

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 776 981**

51 Int. Cl.:

F01N 3/08 (2006.01)

F01N 3/02 (2006.01)

F01N 3/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.12.2010 PCT/JP2010/073645**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.06.2012 WO12086093**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2010 E 10849615 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2020 EP 2495410**

54 Título: **Método de purificación de los gases de escape para un motor de combustión interna**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.08.2020

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

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

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

ES 2 776 981 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método de purificación de los gases de escape para un motor de combustión interna

Campo técnico

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

Antecedentes de la técnica

10 En la técnica se conoce un motor de combustión interna que dispone, en un tubo de escape del motor, un catalizador de almacenamiento de NO_x que almacena el NO_x que está contenido en el gas de escape cuando la relación aire-combustible del gas de escape entrante es pobre y que libera el NO_x almacenado cuando la relación aire-combustible del gas de escape entrante se enriquece, que dispone, en el tubo de escape del motor aguas arriba del catalizador de almacenamiento de NO_x, un catalizador de oxidación que tiene una función de adsorción, y que alimenta hidrocarburos al tubo de escape del motor aguas arriba del catalizador de oxidación para enriquecer la relación aire-combustible del gas de escape que fluye hacia el catalizador de almacenamiento de NO_x cuando se libera NO_x del catalizador de almacenamiento de NO_x (por ejemplo, véase la Bibliografía de Patente 1).

15 En este motor de combustión interna, los hidrocarburos que se alimentan cuando se libera NO_x del catalizador de almacenamiento de NO_x se hacen 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.

20 En la técnica se conoce un catalizador de purificación de gases de escape que consiste en un soporte de catalizador fabricado de alúmina sobre el cual se reviste en forma de una sola capa el catalizador de oxidación opcionalmente mezclado con componentes adicionales (véase la Bibliografía de Patente 2). No obstante, en este sistema el catalizador de oxidación no puede formar y adsorber ningún intermediario reductor para obtener una alta tasa de purificación de NO_x.

25 En la técnica también se conoce el método de purificación de NO_x en el que el catalizador de purificación de los gases de escape funciona como un catalizador de almacenamiento de NO_x (véase la Bibliografía de Patente 3). En este sistema, no se puede obtener una alta relación de purificación de NO_x cuando la temperatura del catalizador es alta.

Lista de citas de la bibliografía de patentes

Bibliografía de Patente 1: Patente Japonesa No. 3969450

Bibliografía de Patente 2: Documento US 2004/0050037 A1

30 Bibliografía de Patente 3: Documento EP 2 063 078 A1

Sumario de la invención

Problema técnico

Sin embargo, existe el problema de que cuando el catalizador de almacenamiento de NO_x alcanza una temperatura alta, la tasa de purificación de NO_x cae.

35 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 incluso si la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape se vuelve alta.

Solución al problema

40 De acuerdo con la presente invención, se proporciona, según la reivindicación 1, un método 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 dentro de un tubo de escape del motor, se dispone un catalizador de purificación de gases de escape para hacer reaccionar el NO_x contenido en los gases de escape y los hidrocarburos reformados dentro del tubo de escape del motor aguas abajo de la válvula de alimentación de hidrocarburos, se soporta un catalizador basado en metales preciosos sobre una superficie de flujo de gases de escape del catalizador de purificación de gases escape y se forma una parte básica en la superficie de flujo de gases de escape alrededor del catalizador basado en metales preciosos, el catalizador de purificación de gases de escape tiene la propiedad de reducir el NO_x contenido en los gases de escape si una concentración de hidrocarburos que fluye hacia el catalizador de purificación de gases de escape se hace vibrar dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de período y tiene la propiedad de ser incrementado en la cantidad de almacenamiento de NO_x que está contenida en los gases de escape si el período de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace más largo que el intervalo predeterminado, y, en el momento del funcionamiento del motor, se controla al menos

5 uno del tiempo de inyección y la presión de inyección de hidrocarburos de la válvula de alimentación de hidrocarburos de modo que la amplitud del cambio de concentración de hidrocarburos que fluye hacia el catalizador de purificación de los gases de escape se encuentre dentro del intervalo de amplitud predeterminado anteriormente mencionado, se controla el período de inyección de hidrocarburos desde la válvula de alimentación de hidrocarburos de modo que la
 10 concentración de hidrocarburos que fluye hacia el catalizador de purificación de los gases de escape vibre dentro del intervalo de período predeterminado mencionado anteriormente, cuando sólo se controla el tiempo de inyección de hidrocarburos, el tiempo de inyección de hidrocarburos bajo el mismo estado de funcionamiento del motor se hace más largo cuanto mayor es la temperatura del catalizador de purificación de los gases de escape, y cuando se controla la presión de inyección de hidrocarburos, la presión de inyección de hidrocarburos bajo el mismo estado de funcionamiento del motor se hace mayor cuanto mayor sea la temperatura del catalizador de purificación de los gases de escape.

Efectos ventajosos de la invención

Incluso si la temperatura del catalizador de purificación de los gases de escape llega a ser alta, se puede obtener una alta tasa de purificación de NO_x.

15 **Breve descripción de los dibujos**

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

La Fig. 2 es una vista que muestra esquemáticamente una parte de la superficie de un soporte de catalizador.

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

20 La Fig. 4 es una vista que muestra un cambio de una relación aire-combustible del gas de escape que fluye hacia un catalizador de purificación de gases de escape.

La Fig. 5 es una vista que muestra una tasa de purificación de NO_x.

Las Figs. 6A y 6B son vistas para explicar una reacción de oxidación-reducción en un catalizador de purificación de gases de escape.

25 Las Figs. 7A y 7B son vistas para explicar una reacción de oxidación-reducción en un catalizador de purificación de gases de escape.

La Fig. 8 es una vista que muestra un cambio de una relación aire-combustible de gas de escape que fluye hacia un catalizador de purificación de gases de escape.

La Fig. 9 es una vista de una tasa de purificación de NO_x.

30 La Fig. 10 es un gráfico de tiempo que muestra un cambio en la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen hacia un catalizador de purificación de gases de escape.

La Fig. 11 es un gráfico de tiempo que muestra un cambio de una relación de aire-combustible del gas de escape que fluye hacia un catalizador de purificación de gases de escape.

La Fig. 12 es una vista que muestra una relación entre la resistencia a la oxidación de un catalizador de purificación de gases de escape y una relación mínima de aire-combustible X demandada.

35 La Fig. 13 es una vista que muestra una relación entre una concentración de oxígeno en el gas de escape y una amplitud ΔH de una concentración de hidrocarburos que proporciona la misma tasa de purificación de NO_x.

La Fig. 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.

40 La Fig. 15 es una vista que muestra una relación de un período de vibración ΔT de una concentración de hidrocarburos y una tasa de purificación de NO_x.

La Fig. 16 es una vista que muestra un cambio en la relación aire-combustible del gas de escape que fluye hacia el catalizador de purificación de gases de escape, etc.

La Fig. 17 es una vista que muestra un mapa de una cantidad NOXA agotada de NO_x.

La Fig. 18 es una vista que muestra un tiempo de inyección de combustible.

45 La Fig. 19 es una vista que muestra un mapa de una cantidad WR de alimentación de hidrocarburos.

La Fig. 20 es una vista que muestra los cambios de un patrón de inyección de hidrocarburos desde una válvula de alimentación de hidrocarburos, una concentración de hidrocarburos en el gas de escape que fluye hacia el catalizador de purificación de gases de escape, etc.

La Fig. 21 es una vista que muestra la temperatura del catalizador de purificación de gases de escape.

- 5 La Fig. 22 es una vista que muestra los cambios de un patrón de inyección de hidrocarburos desde una válvula de alimentación de hidrocarburos y una concentración de hidrocarburos en el gas de escape que fluye hacia el catalizador de purificación de gases de escape.

10 La Fig. 23 es una vista que muestra los cambios de un patrón de inyección de hidrocarburos desde una válvula de alimentación de hidrocarburos y una concentración de hidrocarburos en el gas de escape que fluye hacia el catalizador de purificación de gases de escape.

La Fig. 24 es una vista que muestra los cambios de un patrón de inyección de hidrocarburos desde una válvula de alimentación de hidrocarburos y una concentración de hidrocarburos en el gas de escape que fluye hacia el catalizador de purificación de gases de escape.

La Fig. 25A y la Fig. 25B son vistas que muestran un tiempo de inyección de hidrocarburos.

- 15 La Fig. 26 es una vista que muestra los cambios de un patrón de inyección de hidrocarburos desde una válvula de alimentación de hidrocarburos y una concentración de hidrocarburos en el gas de escape que fluye hacia el catalizador de purificación de gases de escape.

20 La Fig. 27 es una vista que muestra los cambios de un patrón de inyección de hidrocarburos desde una válvula de alimentación de hidrocarburos y una concentración de hidrocarburos en el gas de escape que fluye hacia el catalizador de purificación de gases de escape.

La Fig. 28 es una vista que muestra un valor de corrección K.

La Fig. 29 es un diagrama de flujo para el control de la purificación de NO_x.

25 La Fig. 30 es una vista que muestra los cambios de un patrón de inyección de hidrocarburos desde una válvula de alimentación de hidrocarburos y una concentración de hidrocarburos en el gas de escape que fluye hacia el catalizador de purificación de gases de escape.

La Fig. 31 es una vista que muestra los cambios de un patrón de inyección de hidrocarburos desde una válvula de alimentación de hidrocarburos y una concentración de hidrocarburos en el gas de escape que fluye hacia el catalizador de purificación de gases de escape.

Las Figs. 32A y 32B son vistas que muestran una presión de inyección de hidrocarburos.

- 30 Las Figs. 33A y 33B son vistas que muestran un tiempo de inyección de hidrocarburos.

La Fig. 34 es una vista que muestra los cambios de un patrón de inyección de hidrocarburos desde una válvula de alimentación de hidrocarburos y una concentración de hidrocarburos en el gas de escape que fluye hacia el catalizador de purificación de gases de escape.

La Fig. 35A y la Fig. 35B son vistas que muestran los valores de corrección KP y KT.

- 35 La Fig. 36 es un diagrama de flujo para el control de la purificación de NO_x.

Descripción de realizaciones

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

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

50 Por otra parte, el colector de escape 5 está conectado a una entrada de una turbina de escape 7b del turbocompresor de escape 7. La salida de la turbina de escape 7b está conectada a través de un tubo de escape 12 a una entrada de un catalizador 13 de purificación de gases de escape, mientras que una salida del catalizador 13 de purificación de

gases de escape está conectada a un filtro de partículas 14 para atrapar material particulado que está contenido en los gases de escape. Dentro del tubo de escape 12 aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape, se dispone una válvula 15 de alimentación de hidrocarburos para alimentar hidrocarburos compuestos de gasóleo u otro combustible utilizado como combustible para un motor de combustión interna del tipo de encendido por compresión. En el sistema mostrado en la Fig. 1, como hidrocarburos que se alimentan desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos se usa gasóleo. Adviértase que la presente invención también se puede aplicar a un motor de combustión interna del tipo de encendido por chispa en el que el combustible se quema bajo una relación aire-combustible pobre. En este caso, desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, se alimentan hidrocarburos compuestos de gasolina u otro combustible utilizado como combustible de un motor de combustión interna del tipo de encendido por chispa.

Como se muestra en la Fig. 1, la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos está conectada a una cámara 16 de combustible a alta presión que se llena con combustible a alta presión. Esta cámara 16 de combustible a alta presión se alimenta con combustible desde el interior del depósito de combustible 18 a través de una bomba de presurización 17. La presión del combustible dentro de la cámara 16 de combustible a alta presión se detecta mediante un sensor 19 de la presión del combustible. La bomba de presurización 17 se controla basándose en la señal de salida del sensor 19 de la presión del combustible de modo que la presión de combustible dentro de la cámara 16 de combustible a alta presión, es decir, la presión de inyección se convierte en la presión de inyección objetivo. Esta presión de inyección objetivo se mantiene a veces constante independientemente del estado de funcionamiento del motor, pero a veces se modifica según el estado de funcionamiento del motor.

Por otra parte, el colector de escape 5 y el colector de admisión 4 están conectados entre sí a través de un conducto 20 de recirculación de gases de escape (en lo sucesivo denominado "EGR"). Dentro del conducto 20 de EGR está dispuesta una válvula 21 de control de EGR controlada electrónicamente. Además, alrededor del conducto 20 de EGR, se dispone un dispositivo de enfriamiento 22 para enfriar el gas EGR que fluye a través del interior del conducto 20 de EGR. En el sistema mostrado en la Fig. 1, el agua de enfriamiento del motor es guiada hacia el interior del dispositivo de enfriamiento 22 donde el agua de enfriamiento del motor se usa para enfriar el gas EGR. Por otra parte, cada inyector 3 de combustible está conectado a través de un tubo 23 de alimentación de combustible a un riel común 24. Este riel común 24 está conectado al depósito de combustible 18 a través de una bomba 25 de combustible de descarga variable controlada electrónicamente. El combustible que se almacena dentro la bomba de combustible 25 alimenta el tanque de combustible 18 al interior del carril común 24. El combustible que se alimenta al interior del riel común 24 se alimenta a través de cada tubo 23 de alimentación de combustible al inyector de combustible 3.

Una unidad 30 de control electrónico está compuesta por una computadora digital provista de una ROM (memoria de solo lectura) 32, una RAM (memoria de acceso aleatorio) 33, una CPU (microprocesador) 34, un puerto de entrada 35 y un puerto de salida 36, que están conectados entre sí por un bus bidireccional 31. Aguas abajo del catalizador 13 de purificación de gases de escape se conecta un sensor 26 de temperatura para detectar la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Las señales de salida de este sensor 26 de temperatura, sensor 19 de la presión del combustible, y el detector 8 de la cantidad de aire de admisión se introducen a través de los convertidores AD 37 respectivamente correspondientes al puerto de entrada 35. Además, un pedal acelerador 40 tiene conectado a él un sensor de carga 41 que genera un voltaje de salida proporcional a la cantidad de depresión L del pedal acelerador 40. El voltaje de salida del sensor de carga 41 se introduce a través de un convertidor AD 37 correspondiente al puerto de entrada 35. Además, en el puerto de entrada 35, se conecta un sensor 42 de ángulo de cigüeñal que genera un pulso de salida cada vez que un cigüeñal gira, por ejemplo, 15°. Por otra parte, el puerto de salida 36 está conectado a través de los correspondientes circuitos de accionamiento 38 a cada inyector 3 de combustible, un motor paso a paso para accionar la válvula de mariposa 10, la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, la válvula 21 de control de EGR y la bomba 25 de combustible.

La Fig. 2 muestra esquemáticamente una parte de la superficie de un soporte de catalizador que es soportado sobre un sustrato del catalizador 13 de purificación de gases de escape. En este catalizador 13 de purificación de gases de escape, como se muestra en la Fig. 2, por ejemplo, se proporciona un soporte 50 de catalizador hecho de alúmina sobre el que se soportan los catalizadores 51 y 52 basados en metales preciosos. Además, sobre este soporte 50 de catalizador se forma una capa básica 53 que incluye al menos un elemento seleccionado de potasio K, sodio Na, cesio Cs, u otro metal alcalino, bario Ba, calcio Ca, u otro metal alcalinotérreo, un lantanoide u otra tierra rara y plata Ag, cobre Cu, hierro Fe, iridio Ir u otro metal capaz de donar electrones al NO_x. El gas de escape fluye a lo largo de la parte superior del soporte 50 del catalizador, por lo que se puede decir que los catalizadores 51 y 52 basados en metales preciosos son soportados sobre la superficie de flujo de los gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Además, la superficie de la capa básica 53 exhibe basicidad, por lo que la superficie de la capa básica 53 se denomina parte básica 54 de la superficie de flujo de gases de escape.

Por otra parte, en la Fig. 2, el catalizador 51 basado en metales preciosos está compuesto de platino Pt, mientras que el catalizador 52 basado en metales preciosos está compuesto de rodio Rh. Es decir, los catalizadores 51 y 52 basados en metales preciosos que están soportados sobre el soporte 50 del catalizador están compuestos de platino Pt y rodio Rh. Téngase en cuenta que, sobre el soporte 50 de catalizador del catalizador 13 de purificación de gases de escape, además de platino Pt y rodio Rh, puede soportarse adicionalmente paladio Pd o, en lugar del rodio Rh, puede soportarse paladio Pd. Es decir, los catalizadores 51 y 52 basados en metales preciosos que están soportados sobre el soporte 50 del catalizador están compuestos de platino Pt y al menos uno de rodio Rh y paladio Pd.

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

La Fig. 4 muestra la cadencia de alimentación de los hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos y el cambio en la relación aire-combustible (A/F)in del gas de escape que fluye hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape. Téngase en cuenta que los cambios en la relación aire-combustible (A/F)in dependen del cambio en la concentración de los hidrocarburos en el gas de escape que fluye hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape, por lo que se puede decir que el cambio en la relación aire-combustible (A/F)in mostrado en la Fig. 4 expresa el cambio en la concentración de los hidrocarburos. Sin embargo, si la concentración de hidrocarburos se hace más alta, la relación aire-combustible (A/F)in se vuelve más pequeña, entonces, en la Fig. 4, cuanto más rica es la relación aire-combustible (A/F)in, mayor es la concentración de hidrocarburos.

La Fig. 5 muestra la tasa de purificación de NO_x por el catalizador 13 de purificación de gases de escape con respecto a las temperaturas del catalizador del catalizador 13 de purificación de gases de escape cuando se cambia periódicamente la concentración de hidrocarburos que fluye hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape para que, como se muestra en la Fig. 4, hacer que cambie la relación aire-combustible (A/F)in del gas de escape que fluye hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape. Los inventores se ocuparon de la investigación relacionada con 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 hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de período, como se muestra en la Fig. 5, se obtiene una tasa de purificación de NO_x extremadamente alta incluso en una región de alta temperatura de 400°C o más.

Además, en este momento, una gran cantidad de intermedio reductor que contiene nitrógeno e hidrocarburos continúa reteniéndose o adsorbiéndose sobre la superficie de la capa básica 53, es decir, sobre la parte básica 54 de la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Se aprendió que este intermedio reductor juega un papel central en la obtención de una alta tasa de purificación de NO_x . A continuación, esto se explicará con referencia a las Figs. 6A y 6B. Téngase en cuenta que estas Figs. 6A y 6B muestran esquemáticamente la parte superficial del soporte 50 del catalizador del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Estas Figs. 6A y 6B muestran la reacción que se presume que ocurre cuando la concentración de hidrocarburos que fluye hacia el 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 período.

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

Ahora, como se comprenderá en la Fig. 4, la relación aire-combustible del gas de escape que fluye hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape se mantiene pobre, excepto por un instante, por lo que el gas de escape que fluye hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape normalmente se convierte en un estado de exceso de oxígeno. Por lo tanto, el NO que está contenido en el gas de escape, como se muestra en la Fig. 6A, se oxida sobre el platino 51 y se convierte en NO_2 . A continuación, este NO_2 se oxida más y se convierte en NO_3 . Otra parte del NO_2 se convierte en NO_2^- . En este caso, la cantidad de producción de NO_3 es mucho mayor que la cantidad de producción de NO_2^- . Por lo tanto, sobre el platino Pt 51, se produce una gran cantidad de NO_3 y una pequeña cantidad de NO_2^- . Estos NO_3 y NO_2^- tienen una fuerte actividad. En lo que sigue, estos NO_3 y NO_2^- se denominará NO_x^* activo.

Por otra parte, si los hidrocarburos se alimentan desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, como se muestra en la Fig. 3, los hidrocarburos se reforman y se radicalizan dentro del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Como resultado, como se muestra en la Fig. 6B, la concentración de hidrógeno alrededor del NO_x^* activo aumenta. A este respecto, si, después de que se produce el NO_x^* activo, el estado de una alta concentración de oxígeno alrededor del NO_x^* activo continúa durante un tiempo constante o más, el NO_x^* activo se oxidan y se absorben en forma de iones nitrato NO_3^- dentro de la capa básica 53. Sin embargo, si, antes de que transcurra este tiempo constante, la concentración de hidrocarburos alrededor del NO_x^* activo aumenta, como se muestra en la Fig. 6B, el NO_x^* activo reacciona sobre el platino 51 con los hidrocarburos HC radicales para formar de ese modo el intermedio reductor. Este intermedio reductor está adherido o adsorbido sobre la superficie de la capa básica 53.

Téngase en cuenta que, en este momento, se considera que el primer intermedio reductor producido es un compuesto nitró R-NO_2 . Si se produce este compuesto nitró R-NO_2 , el resultado se convierte en un compuesto nitrilo R-CN , pero este compuesto nitrilo R-CN sólo puede sobrevivir por un instante en este estado, por lo que inmediatamente se convierte en un compuesto isocianato R-NCO . Este compuesto tipo isocianato R-NCO , cuando se hidroliza, se convierte en un compuesto tipo amina R-NH_2 . Sin embargo, en este caso, lo que se hidroliza se considera parte del

compuesto tipo isocianato R-NCO. Por lo tanto, como se muestra en la Fig. 6B, se cree que la mayoría del intermedio reductor que se mantiene o adsorbe sobre la superficie de la capa básica 53 es el compuesto tipo isocianato R-NCO y el compuesto tipo amina R-NH₂.

