5. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que dicho catalizador (51, 52) de metales preciosos está compuesto por platino Pt y al menos uno de rodio Rh y paladio Pd.
6. Sistema de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna según la reivindicación 1, en el que se forma una capa (53) básica que contiene un metal alcalino, un metal alcalinotérreo, una tierra rara, o un metal que puede donar electrones a NO_x sobre la superficie de flujo de gases de escape de la combinación de catalizadores de purificación de gases de escape y en el que una superficie de dicha capa (53) básica forma dicha parte (54) superficial de flujo de gases de escape básica.

Fig.1

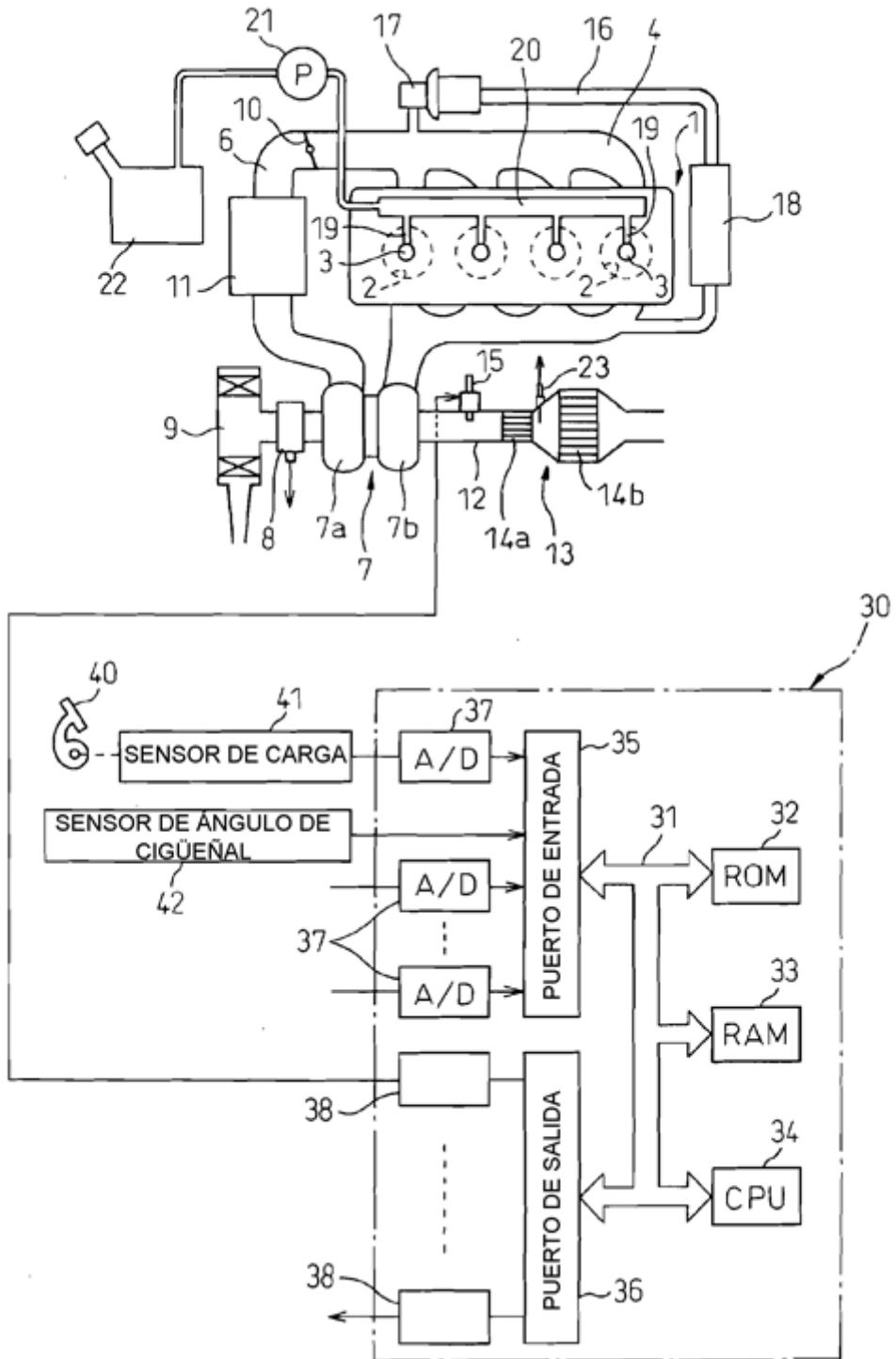


Fig.2

