(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 292 032**

(51) Int. Cl.:
F02M 25/07 (2006.01)
F02D 41/00 (2006.01)
B01D 53/94 (2006.01)
F01N 3/08 (2006.01)
F01N 3/24 (2006.01)
F01N 3/10 (2006.01)
F01N 3/28 (2006.01)
F01N 3/20 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Número de solicitud europea: **05019695 .5**
(86) Fecha de presentación : **23.06.1999**
(87) Número de publicación de la solicitud: **1605144**
(87) Fecha de publicación de la solicitud: **14.12.2005**

(54) Título: **Dispositivo de control de la emisión del gas de escape en un motor de combustión interna.**

(30) Prioridad: **23.06.1998 JP 10-175637**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.03.2008

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.03.2008

(73) Titular/es: **Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha**
1, Toyota-cho
Toyota-shi, Aichi-ken 471-8571, JP

(72) Inventor/es: **Hirota, Shinya;**
Itoh, Kazuhiro;
Tanaka, Toshiaki y
Iwasaki, Eiji

(74) Agente: **Isern Jara, Jaime**

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).

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. Pº de la Castellana, 75 – 28071 Madrid

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de control de la emisión del gas de escape en un motor de combustión interna.

Campo técnico

La presente invención se refiere a un dispositivo de purificación del gas de escape de un motor de combustión interna.

Tipo de fundamento

Es posible colocar un catalizador adecuado para la reducción de NOx en un gas de escape mediante amoníaco y alimentar una solución acuosa de urea en el conducto de escape del motor a contracorriente del catalizador para causar la reducción del NOx en el gas de escape por el amoníaco generado por la solución acuosa de urea. Sin embargo, en este caso la velocidad de purificación del NOx disminuye junto a un descenso en la temperatura del catalizador. Por lo tanto, se sabe que existe un motor de combustión interna diseñado para calcular el cociente equivalente de la urea necesaria para reducir el NOx mediante un índice de purificación de la NOx de acuerdo con la temperatura del catalizador y para controlar la cantidad de alimentación de la solución acuosa de urea de manera que la urea es alimentada por ese porcentaje equivalente (ver Japanese Unexamined Utility Model Publication (Kokai) Nº 3-129712).

No obstante, mientras se alimenta la urea por un cociente equivalente calculado de esta forma, cuando la temperatura del catalizador no es tan elevada, la velocidad de purificación del NOx es mínima. Por lo tanto, cuando la temperatura del catalizador no es tan elevada, existe el problema de que no se puede obtener un índice de purificación de NOx elevado. En particular, cuando la temperatura del catalizador no es tan elevada y la cantidad de NOx en el gas de escape es grande, como cuando el motor está acelerando desde un estado de funcionamiento de carga mínima, si la velocidad de purificación del NOx es baja, el problema surgirá de una gran cantidad de NOx que está siendo liberada a la atmósfera.

Revelación de la invención

El documento US-A-5628186 revela un método y un aparato para purificar el gas de escape de un motor de combustión interna. De acuerdo con el método revelado, un agente reductor en forma de urea o de amoníaco es suministrado de forma controlada a un catalizador SCR-deNOx donde la cantidad almacenada y liberada de agente reductor se calcula teniendo en cuenta la máxima capacidad de almacenamiento del catalizador.

El documento EP-A-0828063 describe la purificación del gas de escape de un motor de combustión interna por medio de un catalizador deNOx y el uso de un agente reductor en la forma de HC. El agente reductor es inyectado en el gas de escape y se establece la recirculación del gas de escape para controlar la temperatura del catalizador, de forma que la cantidad de agente reductor inyectado es inversamente proporcional en la cantidad de gas de EGR.

El documento DE-A-4214183 describe la purificación de NOx del gas de escape con un agente reductor almacenado y liberado en un catalizador. El dispositivo comprende varios catalizadores de SCR a diferente temperatura donde cada catalizador tiene su suministro de agente reductor definido que se puede conectar de forma independiente.

El objetivo que subyace la invención consiste en conseguir un dispositivo de purificación del gas de escape de un motor de combustión interna que logre una reducción elevada de NOx por medio de un agente reductor donde se consiga un método reductor altamente eficaz y el consumo del agente reductor se mantenga mínimo. Este objetivo se resuelve mediante las características de la reivindicación 1.

Adicionalmente, los rasgos característicos son reivindicados por las subreivindicaciones y se describen y explican otras configuraciones en la descripción siguiente.

Descripción breve de los dibujos

La figura 1 es una visión global de un motor de combustión interna. La figura 2 es una visión del índice de purificación de NOx. La figura 3 es una visión de la concentración de amoniaco generada. La figura 4 es una visión de la temperatura del catalizador y de la concentración de amoníaco generada. La figura 5 es un diagrama de tiempos del proceso de reducción de NOx. Las figuras 6A, 6B y 6C son visiones del cociente equivalente de urea requerido para reducir el NOx en el gas de escape. La figura 7 es una visión del porcentaje de almacenamiento de urea. Las figuras 8A, 8B y 8C y las figuras 9A, 9B y 9C son visiones del cociente de liberación de amoníaco. Las figuras 10 a 12 son diagramas de flujo del control de la alimentación de la solución acuosa de urea. La figura 13 es una visión del cociente de incremento de urea. La figura 14 es un diagrama de tiempos del proceso reductor de NOx. La figura 15 es un diagrama de flujo para la ejecución de un control de alimentación I. La figura 16 es un diagrama de tiempos del proceso de reducción del NOx. La figura 17 es un diagrama de flujo para la ejecución del control de alimentación II. Las figuras 18A, 18B, 18C, 18D y 18E y las figuras 19A y 19B son visiones de diversos ejemplos de catalizadores, y la figura 20 a la figura 23 son visiones globales de motores de combustión interna que presentan varias configuraciones.

Mejor modo para trabajar la invención

La figura 1 muestra el caso de aplicación de la presente invención a un motor de combustión interna tipo ignición por compresión. Observen que la presente invención también se puede aplicar a un motor de gasolina.

Respecto a la figura 1, 1 indica un cuerpo de motor, 2 un bloque de cilindros, 3 una cabeza de cilindro, 4 un pistón, 5 una cámara de combustión, 6 un inyector de combustible controlado eléctricamente, 7 una válvula de admisión, 8 un orificio o puerto de entrada, 9 una válvula de escape y 10 un orificio o puerto de escape. El orificio de admisión 8 está conectado a una cámara de equilibrio o compensación 12 a través de un conducto de admisión correspondiente 11, mientras la cámara de compensación 12 está conectada a un purificador de aire 15 a través de un conducto de admisión 13 y un medidor del flujo de aire 14. Dentro del conducto de admisión 13 se dispone una válvula reguladora 17 accionada por un motor gradual o escalonado 16.

Por otro lado, un orificio de escape 10 está conectado a una entrada de un primer convertidor catalítico 20 que aloja un catalizador 19 a través de un colector de escape 18. La salida del primer convertidor catalítico 20 está conectada a un segundo convertidor catalítico 23 que aloja un catalizador 22 a través de un conducto de escape 21. En el modelo que se muestra en la figura 1, el catalizador 19 comprende un catalizador que tiene una función de oxidación, por ejemplo, un catalizador de oxidación o bien un catalizador de tres vías, mientras que el catalizador 22 comprende un catalizador de reducción selectivo de NOx adecuado para la reducción de NOx en el gas de escape por el amoníaco en presencia de un exceso de oxígeno.

El colector de escape 18 y la cámara de equilibrio 12 están conectados uno a otro a través de un conducto de recirculación de gas de escape (en adelante se hace referencia a él como EGR) 24. Dentro del conducto 24 de EGR se dispone una válvula de control de EGR controlada eléctricamente 25. Los inyectores de combustible 6 están conectados a un recipiente de combustible, denominado en general colector general de admisión 27, a través de tuberías de alimentación de combustible 28. El combustible es inyectado en el colector general de admisión 27 por una bomba de combustible de descarga variable controlada eléctricamente 28. El combustible inyectado en el colector general de admisión 27 es inyectado a los inyectores de combustible 6 a través de las tuberías de alimentación de combustible 26. El colector general de admisión 29 tiene un sensor de la presión de combustible 29 acoplado al mismo para detectar la presión del combustible en el colector general de admisión 27. La descarga de la bomba de combustible 28 es controlada en base a la señal de salida del sensor de presión de combustible 29, de manera que la presión del combustible en el colector general de admisión 29 pasa a ser una presión de combustible de referencia.

Por otro lado, se almacena un líquido que contiene un compuesto generador de amoníaco para generar amoníaco en un depósito 30. El líquido que contiene el compuesto generador de amoníaco almacenado en el depósito 30 es inyectado en la tubería de escape 21 a través de un conducto de alimentación 31, una bomba de alimentación 32 y una válvula de control del flujo controlada electromagnéticamente 33.