5 Por otra parte, como se muestra en la Fig. 6B, si el intermedio reductor producido está rodeado por los hidrocarburos HC, el intermedio reductor es bloqueado por los hidrocarburos HC y la reacción no continuará más. En este caso, si la concentración de hidrocarburos que fluye hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape se reduce y, por lo tanto, la concentración de oxígeno aumenta, los hidrocarburos alrededor del intermedio reductor se oxidarán. Como resultado, como se muestra en la Fig. 6A, el intermedio reductor y el NO_x* activo reaccionan. En este momento, el NO_x* activo reacciona con el intermedio reductor R-NCO o R-NH₂ para convertirse en N₂, CO₂, H₂O, por lo tanto, el NO_x se elimina.

10 De esta manera, en el catalizador 13 de purificación de gases de escape, al hacer mayor la concentración de hidrocarburos que fluyen hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape, se produce un intermedio reductor. La concentración de hidrocarburos que fluye hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape se reduce y la concentración de oxígeno se eleva para que el NO_x* activo reaccione con el intermedio reductor y se elimine el NO_x. Es decir, para que el catalizador 13 de purificación de gases de escape elimine el NO_x, la concentración de hidrocarburos que fluye hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape tiene que cambiarse periódicamente.

15 Por supuesto, en este caso, es necesario elevar la concentración de hidrocarburos hasta una concentración suficientemente alta para producir el intermedio reductor y es necesario reducir la concentración de hidrocarburos a una concentración suficientemente baja para hacer que el intermedio reductor producido reaccione con el NO_x* activo. Es decir, es necesario hacer vibrar la concentración de hidrocarburos que fluyen hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape dentro de un intervalo predeterminado de amplitud. Téngase en cuenta que, en este caso, es necesario mantener una cantidad suficiente de intermedio reductor R-NCO o R-NH₂ sobre la capa básica 53, es decir, la parte básica 24 de la superficie de flujo de los gases de escape, hasta que el intermedio reductor producido reaccione con el NO_x* activo. Por esta razón, se proporciona la parte básica 24 de la superficie de flujo de gases de escape.

20 Por otra parte, si se alarga el período de alimentación de los hidrocarburos, el tiempo en el que la concentración de oxígeno aumenta es más largo en el período posterior a la alimentación de los hidrocarburos hasta la siguiente alimentación de los hidrocarburos. Por lo tanto, el NO_x* activo se absorbe en la capa básica 53 en forma de nitratos sin producir un intermedio reductor. Para evitar esto, es necesario hacer que la concentración de hidrocarburos que fluye hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape vibre dentro de un intervalo predeterminado de período.

25 Por lo tanto, en una realización de la presente invención, para hacer que el NO_x contenido en el gas de escape y los hidrocarburos reformados reaccionen y produzcan el intermedio reductor R-NCO o R-NH₂ que contiene nitrógeno e hidrocarburos, se transportan los catalizadores 51 y 52 basados en metales preciosos sobre la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Para retener el intermedio reductor producido R-NCO o R-NH₂ dentro del catalizador 13 de purificación de gases de escape, se forma una parte básica 54 de la superficie de flujo de gases de escape alrededor de los catalizadores 51 y 52 basados en metales preciosos. El NO_x se reduce por la acción reductora del intermedio reductor R-NCO o R-NH₂ retenido en la parte básica 54 de la superficie de flujo de gases de escape, y el período de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace el período de vibración requerido para la continuación de la producción del intermedio reductor R-NCO o R-NH₂. Incidentalmente, en el ejemplo mostrado en la Fig. 4, se hace que el intervalo de inyección sea 3 segundos.

30 Si el período de vibración de la concentración de hidrocarburos, es decir, el período de alimentación de los hidrocarburos HC, se hace más largo que el intervalo predeterminado anterior, el intermedio reductor R-NCO o R-NH₂ desaparece de la superficie de la capa básica 53. En este momento, el NO_x* activo que se produce en el platino Pt 53, como se muestra en la Fig. 7A, se difunde en la capa básica 53 en forma de iones nitrato NO₃⁻ y se convierte en nitratos. Es decir, en este momento, el NO_x en el gas de escape se absorbe en forma de nitratos dentro de la capa básica 53.

35 Por otra parte, la Fig. 7B muestra el caso en que la relación aire-combustible del gas de escape que fluye hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape se convierte en la relación aire-combustible estequiométrica o rica cuando el NO_x se absorbe en forma de nitratos dentro de la capa básica 53. En este caso, la concentración de oxígeno en el gas de escape cae, por lo que la reacción transcurre en la dirección opuesta (NO₃⁻ → NO₂), y consecuentemente los nitratos absorbidos en la capa básica 53 se convierten en iones nitrato NO₃⁻ uno por uno y, como se muestra en la Fig. 7B, se liberan de la capa básica 53 en forma de NO₂. Luego, el NO₂ liberado es reducido por los hidrocarburos HC y CO contenidos en el gas de escape.

40 La Fig. 8 muestra el caso de hacer que la relación aire-combustible (A/F)in del gas de escape que fluye hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape se enriquezca temporalmente ligeramente antes de que se sature la capacidad de absorción de NO_x de la capa básica 53. Téngase en cuenta que, en el ejemplo mostrado en la Fig. 8, el intervalo de tiempo de este control enriquecido es de 1 minuto o más. En este caso, el NO_x que fue absorbido en la

capa básica 53 cuando la relación aire-combustible (A/F) en el gas de escape era pobre, se libera todo de una vez de la capa básica 53 y se reduce cuando la relación aire-combustible (A/F) en el gas de escape se enriquece temporalmente. Por lo tanto, en este caso, la capa básica 53 desempeña el papel de un absorbente para absorber temporalmente NO_x.

5 Téngase en cuenta que, en este momento, a veces la capa básica 53 adsorbe temporalmente el NO_x. Por lo tanto, si se usa el término de almacenamiento como un término que incluye tanto absorción como adsorción, en este momento, la capa básica 53 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 suministran al 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 la relación aire-combustible del gas de escape, el catalizador 13 de purificación de gases de escape funciona como un catalizador de almacenamiento de NO_x que almacena el NO_x cuando la relación aire-combustible del gas de escape es pobre y libera el NO_x almacenado cuando la concentración de oxígeno en el gas de escape cae.

15 La Fig. 9 muestra la tasa de purificación de NO_x cuando se hace que el catalizador 13 de purificación de gases de escape funcione como un catalizador de almacenamiento de NO_x de esta manera. Téngase en cuenta que la abscisa de la Fig. 9 muestra la temperatura TC del catalizador del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Cuando se hace que el catalizador 13 de purificación de gases de escape funcione como un catalizador de almacenamiento de NO_x, como se muestra en la Fig. 9, cuando la temperatura TC del catalizador es de 300°C a 400°C, se obtiene una tasa de purificación de NO_x extremadamente alta, pero cuando la temperatura TC del catalizador se convierte en una temperatura alta de 400°C o mayor, la tasa de purificación de NO_x cae.

20 De esta manera, cuando la temperatura TC del catalizador llega a 400°C o más, la tasa de purificación de NO_x cae porque si la temperatura TC del catalizador llega a 400°C o más, los nitratos se descomponen por calor y se liberan en forma de NO₂ del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Es decir, siempre y cuando se almacene NO_x en forma de nitratos, cuando la temperatura TC del catalizador 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 en la Fig. 4 a las Figs. 6A y 6B, como se comprenderá en las Figs. 6A y 6B, los nitratos no se forman o incluso si se forman su cantidad es extremadamente baja, en consecuencia, como se muestra en la Fig. 5, incluso cuando la temperatura TC del catalizador TC es alta, se obtiene una alta tasa de purificación de NO_x.

30 Por lo tanto, en la presente invención de acuerdo con la reivindicación 1, una válvula 15 de alimentación de hidrocarburos para alimentar hidrocarburos está dispuesta dentro de un tubo 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 dentro del tubo de escape 15 del motor aguas abajo de la válvula de alimentación de hidrocarburos, un catalizador 51, 52 basado en metales preciosos está soportado sobre una superficie de flujo de gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape, se forma una parte básica 54 en la superficie de flujo de gases de escape alrededor del catalizador 51, 52 basado en 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 fluye hacia el catalizador 13 de purificación de los gases de escape dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de período y tiene la propiedad de ser aumentado en la cantidad de almacenamiento de NO_x que está contenida en el gas de escape si el período de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace más largo que este intervalo predeterminado, y, en el momento del funcionamiento del motor, la concentración de hidrocarburos que fluye hacia el catalizador 13 de purificación de los gases de escape se hace vibrar dentro del intervalo predeterminado de amplitud y dentro del intervalo predeterminado de período para reducir de este modo el NO_x que está contenido en el gas de escape en el catalizador 13 de purificación de gases de escape.

45 Es decir, se puede decir que el método de purificación de NO_x que se muestra de la Fig. 4 a las Figs. 6A y 6B es un nuevo método de purificación de NO_x diseñado para eliminar NO_x sin formar casi ningún nitrato en el caso de usar un catalizador de purificación de gases de escape que lleve un catalizador basado en metales preciosos y forma una capa básica que puede absorber NO_x. En realidad, cuando se utiliza este nuevo método de purificación de NO_x, los nitratos que se detectan desde la capa básica 53 se vuelven mucho más pequeños en comparación con el caso en el que el catalizador 13 de purificación de gases de escape se hace funcionar como un catalizador de almacenamiento de NO_x. Téngase en cuenta 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 la Fig. 10 a la Fig. 15, este primer método de purificación de NO_x se explicará con un poco más de detalle.

55 La Fig. 10 muestra ampliado el cambio en la relación aire-combustible (A/F) in mostrado en la Fig. 4. Téngase en cuenta que, como se explicó anteriormente, el cambio en la relación aire-combustible (A/F) in del gas de escape que fluye hacia este catalizador 13 de purificación de gases de escape muestra simultáneamente el cambio en la concentración de los hidrocarburos que fluyen hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape. Téngase en cuenta que, en la Fig. 10, ΔH muestra la amplitud del cambio de la concentración de hidrocarburos HC que fluyen

hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape, mientras que ΔT muestra el período de vibración de la concentración de los hidrocarburos que fluyen hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escapar.

Además, en la Fig. 10, (A/F)_b muestra la relación base de aire-combustible que muestra la relación aire-combustible del gas de combustión para generar la potencia del motor. En otras palabras, esta relación base aire-combustible (A/F)_b muestra la relación aire-combustible del gas de escape que fluye hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape cuando se detiene la alimentación de hidrocarburos. Por otra parte, en la Fig. 10, X muestra el límite superior de la relación aire-combustible (A/F)_{in} utilizada para producir el intermedio reductor sin que el NO_x* activo producido se almacene demasiado en forma de nitratos dentro de la capa básica 53, para hacer que el NO_x* activo y los hidrocarburos reformados reaccionen para producir un intermedio reductor, la relación aire-combustible (A/F)_{in} tiene que ser menor que este límite superior X de la relación aire-combustible.

En otras palabras, en la Fig. 10, X muestra el límite inferior de la concentración de hidrocarburos requerida para hacer que el NO_x* activo y el hidrocarburo reformado reaccionen para producir un intermedio reductor. Para producir el intermedio reductor, la concentración de hidrocarburos tiene que hacerse más alta que este límite inferior X. En este caso, si se produce el intermedio reductor está determinado por la relación de la concentración de oxígeno y la concentración de hidrocarburos alrededor del NO_x* activo, esto es, la relación aire-combustible (A/F)_{in}. El límite superior X de la relación aire-combustible requerido para producir el intermedio reductor se denominará a continuación la relación mínima de aire-combustible demandada.

En el ejemplo mostrado en la Fig. 10, la relación mínima X de aire-combustible demandada es rica, por lo tanto, en este caso, para formar el intermedio reductor, la relación aire-combustible (A/F)_{in} se hace instantáneamente la relación mínima X de aire-combustible demandada o menos, es decir, rica. A diferencia de esto, en el ejemplo mostrado en la Fig. 11, la relación mínima X de aire-combustible demandada 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 intermedio reductor.

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

Ahora, si se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con un fuerte poder oxidante, como se muestra en la Fig. 11, si se mantiene la relación aire-combustible (A/F)_{in} pobre mientras se reduce periódicamente la relación aire-combustible (A/F)_{in}, los hidrocarburos terminan por oxidarse por completo cuando se reduce la relación aire-combustible (A/F)_{in}. Como resultado, ya no se puede producir el intermedio reductor. A diferencia de esto, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con un fuerte poder oxidante, como se muestra en la Fig. 10, si la relación aire-combustible (A/F)_{in} se enriquece periódicamente, cuando la relación aire-combustible (A/F)_{in} se enriquece, los hidrocarburos se oxidarán parcialmente, sin oxidarse por completo, es decir, se reformarán los hidrocarburos, y en consecuencia se producirá el intermedio reductor. Por lo tanto, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con un fuerte poder oxidante, la relación mínima X de aire-combustible demandada tiene que enriquecerse.

Por otra parte, cuando se utiliza un catalizador 13 de purificación de gases de escape con un débil poder oxidante, como se muestra en la Fig. 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, en consecuencia, se producirá el intermedio reductor. A diferencia de esto, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con un débil poder oxidante, como se muestra en la Fig. 10, si se hace periódicamente rica la relación aire-combustible (A/F)_{in} una gran cantidad de hidrocarburos será expulsada por el catalizador 13 de purificación de gases de escape sin oxidarse y, en consecuencia, aumentará la cantidad de hidrocarburos que se consume de forma innecesaria. Por lo tanto, cuando se usa un catalizador 13 de purificación de gases de escape con un débil poder oxidante, la relación mínima X de aire-combustible demandada tiene que hacerse pobre.

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

Ahora, si la relación aire-combustible base (A/F)_b se hace mayor, es decir, si la concentración de oxígeno en el gas de escape antes de que se alimenten los hidrocarburos aumenta, la cantidad de alimentación de hidrocarburos requerida para hacer la relación aire-combustible (A/F)_{in} la relación mínima X de aire-combustible demandada o

menos aumenta y junto con esto también aumenta la cantidad en exceso de hidrocarburos que no contribuyen a la producción del intermedio reductor. En este caso, para eliminar bien el NO_x , como se explicó anteriormente, es necesario que el exceso de hidrocarburos se oxide. Por lo tanto, para eliminar bien el NO_x , cuanto mayor sea la cantidad de hidrocarburos en exceso, mayor será la cantidad de oxígeno que se requiere.

5 En este caso, si se eleva la concentración de oxígeno en el gas de escape, se puede aumentar la cantidad de oxígeno. Por lo tanto, para eliminar bien el NO_x , cuando la concentración de oxígeno en el gas de escape antes de alimentar los hidrocarburos es alta, es necesario aumentar la concentración de oxígeno en el gas de escape después de alimentar los hidrocarburos. Es decir, cuanto mayor sea la concentración de oxígeno en el gas de escape antes de alimentar los hidrocarburos, mayor tiene que hacerse la amplitud de la concentración de hidrocarburos.

10 La Fig. 13 muestra la relación entre la concentración de oxígeno en el gas de escape antes de alimentar los hidrocarburos y la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos cuando se obtiene la misma tasa de purificación de NO_x . De la Fig. 13, se aprende que, para obtener la misma tasa de purificación de NO_x , cuanto mayor sea la concentración de oxígeno en el gas de escape antes de alimentar los hidrocarburos, mayor tiene que hacerse la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos. Es decir, para obtener la misma tasa de purificación de NO_x , cuanto mayor sea la relación aire-combustible base $(A/F)_b$, mayor tiene que hacerse la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos. En otras palabras, para eliminar bien el NO_x , cuanto más baja es la relación aire-combustible base $(A/F)_b$, más se puede reducir la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos.

A este respecto, la relación base aire-combustible $(A/F)_b$ se convierte en 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 bien el NO_x . La relación aire-combustible base $(A/F)_b$ es normalmente mayor que el tiempo de operación de la aceleración. Por lo tanto, como se muestra en la Fig. 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 otra parte, se aprende que cuando la relación aire-combustible base $(A/F)_b$ es la más alta, si la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos es de 10000 ppm más o menos, se obtiene una excelente tasa de purificación de NO_x . Por lo tanto, en el presente método, el intervalo predeterminado de la amplitud de la concentración de hidrocarburos se hace de 200 ppm a 10000 ppm.

Además, si el período de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos se hace más largo, la concentración de oxígeno alrededor del NO_x^* activo se hace mayor con el tiempo después de la alimentación de los hidrocarburos cuando los hidrocarburos se alimentan de nuevo. En este caso, si el período de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos es más largo que aproximadamente 5 segundos, el NO_x^* activo comienza a ser absorbido en forma de nitratos dentro de la capa básica 53. Por lo tanto, como se muestra en la Fig. 15, si el período de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos se hace más largo que aproximadamente 5 segundos, la tasa de purificación de NO_x cae. Por lo tanto, el período de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos tiene que hacerse 5 segundos o menos.

Por otra parte, si el período de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos llega a ser de aproximadamente 0,3 segundos o menos, los hidrocarburos alimentados comienzan a acumularse en la superficie de flujo de gases de escape del catalizador 13 de purificación de gases de escape, como se muestra en Fig. 15, si el período de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos llega a ser de aproximadamente 0,3 segundos o menos, la tasa de purificación de NO_x cae. Por lo tanto, en la presente invención, el período de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace de 0,3 segundos a 5 segundos.

A continuación, con referencia a la Fig. 16 a la Fig. 19, 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 funcione como un catalizador de almacenamiento de NO_x . El método de purificación de NO_x en el caso de hacer que el catalizador 13 de purificación de gases de escape funcione como un catalizador de almacenamiento de NO_x de esta manera se denominará a continuación como el segundo método de purificación de NO_x .

En este segundo método de purificación de NO_x , como se muestra en la Fig. 16, cuando la cantidad de NO_x almacenada ΣNO_x de NO_x que se almacena en la capa básica 53 excede una cantidad permitida predeterminada MAX, la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$ del gas de escape que fluye hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape se enriquece temporalmente. Si la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$ del gas de escape se enriquece, se libera desde la capa básica 53 todo a la vez y reducido el NO_x que se almacenó en la capa básica 53 cuando la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$ del gas de escape es pobre. Debido a esto, se elimina el NO_x .

La cantidad almacenada ΣNO_x de NO_x se calcula, por ejemplo, a partir de la cantidad de NO_x que se expulsa del motor. En esta realización de acuerdo con la presente invención, la cantidad NOXA de NO_x agotado de NO_x que se expulsa del motor por unidad de tiempo se almacena por adelantado en la ROM 32 en forma de un mapa en función de la cantidad Q de inyección y la velocidad N del motor, tal como se muestra en la Fig. 17. La cantidad almacenada ΣNO_x de NO_x se calcula a partir de la cantidad NOXA de NO_x agotado. En este caso, como se explicó anteriormente, el período en el que la relación aire-combustible $(A/F)_{in}$ del gas de escape se enriquece usualmente es de 1 minuto o más.

En este segundo método de purificación de NO_x , como se muestra en la Fig. 18, el inyector 3 de combustible inyecta combustible WR adicional en la cámara de combustión 2 además del combustible Q para usar en la combustión para que se enriquezca la relación aire-combustible (A/F) in del gas de escape que fluye hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape. Téngase en cuenta que, en la Fig. 18, la abscisa indica el ángulo del cigüeñal. Este combustible adicional WR se inyecta en un momento en el que se quemará, pero no aparecerá como potencia del motor, es decir, ligeramente antes de $\text{ATDC}90^\circ$ después del punto muerto superior de compresión. Esta cantidad de combustible WR se almacena con anticipación en la ROM 32 en forma de un mapa en función de la cantidad de inyección Q y la velocidad N del motor, tal como se muestra en la Fig. 19. Por supuesto, en este caso, también es posible aumentar la cantidad de alimentación de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos para enriquecer la relación aire-combustible (A/F) in del gas de escape.

Ahora, volviendo de nuevo a la explicación del primer método de purificación de NO_x , para usar el primer método de purificación de NO_x para eliminar bien el NO_x , como se explicó anteriormente, la amplitud ΔH y el período de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos tienen que controlarse adecuadamente. Es decir, para usar el primer método de purificación de NO_x para eliminar bien el NO_x , tiene que controlarse la amplitud ΔH de la concentración de hidrocarburos de modo que la relación aire-combustible (A/F) in del gas de escape que fluye hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape se convierta en la relación mínima X de aire-combustible demandada o menos y el período de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos tiene que controlarse para que sea de 0,3 segundos a 5 segundos.

En este caso, en la presente invención, el período de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos se controla controlando al menos uno del tiempo de inyección o de la presión de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, mientras que el período de vibración ΔT de la concentración de hidrocarburos se controla controlando el período de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos.