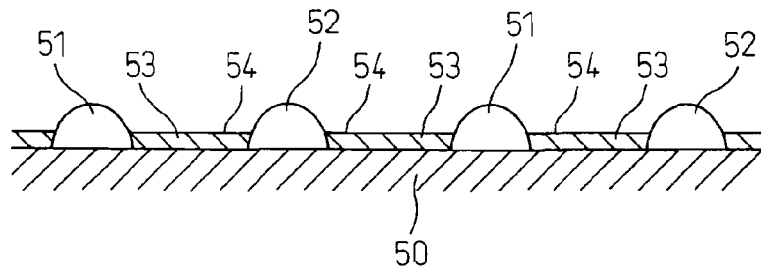


Fig.3

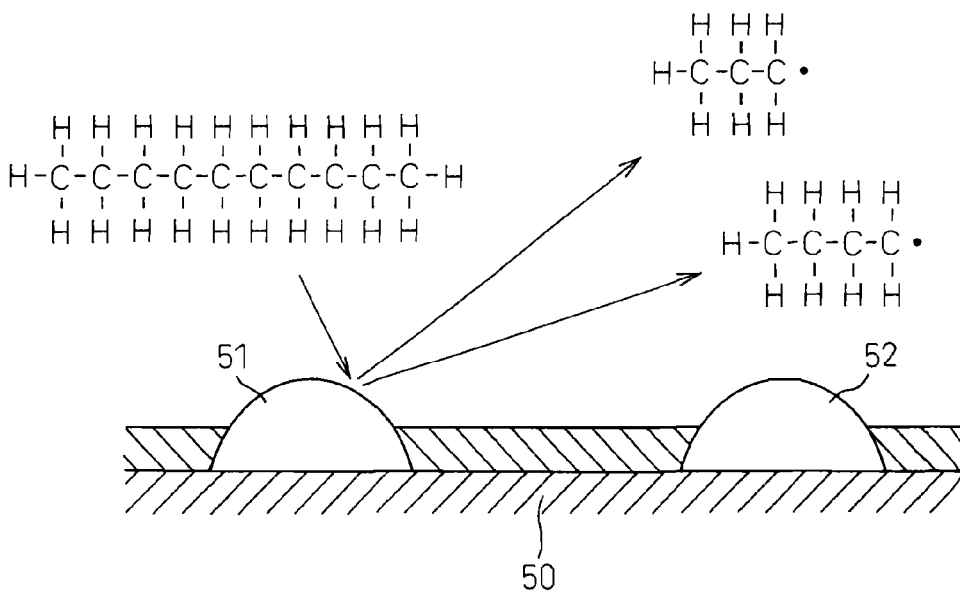


Fig.4

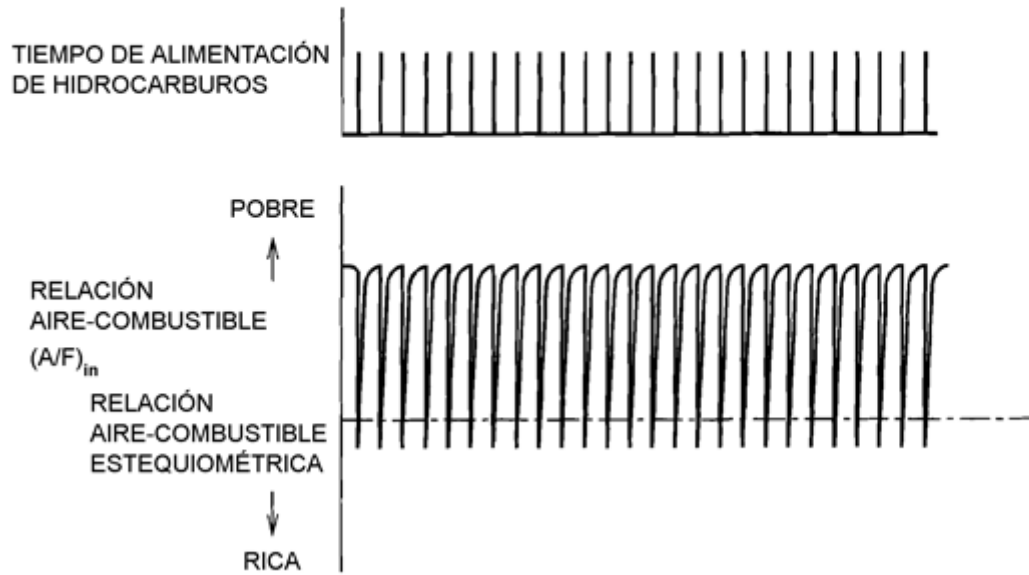


Fig.5

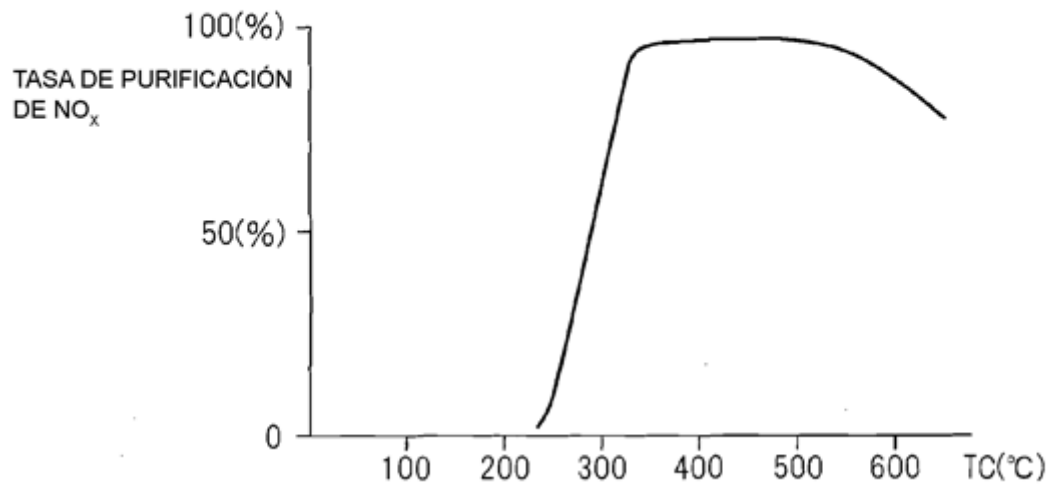


Fig.6A

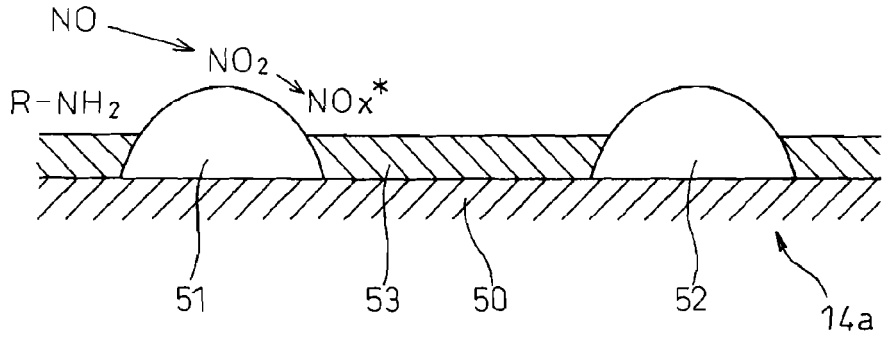