Una unidad de control electrónica 40 comprende un ordenador digital equipado con un ROM (memoria solo de lectura) 42, RAM (memoria de acceso aleatorio) 43, CPU (microprocesador) 44, orificio de entrada 45 y orificio de salida 46 conectados uno con otro a través de un enlace de conexión bidireccional 41. El medidor del flujo del aire 14 genera un voltaje de salida proporcional a la cantidad de aire de entrada. El voltaje de salida se introduce a través de un convertidor AD 47 correspondiente al puerto de entrada 45. Además, la señal de salida del sensor de presión de combustible 29 se introduce a través de un convertidor AD correspondiente 47 al orificio de entrada 45. Por otro lado, el cuerpo del motor 1 tiene acoplado un sensor de la temperatura del agua 34 para detectar la temperatura del agua refrigeradora del motor, mientras que la tubería de escape 21 ha dispuesto en él un sensor de temperatura 35 para detectar la temperatura del gas de escape que fluye a través de la tubería de escape 21. Las señales de salida de esos sensores 34 y 35 son introducidas por el orificio de entrada 45 a través de los correspondientes convertidores AD 47.

Un sensor de carga 51 conectado a un pedal acelerador 50 genera un voltaje de salida proporcional a la cantidad de depresión L del pedal del acelerador 50. El voltaje de salida del sensor de carga 51 se introduce por el orificio de entrada 45 a través del convertidor AD 47 correspondiente. Adicionalmente, al orificio de entrada 45 se ha conectado un sensor del ángulo de calado 52 que genera un pulso de salida cada vez que un eje del cigüeñal gira, por ejemplo 30 grados. Adicionalmente, se introduce una señal de actuación de un interruptor del motor de arranque 52 en el orificio de entrada 45. Por otro lado, el orificio de salida 46 está conectado a través de los circuitos excitadores 54 correspondientes a los inyectores de combustible 6, al motor escalonado 16, a la válvula de control EGR 25, a la bomba de combustible 28, a la bomba 32, y a la válvula de control del flujo 33.

Adicionalmente, tal como se ha explicado antes, un líquido que contiene un compuesto que genera amoníaco es inyectado en la tubería 21 a contracorriente del catalizador 22. Con respecto a los compuestos generadores de amoníaco capaces de generar amoníaco, existen diversos compuestos. Por lo tanto, es posible utilizar varios componentes como el compuesto generador de amoníaco. En esta configuración de la presente invención, la urea se utiliza como el compuesto generador de amoníaco, mientras que una solución acuosa de urea se utiliza como el líquido que contiene un compuesto generador de amoníaco. Por lo tanto, a continuación, la presente invención se explicará tomando como ejemplo el caso de la inyección de una solución acuosa de urea en la tubería de escape 21 a contracorriente del catalizador 22.

Por otro lado, tal como se ha explicado antes, el catalizador 22 consta de un catalizador de reducción selectivo de NOx. En la configuración que se muestra en la figura 1, el óxido de titanio se utiliza como el portador de este catalizador de reducción selectivo de NOx. Se utiliza un catalizador V_2O_5/TiO_2 que comprende óxido de vanadio transportado en este soporte (en adelante se hace referencia al mismo como catalizador de óxido de titanio y vanadio) o bien un catalizador Cu/ZSM5 que comprende zeolita como un soporte y cobre transportado en este soporte (en adelante se hace referencia al mismo como un catalizador de zeolita de cobre).

Cuando la solución acuosa de urea se inyecta en el gas de escape que contiene un exceso de oxígeno, el NO contenido en el gas de escape es reducido por el amoníaco NH_3 generado de la urea $CO(NH_2)_2$ en el catalizador 22 (por ejemplo, $2\ NH_3 + 2NO + ½\ O_2 \rightarrow 2\ N_2 + 3\ H_2O$). En este caso, se requiere una cierta cantidad de urea para reducir el NO_x contenido en el gas de escape y retirar por completo el NO_x del gas de escape. A continuación, la cantidad de urea requerida para reducir y retirar por completo el NO_x en el gas de escape se denominará el porcentaje equivalente de urea.

La figura 2 muestra el índice de purificación del NO_x en el caso de la alimentación de una solución acuosa de urea de manera que la cantidad de urea llegue a ser el porcentaje equivalente para la cantidad de NO_x en el gas de escape cuando se cambia la temperatura Ti del gas de escape que fluye en el catalizador 22 mientras se mantiene una velocidad constante del motor. Observen que la línea sólida en la figura 2 muestra el caso de uso de un catalizador de zeolita de cobre como el catalizador 22, mientras que la línea a trazos muestra el caso de uso de un catalizador de óxido de titanio y vanadio como el catalizador 22.

A partir de la figura 2 se deduce que cuando la solución acuosa es inyectada de manera que la cantidad de urea llega a ser el porcentaje o cociente equivalente con respecto a la cantidad de NO_x en el gas de escape, para todos los catalizadores 22, cuando la temperatura Ti del gas de escape que fluye en el catalizador 22 llega a ser de aproximadamente 350ºC o más, la velocidad o el índice de purificación pasa a ser del 100% y a medida que la temperatura Ti del gas de escape que fluye en el catalizador 22 desciende, el índice de purificación disminuye.

Por otro lado, la figura 3 muestra la relación entre el tiempo transcurrido t (seg.) desde la inyección de la solución acuosa de urea y la concentración del amoníaco generado (ppm) cuando se inyecta una solución acuosa de urea en el estado en que la temperatura del catalizador 22 se mantiene a 400ºC. De la figura 3 se deduce que cuando se inyecta la solución acuosa de urea, la urea se descompone totalmente en el amoníaco y el amoníaco es liberado al momento. Además, tal como se ha explicado, cuando la temperatura del catalizador 22 es de 400ºC, si la urea es inyectada por el cociente equivalente, el índice de purificación pasa a ser del 100%.

Por lo tanto, de las figuras 2 y 3, cuando la temperatura del catalizador 22 es superior a 350ºC, si se inyecta una solución acuosa de urea de manera que la cantidad de urea para a ser el cociente equivalente para la cantidad de NO_x en el gas de escape, el amoníaco es liberado al momento de la urea contenida en la solución acuosa de urea y todo el NO_x del gas de escape puede ser reducido por el amoníaco. En otras palabras, cuando la temperatura del catalizador 22 es superior a 350ºC, se inyecta una solución acuosa de urea de forma que la cantidad de urea pasa a ser el cociente equivalente para la cantidad de NO_x en el gas de escape, es posible purificar sustancialmente por completo el NO_x en el gas de escape.

Por otro lado, la figura 4 muestra la relación entre el tiempo transcurrido t (seg.) desde el inicio de la inyección de la solución acuosa de urea y la concentración del amoníaco generado (ppm) cuando se inyecta una solución acuosa de urea cuando la temperatura Tc del catalizador 22 es de 120ºC y luego se eleva gradualmente la temperatura Tc del catalizador 22. Tal como se muestra en la figura 4, incluso si se inyecta la solución acuosa de urea no se genera nada de amoníaco mientras la temperatura Tc del catalizador 22 sea baja. Cuando la temperatura Tc del catalizador 22 empieza a subir, se genera un poco de amoníaco en el momento en que la temperatura Tc del catalizador 22 sube.

La figura 4 equivale a los dos hechos siguientes: Es decir, primero, el hecho de que el amoníaco se genere cuando la temperatura Tc del catalizador 22 sube significa que la urea inyectada es almacenada en el catalizador 22. Segundo, la temperatura de la descomposición térmica de la urea es de aproximadamente 132ºC, por lo tanto, considerando el hecho de que el amoníaco se genera por la descomposición térmica de la urea, el amoníaco debería ser liberado todo a la vez cuando la temperatura Tc del catalizador 22 alcanza los 132ºC. Sin embargo, tal como se muestra en la figura 4, incluso si la temperatura Tc del catalizador 22 alcanza los 132ºC, el amoníaco no es liberado todo a la vez. Esto significa que el amoníaco no está siendo generado por sólo la descomposición térmica de la urea.

El hecho de que incluso si la temperatura Tc del catalizador 22 llega a los 132ºC, el amoníaco no es liberado del todo y el amoníaco se libera poco a poco a medida que la temperatura Tc del catalizador aumenta se cree que es debido al cambio morfológico de la urea en el catalizador 22. Es decir, la urea cambia a biuret a aproximadamente 132ºC, el biuret cambia a ácido cianúrico a aproximadamente 190ºC, y el ácido cianúrico cambia a ácido ciánico o ácido isociánico a aproximadamente 360ºC. Se cree que se genera amoníaco poco a poco en el proceso de estos cambios morfológicos debidos a la temperatura ascendente. Por lo tanto, tal como se muestra en la figura 4, el amoníaco es liberado poco a poco del catalizador 22 a medida que la temperatura Tc del catalizador 22 asciende.

Es decir, si la temperatura Tc del catalizador 22 es baja cuando se inyecta la solución acuosa de urea, la urea contenida en la solución acuosa de urea se almacena en el catalizador 22. Seguidamente, si la temperatura Tc del cata-

lizador 22 aumenta, la urea almacenada en el catalizador 22 cambia sucesivamente en forma de diferentes compuestos generadores de amoníaco. Como resultado de todo ello, el amoníaco es liberado gradualmente del catalizador 22.