A este respecto, en este caso, lo que más se exige es que se pueda obtener la tasa más alta de purificación de NO_x sin importar el estado de funcionamiento y que los hidrocarburos alimentados no pasen directamente a través del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Los inventores estudiaron repetidamente este punto y, como resultado, aprendieron que en el catalizador 13 de purificación de gases de escape, la cantidad de hidrocarburos completamente oxidados y la cantidad de hidrocarburos parcialmente oxidados rigen la tasa de purificación de NO_x y la cantidad de hidrocarburos que pasa directamente. A continuación, esto se explicará con referencia a la Fig. 20.

La Fig. 20 muestra los tres patrones de inyección A, B y C de hidrocarburos que son inyectados mediante diferentes tiempos de inyección desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos bajo la misma presión de inyección. En este caso, el tiempo de inyección es más corto en el patrón de inyección A y es más largo en el patrón de inyección C. Además, la Fig. 20 muestra un cambio en la concentración de hidrógeno con un lapso de tiempo en el gas de escape que fluye hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape después de la inyección mediante los patrones de inyección A, B y C. Además, la Fig. 20 muestra la tasa de purificación de NO_x y la cantidad de hidrocarburos que pasa directamente a través del catalizador 13 de purificación de gases de escape en el momento de la inyección mediante los patrones de inyección A, B y C.

Ahora, cuando la concentración de hidrógeno en el gas de escape que fluye hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape, es decir, la cantidad de hidrocarburos por cantidad unitaria de gas de escape, es pequeña, los hidrocarburos terminan siendo completamente oxidados en el catalizador 13 de purificación de gases de escape. Por otra parte, si la concentración de hidrógeno en el gas de escape, es decir, la cantidad de hidrocarburos por cantidad unitaria de gas de escape, aumenta, en el catalizador 13 de purificación de gases de escape, ya no pueden ser completamente oxidados todos los hidrocarburos. En este momento, parte de los hidrocarburos se oxida parcialmente. De esta manera, existe un límite en la concentración de hidrógeno en el gas de escape hasta donde todos los hidrocarburos se oxidan por completo en el catalizador 13 de purificación de gases de escape. Este límite se muestra en la Fig. 20 por XA.

Es decir, en la Fig. 20, cuando la concentración de hidrocarburos es menor que el límite XA, todos los hidrocarburos se oxidan por completo, por lo que en la Fig. 20, en la región de eclosión RA por debajo del límite XA, todos los hidrocarburos se oxidan por completo. En este caso, el área de la región de eclosión RA expresa la cantidad de hidrocarburos. Por lo tanto, la cantidad de hidrocarburos correspondiente a la región de eclosión RA se oxida por completo. Téngase en cuenta que, a continuación, este límite RA se denomina límite de oxidación completa.

Por otra parte, en la Fig. 20, en la región RB por encima del límite de oxidación completa RA, en el catalizador 13 de purificación de gases de escape se realiza una acción de oxidación parcial de los hidrocarburos. En este caso, en la Fig. 20, la región de eclosión RB expresa la cantidad de hidrocarburos parcialmente oxidados. El intermedio reductor se produce a partir de estos hidrocarburos parcialmente oxidados, por lo que la acción de purificación de NO_x se realiza por el primer método de purificación de NO_x mediante estos hidrocarburos parcialmente oxidados. Téngase en cuenta que, en realidad, parte de los hidrocarburos parcialmente oxidados termina siendo oxidada sin ser utilizada para la producción del intermedio reductor, mientras que los hidrocarburos parcialmente oxidados restantes se usan para formar el intermedio reductor.

Por otra parte, si la concentración de hidrógeno en el gas de escape que fluye hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape, es decir, la cantidad de hidrocarburos por cantidad unitaria de gas de escape, se incrementa aún más, parte de los hidrocarburos no es completamente oxidada en el catalizador 13 de purificación de gases de escape y además ni siquiera está parcialmente oxidada. En este caso, la parte de los hidrocarburos no oxidados pasa directamente a través del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Este límite de hidrocarburos que causa que los hidrocarburos pasen directamente se muestra en la Fig. 20 por XB. A continuación, este límite XB se denominará límite de paso. En la Fig. 20, la región de eclosión RC por encima de este límite de paso XB expresa la cantidad de hidrocarburos que pasa directamente.

Para eliminar el NO_x que está contenido en el gas de escape utilizando el primer método de purificación de NO_x, es necesario que se oxide parcialmente una cantidad suficiente de hidrocarburos para la cantidad de NO_x que está contenida en el gas de escape. Si la cantidad RB de hidrocarburos parcialmente oxidados es insuficiente, la tasa de purificación de NO_x caerá. En la Fig. 20, el patrón de inyección A muestra el caso en el que, de esta manera, la cantidad RB de hidrocarburos parcialmente oxidados es insuficiente. En este caso, como se muestra en la Fig. 20, la tasa de purificación de NO_x cae.

Por otra parte, en la Fig. 20, el patrón de inyección B muestra el caso en el que el tiempo de inyección es más largo que en el patrón de inyección A para aumentar la cantidad RB de hidrocarburos parcialmente oxidados. Si el tiempo de inyección se hace más largo, la cantidad RB de hidrocarburos parcialmente oxidados aumenta, por lo que, como se muestra en la Fig. 20, la tasa de purificación de NO_x se torna mayor. Téngase en cuenta que la Fig. 20 muestra el caso en el que incluso con el patrón de inyección B, la cantidad RB de hidrocarburos parcialmente oxidados es algo insuficiente.

En la Fig. 20, el patrón de inyección C muestra el caso donde para aumentar aún más la cantidad RB de hidrocarburos parcialmente oxidados, el tiempo de inyección se hace más largo en comparación con el patrón de inyección B. En este caso, como se muestra en la Fig. 20, la tasa de purificación de NO_x se mejora. Sin embargo, en este caso, la concentración de hidrocarburos excede el límite de paso XB, por lo que los hidrocarburos pasan directamente.

Cuando se realiza la acción de purificación de NO_x mediante el primer método de purificación de NO_x, es necesario evitar que los hidrocarburos pasen directamente. Por lo tanto, en la presente invención, en el ejemplo mostrado en la Fig. 20, se usa el patrón de inyección B por el cual el pico de la concentración de hidrocarburos se convierte en el límite de paso XB. Por supuesto, como se muestra en el patrón de inyección A, cuando se obtiene una tasa de purificación de NO_x suficientemente alta incluso si el pico de la concentración de hidrocarburos no alcanza el límite de paso XB, se usa el patrón de inyección A. Es decir, en la presente invención, se usa el patrón de inyección A o el patrón de inyección B.

Ahora, si la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape aumenta, la cantidad de hidrocarburos que se oxida en el catalizador 13 de purificación de gases de escape por unidad de tiempo aumenta, es decir, aumenta la velocidad de oxidación de los hidrocarburos. Como resultado, si la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape aumenta, el límite de oxidación completa XA aumenta. Por otra parte, si la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape aumenta, los hidrocarburos que pasaron antes de que aumentara la temperatura se oxidan parcialmente, por lo que el límite de paso XB también aumenta. Es decir, si la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape aumenta, tanto el límite de oxidación completa XA como el límite de paso XB aumentan. Por lo tanto, cuando se usa el primer método de purificación de NO_x para la eliminación de NO_x, es necesario considerar esto para el control de la inyección de los hidrocarburos.

Las Figs. 21 a 28 muestran una primera realización que considera esto para el control de la inyección de los hidrocarburos. Téngase en cuenta que, en esta primera realización, la presión de inyección se mantiene constante, y la cantidad de inyección de hidrocarburos se controla bajo una presión de inyección constante controlando el tiempo de inyección.

En primer lugar, explicando la Fig. 21, la Fig. 21 muestra un ejemplo típico de las temperaturas TC1, TC2 y TC3 (TC3>TC2>TC1) del catalizador 13 de purificación de gases de escape en el momento del funcionamiento en estado estacionario. Téngase en cuenta que, en la Fig. 21, la ordenada Q muestra la cantidad de inyección de combustible en la cámara de combustión 2, mientras que la abscisa muestra la velocidad del motor. Como se comprenderá en la figura 21, cuando la velocidad N del motor es la misma, cuanto mayor es la cantidad de inyección Q, es decir, cuanto mayor es la carga del motor, mayor es la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape. Cuando la cantidad Q de inyección de combustible es la misma, es decir, cuando la carga del motor es la misma, cuanto mayor es la velocidad N del motor, es decir, cuanto mayor es la cantidad de aire de admisión, mayor es la caída de la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

De esta forma, la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape cambia de acuerdo con el estado de funcionamiento del motor. Por otra parte, la cantidad de NO_x que se expulsa del motor por unidad de tiempo aumenta cuanto mayor es la carga del motor y mayor es la velocidad del motor. Por lo tanto, estas se tienen en cuenta para determinar el tiempo de inyección de hidrocarburos.

La Fig. 22 muestra los patrones de inyección en el momento del funcionamiento estable en E_0 , F_1 y F_2 de la Fig. 21, es decir, a la misma velocidad y diferentes cargas. Esto es, a la misma velocidad, cuanto mayor es la carga, mayor es la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape y, por lo tanto, mayor también es el límite de oxidación completa X_A y el límite de paso X_B . Por otra parte, a la misma velocidad, cuanto mayor sea la carga, mayor será la cantidad de NO_x expulsada del motor y, por lo tanto, en este momento, cuanto mayor sea la carga, mayor será la cantidad RB de hidrocarburos parcialmente oxidados que tiene que hacerse. Por lo tanto, en este momento, en la primera realización, como se muestra en la Fig. 22, cuanto mayor es la carga, mayor es el tiempo de inyección para que el pico de concentración de hidrocarburos se convierta en el límite de paso X_B .

La Fig. 23 muestra los patrones de inyección en el momento del funcionamiento en estado estacionario en E_0 , G_1 y G_2 de la Fig. 21, es decir, a la misma carga y diferentes velocidades. Es decir, bajo la misma carga, cuanto mayor sea la velocidad, mayor será la caída de temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape y, por lo tanto, mayor será el límite de oxidación completa X_A y el límite de paso X_B . Por otra parte, bajo la misma carga, cuanto mayor sea la velocidad, mayor será la cantidad de NO_x expulsada del motor por unidad de tiempo. Por lo tanto, también en este momento, cuanto mayor es la velocidad, mayor es la cantidad RB de hidrocarburos parcialmente oxidados.

Por otra parte, cuanto mayor es la velocidad, más rápido es el caudal del gas de escape, y los hidrocarburos inyectados se difunden en una gran cantidad de gas de escape. Por lo tanto, como se muestra en la Fig. 23, el pico de la concentración de hidrocarburos cuando se produce la cantidad de hidrocarburos parcialmente oxidados necesarios para la eliminación de NO_x disminuye cuanto mayor es la velocidad. En esta primera realización, el tiempo de inyección se hace más largo a medida que la velocidad se torna mayor, de modo que se puede producir la cantidad de hidrocarburos parcialmente oxidados necesarios para la eliminación de NO_x .

La Fig. 24 muestra los patrones de inyección en el momento del funcionamiento en estado estacionario en E_0 , H_1 y H_2 de la Fig. 21. Es decir, a medida que la velocidad y la carga aumentan, la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape aumenta y, por lo tanto, el límite de oxidación completa X_A y el límite de paso X_B también se vuelven mayores. Por otra parte, cuanto mayor sea la velocidad y la carga, mayor será la cantidad de NO_x expulsada del motor por unidad de tiempo. Por lo tanto, en este momento, cuanto mayor sea la velocidad y la carga, mayor será la cantidad RB de hidrocarburos parcialmente oxidados que tiene que hacerse. Por lo tanto, en la primera realización, como se muestra en la Fig. 24, el tiempo de inyección se hace más largo a medida que la velocidad y la carga se hacen más altas para permitir la producción de la cantidad de hidrocarburos parcialmente oxidados necesarios para la eliminación de NO_x .

La Fig. 25A muestra las líneas de tiempo de inyección equivalentes que permiten la producción de la cantidad de hidrocarburos parcialmente oxidados requerida para la eliminación de NO_x en el momento del funcionamiento en estado estacionario. Como se entenderá en la figura 25A, el tiempo de inyección de hidrocarburos se hace más largo cuanto mayor es la cantidad Q de inyección de combustible, es decir, cuanto mayor es la carga del motor y mayor es la velocidad N del motor. Este tiempo de inyección WT se almacena en la ROM 32 con anticipación en forma de un mapa en función de la cantidad Q de inyección de combustible y la velocidad N del motor, tal como se muestra en la Fig. 25B. Además, la amplitud de vibración ΔT óptima de la concentración de hidrocarburos, es decir, el período de inyección T de los hidrocarburos se almacena de manera similar en forma de un mapa en la ROM 32 con anticipación en función de la cantidad Q de inyección y la velocidad N del motor.

En el momento del funcionamiento del motor en estado estacionario, si se inyectan hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos en el tiempo de inyección WT_{ij} mostrado en las Figs. 25A y 25B, el NO_x se elimina bien. Es decir, el tiempo de inyección W_{ij} mostrado en las Figs. 25A y 25B muestra el tiempo de inyección que sirve como referencia para una buena eliminación de NO_x mediante el primer método de purificación de NO_x . Por lo tanto, a continuación, el tiempo de inyección WT_{ij} mostrado en las Figs. 25A y 25B se denominará tiempo de inyección de referencia.

De esta manera, en el momento del funcionamiento del motor en estado estacionario, el tiempo de inyección puede convertirse en el tiempo de inyección de referencia WT_{ij} mostrado en las Figs. 25A y 25B para realizar una buena acción de purificación de NO_x mediante el primer método de purificación de NO_x . Sin embargo, si el tiempo de inyección se establece como el tiempo de inyección de referencia W_{ij} determinado por el estado de funcionamiento del motor en el momento de la operación de transición, la tasa de purificación de NO_x cae o se produce el paso de los hidrocarburos. A continuación, esto se explicará con referencia a la Fig. 26.

La parte de I de la Fig. 26 es la misma que en la Fig. 24. Por lo tanto, la parte de I de la Fig. 26 muestra los patrones de inyección E_0 , H_1 y H_2 que dan buenas tasas de purificación de NO_x cuando se está realizando el funcionamiento en estado estacionario en los puntos E_0 , H_1 y H_2 de la Fig. 21. Por otra parte, la parte II de la Fig. 26 muestra cuando el estado de funcionamiento del motor cambia del punto E_0 al punto H_1 de la Fig. 21 y se cambia el patrón de inyección desde el patrón de inyección E_0 al patrón de inyección H_1 mostrado por la parte de I de la Fig. 26 y cuando el estado de funcionamiento del motor cambia del punto H_2 al punto H_1 de la Fig. 21 y se cambia el patrón de inyección del patrón de inyección H_2 al patrón de inyección H_1 mostrado por la parte de I de la Fig. 26.

En la Fig. 21, cuando se realiza una operación en estado estacionario en el punto E_0 , la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape es baja. En la Fig. 21, cuando se realiza una operación en estado estacionario

en el punto H_1 , la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape se eleva. Sin embargo, incluso si el estado de funcionamiento del motor cambia del punto E_0 al punto H_1 de la Fig. 21, la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape no se eleva inmediatamente. Por lo tanto, en este momento, el límite de oxidación completa XA y el límite de paso XB se acercan a las alturas del tiempo del punto E. Por lo tanto, cuando el estado de funcionamiento del motor llega al punto H_1 , si el patrón de inyección H_1 se usa para la inyección, como se muestra en ($E_0 \rightarrow H_1$) de la parte II de la Fig. 26, la cantidad RB de hidrocarburos parcialmente oxidados llega a ser una cantidad suficiente para la eliminación de NO_x , pero la cantidad RC de transferencia se vuelve considerablemente grande. Es decir, en este momento, los hidrocarburos pasan directamente.

Por otra parte, cuando se realiza un funcionamiento en estado estacionario en el punto H_2 de la Fig. 21, la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape aumenta aún más. Sin embargo, en este caso, incluso si el estado de funcionamiento del motor cambia del punto H_2 al punto H_1 de la Fig. 21, la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape no cae inmediatamente. Por lo tanto, en este momento, el límite de oxidación completa XA y el límite de paso XB son aproximadamente las alturas del tiempo del punto H_2 . Por lo tanto, cuando el estado de funcionamiento del motor es el punto H_1 , si la inyección se realiza mediante el patrón de inyección H_1 , el pico de la concentración de hidrocarburos se convierte en el límite de oxidación completa XA o menos, como lo muestra el ($H_2 \rightarrow H_1$) de la parte de II de la Fig. 26. Por lo tanto, en este momento, todos los hidrocarburos están completamente oxidados y no se realiza en absoluto ninguna acción de purificación de NO_x .

Por lo tanto, en la presente invención, para permitir que el NO_x se elimine bien incluso en dicho estado de transición, el tiempo de inyección de hidrocarburos se corrige de acuerdo con la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape. A continuación, esto se explicará con referencia a la Fig. 27.

La Fig. 27 muestra el momento en que el estado de funcionamiento del motor está en el punto H_1 de la Fig. 21. H_1 de la Fig. 27 muestra el patrón de inyección en el momento del funcionamiento en estado estacionario en el punto H_1 . Cuando se realiza un funcionamiento en estado estacionario y se usa el patrón de inyección H_1 para la inyección de hidrocarburos, se produce una cantidad RB suficiente de hidrocarburos parcialmente oxidados para eliminar el NO_x . Por lo tanto, en este momento, el NO_x se elimina bien.

A diferencia de esto, cuando el estado de funcionamiento del motor cambia, por ejemplo, del punto E_0 al punto H_1 de la Fig. 21, como se explicó anteriormente, la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape es baja, por lo tanto, como se muestra por F2 en la Fig. 27, el límite de oxidación completa XA y el límite de paso XB se vuelven más bajos. Sin embargo, incluso en este caso, la misma cantidad de NO_x que en el momento del funcionamiento en estado estacionario mostrado por F1 se expulsa del motor por lo que, incluso en el caso mostrado por F2, tiene que producirse la misma cantidad de hidrocarburos parcialmente oxidados que en el momento del funcionamiento en estado estacionario mostrado por F1. Por lo tanto, en el caso mostrado por F2, el tiempo de inyección se acorta para que se pueda producir la misma cantidad de hidrocarburos parcialmente oxidados que en el momento del funcionamiento en estado estacionario mostrado por F1.

Por otra parte, cuando el estado de funcionamiento del motor se cambia, por ejemplo, del punto H_2 al punto H_1 de la Fig. 21, como se explicó anteriormente, la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape es alta, por lo tanto, como se muestra por F3 en la Fig. 27, el límite de oxidación completa XA y el límite de paso XB se vuelven más altos. Sin embargo, incluso en este caso, se expulsa del motor la misma cantidad de NO_x que en el momento del funcionamiento en estado estacionario mostrado por F1, por lo que, incluso en el caso mostrado por F3, tiene que producirse la misma cantidad de hidrocarburos parcialmente oxidados que en el momento del funcionamiento en estado estacionario mostrado por F1. Por lo tanto, en el caso mostrado por F3, el tiempo de inyección se hace más largo para que se pueda producir la misma cantidad de hidrocarburos parcialmente oxidados que en el momento del funcionamiento en estado estacionario mostrada por F1.

En la primera realización de la presente invención, el tiempo de inyección en el momento del funcionamiento en estado estacionario, es decir, el tiempo de inyección de referencia WT, se multiplica por un valor de corrección K para corregir el tiempo de inyección para producir la misma cantidad RB de hidrocarburos parcialmente oxidados como en el momento del funcionamiento en estado estacionario. Este valor de corrección K, como se muestra en la Fig. 28, se almacena por adelantado en función de la diferencia ($TC - TC_i$) entre la temperatura real TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape y la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape en el estado de funcionamiento en estado estacionario, es decir, la temperatura de referencia TC_i .

Como se comprenderá en la Fig. 28, cuando la temperatura real TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape es la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape en el estado de funcionamiento en estado estacionario, es decir, la temperatura de referencia TC_i , el valor de corrección K llega a 1,0, por lo que, en este momento, el tiempo de inyección se convierte en el tiempo de inyección de referencia WT en el estado de funcionamiento en estado estacionario. A diferencia de esto, cuando la temperatura TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape es mayor que la temperatura de referencia TC_i , el valor de corrección K es mayor que 1,0, por lo que el tiempo de inyección se alarga. Cuando la temperatura TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape es inferior a la temperatura de referencia TC_i , el valor de corrección K se hace más pequeño que 1,0, por lo que el tiempo de inyección se hace menor. Téngase en cuenta que para la relación del valor de corrección K y la diferencia de temperaturas ($TC - TC_i$), es posible utilizar la relación mostrada en la Fig. 28 común para todos los

estados de funcionamiento. También es posible encontrar la relación entre el valor de corrección K y la diferencia de temperaturas (TC-TCi) para cada estado de funcionamiento y utilizar la relación entre el valor de corrección K y la diferencia de temperaturas (TC-TCi) de acuerdo con el estado de funcionamiento.