Fig.6B

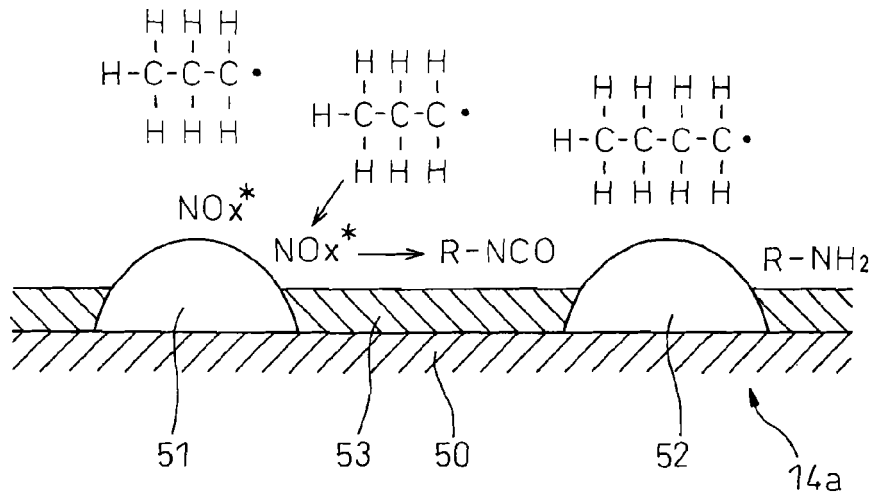


Fig.6C

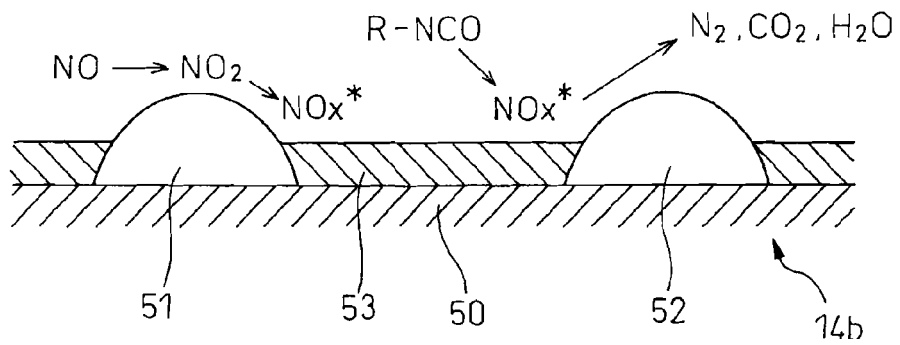


Fig.7A

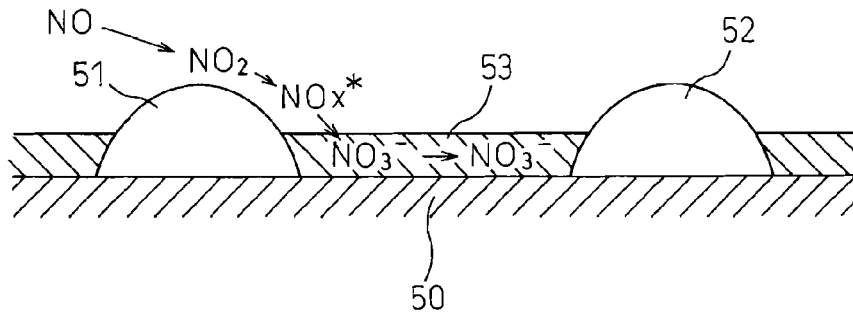


Fig.7B

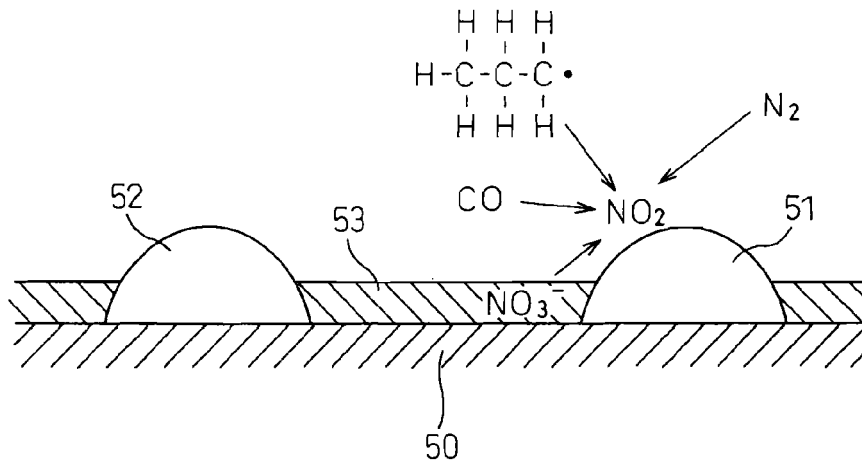


Fig.8

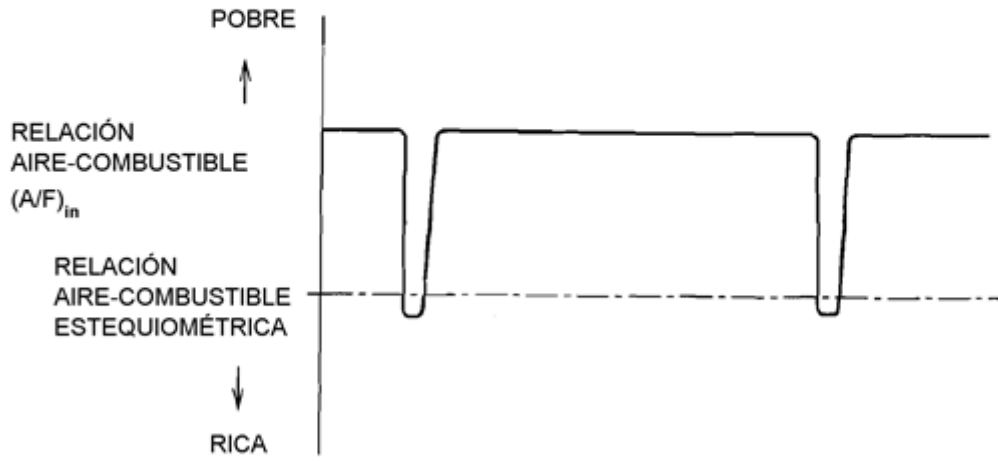