De esta forma, si la temperatura Tc del catalizador 22 es baja cuando se inyecta la solución acuosa de urea, la urea contenida en la solución acuosa de urea se almacena en el catalizador 22. Mientras la temperatura Tc del catalizador 22 se mantiene en el estado bajo, la urea continua siendo almacenada en el catalizador 22. Por otro lado, si la solución acuosa de urea se inyecta cuando la temperatura Tc del catalizador 22 se sitúa entre 132ºC y unos 350ºC, la urea contenida en la solución acuosa de urea se almacena también en el catalizador 22. Seguidamente, cuando la temperatura de la urea sube y la urea cambia sucesivamente en forma de diferentes compuestos que generan amoníaco, el amoníaco es liberado del catalizador 22. Es decir, si la solución acuosa de urea se inyecta cuando la temperatura Tc del catalizador está entre 132ºC y 350ºC, la acción de liberación del amoníaco del catalizador 22 se iniciará un poquito más tarde.

De esta forma, si la solución acuosa de urea se inyecta cuando la temperatura Tc del catalizador 22 está entre 132ºC y 350ºC, la acción de liberación del amoníaco del catalizador 22 se inicia poco tiempo después de esto. Cuando la temperatura Tc del catalizador 22 se mantiene sustancialmente constante, si se continúa inyectando solución acuosa de urea, se continúa liberando amoníaco del catalizador 22. En este caso, sin embargo, la urea almacenada en el catalizador 22 únicamente cambia en forma del compuesto generador de amoníaco determinado por la temperatura Tc del catalizador 22, así que no se genera tanto amoníaco. De acuerdo con ello, en este caso, incluso si se inyecta la solución acuosa de urea de manera que la cantidad de urea pasa a ser el cociente equivalente para la cantidad de NOx en el gas de escape, no todo el NO_x del gas de escape será completamente reducido por el amoníaco generado por el catalizador 22.

Adicionalmente, se considera que cuando se inyecta la solución acuosa de urea, parte de la urea contenida en la solución acuosa de urea se descompone por el calor en el gas de escape y por lo tanto se genera amoníaco, así que parte del NO_x del gas de escape es reducida por este amoníaco. No obstante, la cantidad de este amoníaco tampoco es tan grande, de manera que la cantidad de NO_x en el gas de escape reducida por este amoniaco no es tan grande.

Por lo tanto, cuando la temperatura Tc del catalizador 22 se mantiene a una temperatura constante entre unos 132ºC y 350ºC, incluso si se inyecta una solución acuosa de urea de manera que la cantidad de urea pase a ser el cociente equivalente para la cantidad de NOx en el gas de escape, tal como se muestra en la figura 2, la velocidad de purificación del NOx no será tan elevada. En este caso, cuando la temperatura del gas de escape aumenta y la temperatura Tc del catalizador 22 aumenta con ello, la cantidad de amoníaco generada por el catalizador 22 aumentará, mientras que la cantidad de amoníaco generada por la urea en la solución acuosa de urea en el gas de escape también aumentará. Por lo tanto, tal como se muestra en la figura 2, a medida que la temperatura Ti del gas de escape que fluye en el catalizador 22 aumenta, la velocidad de purificación del NOx también aumenta gradualmente.

Cuando la temperatura Tc del catalizador 22 se mantiene a una temperatura constante entre unos 132ºC y 350ºC, es posible incrementar la velocidad de purificación del NO_x aumentando la cantidad de amoníaco generado por el catalizador 22 y aumentando la cantidad de amoníaco generado por la urea en la solución acuosa de urea en el gas de escape. Por lo tanto, es suficiente con incrementar la cantidad de urea inyectada. Por lo tanto, en este modelo de la presente configuración, cuando la temperatura Tc del catalizador 22 no varía mucho entre los 132ºC y los 350ºC, la cantidad de solución acuosa de urea inyectada se eleva de manera que la cantidad de urea inyectada pasa a ser una cantidad de urea superior al porcentaje equivalente requerido para reducir el NO_x en el gas de escape.

De esta forma, cuando la temperatura Tc del catalizador 22 no cambia mucho entre los 132ºC y los 350ºC, es posible incrementar la velocidad de purificación del NO_x inyectando una urea en una cantidad superior al cociente equivalente. Si por ejemplo, justo en el momento de la aceleración, la temperatura del gas de escape aumenta notablemente y la temperatura Tc del catalizador 22 aumenta de forma pronunciada, incluso si se inyecta una cantidad de urea superior al cociente equivalente, la velocidad de purificación no se puede incrementar.

Es decir, si se cambia de un estado de funcionamiento con carga mínima a un estado de funcionamiento con carga elevada, puesto que la temperatura del gas de escapa aumenta notablemente, la temperatura Tc del catalizador 22 también aumenta de forma pronunciada. Por otro lado, si el estado de funcionamiento del motor pasa a un funcionamiento de carga elevada, la cantidad de NOx en el gas de escape aumentará. Incluso aunque se incremente notablemente la cantidad de solución acuosa de urea inyectada de manera que se inyecte urea en una cantidad superior al cociente equivalente requerido para reducir el incremento notable del NO_x en este momento, tal como se ha explicado, no se genera amoníaco de la urea elevada notablemente durante un rato. Los experimentos han averiguado que casi no se genera amoníaco de la urea incrementada rápidamente durante el proceso de aceleración. Por lo tanto, la cantidad de amoníaco liberada del catalizador 22 en el momento de la aceleración resulta muy inferior a la cantidad de amoníaco requerida para reducir el NOx incrementado y de acuerdo con ello no se puede obtener un índice de purificación elevado de NO_x.

Por lo tanto, en la presente invención, para obtener un índice de purificación elevado de NO_x cuando la cantidad de NO_x en el gas de escape aumenta y la temperatura Tc del catalizador 22 aumenta como por ejemplo en el momento de la aceleración, una gran cantidad de urea, es decir una gran cantidad de compuesto generador de amoníaco, se almacena en el catalizador 22 antes de que la temperatura del catalizador 22 empiece a subir, se hace que una gran cantidad de amoníaco sea liberada del compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22, y esa

gran cantidad de amoníaco liberado se utiliza para reducir el NO_x en el gas de escape cuando la temperatura Tc del catalizador 22 sube de forma pronunciada.

Al explicar esto con más detalle en la presente invención, se decide que si la región de la temperatura del catalizador 22 está en la zona de almacenamiento del compuesto generador de amoníaco donde está la urea en la solución acuosa de urea, es decir, el compuesto generador de amoníaco se almacena en el catalizador 22 y casi no se libera amoníaco del compuesto generador de amoníaco almacenado o bien en la región de liberación de amoníaco donde el amoníaco es liberado poco a poco por el compuesto generador de amoníaco. Para almacenar una cantidad suficiente de compuesto generador de amoníaco en el catalizador 22 por adelantado para liberar la cantidad requerida de amoníaco cuando la temperatura del catalizador 22 pasa a ser la región liberadora de amoniaco, una cantidad de solución acuosa de urea requerida se inyecta en el catalizador 22 cuando se decide que la temperatura del catalizador 22 está en la zona de almacenamiento del compuesto generador de amoníaco.

Aquí, la región de almacenamiento del compuesto generador de amoníaco indica una región de temperaturas donde la temperatura Tc del catalizador 22 es inferior a unos 132ºC, mientras que la región de liberación de amoníaco indica una región de temperaturas donde la temperatura Tc del catalizador 22 está entre los 132ºC y los 350ºC. Cuando la temperatura Tc del catalizador 22 es inferior a unos 132ºC como se deducirá de la figura 4, la urea en la solución acuosa de urea inyectada, es decir, el compuesto generador de amoníaco, se almacena en el catalizador 22. En este momento, casi no se genera amoníaco del compuesto generador de amoníaco almacenado. Además, en este momento, incluso si se genera amoníaco de la urea en el gas de escape, la cantidad es extremadamente pequeña. Por lo tanto, si se inyecta una solución acuosa de urea cuando la temperatura Tc del catalizador 22 está en la región de almacenamiento del compuesto generador de amoníaco, la mayoría de la urea en la solución acuosa de urea, es decir, el compuesto generador de urea, se almacenará en el catalizador 22.

Por otro lado, cuando la temperatura Tc del catalizador 22 se sitúa entre los 132ºC y 350ºC, es decir, cuando la temperatura Tc del catalizador 22 está en la región de liberación de amoníaco, el amoníaco es liberado por el compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22.

En resumen, la temperatura Tc del catalizador 22 está en la región de almacenamiento del compuesto generador de amoníaco en el momento de arranque del motor, de calentamiento del motor, de funcionamiento de carga mínima, y del proceso de desaceleración. Por lo tanto, en la configuración actual de la presente invención, en el momento de arranque del motor, de calentamiento del motor, de funcionamiento de carga mínima, y del proceso de desaceleración, se inyecta una gran cantidad de solución acuosa de urea como para almacenar la urea, es decir, el compuesto generador de amoníaco, en el catalizador 22 hasta el punto que no se exceda la cantidad máxima de compuesto generador de amoníaco que puede almacenar el catalizador 22. Por lo tanto, en el momento de aceleración, una gran cantidad de amoníaco puede ser liberada por el compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22 y con ello se puede purificar bien el NO en el gas de escape.

La figura 5 muestra un ejemplo del control de alimentación de la solución acuosa de urea. Observen que la figura 5 muestra los cambios en la carga L requerida, la cantidad de NOx en el gas de escape de la cámara de combustión 5, la temperatura Tc del catalizador 22, la cantidad de solución acuosa de urea inyectada, y la cantidad de compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22. Observen que en la cantidad de solución acuosa de urea inyectada de la figura 5, la línea a trazos muestra la cantidad de solución acuosa de urea inyectada por la cual la cantidad de urea pasa a ser el cociente equivalente para el NO_x en el gas de escape, mientras que la línea recta muestra la cantidad de solución acuosa de urea realmente inyectada.