5 TC1, TC2 y TC3 muestran las temperaturas de referencia representativas del catalizador 13 de purificación de gases de escape en el momento del funcionamiento en estado estacionario. Las temperaturas de referencia TCi en los diferentes estados de funcionamiento se almacenan por adelantado en la ROM 32. Además, la temperatura real TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape es detectada por el sensor de temperatura 26.

La Fig. 29 muestra la rutina de control de purificación de NO_x. Esta rutina se ejecuta por interrupción cada tiempo predeterminado.

10 Con referencia a la Fig. 29, primero, en la etapa 60, a partir de la señal de salida del sensor de temperatura 23 se juzga si la temperatura TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape excede la temperatura de activación TC₀. Cuando $TC \geq TC_0$, es decir, cuando se activa el catalizador 13 de purificación de gases de escape, la rutina pasa a la etapa 61 donde se realiza la acción de purificación de NO_x mediante el primer método de purificación de NO_x.

15 Es decir, primero, en la etapa 61, el tiempo de inyección de referencia WT_{ij} se calcula a partir del mapa que se muestra en la Fig. 25B. A continuación, en la etapa 62, el valor de corrección K se calcula a partir de la relación mostrada en la Fig. 28. A continuación, en la etapa 63, se calcula el tiempo de inyección final WT (= K·WT_{ij}). A continuación, en la etapa 64, este tiempo de inyección final WT se utiliza como base para el control de la alimentación de los hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos.

20 Por otra parte, cuando en la etapa 60 se juzga que $TC < TC_0$, se juzga que se debe usar el segundo método de purificación de NO_x, a continuación la rutina pasa a la etapa 65. En la etapa 65, la cantidad NOXA de NO_x de NO_x agotado por unidad de tiempo se calcula a partir del mapa mostrado en la Fig. 17. A continuación, en la etapa 66, ΣNO_x se incrementa por la cantidad NOXA de NO_x agotado para calcular la cantidad almacenada ΣNO_x de NO_x. A continuación, en la etapa 67, se juzga si la cantidad almacenada ΣNO_x de NO_x excede el valor permitido MAX. Cuando $\Sigma NO_x > MAX$, la rutina pasa a la etapa 68 donde la cantidad de combustible adicional WR se calcula a partir del mapa mostrado en la Fig. 19 y se realiza una acción de inyección de combustible adicional. A continuación, en la etapa 69, se borra ΣNO_x .

30 A continuación, haciendo referencia a las Figs. 30 a 36, se explicará una segunda realización de la presente invención. En esta segunda realización, cuando se controla la inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos, se controla la presión de inyección además del tiempo de inyección. Específicamente hablando, el tiempo de inyección y la presión de inyección de los hidrocarburos se controlan de modo que se asegure la cantidad RB de hidrocarburos parcialmente oxidados demandada de acuerdo con el estado de funcionamiento del motor y el pico de la concentración de hidrocarburos coincida con el límite de paso XB.

35 Ahora, en E₀, F₁ y F₂ de la Fig. 21, como se muestra en la Fig. 22, el pico de la concentración de hidrocarburos se hace coincidir con el límite de paso XB cambiando sólo el tiempo de inyección. Por lo tanto, en este caso, la presión de inyección no se modifica particularmente.

40 A diferencia de esto, en E₀, G₁ y G₂ de la Fig. 21, como se muestra en la Fig. 23, el pico de la concentración de hidrocarburos no alcanza el límite de paso XB incluso si cambia sólo el tiempo de inyección. Por lo tanto, en esta segunda realización, en E₀, G₁, de G₂ de la Fig. 21, como se muestra en la Fig. 30, la presión de inyección se hace mayor cuanto mayor es la velocidad del motor de modo que el pico de la concentración de hidrocarburos coincida con el límite de paso XB. Por otra parte, si la presión de inyección se hace mayor, se acorta el tiempo de inyección requerido para asegurar la cantidad RB parcialmente oxidada demandada. Esto se entenderá bien, por ejemplo, mediante la comparación de G₂ de la Fig. 23 y G₂ de la Fig. 30.

45 La Fig. 31 muestra el patrón de inyección en el momento del funcionamiento normal en E₀, H₁ y H₂ de la Fig. 21. De la Fig. 31 se aprende que, en esta segunda realización, cuanto mayor es la velocidad y la carga del motor, mayor es la presión de inyección. Además, como se entenderá de una comparación con la Fig. 24, también en este caso, el tiempo de inyección se acorta en los puntos H₁ y H₂. Si el tiempo de inyección se acorta, la cantidad de hidrocarburos completamente oxidados se reduce, por lo que existe la ventaja de que es posible mejorar la eficiencia del combustible.

50 Las líneas WP de presiones de inyección equivalentes y las líneas WT de tiempos de inyección equivalentes capaces de producir la cantidad de hidrocarburos parcialmente oxidados necesaria para la eliminación de NO_x en el momento del funcionamiento en estado estacionario se muestran respectivamente en las Figs. 32A y 33A. Como se entenderá de la Fig. 32A y la Fig. 33A, la presión de inyección WP de los hidrocarburos y el tiempo de inyección WT se hacen mayores cuanto más aumenta la cantidad Q de inyección de combustible, es decir, cuanto más se aumenta la carga del motor, y se hace mayor cuanto mayor es la velocidad N del motor. Estas presiones de inyección WP y tiempo de inyección WT se almacenan de antemano en la ROM 32 en forma de mapas como funciones de la cantidad Q de inyección de combustible y la velocidad N del motor como se muestra en la Fig. 32B y la Fig. 33B. Además, la amplitud de vibración óptima ΔT de la concentración de hidrocarburos, es decir, el período de inyección ΔT de los hidrocarburos, se almacena de manera similar por adelantado en la ROM 32 en forma de un mapa en función de la cantidad Q de inyección y la velocidad N del motor.

En el momento del funcionamiento del motor en estado estacionario, si se inyectan hidrocarburos desde la válvula de alimentación 15 de hidrocarburos mediante la presión de inyección W_{Pij} mostrada en la Fig. 32B y el tiempo de inyección W_{Tij} mostrado en la Fig. 33B, el NO_x se elimina bien. Es decir, la presión de inyección W_{Pij} y el tiempo de inyección W_{ij} mostrados en las Figs. 32B y 33B muestran que la presión de inyección y el tiempo de inyección se convierten en referencia para una buena eliminación de NO_x mediante el primer método de purificación de NO_x . Por lo tanto, en lo que sigue, la presión de inyección W_{Pij} mostrada en la figura 32B se denomina presión de inyección de referencia, mientras que el tiempo de inyección W_{Tij} mostrado en la figura 33B se denomina tiempo de inyección de referencia.

De esta manera, en el momento del funcionamiento del motor en estado estacionario, es posible realizar una buena acción de purificación de NO_x mediante el primer método de purificación de NO_x haciendo que la presión de inyección sea la presión de inyección de referencia W_{ij} mostrada en la Fig. 32B y haciendo que el tiempo de inyección sea el tiempo de inyección de referencia W_{Tij} mostrado en la Fig. 33B. Sin embargo, si al hacer la presión de inyección y el tiempo de inyección la presión de inyección de referencia W_{Pij} y el tiempo de inyección de referencia W_{ij} fijos del motor en el momento de la operación de transición, la tasa de purificación de NO_x caerá o finalmente se producirá el paso a través de los hidrocarburos.

Por lo tanto, en la presente invención, para permitir que el NO_x se elimine bien incluso en dicho estado de transición, la presión de inyección y el tiempo de inyección de los hidrocarburos se corrigen de acuerdo con la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape. A continuación, esto se explicará con referencia a la Fig. 34.

La Fig. 34 muestra el momento en que el estado de funcionamiento del motor está en el punto H_1 de la Fig. 21. H_1 de la Fig. 34 muestra el patrón de inyección cuando se realiza un funcionamiento en estado estacionario en el punto H_1 . Cuando se realiza un funcionamiento en estado estacionario y se usa el patrón de inyección H_1 para la inyección de hidrocarburos, se produce una cantidad RB suficiente de hidrocarburos parcialmente oxidados para eliminar el NO_x . Por lo tanto, en este momento, el NO_x se elimina bien.

A diferencia de esto, cuando se hace que el estado de funcionamiento del motor cambie, por ejemplo, del punto E_0 al punto H_1 de la Fig. 21, la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape es baja. Por lo tanto, como se muestra mediante F2 de la Fig. 34, el límite de oxidación completa XA y el límite de paso XB se vuelven más bajos. Sin embargo, también en este caso, se expulsa del motor la misma cantidad de NO_x que en el momento del funcionamiento en estado estacionario mostrado en F1, por lo que incluso en el caso mostrado por F2, se tiene que producir la misma cantidad RB de hidrocarburos parcialmente oxidados que en el momento de los funcionamientos en estado estacionario mostrados por F1. Por lo tanto, en el caso mostrado por F2, la presión de inyección se hace más baja y el tiempo de inyección se hace algo más largo para que se pueda producir la misma cantidad RB de hidrocarburos parcialmente oxidados que en el momento de los funcionamientos en estado estacionario mostrados por F1.

Por otra parte, cuando el estado de funcionamiento del motor se cambia, por ejemplo, del punto H_2 al punto H_1 de la Fig. 21, la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape es alta. Por lo tanto, como se muestra mediante F3 de la Fig. 34, el límite de oxidación completa XA y el límite de paso XB se vuelven más altos. Sin embargo, también en este caso, se expulsa del motor la misma cantidad de NO_x que en el momento del funcionamiento en estado estacionario mostrado en F1, por lo que incluso en el caso mostrado por F3, se tiene que producir la misma cantidad RB de hidrocarburos parcialmente oxidados que en el momento de los funcionamientos en estado estacionario mostrados por F1. Por lo tanto, en el caso mostrado por F3, la presión de inyección se hace más alta y el tiempo de inyección se hace algo más corto para que se pueda producir la misma cantidad RB de hidrocarburos parcialmente oxidados que en el momento de los funcionamientos en estado estacionario mostrados por F1.

En esta segunda realización, la presión de inyección en el momento del funcionamiento en estado estacionario, es decir, la presión de inyección de referencia W_P , se multiplica con un valor de corrección K_P y, el tiempo de inyección en el momento del funcionamiento en estado estacionario, es decir, el tiempo de inyección de referencia W_T se multiplica con un valor de corrección K_T para corregir la presión de inyección y el tiempo de inyección para producir la misma cantidad RB de hidrocarburos parcialmente oxidados que en el momento del funcionamiento en estado estacionario.

En este caso, el valor de corrección K_P , como se muestra en la Fig. 35A, también se almacena por adelantado en función de la diferencia $(TC - TC_i)$ entre la temperatura real TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape y la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape en el estado de funcionamiento en estado estacionario, es decir, la temperatura de referencia TC_i , mientras que el valor de corrección K_T , como se muestra en la figura 35B, también se almacena por adelantado en función de la diferencia $(TC - TC_i)$ entre la temperatura real TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape y la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape en el estado de funcionamiento en estado estacionario, es decir, la temperatura de referencia TC_i .

Como se comprenderá en la figura 35A, si la temperatura real TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape es mayor que la temperatura de referencia TC_i , el valor de corrección K_P se hace mayor que 1,0, por lo que la presión de inyección se hace mayor, mientras que si la temperatura real TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape es menor que la temperatura de referencia TC_i , el valor de corrección K_P se hace menor que 1,0, por lo que

la presión de inyección se hace menor. Además, como se comprenderá en la figura 35B, si la temperatura real TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape es mayor que la temperatura de referencia TCi, el valor de corrección KT se hace más pequeño que 1,0, por lo que el tiempo de inyección se acorta, mientras que si la temperatura real TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape es menor que la temperatura de referencia TCi, el valor de corrección KT es mayor que 1,0, por lo que el tiempo de inyección se alarga. Las relaciones que se muestran en la Fig. 35A y la Fig. 35B se almacenan de antemano en la ROM 32.

La Fig. 36 muestra una rutina de control de purificación de NO_x para la ejecución de la segunda realización. Esta rutina se ejecuta por interrupción cada tiempo predeterminado.

Con referencia a la Fig. 36, primero, en la etapa 80, a partir de la señal de salida del sensor de temperatura 23 se juzga si la temperatura TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape excede la temperatura de activación TC₀. Cuando $TC \geq TC_0$, es decir, cuando se activa el catalizador 13 de purificación de gases de escape, la rutina pasa a la etapa 81 donde se ejecuta la acción de purificación de NO_x por el primer método de purificación de NO_x.

Es decir, primero, en la etapa 81, la presión de inyección de referencia WP_{ij} se calcula a partir del mapa que se muestra en la figura 32B. A continuación, en la etapa 82, el valor de corrección KP se calcula a partir de la relación mostrada en la figura 35A. A continuación, en la etapa 83, se calcula la presión de inyección objetivo final WP (= $KP \cdot WP_{ij}$) y la presión de combustible dentro de la cámara 16 de combustible de alta presión, es decir, la presión de inyección, se convierte en esta presión de inyección objetivo WP por control de la bomba de presurización 17.

A continuación, en la etapa 84, el tiempo de inyección de referencia WT_{ij} se calcula a partir del mapa mostrado en la Fig. 33B. A continuación, en la etapa 85, el valor de corrección KT se calcula a partir de la relación que mostrada en la Fig. 35B. A continuación, en la etapa 86, se calcula el tiempo de inyección final WT (= $KT \cdot WT_{ij}$). A continuación, en la etapa 87, este tiempo de inyección final WT se usa como base para el control de alimentación de hidrocarburos de la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos.

Por otra parte, cuando se juzga en la etapa 80 que $TC < TC_0$, se juzga que se debe usar el segundo método de purificación de NO_x, a continuación la rutina continúa en la etapa 88. En la etapa 88, la cantidad NOXA de NO_x agotado por unidad de tiempo se calcula a partir del mapa que se muestra en la Fig. 17. A continuación, en la etapa 89, ΣNO_x se incrementa por la cantidad NOXA de NO_x agotado para calcular la cantidad almacenada ΣNO_x de NO_x. A continuación, en la etapa 90, se juzga si la cantidad almacenada ΣNO_x de NO_x excede el valor MAX permitido. Cuando $\Sigma NO_x > MAX$, la rutina continúa con el paso 91 donde la cantidad WR de combustible adicional se calcula a partir del mapa mostrado en la Fig. 19 y se realiza la acción de inyección de combustible adicional. A continuación, en la etapa 92, se borra ΣNO_x .

Como se comprenderá a partir de la explicación dada hasta aquí, de acuerdo con la presente invención, en el momento del funcionamiento del motor, se controla al menos uno del tiempo de inyección y de la presión de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos de modo que la amplitud del cambio de la concentración de hidrocarburos que fluye hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape se encuentre dentro del intervalo predeterminado de amplitud, el período de inyección de hidrocarburos desde la válvula 15 de alimentación de hidrocarburos se controla para que la concentración de hidrocarburos que fluye hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape vibre dentro del intervalo predeterminado de período, cuando solo se controla el tiempo de inyección de hidrocarburos, el tiempo de inyección de hidrocarburos bajo el mismo estado de funcionamiento del motor se hace más largo cuanto mayor es la temperatura TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape, y, cuando se controla la presión de inyección de los hidrocarburos, la presión de inyección de los hidrocarburos bajo el mismo estado de funcionamiento del motor se hace mayor cuanto mayor es la temperatura TC del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

Téngase en cuenta que, en esta realización según la presente invención, cuando se controla la presión de inyección de hidrocarburos, el tiempo de inyección de hidrocarburos bajo el mismo estado de funcionamiento del motor se acorta cuanto mayor es la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape.

Además, explicando la presente invención con un poco más de detalle, al menos uno del tiempo de inyección y la presión de inyección de hidrocarburos capaces de dar una amplitud de cambio de la concentración de hidrocarburos que fluyen hacia el catalizador 13 de purificación de gases de escape en el momento del funcionamiento en estado estacionario del motor dentro del intervalo predeterminado de amplitud, se almacena de antemano como el tiempo de inyección de referencia WT_{ij} o la presión de inyección de referencia WP_{ij} para cada estado de funcionamiento del motor. La temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape en el estado de funcionamiento en estado estacionario del motor se almacena de antemano como la temperatura de referencia TCi para cada estado de funcionamiento del motor. Si solo se controla el tiempo de inyección de los hidrocarburos en el momento del funcionamiento del motor, cuando la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape es mayor que la temperatura de referencia TCi de acuerdo con el estado de funcionamiento del motor, el tiempo de inyección de los hidrocarburos se hace más largo que el tiempo de inyección de referencia WT_{ij} de acuerdo con el estado de funcionamiento del motor. Si la presión de inyección de los hidrocarburos se controla en el momento del funcionamiento del motor, cuando la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape es mayor que la temperatura de referencia TCi de acuerdo con el estado de funcionamiento del motor, la presión de inyección de los

hidrocarburos se hace mayor que la presión de inyección de referencia WPIj de acuerdo con el estado de funcionamiento del motor.

5 Téngase en cuenta que, en este caso, en el caso de que se controle la presión de inyección de hidrocarburos, cuando la temperatura del catalizador 13 de purificación de gases de escape sea mayor que la temperatura de referencia TCi de acuerdo con el estado de funcionamiento del motor, el tiempo de inyección de los hidrocarburos se hace más corto que el tiempo de inyección de referencia WTi de acuerdo con el estado de funcionamiento del motor. Téngase en cuenta que, cuando sólo se controla la cadencia de inyección de los hidrocarburos en el momento del funcionamiento del motor, como se muestra en la Fig. 25A, la cadencia de inyección de los hidrocarburos en el momento del funcionamiento del motor con alta carga se hace menor que en el momento de funcionamiento del moto con baja carga. A diferencia de esto, cuando la presión de inyección de hidrocarburos se controla en el momento del funcionamiento del motor, como se muestra en la Fig. 32A, la presión de inyección de hidrocarburos en el momento del funcionamiento del motor con alta carga se hace mayor que en el momento del funcionamiento del motor con baja carga.

15 Téngase en cuenta que, como otro ejemplo, en el tubo de escape del motor aguas arriba del catalizador 13 de purificación de gases de escape, se puede disponer un catalizador de oxidación para reformar los hidrocarburos.

Lista de signos de referencia

- 4 ... Colector de admisión
- 5 ... Colector de escape
- 7 ... Turbocompresor de escape
- 20 12 ...Tubo de escape
- 13 ... Catalizador de purificación de gases de escape
- 14 ... Filtro de material particulado
- 15... Válvula de alimentación de hidrocarburos

REIVINDICACIONES

1. Método de funcionamiento de un sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna en el que una válvula (15) de alimentación de hidrocarburos para alimentar hidrocarburos está dispuesta dentro de un tubo de escape del motor, un catalizador (13) de purificación de gases de escape para hacer reaccionar NO_x e hidrocarburos reformados está dispuesto dentro del tubo de escape del motor aguas abajo de la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos, un catalizador (51, 52) basado en metales preciosos se soporta sobre una superficie de flujo de gases de escape del catalizador (13) de purificación de gases de escape y se forma una parte (54) básica de la superficie de flujo de gases de escape alrededor del catalizador (51, 52) basado en metales preciosos,
- 5 el catalizador (13) de purificación de gases de escape
- 10 tiene la propiedad de reducir el NO_x que está contenido en el gas de escape si se hace que una concentración de hidrocarburos que fluye hacia el catalizador (13) de purificación de gases de escape vibre dentro de un intervalo predeterminado de amplitud y dentro de un intervalo predeterminado de período y tiene la propiedad de ser aumentado en la cantidad de almacenamiento de NO_x que está contenido en el gas de escape si el período de vibración de la concentración de hidrocarburos se hace más largo que el intermedio predeterminado y, en el momento del funcionamiento del motor, al menos se controla uno del tiempo de inyección y de la presión de inyección de hidrocarburos desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos de modo que la amplitud del cambio de concentración de hidrocarburos que fluyen hacia el catalizador (13) de purificación de gases de escape se encuentre dentro de dicho intervalo predeterminado de amplitud, se controla el período de inyección de hidrocarburos desde la válvula (15) de alimentación de hidrocarburos de modo que la concentración de hidrocarburos que fluye hacia el catalizador (13) de purificación de gases de escape vibre dentro de dicho intervalo predeterminado de período, caracterizado por que, el catalizador (13) de purificación de gases de escape reacciona con el NO_x contenido en el gas de escape y los hidrocarburos reformados, en donde, si la temperatura del catalizador (13) de purificación de gases de escape llega a una alta temperatura de 400°C o más, cuando sólo se controla el tiempo de inyección de los hidrocarburos, el tiempo de inyección de los hidrocarburos bajo el mismo estado de funcionamiento del motor se hace más largo cuanto mayor es la temperatura del catalizador (13) de purificación de gases de escape, y cuando se controla la presión de inyección de hidrocarburos, la presión de inyección de hidrocarburos bajo el mismo estado de funcionamiento del motor se hace mayor cuanto mayor es la temperatura del catalizador (13) de purificación de gases de escape, en donde en el catalizador (13) de purificación de gases de escape, el NO_x contenido en el gas de escape y los hidrocarburos reformados reaccionan mediante lo que se produce un intermedio reductor que contiene nitrógeno e hidrocarburos y en donde el período de vibración de la concentración de hidrocarburos es el período de vibración necesario para una producción continua del intermedio reductor.
- 15
- 20
- 25
- 30
2. Método para hacer funcionar un sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 1, en el que cuando se controla la presión de inyección de dichos hidrocarburos, el tiempo de inyección de dichos hidrocarburos bajo el mismo estado de funcionamiento del motor se hace más corto cuanto mayor es temperatura del catalizador (13) de purificación de gases de escape.
- 35
3. Método para hacer funcionar un sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 1, en el que al menos uno del tiempo de inyección y de la presión de inyección de dichos hidrocarburos capaces de dar una amplitud de cambio de la concentración de hidrocarburos que fluyen en el catalizador (13) de purificación de gases de escape en el momento del funcionamiento en estado estacionario de un motor (1) dentro de dicho intervalo predeterminado de amplitud se almacena de antemano como el tiempo de inyección de referencia o la presión de inyección de referencia para cada estado de funcionamiento del motor, la temperatura del catalizador (13) de purificación de gases de escape en el estado de funcionamiento en estado estacionario del motor se almacena por adelantado como temperatura de referencia para cada estado de funcionamiento del motor, si sólo se controla el tiempo de inyección de hidrocarburos en el momento del funcionamiento del motor, cuando la temperatura del catalizador (13) de purificación de gases de escape se hace más alta que la temperatura de referencia de acuerdo con el estado de funcionamiento del motor, el tiempo de inyección de hidrocarburos se hace más largo que el tiempo de inyección de referencia de acuerdo con el estado de funcionamiento del motor, y, si la presión de inyección de los hidrocarburos se controla en el momento del funcionamiento del motor, cuando la temperatura del catalizador (13) de purificación de gases de escape es mayor que la temperatura de referencia de acuerdo con el estado de funcionamiento del motor, la presión de inyección de los hidrocarburos se hace mayor que la presión de inyección de referencia de acuerdo con el estado de funcionamiento del motor.
- 40
- 45
- 50
4. Método para hacer funcionar un sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 3, en el que se controla si la presión de inyección de dichos hidrocarburos, cuando la temperatura del catalizador (13) de purificación de gases de escape es mayor que la temperatura de referencia de acuerdo con el estado de funcionamiento del motor, el tiempo de inyección de dichos hidrocarburos se hace más corto que la temperatura de referencia de acuerdo con el estado de funcionamiento del motor.
- 55
5. Método para hacer funcionar un sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 1, en el que cuando sólo se controla el tiempo de inyección de hidrocarburos en el momento del funcionamiento del motor, el tiempo de inyección de los hidrocarburos en el momento del funcionamiento del motor con alta carga se hace más largo que en el momento del funcionamiento del motor con baja carga, mientras
- 60

que cuando la presión de inyección de los hidrocarburos se controla en el momento del funcionamiento del motor, la presión de inyección de los hidrocarburos en el momento del funcionamiento del motor con alta carga se hace mayor que en el momento del funcionamiento del motor con baja carga.