Fig.9

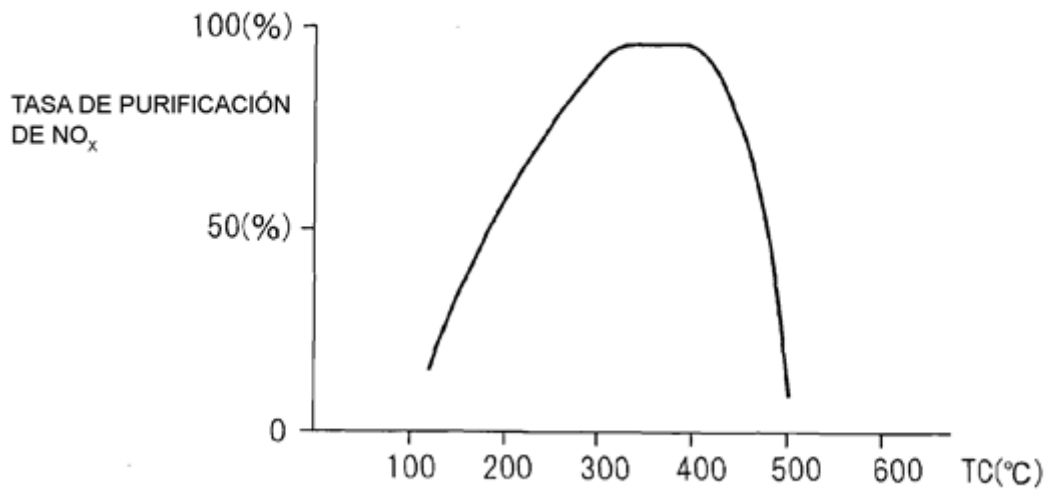


Fig.10

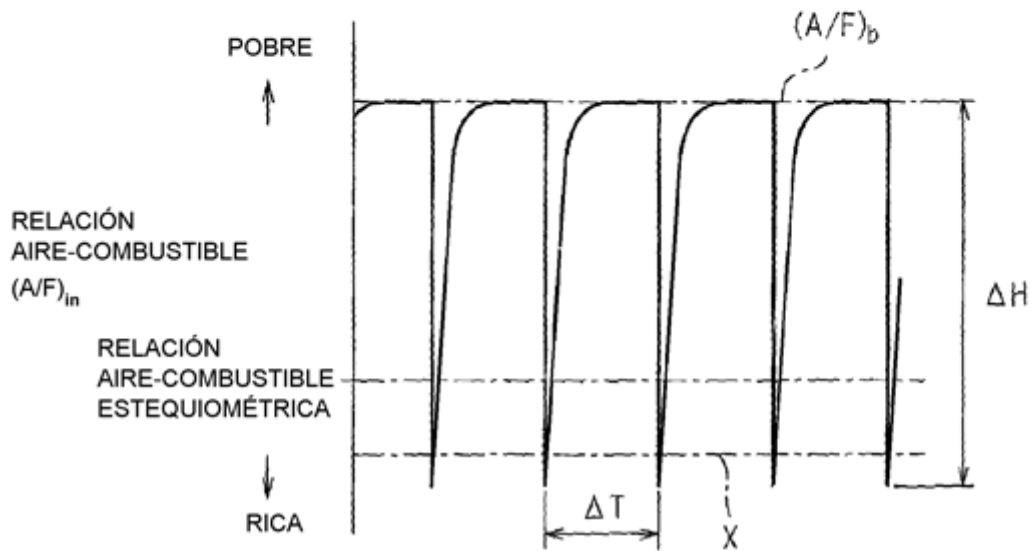


Fig.11

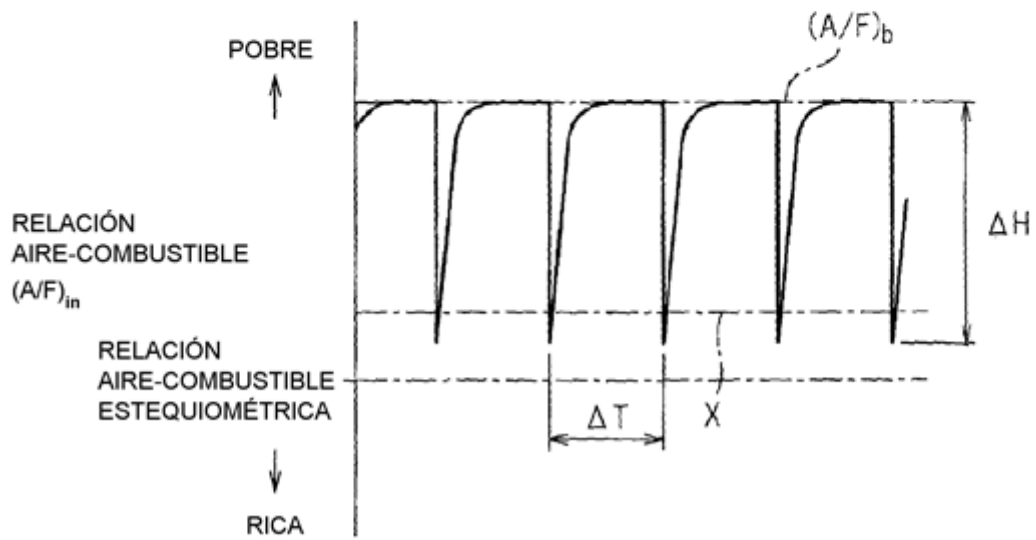


Fig.12

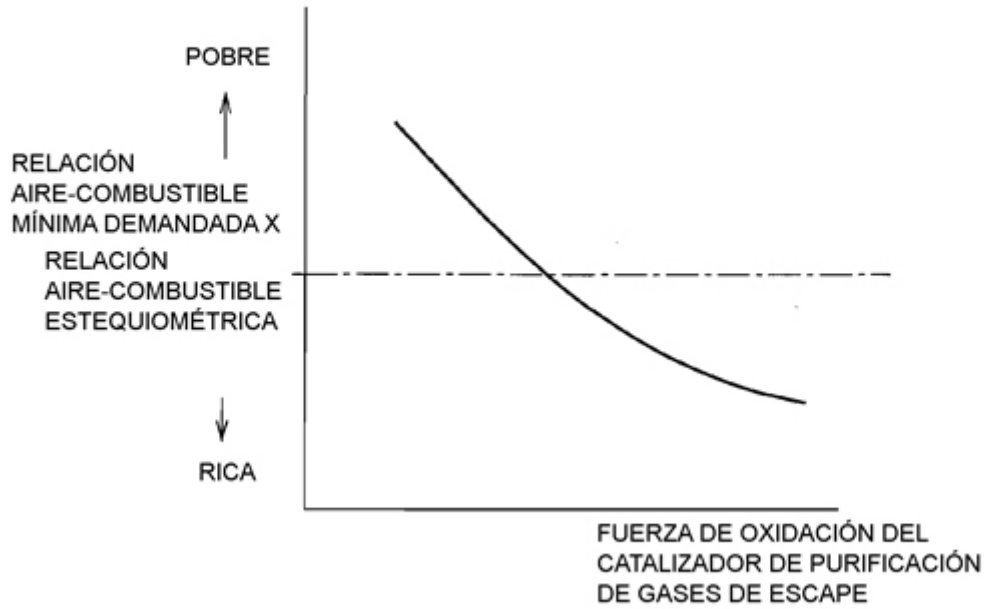


Fig.13

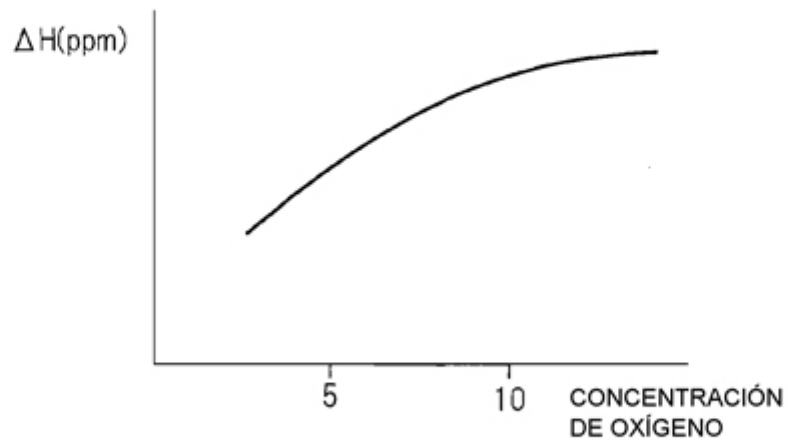