En la figura 5, la región de funcionamiento I muestra el tiempo de puesta en marcha del motor o de calentamiento del motor o el tiempo de funcionamiento con carga baja que incluye el tiempo muerto. En este momento, tal como se ve en la figura 5, la cantidad de NOx en el gas de escape es pequeña y la temperatura Tc del catalizador 22 está en la región de almacenamiento del compuesto generador de amoníaco. En este momento, la solución acuosa de urea es inyectada de manera que la cantidad de urea inyectada pasa ser de dos a cuatro veces la cantidad de urea del cociente equivalente de manera que la cantidad de urea inyectada pasa a ser superior que la cantidad de urea del cociente equivalente. Por lo tanto, en este momento, la urea almacenada en el catalizador 22, es decir la cantidad de almacenamiento de compuesto generador de amoníaco aumenta gradualmente.

A continuación, supongamos que la carga requerida L se ha incrementado rápidamente y el motor está siendo acelerado. Cuando la carga requerida L se eleva de forma pronunciada, la cantidad de NOx en el gas de escape aumenta notablemente. Además, en este momento, la temperatura del gas de escape aumenta de forma pronunciada, de manera que la temperatura Tc del catalizador 22 también aumenta y la temperatura Tc del catalizador 22 entra en la región de liberación del amoníaco. En este momento, una gran cantidad de amoníaco es liberada por el compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22 y el NOx en el gas de escape es purificado bien por el amoníaco liberado. De este modo, puesto que una gran cantidad de amoníaco es liberada por el compuesto generador de amoníaco en este momento, la cantidad de compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22 desciende de forma pronunciada.

Por otro lado, cuando no todo el NO_x del gas de escape puede ser reducido por el amoníaco generado por el compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22, se inyecta la solución acuosa de urea, incluso mientras el motor está siendo acelerado, para reducir el NO_x que queda en el gas de escape por el amoníaco generado

por la urea en la solución acuosa de urea en el gas de escape. En el ejemplo que aparece en la figura 5, cuando el motor empieza a ser acelerado, la cantidad de solución acuosa de urea inyectada se reduce en seguida, luego aumenta. Naturalmente, cuando el NOx del gas de escape puede ser purificado de forma suficiente por el amoníaco generado por el compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22 en el momento del proceso de aceleración, la inyección de la solución acuosa de urea se puede interrumpir en el momento de la aceleración.

Seguidamente, consideremos que en la región de funcionamiento II el motor funciona en régimen permanente y que la temperatura Tc del catalizador 22 se mantiene en la región de liberación de amoníaco en ese momento. En este momento, en el ejemplo que aparece en la figura 5, se inyecta la solución acuosa de urea de manera que la cantidad de urea inyectada pasa a ser mayor que la cantidad de urea del cociente equivalente para purificar bien el NO_x en el gas de escape. Por lo tanto, en este momento, la cantidad de compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22 se incrementa poco a poco.

Seguidamente, consideremos que en la región de funcionamiento III aumenta la carga requerida, luego el motor funciona en régimen permanente bajo una carga elevada y en la región de funcionamiento III la temperatura Tc del catalizador 22 se mantiene por encima de los 350ºC en un estado de funcionamiento de carga elevada. En este caso, si la temperatura Tc del catalizador 22 aumenta en la región de funcionamiento III, la cantidad de amoniaco liberado por el compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22 aumenta y por lo tanto la cantidad de compuesto generador almacenado en el catalizador 22 disminuye. Adicionalmente, en el ejemplo mostrado en la figura 5, la cantidad de solución acuosa de urea inyectada también se reduce en este momento.

Por otro lado, cuando la temperatura Tc del catalizador 22 excede los 350ºC, tal como se ha explicado antes, toda la urea de la solución acuosa de urea inyectada es descompuesta inmediatamente por el calor en amoníaco y el NOx en el gas de escape es reducido inmediatamente por este amoníaco. Por lo tanto, si se hace que la cantidad de urea inyectada en este momento sea el cociente equivalente de la cantidad de NO_x en el gas de escape, el NO_x en el gas de escape puede ser completamente purificado. Por lo tanto, tal como se muestra en la figura 5, cuando la temperatura Tc del catalizador 22 pasa a ser mayor de 350ºC, la solución acuosa de urea se inyecta de manera que la cantidad de urea pasa a ser el cociente equivalente de la cantidad de NOx en el gas de escape. Observen que en este momento, no se almacena ningún compuesto generador de amoníaco en el catalizador 22. Por lo tanto, en este momento, tal como se observa en la figura 5, la cantidad de compuesto generador de amoníaco almacenada en el catalizador 22 es cero.

Seguidamente, consideremos que el motor está siendo decelerado y se interrumpe el suministro de combustible. En este momento, la cantidad de NO_x en el gas de escape pasa a ser cero y la temperatura Tc del catalizador 22 disminuye notablemente. En este momento, en el ejemplo que se muestra en la figura 5, del mismo modo que en la región de funcionamiento I, la solución acuosa de urea se inyecta de manera que la cantidad de urea inyectada pasa a ser mayor que la cantidad de urea del cociente equivalente para la cantidad de NOx en el gas de escape en el momento de funcionamiento de carga mínima. Por lo tanto, cuando el motor empieza a decelerar, la cantidad de compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22 se incrementa.

Si se inyecta más del cociente equivalente de urea cuando la temperatura Tc del catalizador 22 es superior a unos 350ºC, el amoníaco es descargado a la atmósfera. Por lo tanto, cuando la temperatura Tc del catalizador 22 es superior a 350ºC, es necesario controlar la cantidad de solución acuosa de urea inyectada para adaptar con precisión el cociente equivalente.

Por otro lado, incluso cuando la temperatura Tc del catalizador 22 es inferior a unos 350ºC, si la cantidad de solución acuosa de urea inyectada se incrementa en una cantidad extrema, se descarga amoníaco a la atmósfera. Por lo tanto, en este momento también, se precisa que la solución acuosa de urea sea inyectada para que el amoníaco no sea descargado a la atmósfera. Observen que los experimentos de la presente invención han confirmado que al modificar el estado de funcionamiento del motor según un modelo fijo y al cambiar la temperatura Tc del catalizador 22 entre los 190ºC y los 350ºC en este momento, cuando se utiliza un catalizador de óxido de vanadio y titanio como el catalizador 22, no se descarga amoníaco a la atmósfera incluso si se inyecta urea en una cantidad próxima a tres veces la cantidad de urea del cociente equivalente y que cuando se utiliza un catalizador de zeolita de cobre como el catalizador 22, no se descarga amoníaco a la atmósfera incluso cuando se inyecta urea en una cantidad superior a cuatro veces la cantidad de urea del cociente equivalente.

El motivo por el cual la cantidad de amoníaco descargada a la atmósfera es inferior cuando se utiliza un catalizador de zeolita de cobre en comparación a cuando se utiliza un catalizador de óxido de titanio de vanadio se piensa que es el siguiente. Es decir, si parte del amoníaco generado por el compuesto generador de amoníaco se utiliza para la reducción del NO_x en el gas de escape en la superficie del cobre o del vanadio y el amoníaco restante se queda en la superficie del cobre o del vanadio, ese amoníaco pasa a ser NO ($NH_3 \rightarrow NO$). A continuación, este NO reacciona con el amoníaco restante para dar N_2 ($NO+NH_3 \rightarrow NO_2$). Si se produce esta reacción sucesiva, el amoníaco restante ya no irá a parar a la atmósfera.

El vanadio tiene una capacidad baja para retener el amoníaco. Por lo tanto, dicha reacción sucesiva no tiene lugar fácilmente y por lo tanto el amoníaco es descargado fácilmente a la atmósfera. Contrariamente a esto, el cobre tiene una elevada capacidad para retener el amoníaco y por lo tanto se produce dicha reacción sucesiva y el amoníaco no es descargado fácilmente a la atmósfera. De acuerdo con ello, resulta preferible utilizar un catalizador de zeolita de cobre para reducir la descarga de amoníaco a la atmósfera.

A continuación, se explica con detalle un primer modelo del control de inyección de una solución acuosa de urea conforme a la presente invención.

La cantidad de NO_x descargada desde la cámara de combustión 5 por unidad de tiempo aumenta a medida que aumenta la carga del motor. Por lo tanto, tal como se ve en la figura 6A la cantidad de NO_x descargada del motor de combustión 5 por unidad de tiempo resulta mayor cuanto mayor es la temperatura Ti del gas de escape que fluye al catalizador 22. Adicionalmente, tal como se ve en la figura 6B, la cantidad de NO_x descargada desde la cámara de combustión 5 por unidad de tiempo es proporcional a la cantidad Ga de aire de entrada. Por lo tanto, la cantidad QE de urea por unidad de tiempo que indica el porcentaje equivalente para la cantidad de NO_x en el gas de escape pasa a ser una función de la temperatura Ti del gas de escape y la cantidad Qa del aire de entrada. En esta configuración de la presente invención, la cantidad QE de urea del cociente equivalente a inyectar por unidad de tiempo se almacena por adelantado en la ROM 42 en forma de un mapa tal como se observa en la figura 6C como una función de la temperatura Ti del gas de escape y la cantidad Ga del aire de entrada.