5 **6.** Método para hacer funcionar un sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 1, en el que el período de vibración de la concentración de hidrocarburos es de 0,3 segundos a 5 segundos.

7. Método para hacer funcionar un sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 1, en el que dicho catalizador (51, 52) basado en metales preciosos está compuesto de platino Pt y al menos uno de rodio Rh y paladio Pd.

10 **8.** Método para hacer funcionar un sistema de purificación de gases de escape de un motor (1) de combustión interna según la reivindicación 1, en el que sobre la superficie de flujo de gases de escape del catalizador (13) de purificación de gases de escape se forma una capa básica (53) que contiene un metal alcalino, un metal alcalinotérreo, una tierra rara o un metal que puede donar electrones a NO_x y en el que una superficie de dicha capa básica (53) forma dicha parte (54) básica de la superficie de flujo de gases de escape.

15

Fig.1

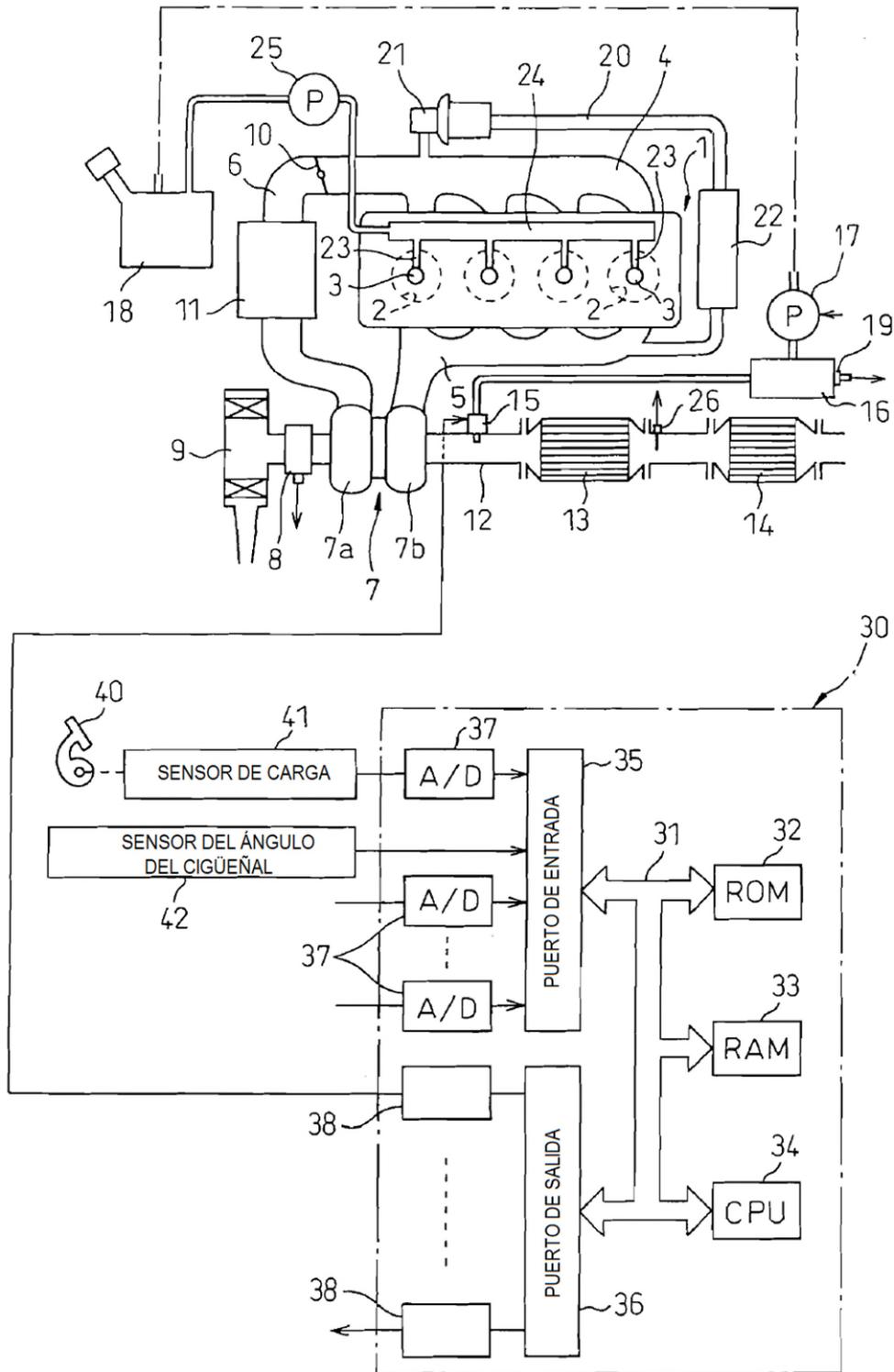


Fig.2

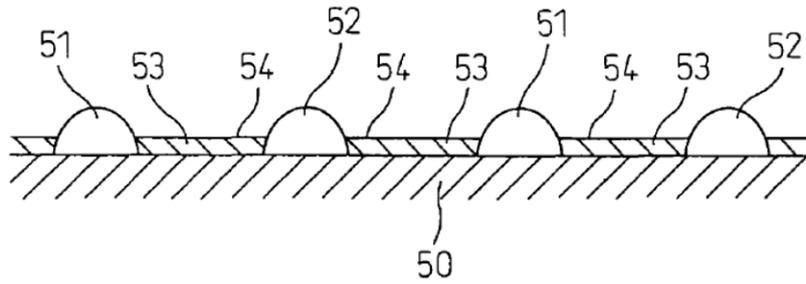


Fig.3

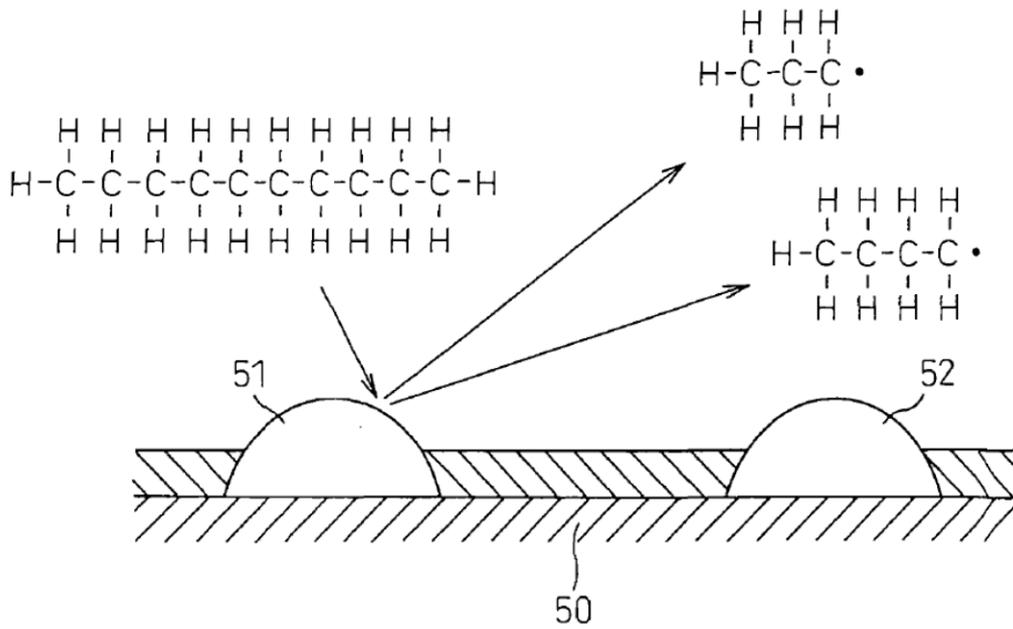


Fig.4

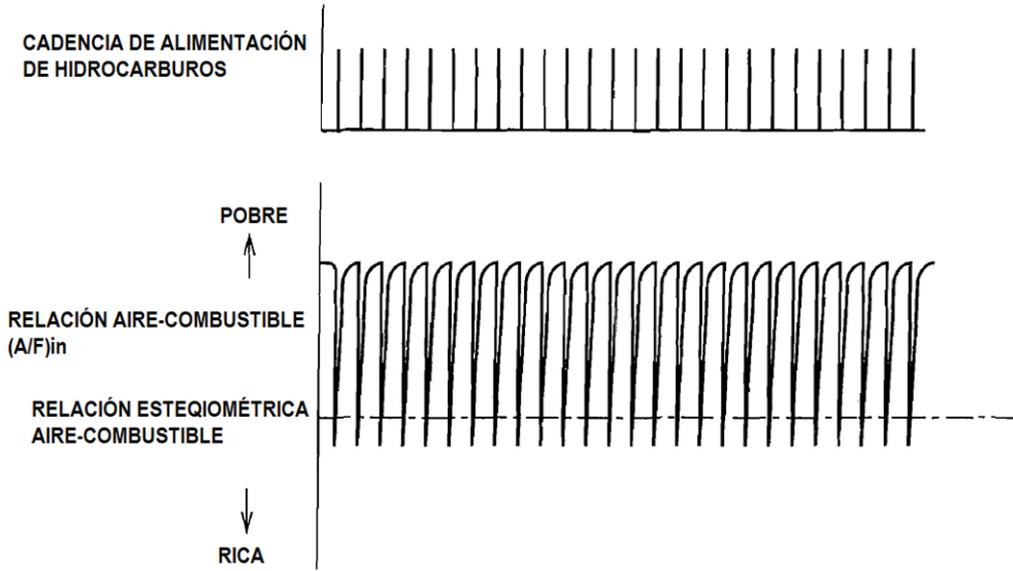


Fig.5

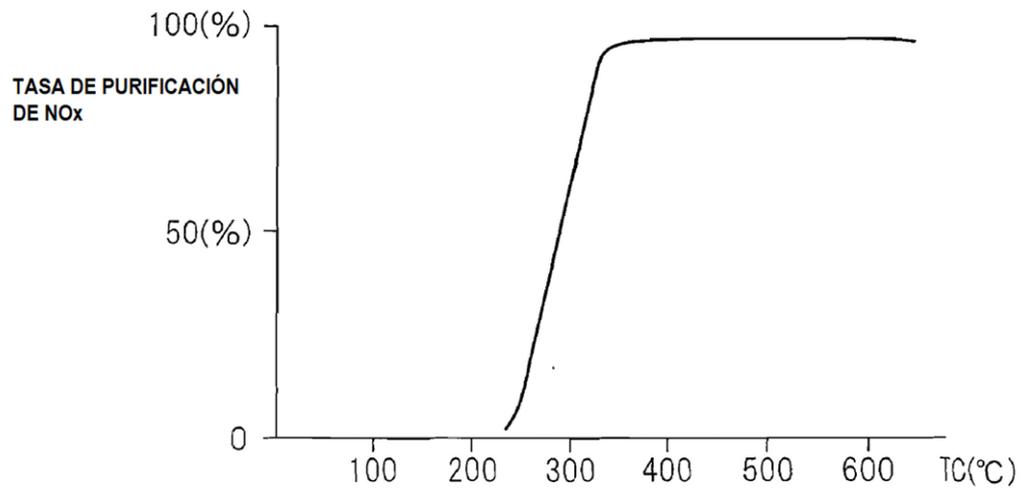


Fig.6A

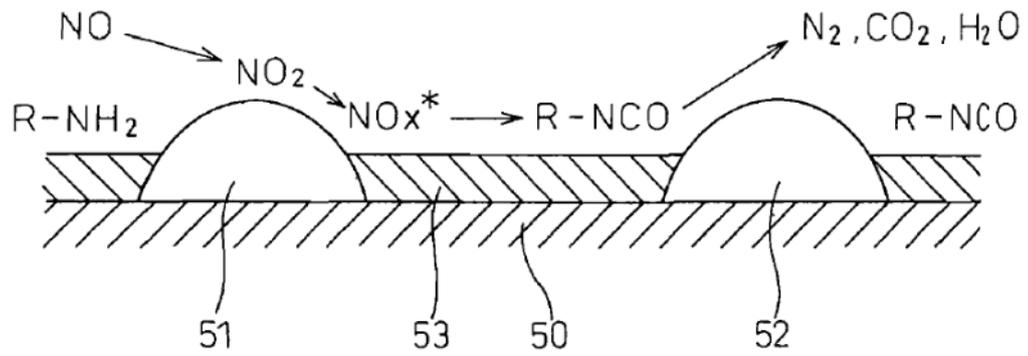


Fig.6B

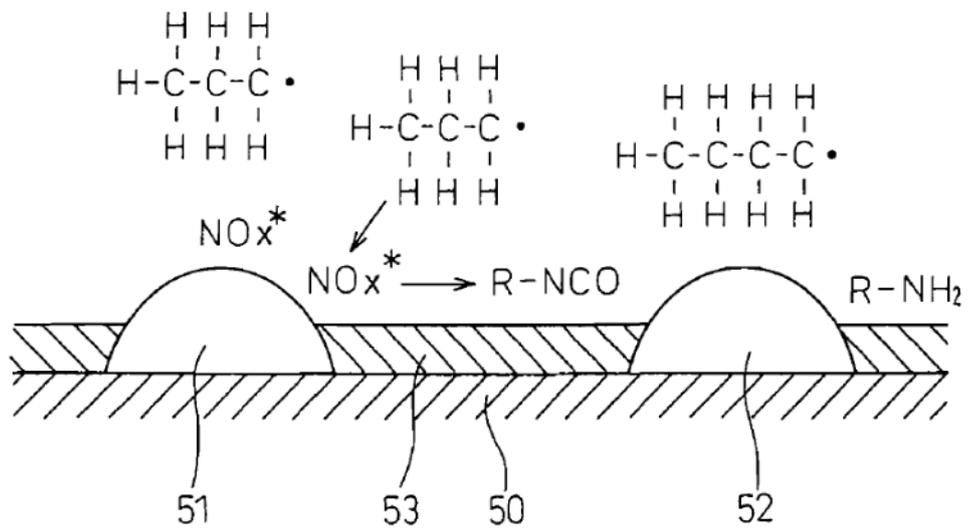


Fig.7A

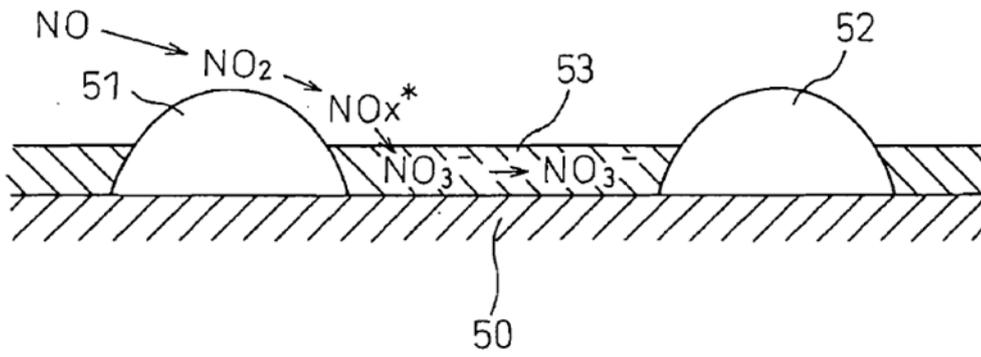


Fig.7B

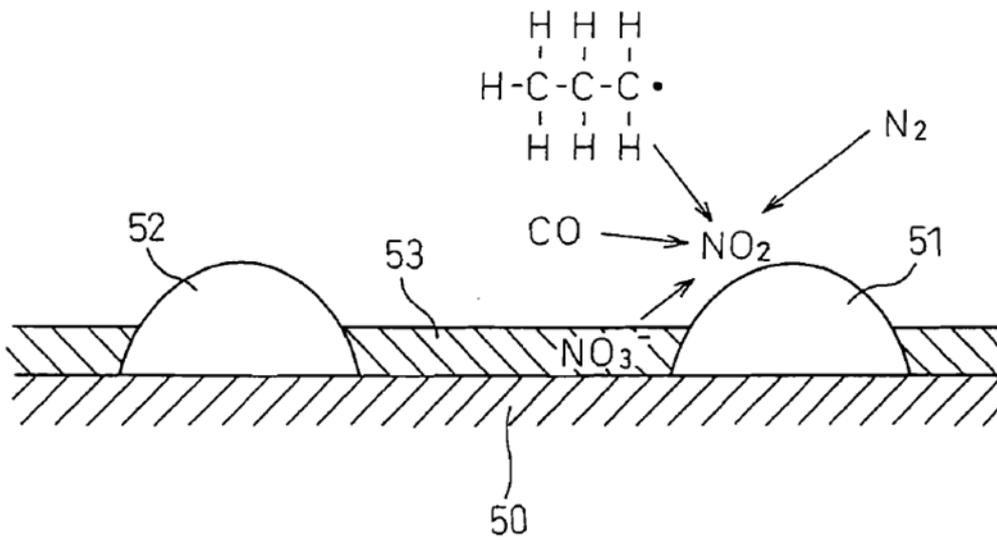


Fig.8

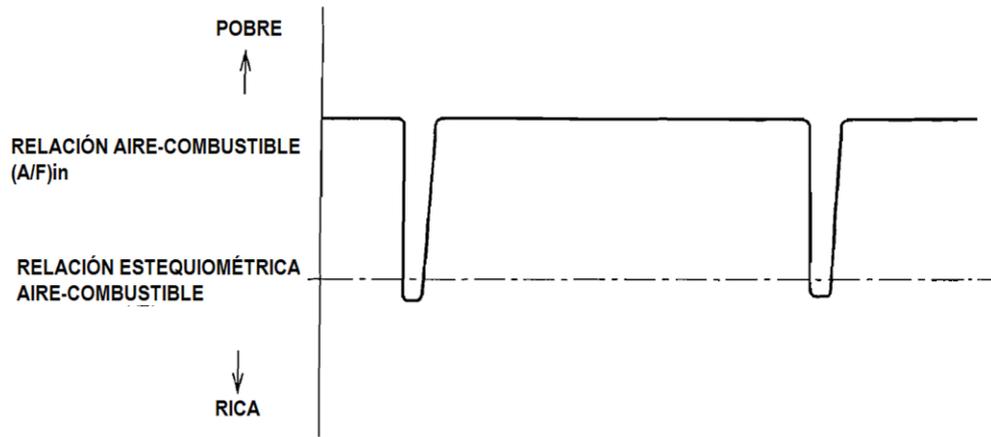


Fig.9

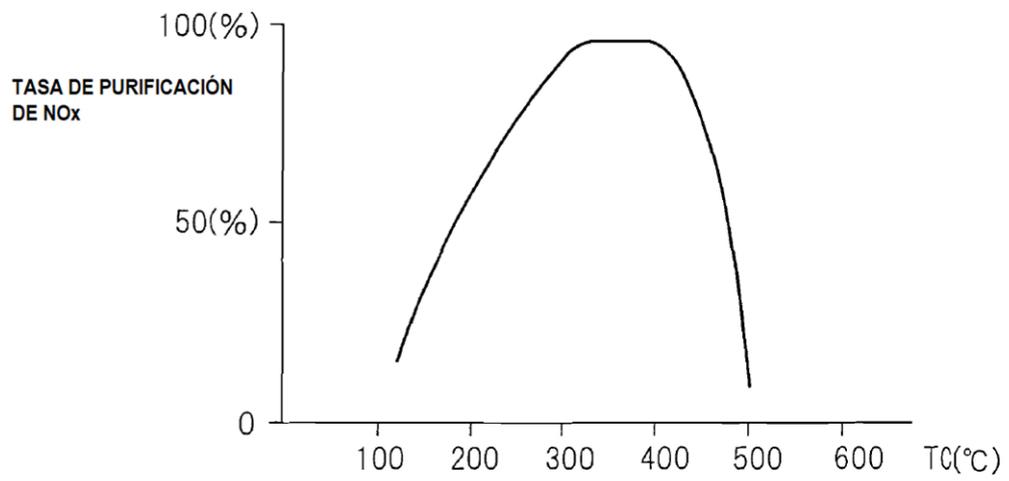


Fig.10