Fig.14

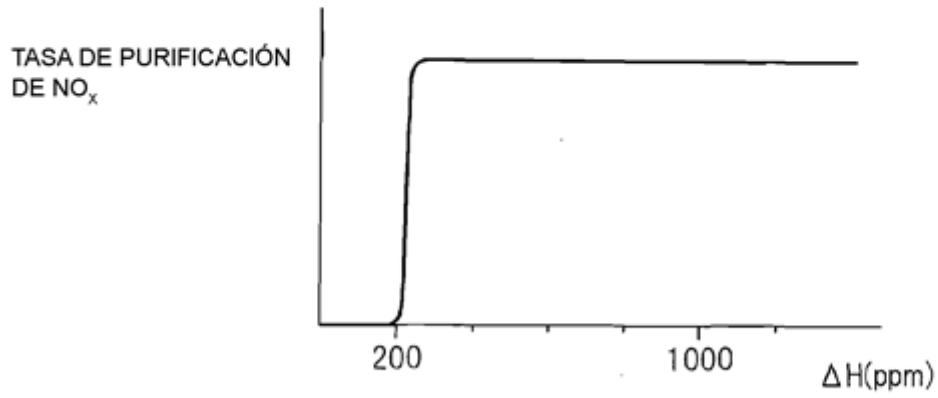


Fig.15

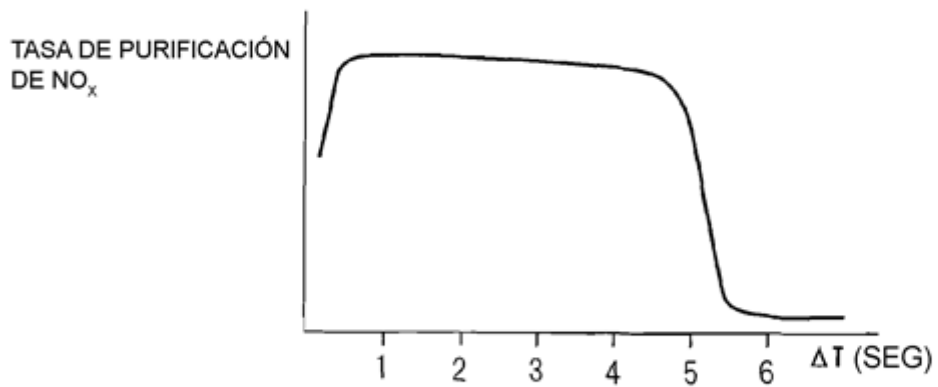


Fig.16

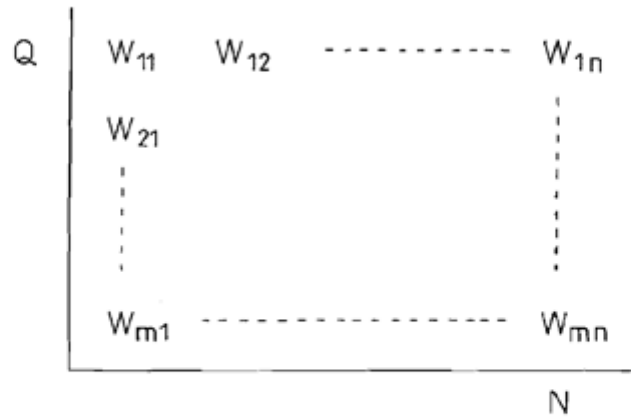


Fig.17

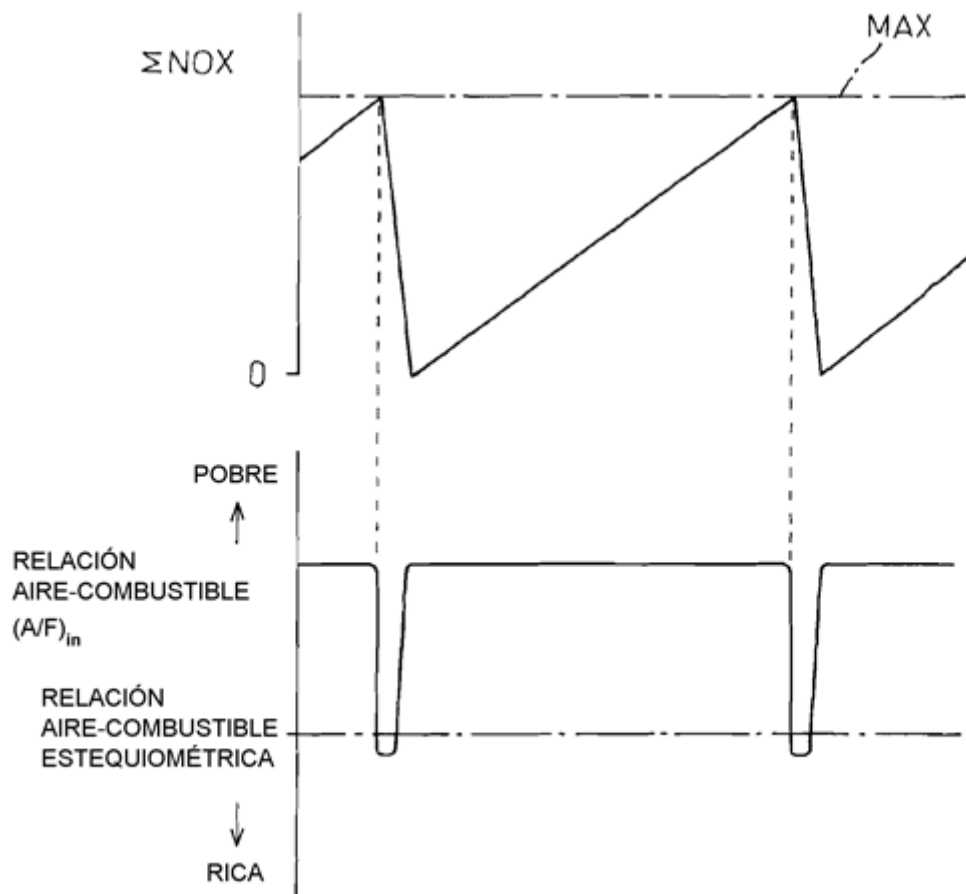


Fig.18