Observen que en lugar de calcular la cantidad QE de urea en base a la temperatura Ti del gas de escape y la cantidad Qa del aire de entrada, también es posible detectar la concentración actual de NO_x en el gas de escape y calcular la cantidad QE de urea a partir de la concentración de NOS. En este caso, un sensor de concentración de NO_x se acopla en la tubería de escape 21 a contracorriente del catalizador 22, se averigua la cantidad de NO_x descargada de la cámara de combustión 5 por unidad de tiempo a partir de la concentración de NO_x detectada por el sensor de concentración de NO_x y la cantidad Ga del aire de entrada, y la cantidad QE de urea por unidad de tiempo que proporciona el porcentaje equivalente para la cantidad de NOS se calcula en base a esta cantidad de NO_x.

Por otro lado, cuando se inyecta la solución acuosa de urea, parte de la urea contenida en la solución acuosa de urea se descompone por el calor en el gas de escape y genera amoníaco. En este caso, la cantidad de urea descompuesta por el calor aumenta el máximo la temperatura Ti del gas de escape que fluye hacia el catalizador 22. Por lo tanto, cuando se inyecta la solución acuosa de urea, el cociente de almacenamiento ST de la urea almacenada en el catalizador 22 disminuye cuanto mayor es la temperatura Ti del gas de escape tal como se puede ver en la figura 7.

Adicionalmente, en el momento de funcionamiento en régimen permanente cuando la temperatura Tc del catalizador 22 no varía mucho, tal como se ha explicado antes, la cantidad de amoníaco liberada del compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22 aumenta a medida que sube la temperatura Tc del catalizador 22. Por lo tanto, en este momento, tal como se ve en la figura 8a, el cociente NH_3 de amoníaco liberado por unidad de tiempo del compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22 aumenta cuanto mayor es la temperatura Ti del gas de escape que fluye en el catalizador 22. Por otro lado, cuanto más rápida es la velocidad de desplazamiento del gas de escape, mayor es la cantidad de amoníaco liberada del compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22. Por lo tanto, tal como se muestra en la figura 8B, el cociente NH_3 de amoníaco liberado por unidad de tiempo del compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22 aumenta cuanto mayor es la cantidad Ga de aire de entrada. En esta configuración de la presente invención, el cociente LEI de amoníaco liberado por unidad de tiempo del compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22 en el momento del funcionamiento en régimen permanente se almacena por adelantado en la memoria ROM 42 en forma de un mapa tal como se muestra en la figura 8C en función de la temperatura Ti del gas de escape y de la cantidad Ga de aire de entrada.

Por otro lado, cuando la temperatura del catalizador 22 aumenta de forma pronunciada como el tiempo de aceleración, el amoníaco es liberado poco a poco por el compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22 previamente al aumento de temperatura del catalizador 22 tal como se ha explicado antes. El porcentaje de NH_3 del amoníaco liberado por unidad de tiempo por el compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22 cambia en este momento en función de la temperatura Ti del gas de escape que fluye hacia el catalizador 22 tal como muestra la figura 9a. Adicionalmente, también en este caso, tal como se puede ver en la figura 9B, el porcentaje de NH_3 del amoníaco liberado por unidad de tiempo por el compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22 aumenta cuanto mayor es la cantidad Ga de aire de entrada. En esta configuración de la presente invención, cuando la temperatura Tc del catalizador aumenta de forma pronunciada, el cociente LE2 del amoníaco liberado por unidad de tiempo por el compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22 se almacena por adelantado en la memoria ROM 42 en forma de un mapa tal como se observa en la figura 9C como una función de la temperatura Ti del gas de escape y la cantidad Ga del aire de entrada.

La figura 10 hasta la figura 12, muestran una rutina para llevar a cabo la primera configuración del control de alimentación de una solución acuosa de urea. Se lleva a cabo esta rutina con una interrupción predeterminada.

Respecto a la figura 10, en la etapa 100, se determina si el motor arranca. Cuando el motor está arrancando, la rutina salta a la etapa 102, mientras que cuando no está en marcha, la rutina avanza hasta la etapa 101. En la etapa 101, se determina si el motor está siendo desacelerado. Si el motor está siendo desacelerado, la rutina avanza hasta la etapa 102. En la etapa 102, se hace cerrar la válvula de control del EGR 25 y se interrumpe la inyección de gas EGR. Seguidamente, la rutina avanza hasta la etapa 103, donde se lleva a cabo el control de inyección I y luego la rutina avanza hasta la etapa 104. Este control de alimentación I se muestra en la figura 11.

Por otro lado, cuando se determina en la etapa 101 que el motor no está siendo desacelerado, la rutina avanza hasta la etapa 109, donde se determina si la temperatura Ti del gas de escape detectada por el sensor de temperatura 35 es mayor que una temperatura predeterminada, por ejemplo, 350ºC. Cuando Ti no es superior a 350ºC, la rutina

avanza hasta la etapa 110, donde se determina si el motor está siendo acelerado. Cuando no se está acelerando, la rutina avanza hasta la etapa 103. Es decir, la rutina avanza hasta la etapa 103 cuando el motor está arrancando y está siendo desacelerado y cuando Ti ≤ 350ºC y el motor no está siendo acelerado.

Aquí, se proporciona una explicación del control de inyección I realizado en la etapa 103, mientras se hace referencia a la figura 11.

Con respecto a la figura 11, en la etapa 200, se determina si se ha establecido o no un indicador de paro de la inyección que muestra que la inyección de la solución acuosa de urea se debería interrumpir. Cuando no se ha fijado la señal indicadora de paro de la inyección, la rutina avanza hasta la etapa 201, donde la cantidad QE de urea del cociente equivalente a inyectar por unidad de tiempo se calcula a partir del mapa que se muestra en la figura 6C en base a las señales de salida del medidor de flujo 14 y del sensor de temperatura 35.

Seguidamente en la etapa 202, se calcula el cociente de la cantidad real de urea inyectada respecto al porcentaje equivalente, es decir, el cociente K de aumento de urea. Este cociente o porcentaje K de aumento de urea, tal como se puede ver en la figura 13, es mayor a 1,0. El cociente K de aumento de la urea disminuye a medida que la temperatura Ti del gas de escape que fluye hacia el catalizador 22 aumenta. En el ejemplo mostrado en la figura 13, cuando la temperatura del gas de escape es baja, se hace que el cociente K de aumento de la urea sea de aproximadamente 4,0. A continuación, en la etapa 203, el cociente K de aumento de la urea se multiplica por la cantidad QE de urea del cociente equivalente que se va a inyectar por unidad de tiempo, de forma que se calcula la cantidad QE de urea (=K.QE) que realmente se inyectará por unidad de tiempo.

A continuación, en la etapa 204, un coeficiente de corrección C se multiplica por la cantidad QE de urea para calcular la cantidad Q de solución acuosa de urea que se va a inyectar por unidad de tiempo. Cuando se utiliza una solución acuosa de urea del 30% en peso como la solución acuosa de urea, el valor de este coeficiente de corrección C resulta (100+30)/30=4,3. Cuando se calcula la cantidad Q de la solución acuosa de urea inyectada por unidad de tiempo, la válvula de control de la inyección 33 es controlada de manera que la cantidad inyectada de solución acuosa de urea sea Q.

Seguidamente, en la etapa 205, el porcentaje de almacenamiento ST de urea se calcula a partir de la figura 7. A continuación, en la etapa 206, la cantidad QE de inyección de urea se multiplica por el porcentaje de almacenamiento ST de urea, de manera que se calcula así la cantidad QST de urea (=QE.ST) almacenada en el catalizador 22 por unidad de tiempo. Seguidamente, en la etapa 207, se calcula el cociente LE1 de liberación de amoníaco a partir del mapa que aparece en la figura 8C. Seguidamente en la etapa 208, el cociente LE1 de liberación se multiplica por la cantidad total ΣQS del compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22 de forma que se calcula la cantidad QLE de amoníaco (=ΣQS.LE1) liberada por unidad de tiempo. A continuación, la rutina avanza hasta la etapa 104 de la figura 10.

Por otro lado, cuando se determina en la etapa 200 que se ha fijado la señal de paro de la inyección, la rutina avanza hasta la etapa 209, donde la cantidad QST de urea almacenada por unidad de tiempo se hace cero, y luego la rutina avanza hasta la etapa 207. En este momento, se interrumpe la inyección de la solución acuosa de urea. Por lo tanto, cuando el motor se está poniendo en marcha o desacelerando o cuando Ti ≤ 350ºC y el motor no se está acelerando, la solución acuosa de urea se inyecta de manera que la cantidad de urea inyectada pasa a ser la cantidad de urea del cociente equivalente mientras no se fije la señal de paro de la inyección.

En la etapa 104 de la figura 10, la cantidad total ΣQS de compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22 se calcula en base a la siguiente ecuación:

$$\Sigma QS = \Sigma QS + QST - QLE$$

A continuación, en la etapa 105, se determina si la cantidad de ΣQS del compuesto generador de amoníaco almacenada excede la cantidad máxima de almacenamiento MAX (fig. 5). Cuando ΣQS > MAX, la rutina avanza hasta la etapa 108, donde se fija la señal de paro de la inyección. Cuando la señal de paro de la inyección se fija, se interrumpe la inyección de la solución acuosa de urea. Por otro lado, cuando se determina en la etapa 105 que ΣQS ≤ MAX, la rutina avanza hasta la etapa 106, donde se determina si ΣQS ha pasado a ser inferior a un cierto valor MIN (<MAX). Cuando ΣQS < MIN, la rutina avanza hasta la etapa 107, donde se vuelve a fijar la señal de paro de la inyección.