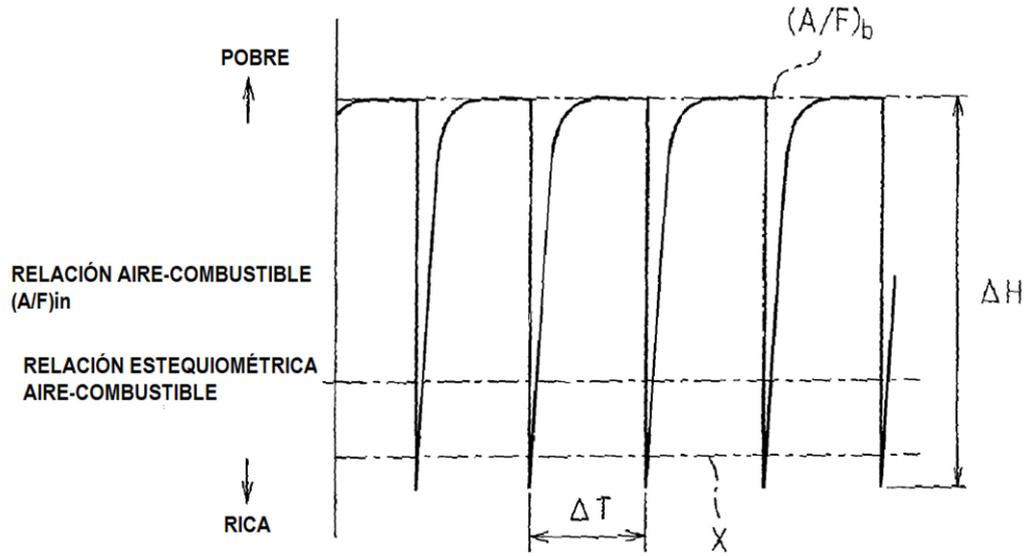


Fig.11

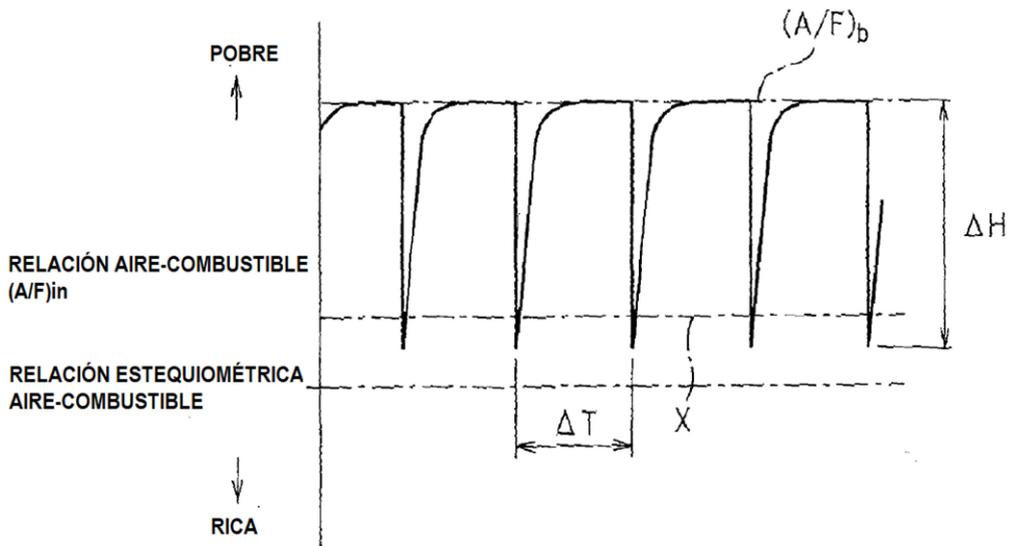


Fig.12

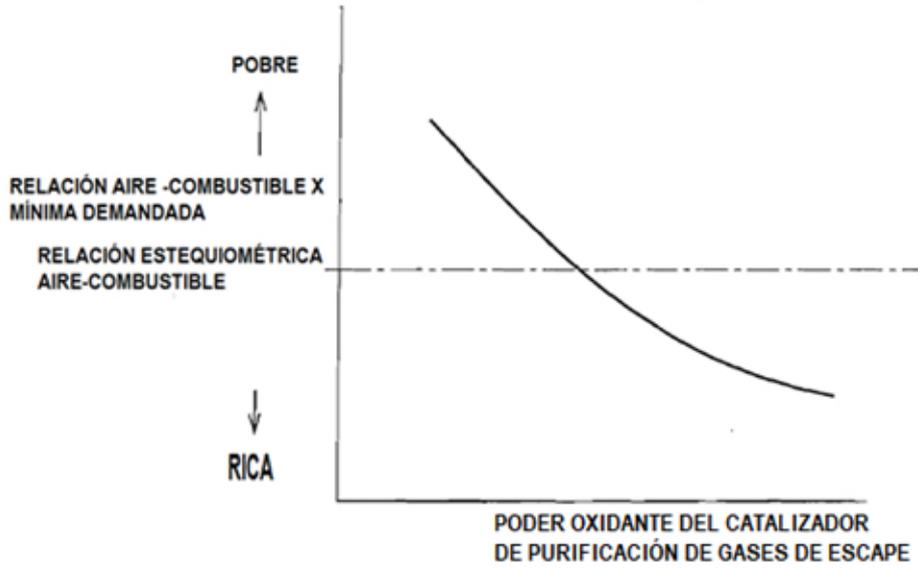


Fig.13

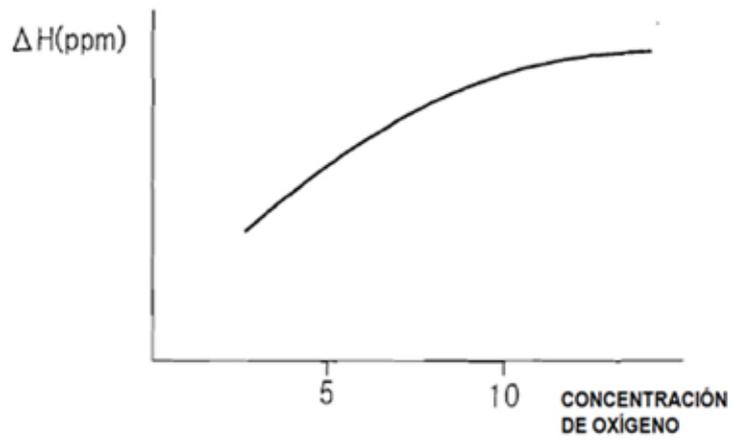


Fig.14

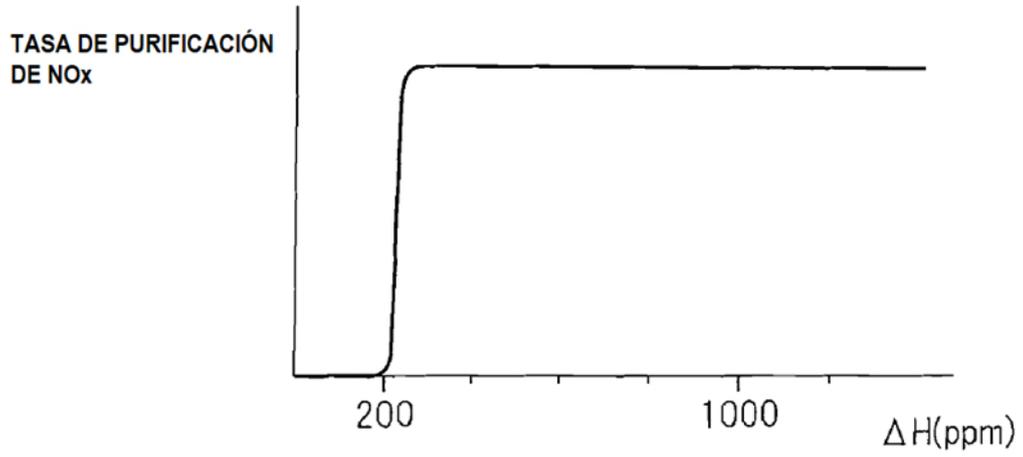


Fig.15

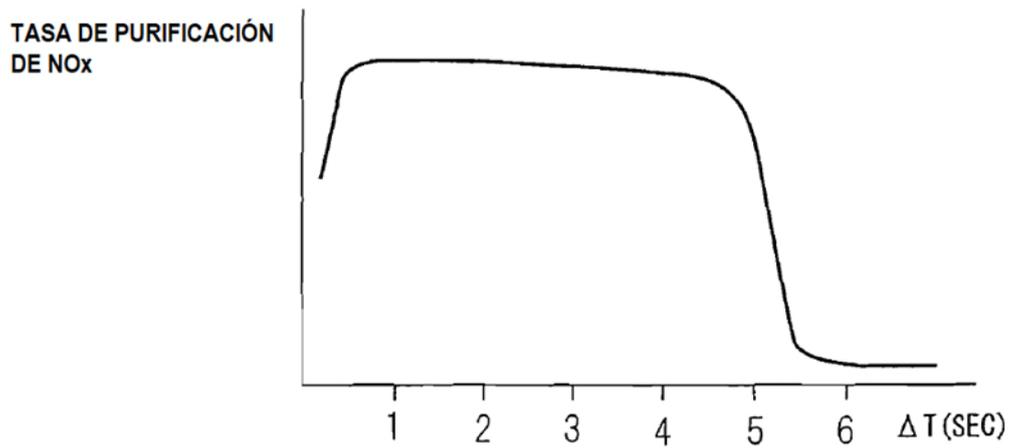


Fig.16

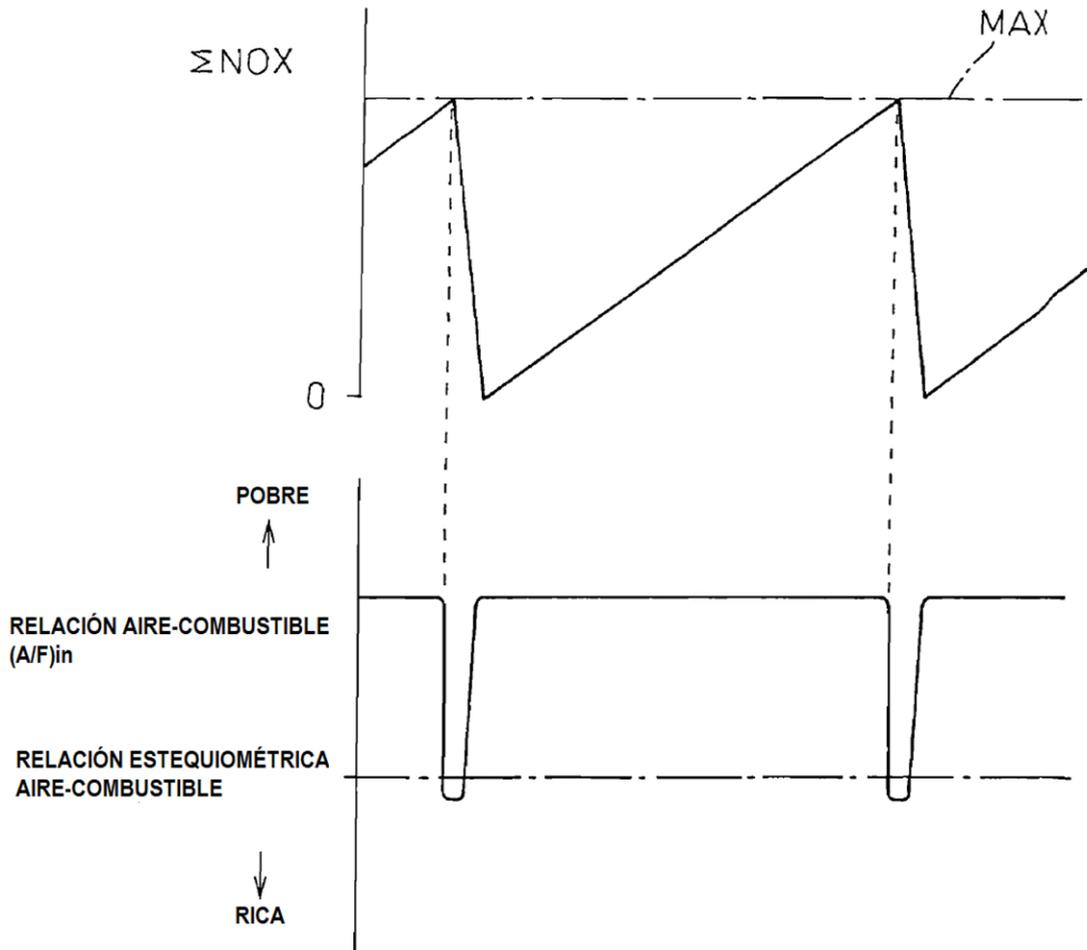


Fig.17

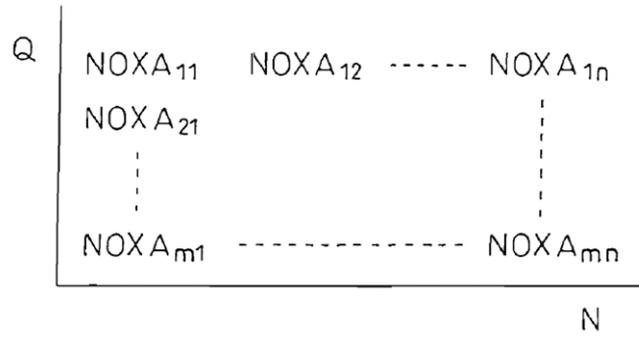


Fig.18

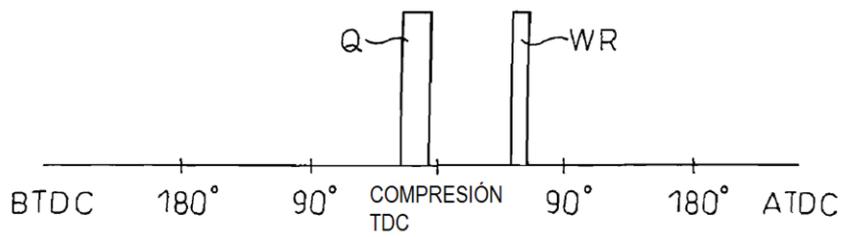


Fig.19

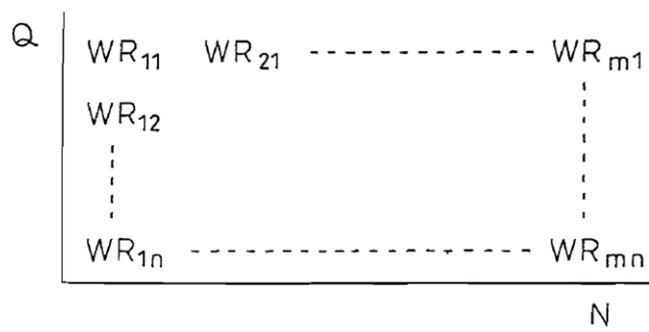


Fig.20

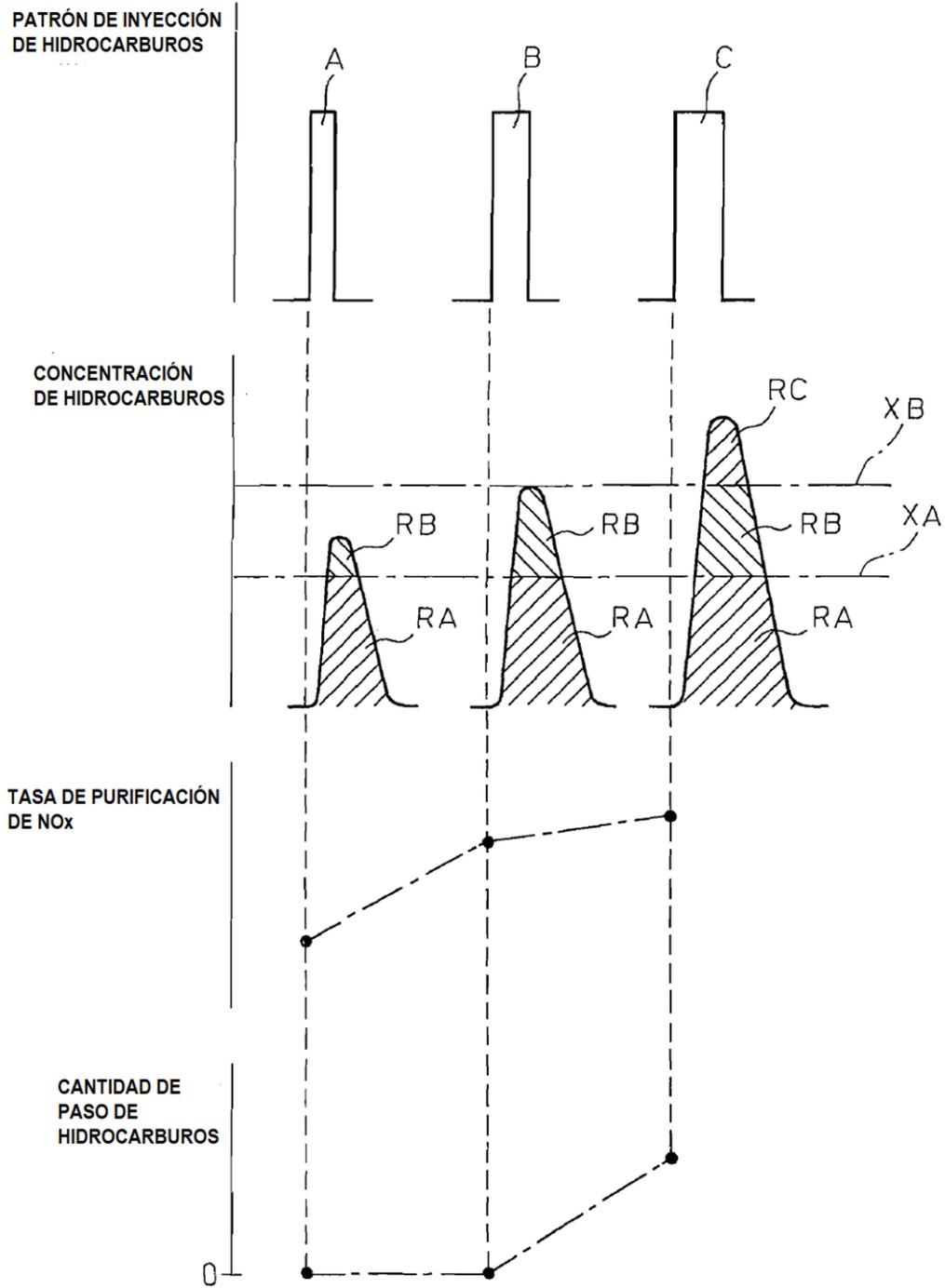


Fig.21

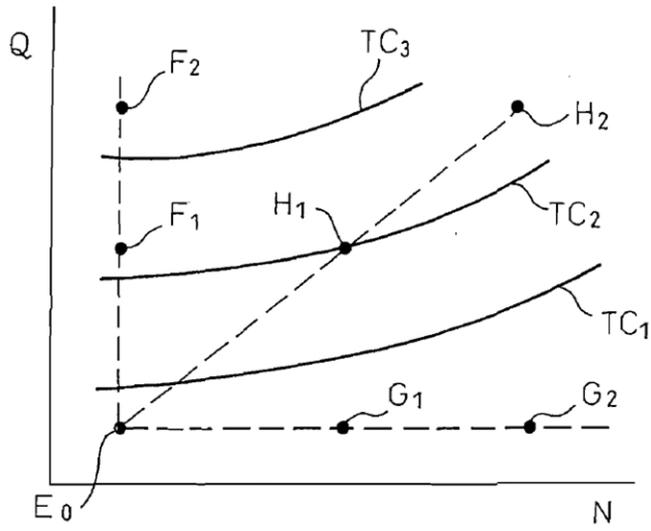


Fig.22

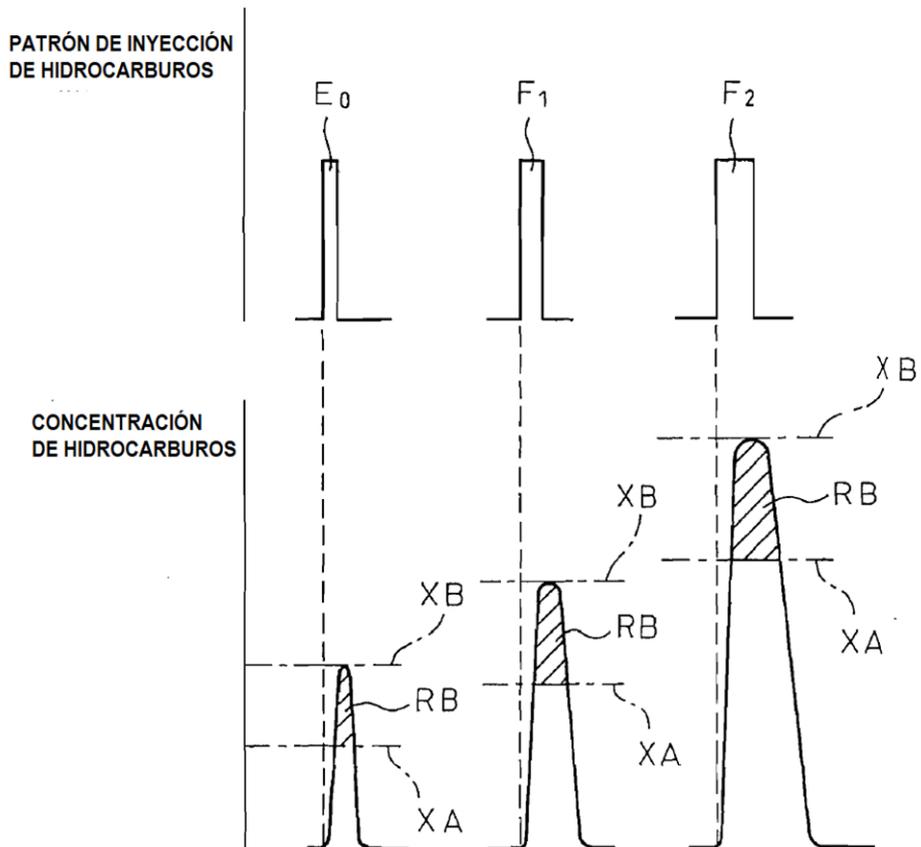


Fig.23

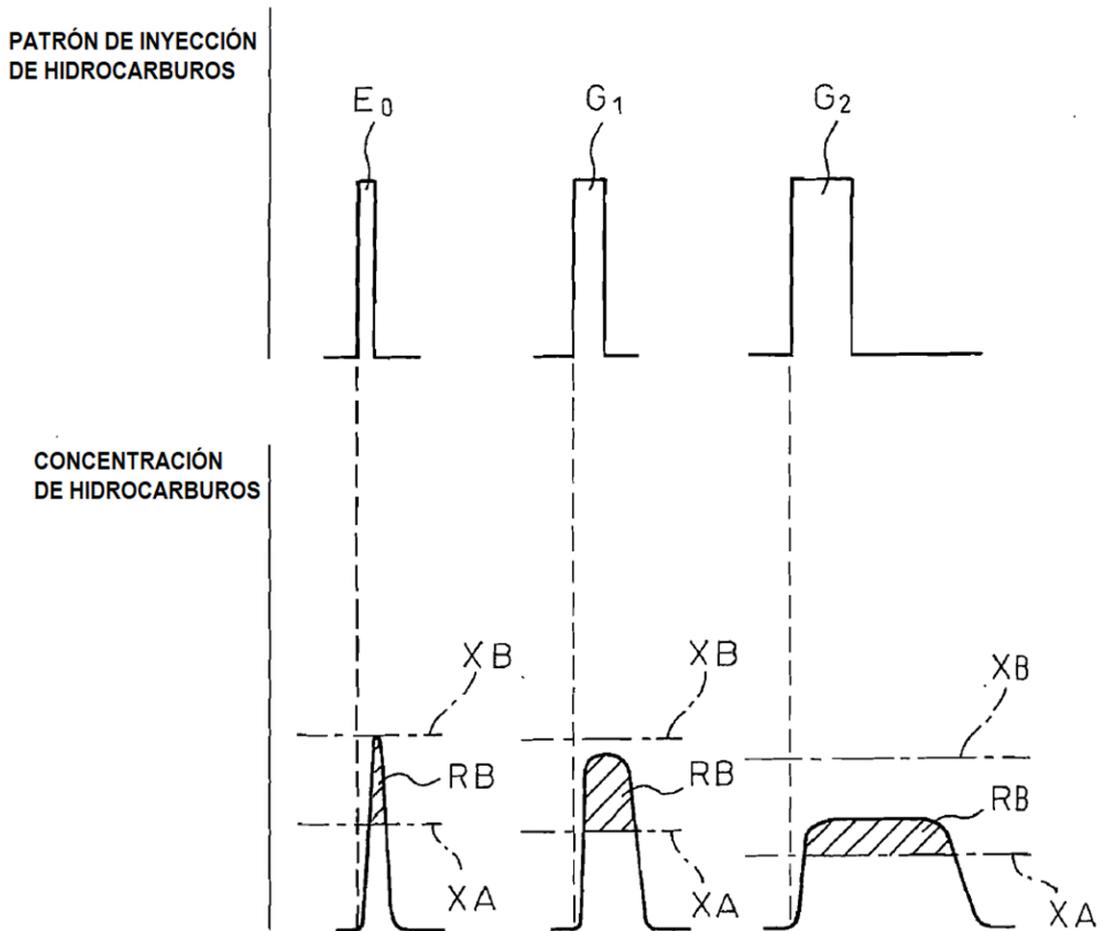


Fig.24

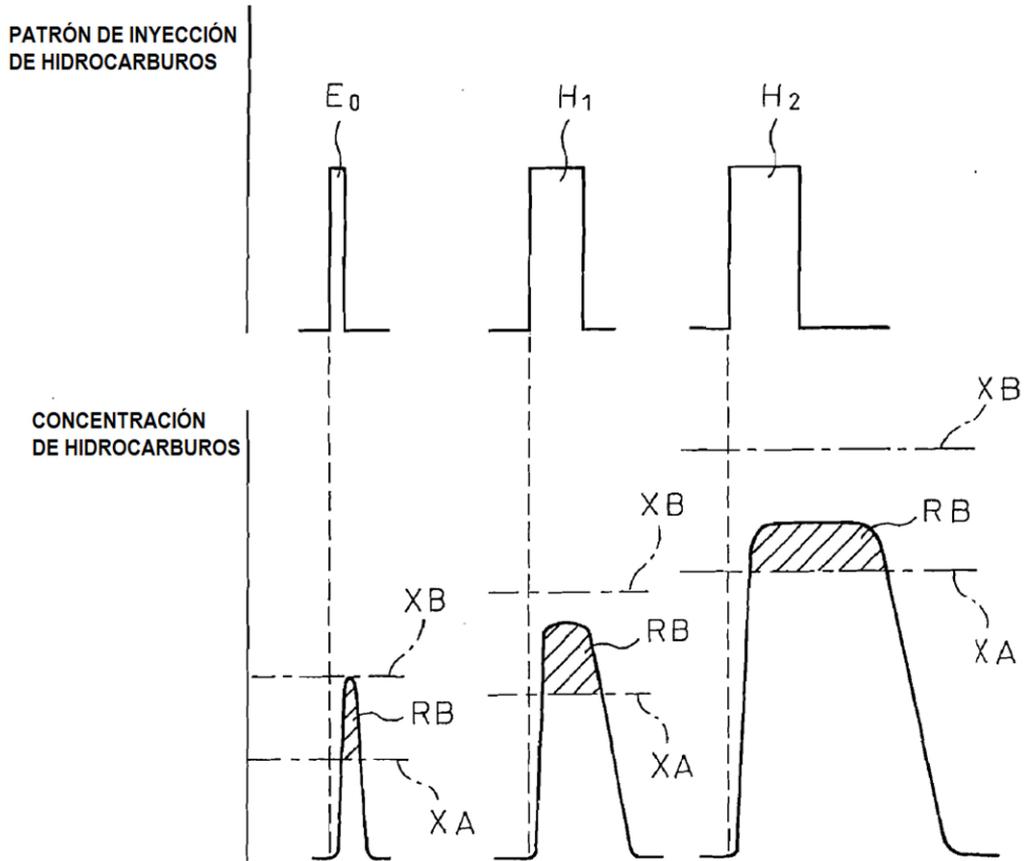


Fig.25A