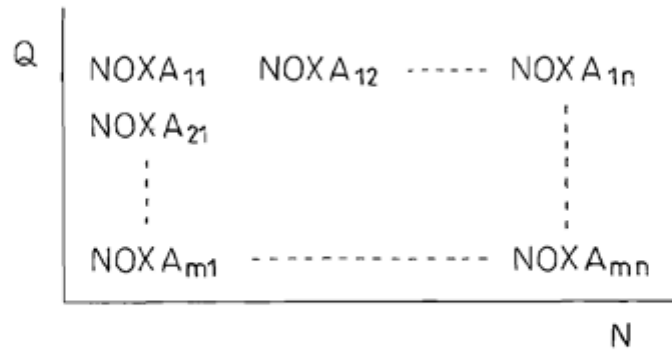


Fig.19

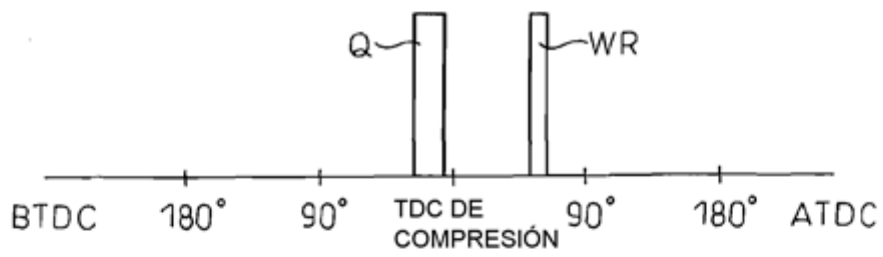


Fig.20

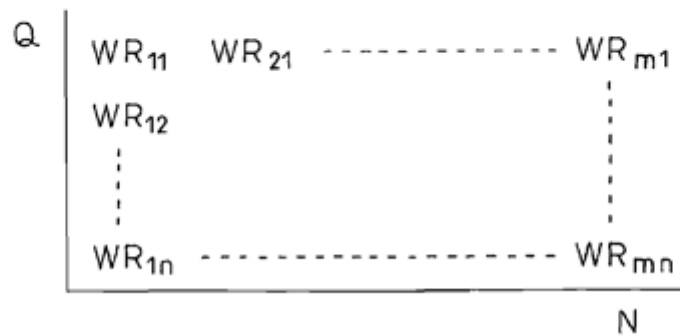


Fig.21A

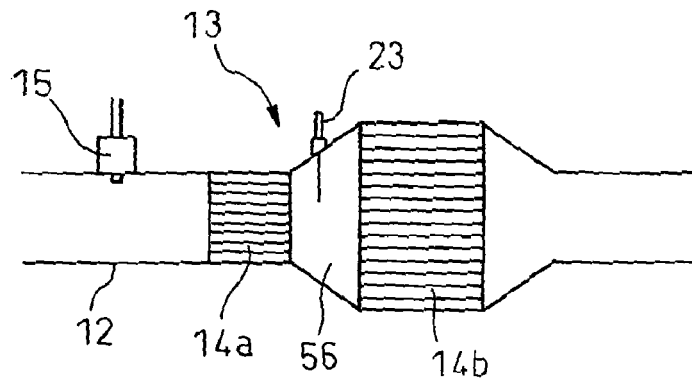


Fig.21B

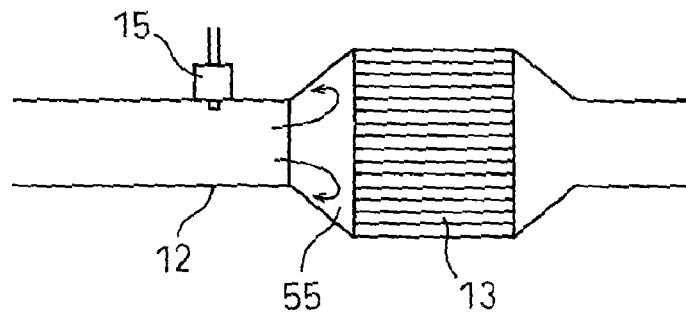


Fig.22