Por otro lado, cuando se determina en la etapa 110 que el motor está siendo acelerado, la rutina avanza hasta la etapa 111, donde se lleva a cabo el control II de la inyección. Este control II de la inyección se muestra en la figura 12.

Con respecto a la figura 12, primero en la etapa 250, en el momento de la aceleración, la cantidad total de compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22 se hace que sea el valor inicial ΣQS_0. A continuación, en la etapa 251, se calcula el cociente LE2 de liberación de amoníaco a partir del mapa que aparece en la figura 9C. Seguidamente, en la etapa 252, el cociente LE2 de liberación se multiplica por el valor inicial ΣQS_0 del compuesto generador de amoníaco total almacenado en el catalizador 22 para calcular la cantidad QLE de amoníaco ($=\Sigma QS_0$.LE2) liberada por unidad de tiempo.

Seguidamente, en la etapa 253, se calcula la cantidad QE de urea necesaria para reducir el NO_x en el gas de escape que no ha podido ser reducida por el amoníaco liberado por el compuesto generador de amoníaco en el catalizador 22. A continuación, en la etapa 254, el coeficiente de corrección C mencionado antes se multiplica por la cantidad QE de urea para calcular la cantidad Q de la solución acuosa de urea que se tiene que inyectar por unidad de tiempo. Cuando se calcula la cantidad Q de solución acuosa de urea inyectada por unidad de tiempo, la válvula de control de la inyección 33 se controla de manera que la cantidad de solución acuosa de urea inyectada pasa a ser Q.

Seguidamente, en la etapa 255, el porcentaje de almacenamiento ST de urea se calcula a partir de la figura 7. Seguidamente, en la etapa 256, la cantidad QE de inyección de urea se multiplica por el cociente de almacenamiento ST de urea para la calcular la cantidad QST de urea (=QE.ST) almacenada en el catalizador 22 por unidad de tiempo. A continuación, la rutina avanza hasta la etapa 104 de la figura 10.

Por otro lado, cuando se determina en la etapa 109 de la figura 10 que Ti>350ºC, la rutina avanza hasta la etapa 112, donde la cantidad QE de urea del cociente equivalente que se inyectará por unidad de tiempo se calcula a partir del mapa que se muestra en la figura 6C basado en las señales de salida del medidor del flujo de aire 14 y del sensor de temperatura 35. A continuación, en la etapa 113, el coeficiente de corrección C mencionado antes se multiplica por la cantidad QE de urea para calcular la cantidad Q de solución acuosa de urea que se inyectará por unidad de tiempo. Cuando se calcula la cantidad Q de solución acuosa de urea inyectada por unidad de tiempo, la válvula de control del flujo 53 es controlada de manera que la cantidad de solución acuosa de urea inyectada pasa a ser Q. Seguidamente, en la etapa 114, la cantidad ΣQS de almacenamiento del compuesto generador de amoníaco en el catalizador 11 se hace cero. De esta forma, cuando Ti>350ºC, se inyecta la solución acuosa de urea de manera que la cantidad de urea inyectada pasa a ser la cantidad de urea del cociente equivalente.

A continuación, se dará una explicación de una segunda configuración con respecto a las figuras 14 y 15.

Cuando la cantidad de solución acuosa de urea inyectada es pequeña, la solución acuosa de urea se dispersa en el gas de escape. Si la solución acuosa de urea se dispersa en el gas de escape, la urea de la solución acuosa de urea será descompuesta fácilmente por el calor y como resultado de ello será difícil almacenar la urea inyectada en el catalizador 22. Contrariamente a esto, si la cantidad de solución acuosa de urea inyectada aumenta, la densidad de la urea en el gas de escape aumentará y como resultado de ello la urea se endurecerá y será más difícil descomponerla por medio de calor, de forma que la urea inyectada podrá almacenarse en el catalizador 22.

Por lo tanto, en la segunda configuración, tal como se muestra en la figura 14, en la región I de funcionamiento, en la región II de funcionamiento y en el momento de la deceleración, la solución acuosa de urea se inyecta de manera que la cantidad de urea que se inyecta pasa a ser la cantidad de urea del cociente equivalente, la urea se utiliza para reducir el NO_x en el gas de escape, y grandes cantidades de solución acuosa de urea son inyectadas a impulsos en ciertos intervalos de tiempo para hacer que la urea de la solución acuosa de urea sea almacenada en el catalizador 22.

Observen que también en la segunda configuración, se utiliza la rutina que se muestra en la figura 10, pero la rutina mostrada en la figura 15 se utiliza para únicamente la etapa 103 de la figura 10.

Respecto a la figura 15, primero, en la etapa 300, se determina si la señal de paro de la inyección que muestra que se debería interrumpir la inyección de la solución acuosa de urea se ha fijado. Cuando no se ha fijado la señal de paro de la inyección, la rutina avanza hasta la etapa 301, donde la cantidad QE de urea del cociente equivalente que se va a inyectar por unidad de tiempo se calcula a partir del mapa que se muestra en la figura 6C en base a las señales de salida del medidor de flujo 14 y del sensor de temperatura 35. A continuación, en la etapa 302, se determina si el ritmo o afino o regulación es el ritmo de inyección para inyectar una gran cantidad de solución acuosa de urea en un impulso en un tiempo corto. Si es el ritmo de la inyección, la rutina avanza hasta la etapa 303, donde se determina si ha transcurrido el tiempo de inyección de la solución acuosa de urea. Cuando no ha transcurrido el tiempo de inyección de la solución acuosa de urea, la rutina avanza hasta la etapa 304.

En la etapa 304, se calcula la cantidad ΔQE de solución acuosa de urea por unidad de tiempo que se va a inyectar en un impulso. La cantidad ΔQE de solución acuosa de urea se determina de manera que la cantidad de urea inyectada pasa a ser una cantidad predeterminada de urea superior a varias veces la cantidad de urea del cociente equivalente en el momento de funcionamiento con carga baja. A continuación, en la etapa 306, la cantidad adicional ΔQE de urea se añade a la cantidad QE de urea calculada en la etapa 301 para calcular la cantidad final QE de urea (=QE+ΔQE). Seguidamente, en la etapa 307, el coeficiente de corrección C mencionado antes se multiplica por la cantidad QE de urea para calcular la cantidad Q de solución acuosa de urea que se tiene que inyectar por unidad de tiempo. Cuando la cantidad Q de inyección de la solución acuosa de urea por unidad de tiempo se calcula, la válvula de control del flujo 33 es controlada de manera que la cantidad de inyección de la solución acuosa de urea pasa a ser Q.

A continuación, en la etapa 308, la cantidad adicional LQE de urea se equipara a la cantidad QST almacenada en el catalizador 22 por unidad de tiempo. Seguidamente, en la etapa 310, el cociente LE1 de liberación de amoníaco se calcula a partir del mapa que aparece en la figura 8C. Seguidamente, en la etapa 311, el cociente LE1 de liberación se multiplica por la cantidad total ΣQS del compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22 para calcular la cantidad QLE de amoníaco (=ΣQS.LE1) liberado por unidad de tiempo. Seguidamente, la rutina avanza hasta la etapa 104 de la figura 10.

Por otro lado, cuando se determina en la etapa 302 que el ritmo no es el ritmo de inyección o cuando se determina en la etapa 303 que ha transcurrido el tiempo de inyección, la rutina avanza hasta la etapa 305, donde la cantidad adicional OQE de urea se hace cero, y entonces la rutina avanza hasta la etapa 306. En este momento, la cantidad de urea inyectada pasa a ser el cociente equivalente.

Por otro lado, cuando se determina en la etapa 300 que se ha fijado la señal de paro de la inyección, la rutina avanza hasta la etapa 309, donde la cantidad QST de urea almacenada por unidad de tiempo se equipara a cero, y entonces la rutina avanza hasta la etapa 310. En este momento, se interrumpe la inyección de la solución acuosa de urea.

A continuación se presenta una explicación de una tercera configuración mientras se hace referencia a las figuras 16 y 17.

Cuando la temperatura del gas de escape es baja, la cantidad de NO_x en el gas de escape pasa a ser extremadamente pequeña. Por lo tanto, en esta tercera configuración, cuando la temperatura Ti del gas de escape que fluye en el catalizador 22 es inferior a un valor predeterminado To, por ejemplo, 132ºC, la inyección continuada de la solución acuosa de urea se interrumpe y, tal como se muestra en la figura 16, en la región de funcionamiento I y en el momento de la desaceleración, se inyectan grandes cantidades de solución acuosa de urea en impulsos a intervalos de tiempo para hacer que la urea de la solución acuosa de urea sea almacenada en el catalizador 22.

Observen que también en la tercera configuración, se utiliza la rutina mostrada en la figura 10, pero la rutina mostrada en la figura 17 se utiliza solamente para la etapa 103 de la figura 10.