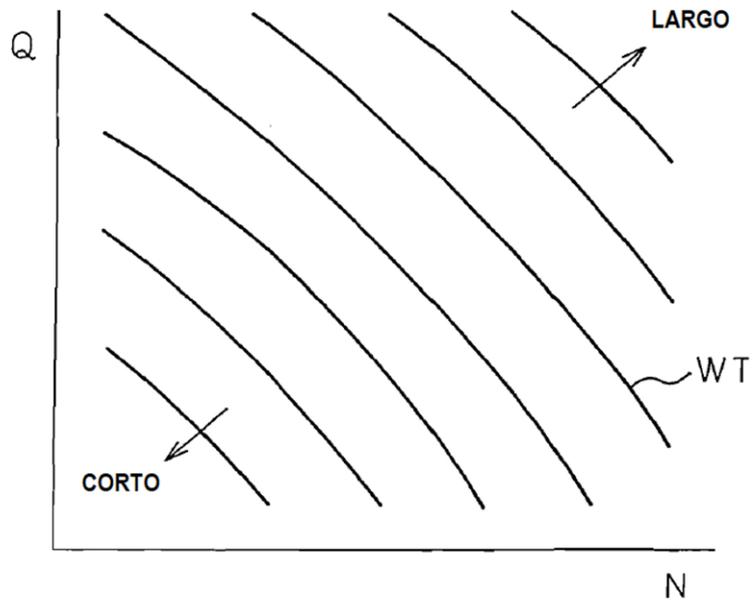


Fig.25B

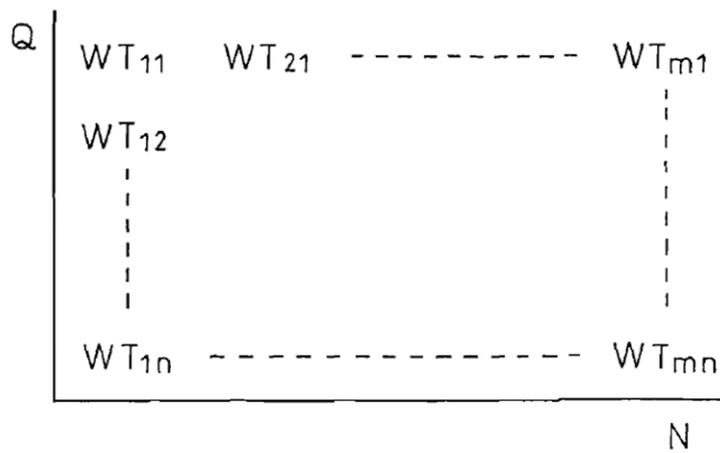


Fig.26

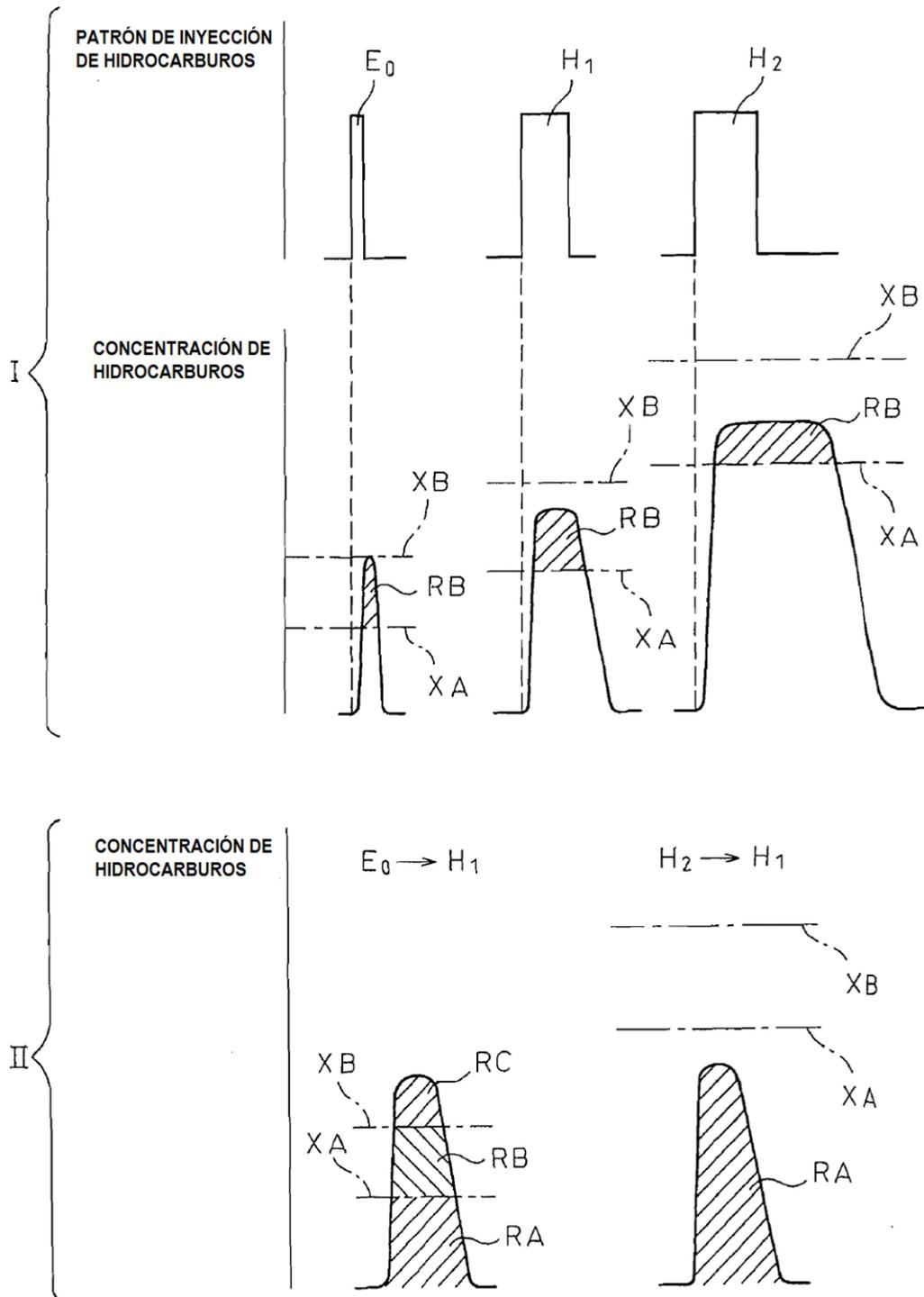


Fig.27

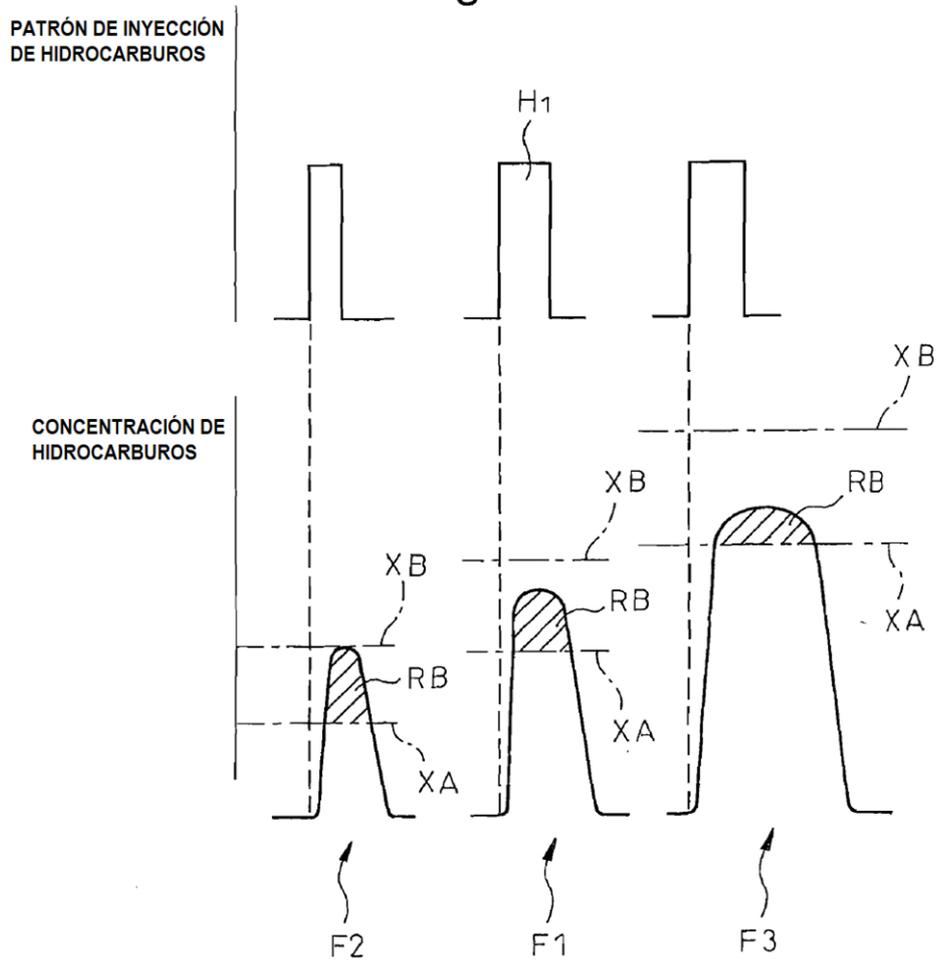


Fig.28

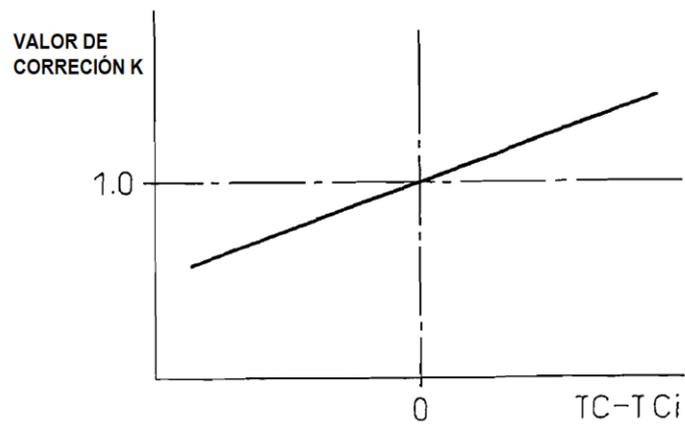


Fig.29

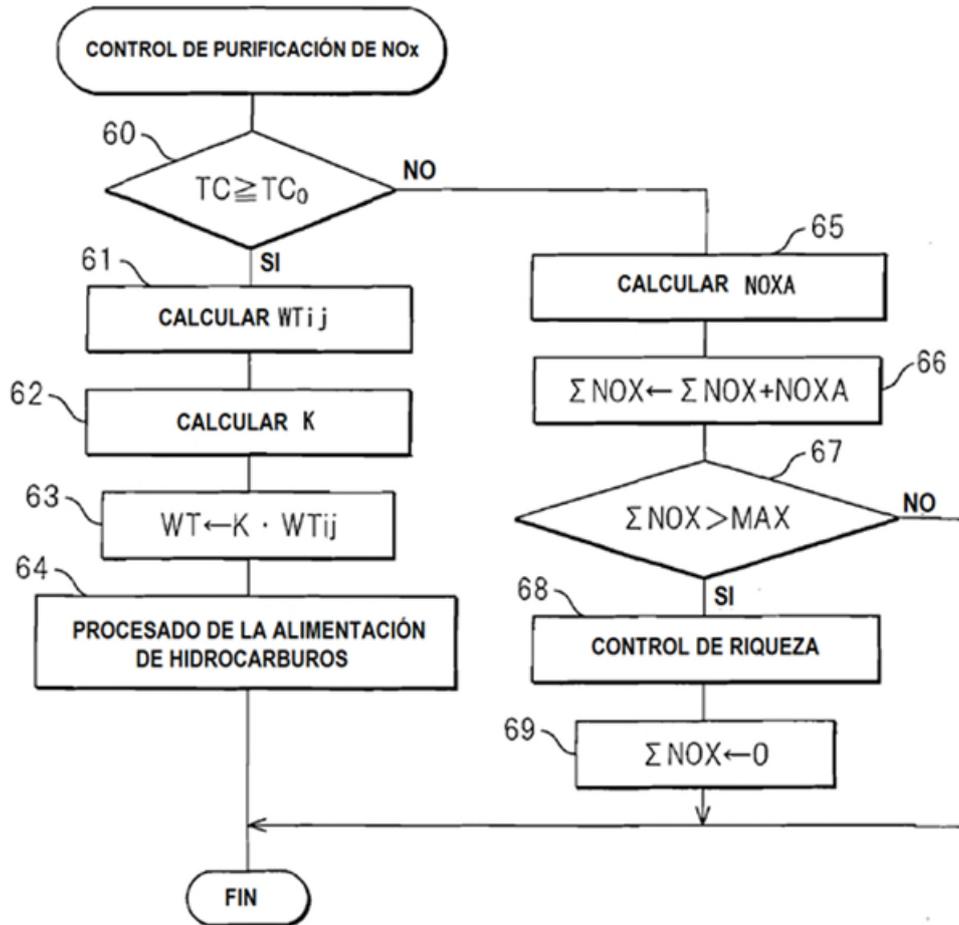


Fig.30

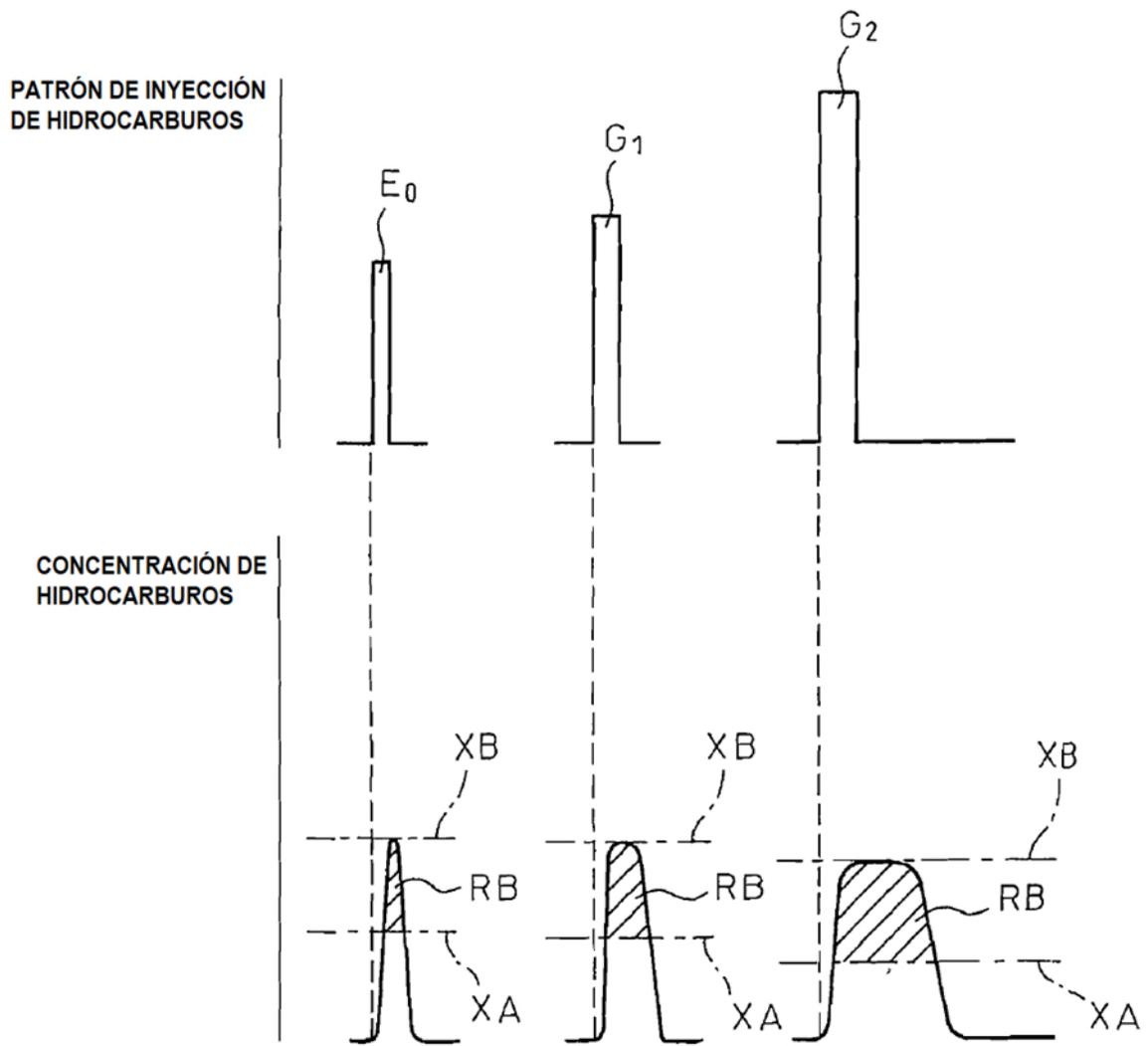


Fig.31

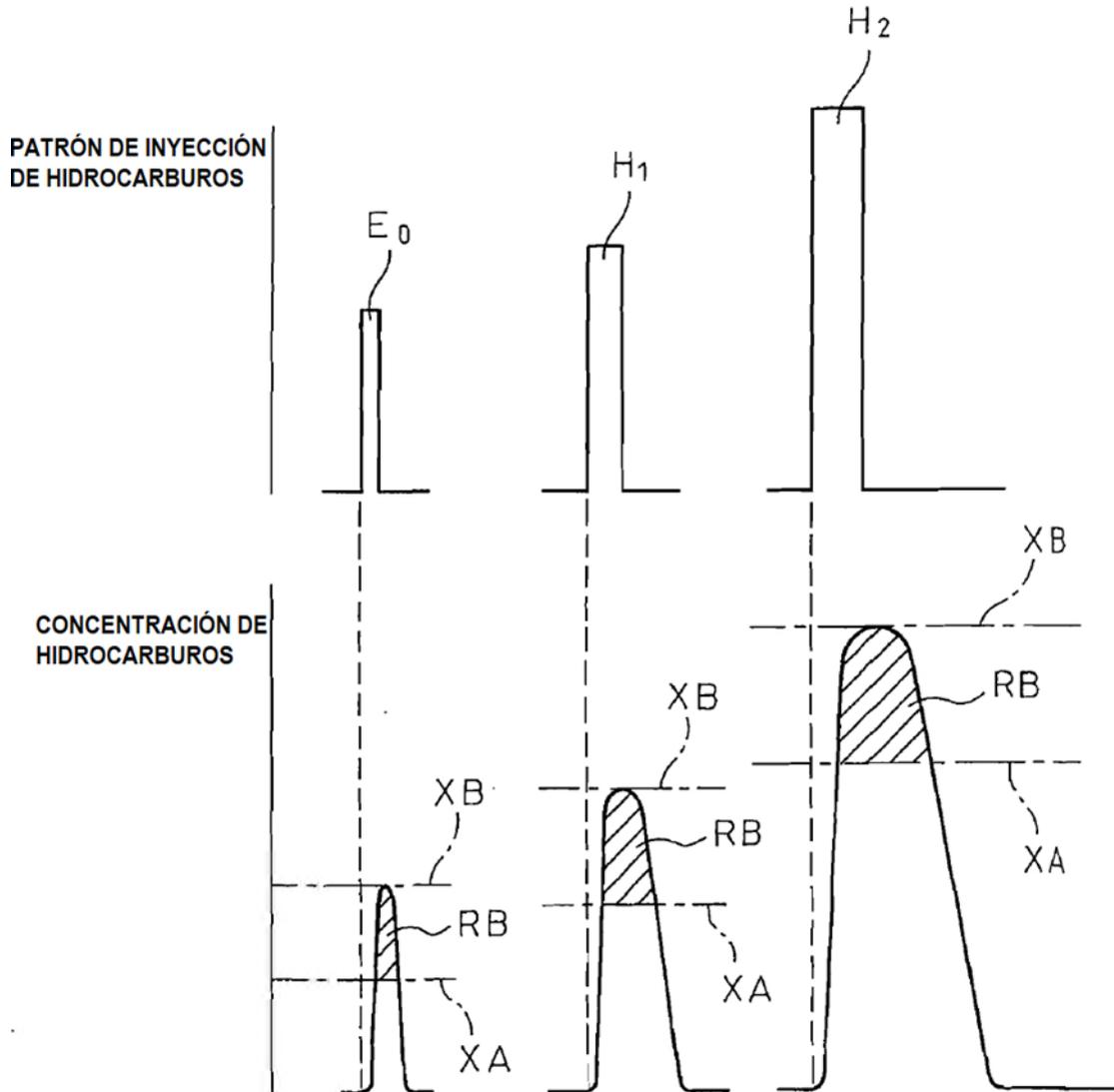


Fig.32A

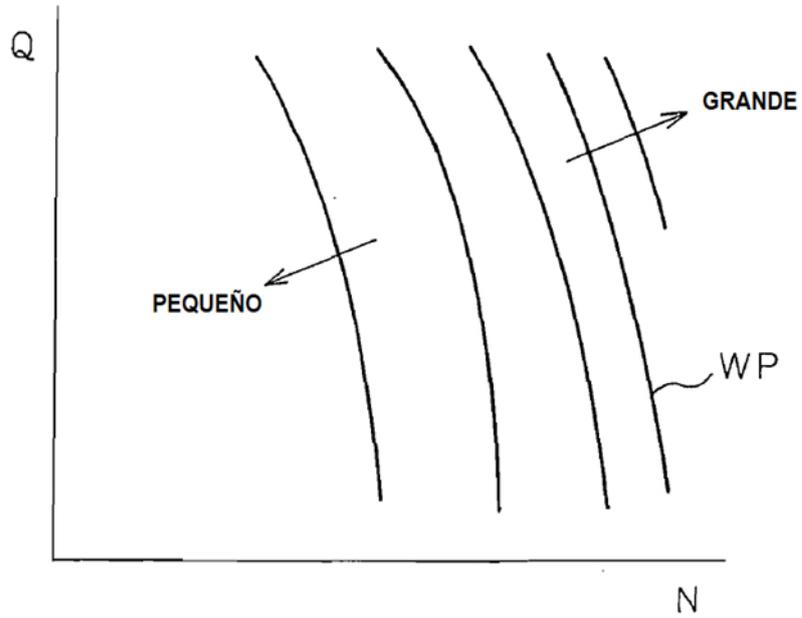


Fig.32B

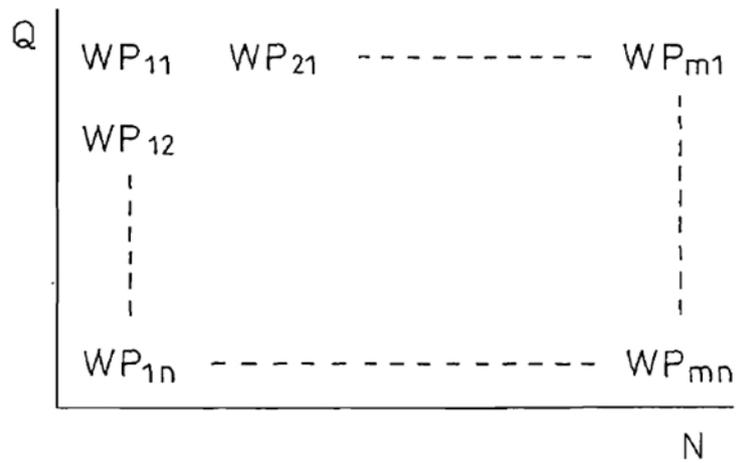


Fig.33A

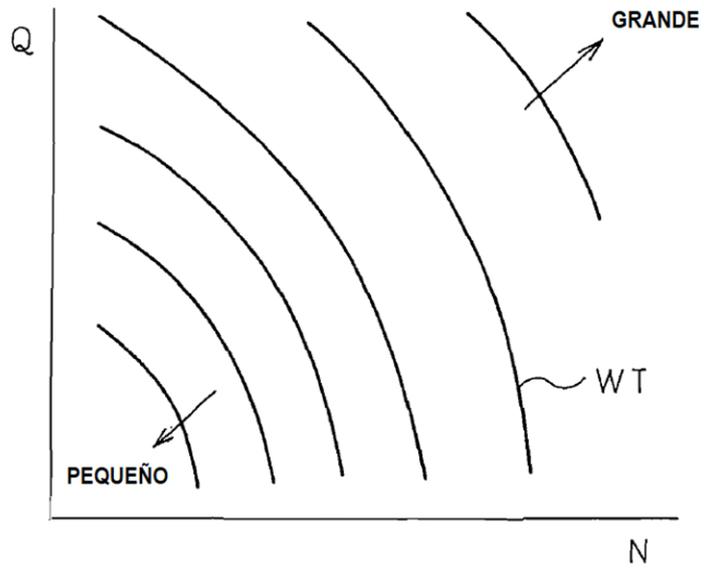


Fig.33B

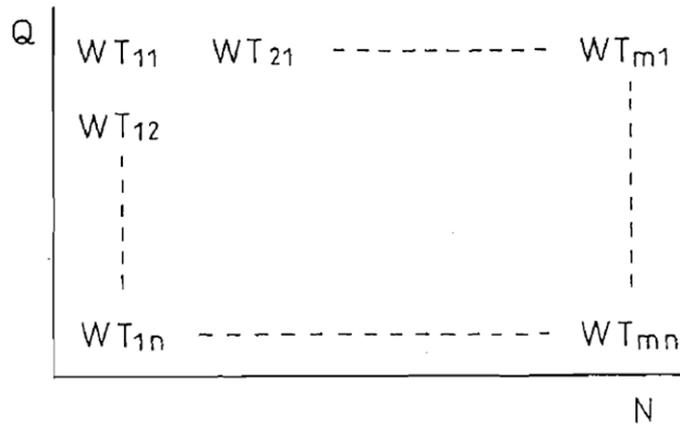


Fig.34

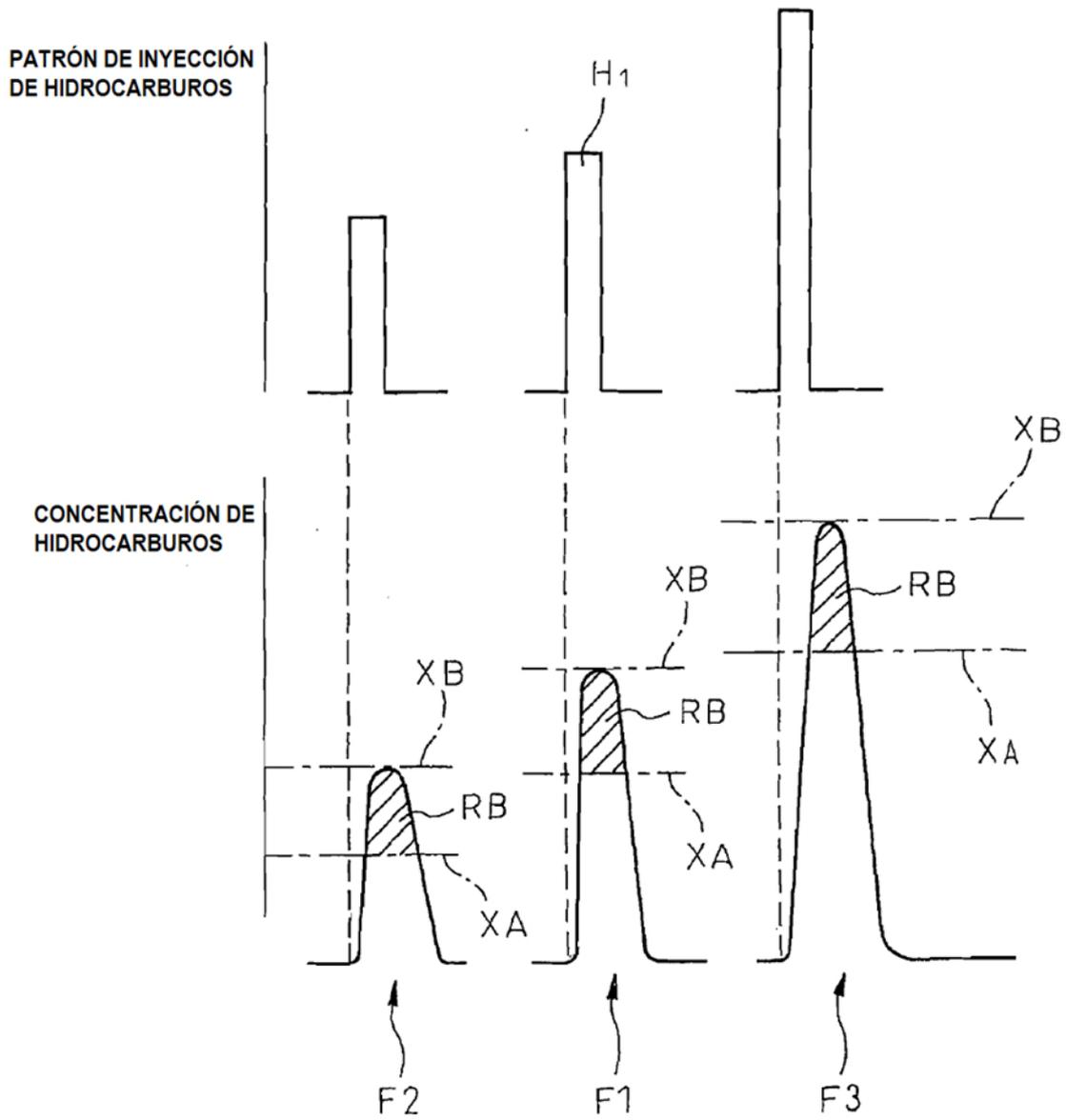


Fig.35A

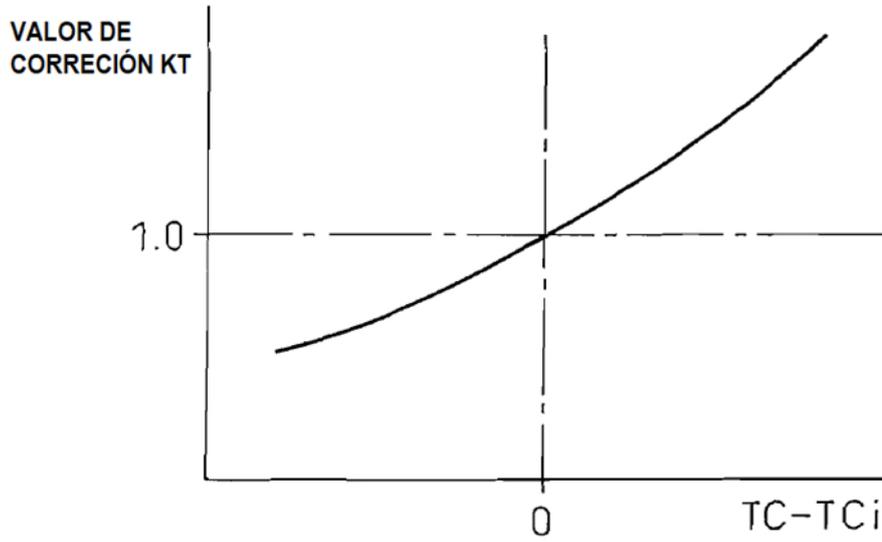


Fig.35B

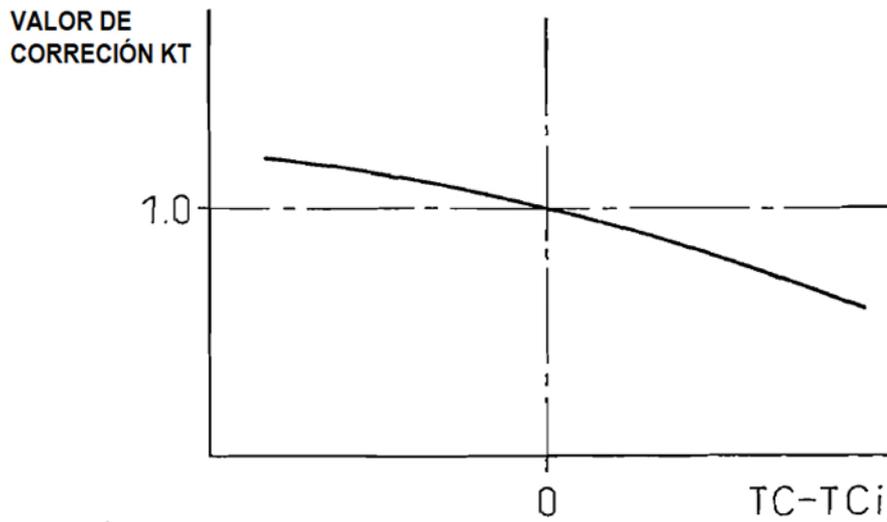


Fig.36