Con respecto a la figura 17, primero, en la etapa 400, se determina si la señal de paro de la inyección que muestra que se debería interrumpir la inyección de la solución acuosa de urea se ha fijado. Cuando no se ha fijado la señal de paro de la inyección, la rutina avanza hasta la etapa 401, donde se determina si la temperatura Ti del gas de escape que fluye hacia el catalizador 22 es mayor a un valor predeterminado To, por ejemplo, 132ºC, de la señal de salida del sensor de temperatura 35. Cuando Ti>To la rutina avanza hasta la etapa 402, donde la cantidad QE de urea del cociente equivalente que se va a inyectar por unidad de tiempo se calcula a partir del mapa que aparece en la figura 6C en base a las señales de salida del medidor de flujo 14 y del sensor de temperatura 35.

Seguidamente en la etapa 403, se calcula el cociente K de aumento de la urea a partir de la figura 13. Seguidamente, en la etapa 404, el cociente K de aumento de urea se multiplica por la cantidad QE de urea del cociente equivalente que se inyectará por unidad de tiempo para calcular la cantidad QE de urea (=K.QE) que realmente se inyectará por unidad de tiempo. A continuación, en la etapa 405 el coeficiente de corrección C mencionado se multiplica por la cantidad QE de urea para calcular la cantidad Q de la solución acuosa de urea que se inyecta por unidad de tiempo. Cuando se calcula la cantidad Q de solución acuosa de urea inyectada por unidad de tiempo, la válvula de control del flujo 33 es controlada de manera que la cantidad de solución acuosa de urea inyectada pasa a ser Q.

A continuación, en la etapa 406, el cociente de almacenamiento ST de urea se calcula a partir de la figura 7. Seguidamente, en la etapa 407, la cantidad QE de urea se multiplica por el cociente de almacenamiento ST de urea para calcular la cantidad QST (=QE.ST) almacenada en el convertidor catalítico 22 por unidad de tiempo. A continuación, en la etapa 408, se calcula el cociente LE1 de liberación de amoníaco a partir del mapa que se muestra en la figura 8C. Seguidamente, en la etapa 409, el cociente LE1 de liberación se multiplica por la cantidad total ΣQS de compuesto generador de amoníaco almacenada en el catalizador 22 para calcular la cantidad QLE de amoníaco (=ΣQS.LE1) liberada por unidad de tiempo. Seguidamente, la rutina avanza hasta la etapa 104 de la figura 10.

Por otro lado, cuando se determina en la etapa 401 que Ti≤To, la rutina avanza hasta la etapa 410, donde se determina si el ritmo es un ritmo de inyección para inyectar una gran cantidad de una solución acuosa de urea en un impulso en un tiempo corto. Si es el ritmo de inyección, la rutina avanza hasta la etapa 411, donde se determina si el tiempo de inyección de la solución acuosa de urea ha transcurrido o no. Cuando el tiempo de inyección de la solución acuosa de urea no ha transcurrido, la rutina avanza hasta la etapa 412.

En la etapa 412, se calcula la cantidad QEE de urea por unidad de tiempo que se inyectará en un impulso. Esta cantidad QEE de urea se determina para dar una cantidad predeterminada de urea superior a varias veces la cantidad de urea del cociente equivalente. Seguidamente, en la etapa 413, el coeficiente de corrección C anteriormente mencionado se multiplica por la cantidad QEE de urea para calcular la cantidad Q de la solución acuosa de urea que se inyectará por unidad de tiempo. Cuando se calcula la cantidad Q de inyección de la solución acuosa de urea por unidad de tiempo, la válvula de control del flujo 33 es controlada de manera que la cantidad de solución acuosa inyectada pasa a ser Q. A continuación, en la etapa 414, QEE pasa a ser la cantidad QST de urea almacenada en el catalizador 22 por unidad de tiempo. A continuación, la rutina avanza hasta la etapa 408.

Por otro lado, cuando se determina en la etapa 400 que se ha fijado la señal de paro de la inyección, la rutina avanza hasta la etapa 415, donde la cantidad QST de urea almacenada por unidad de tiempo se hace cero, y entonces la rutina avanza hasta la etapa 408. En este momento, se interrumpe la inyección de la solución acuosa de urea.

Observen que en la segunda configuración y en la tercera configuración es posible cambiar la cantidad y el ritmo de inyección de la solución acuosa de urea inyectada a impulsos. Por ejemplo, también es posible reducir la cantidad de solución acuosa inyectada de urea en el momento de desaceleración poco a poco con cada inyección tipo impulso.

Adicionalmente, para esperar a que la temperatura Tc del catalizador 22 caiga suficiente, también es posible ampliar el intervalo hasta que la solución acuosa de urea sea inyectada después del inicio de la desaceleración cuanto mayor sea la temperatura Tc del catalizador 22 en el momento de la desaceleración.

Seguidamente, se dará una explicación de diversos ejemplos del catalizador 22 que se encuentra en el convertidor catalítico 23 mientras se hace referencia a las figuras 18 y 19.

Tal como se muestra en la figura 18A, el catalizador 22 tiene una estructura de panal de miel y dispone de un gran número de conductos 61 para el paso del gas rodeados del sustrato 60 con una estructura tipo panal de abeja. En la superficie del sustrato 60 se forma una capa de catalizador que constituye los conductos 61 para el gas de escape. En el ejemplo que se muestra en la figura 18B, la capa de catalizador 62 comprende óxido de titanio 63. El vanadio 64 es transportado sobre este óxido de titanio 63. Cuando se inyecta la solución acuosa de urea, la urea, es decir, el compuesto generador de amoníaco, contenida en la solución acuosa de urea se almacena en el soporte de óxido de titanio 63. No es necesario aclarar como se almacena el compuesto generador de titanio en el óxido de titanio 63, pero probablemente se mantiene en el catalizador 22 por adsorción.

En la presente invención, el amoníaco liberado poco a poco de la urea, es decir, el compuesto generador de amoníaco almacenado en el convertidor catalítico 22 se utiliza para reducir el NO_x en el gas de escape, de manera que puede ser preferible mantener una gran cantidad de urea, es decir, de compuesto generador de amoníaco en el catalizador 22 cuando se inyecta la solución acuosa y hacer que el amoníaco sea liberado poco a poco del compuesto generador de amoníaco. Las figuras 18C, 18D y 18E y las figuras 19A y 19B muestran ejemplos donde cuanto mayor sea el compuesto generador de amoníaco más posible será que se sostenga en el catalizador 22.

Es decir, en el ejemplo que aparece en la figura 18C, se forma una capa de zeolita 65 sobre un soporte compuesto de óxido de titanio 63. Al hacer esto, la urea, es decir, el compuesto generador de amoníaco, también se mantiene en la capa de zeolita 65, de forma que aumenta la cantidad de compuesto generador de amoníaco. El compuesto generador de amoníaco que se encuentra en la capa de zeolita 65 se dispersa en el portador compuesto de óxido de titanio 63, luego se descompone por el calor, de manera que el amoníaco es liberado lentamente.

En el ejemplo que aparece en la figura 18D, se forma una capa de zeolita entre un sustrato 60 y un soporte compuesto por óxido de titanio 63. También en este caso, la urea, es decir, el compuesto generador de amoníaco, se mantiene en la capa de zeolita 65, de manera que aumenta la cantidad de compuesto generador de amoníaco. El compuesto generador de amoníaco que se encuentra en la capa de zeolita 65 se dispersa en el soporte compuesto por el óxido de titanio 64, luego es descompuesto por el calor, de manera que el amoníaco es liberado lentamente.

En el ejemplo que se muestra en la figura 18E, la capa de catalizador 62 está comprendida por zeolita y óxido de titanio. El vanadio es transportado en este soporte compuesto por óxido de titanio y zeolita.

En el ejemplo mostrado en las figuras 19A y 19B, en la región X en el lado a contracorriente del catalizador 22, la capa de catalizador 62 está compuesta de zeolita, mientras que en la región Y en el lado corriente abajo del catalizador 22, la capa de catalizador 62 está compuesta de óxido de titanio 63 que transporta vanadio 64. En este ejemplo también, la urea, es decir, el compuesto generador de amoníaco se mantiene también en la capa de zeolita 65, de manera que la cantidad de compuesto generador de amoníaco se eleva. El compuesto generador de amoníaco que se encuentra en la capa de zeolita 65 se dispersa en el soporte compuesto por óxido de titanio 63 y luego se descompone por acción del calor, por lo que el amoníaco es liberado lentamente.

La figura 20 a la figura 23 muestran otras configuraciones de un motor de combustión interna. En el ejemplo que se muestra en la figura 20, se dispone otro convertidor catalítico 70 a contracorriente del convertidor catalítico 23. Como el catalizador 22 alojado en el convertidor catalítico 70, es posible utilizar un catalizador de zeolita de cobre o un catalizador de óxido de titanio de vanadio del mismo modo que el catalizador 22 alojado en el convertidor catalítico 23. Sin embargo, cuando se utilizan ambos catalizadores 22, es preferible que el catalizador 22 del. lado a contracorriente en el convertidor catalítico 23 sea un catalizador de óxido de titanio y vanadio y que el catalizador 22 del lado a favor de la corriente en el convertidor catalítico 70 sea un catalizador de zeolita de cobre. Esto es porque el amoníaco que sale del catalizador de óxido de titanio y vanadio puede ser retirado en el catalizador de zeolita de cobre.

En la configuración que se muestra en la figura 21, se disponen un par de catalizadores 22a y 22b a una distancia uno de otro en el convertidor catalítico 23. Además, en esta configuración, la tubería de escape 21 está ramificada en un primer tubo de escape 71a que se abre hacia el convertidor catalítico 23 y un segundo tubo de escape 71b conectado a un espacio entre los catalizadores 22a y 22b. Una primera válvula de control de escape 72a y una segunda válvula de control de escape 72b se disponen en los conductos de escape 71a y 71b, respectivamente. Además, en esta configuración, la solución acuosa de urea se inyecta en la tubería de escape 21 a contracorriente de las dos válvulas de control de escape 72a y 72b.

En esta configuración, cuando la temperatura del gas de escape detectada por el sensor de temperatura 35 es inferior a unos 150ºC, tal como se muestra en la figura 21, se fuerza a que la primera válvula de control del escape 72a se abra completamente y la segunda válvula de control de escape 72b se cierre por completo. En este momento, el gas de escape pasa primero a través del catalizador del lado a contracorriente 22b, luego pasa a través del catalizador 22b

del lado a favor de la corriente. En este momento, la temperatura de los catalizadores 22a y 22b está en la región de almacenamiento del compuesto generador de amoníaco, por lo tanto la mayoría de la urea de la solución acuosa de urea inyectada se almacena en el catalizador del lado a contracorriente 22a.

Por otro lado, mientras que la temperatura del gas de escape detectada por el sensor de temperatura 35 se encuentra entre 150ºC y 250ºC, se hace que la primera válvula de control de escape 72a se cierre completamente y la segunda válvula de control de escape 72b se abra completamente. Por lo tanto, en este momento, el gas de escape pasará a través del segundo conducto de escape 71b y luego pasará a través del catalizador del lado a favor de la corriente 22b. En este momento, la urea almacenada en el catalizador 22a del lado a contracorriente se mantiene tal como está, y el NO_x del gas de escape es purificado en el catalizador del lado a favor de la corriente 22b por la solución acuosa de urea inyectada.

Por otro lado, cuando la temperatura del gas de escape detectada por el sensor de temperatura 35 supera los 250ºC, se fuerza a que la primera válvula de control de escape 72a se abra totalmente de nuevo y la segunda válvula de control de escape 72b se cierre de nuevo por completo. Cuando el motor está siendo acelerado, el gas de escape detectado por el sensor de temperatura 35 sube a más de 250ºC, de forma que cuando se acelera el motor el gas de escape fluye hacia el catalizador 22a del lado a contracorriente. En este momento, el amoníaco es liberado poco a poco de la gran cantidad de compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22a del lado a contracorriente, y el NO_x en el gas de escape es reducido en el catalizador 22a del lado a contracorriente y en el catalizador 22b del lado a favor de la corriente por este amoníaco.

En la configuración que se muestra en la figura 22, a diferencia de la configuración mostrada en la figura 21, una solución acuosa de urea se inyecta en el primer conducto de escape 71a a favor de la corriente de la primera válvula de control de escape 72a.

En esta configuración, cuando la carga requerida del motor es inferior a una carga fija predeterminada, se hace que se cierre completamente la primera válvula de control de escape 72a y que se abra por completo la segunda válvula de control de escape 72b. De este modo, el gas de escape pasa a través del segundo conducto de escape 71b y luego pasa a través del catalizador 22b del lado a contracorriente. Además, en este momento, el gas de escape no fluye a través del primer conducto de escape 71a y la temperatura del catalizador 22b del lado a contracorriente está en la región de almacenamiento del compuesto generador de amoníaco. Por lo tanto, en este momento, la mayoría de la urea en la solución acuosa de urea inyectada se almacena en el catalizador 22a del lado a contracorriente.

Por otro lado, cuando la carga requerida del motor pasa a ser mayor de la carga fijada, tal como se ve en la figura 22, se hace que se abra completamente la primera válvula de control de escape 72a y que se cierre por completo la segunda válvula de control de escape 72b. En este momento, el gas de escape pasa primero por el catalizador 22a del lado a contracorriente, luego pasa a través del catalizador 22b del lado a favor de la corriente. De este modo, el amoníaco es liberado poco a poco en un momento de la gran cantidad de compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22a a contracorriente, y el NO_x en el gas de escape es reducido en el catalizador 22a del lado a contracorriente y en el catalizador 22b del lado a favor de la corriente por este amoníaco.

En la configuración mostrada en la figura 23, se dispone de un conducto de escape de forma anular 74 que cruza la tubería de escape 21 en una válvula 73 conectada a una vía de flujo, dispuesta en la tubería de escape 21. Un primer convertidor catalítico 23 y un segundo convertidor catalítico 70 se disponen en series en el conducto de escape en forma de anillo 74.

En esta configuración, cuando la carga requerida del motor es inferior a una carga predeterminada fija, la válvula de control de la vía de flujo 73 se conecta a una posición mostrada por la línea recta en la figura 23, de manera que el gas de escape que se había enviado a través de la tubería de escape 21 fluye en la dirección de la flecha A, es decir, pasa primero por el catalizador 22 hacia el primer convertidor catalítico 23, luego pasa a través del catalizador 22 hacia el segundo convertidor catalítico 70. En este momento, la solución acuosa de urea es inyectada por el lado a contracorriente del segundo convertidor catalítico 70. En este momento, la temperatura del catalizador 22 en el segundo convertidor catalítico 70 es inferior a la temperatura del catalizador 22 en el primer convertidor catalítico 23 y por tanto la urea, es decir, el compuesto generador de amoníaco, de la solución acuosa de urea inyectada es almacenado bien en el catalizador 22 en el segundo convertidor catalítico 70.

Por otra parte, cuando la carga requerida del motor pasa a ser mayor que la carga fijada, la válvula de control de la vía de flujo 73 se conecta en la posición que muestra la línea a trazos en la figura 23 de manera que el gas de escape que había sido enviado a través de la tubería de escape 21 fluye en la dirección de la flecha B, es decir, pasa primero por el catalizador 22 en el segundo convertidor catalítico 70, luego pasa a través del catalizador 22 en el primer convertidor catalítico 23. En este momento, la temperatura del catalizador 22 en el segundo convertidor catalítico 70 pasa a ser superior a la temperatura del catalizador 22 en el primer convertidor catalítico 23 y por lo tanto se libera bien el amoníaco procedente del compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22 en el segundo convertidor catalítico 70.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de purificación del gas de escape de un motor de combustión interna que tiene un catalizador (22) adecuado para la reducción del NO_x en el gas de escape por el amoníaco en presencia de un exceso de oxígeno en un conducto de escape del motor, de forma que dicho dispositivo comprende:

un medio de alimentación (31, 32) para inyectar un líquido que contiene un compuesto generador de amoníaco en el catalizador (22);

un medio de control de la inyección para controlar la cantidad de líquido que se inyecta, el catalizador (22) que se almacena en el mismo, al menos parte del compuesto generador de amoníaco contenido en el líquido inyectado en el catalizador (22) y que tiene la función de hacer que se libere el amoníaco poco a poco del compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador (22) a medida que aumenta la temperatura del catalizador (22) y que se reduzca el NO_x en el gas de escape por el amoníaco liberado;

medio de decisión (40) para decidir si la temperatura del catalizador (22) está en una región de almacenamiento de compuesto generador de amoníaco que almacena el compuesto generador de amoníaco contenido en el líquido inyectado en el catalizador(22) dentro del catalizador (22) y casi no libera amoníaco del compuesto generador de amoníaco almacenado, o bien si la temperatura del catalizador(22) está en una región que libera amoníaco que hace que el amoníaco sea liberado poco a poco por el compuesto generador de amoníaco almacenado;

un dispositivo de recirculación del gas de escape (24, 25) para recircular el gas de escape en un conducto de entrada (11);

donde, cuando el medio de decisión (40) decide que la temperatura del catalizador (22) está en la región de almacenamiento del compuesto generador de amoníaco, dicho dispositivo de recirculación del gas de escape (24, 25) interrumpe el proceso de recirculación del gas de escape.

2. Un dispositivo de purificación del gas de escape de un motor de combustión interna tal como se establece en la reivindicación 1, de forma que cuando dicho dispositivo de recirculación del gas de escape (24, 25) interrumpe el proceso de recirculación del gas de escape, dicho medio de control de la inyección controla la cantidad de líquido inyectada de forma que la cantidad de compuesto generador de amoníaco en el líquido excede el cociente equivalente =1 requerido para reducir el NO_x en el gas de escape.

3. Un dispositivo de purificación del gas de escape de un motor de combustión interna tal como se establece en la reivindicación 1, de forma que dicho medio de decisión(40) decide que la temperatura del catalizador (22) está en la región de almacenamiento del compuesto generador de amoníaco cuando una temperatura representativa de la temperatura del catalizador (22) es inferior a una temperatura predeterminada y que la temperatura del catalizador (22) está en la región de liberación de amoníaco cuando la temperatura representativa de la temperatura del catalizador (22) es superior a la temperatura predeterminada.

4. Un dispositivo de purificación del gas de escape de un motor de combustión interna tal como se establece en la reivindicación 2, de forma que la temperatura representativa de la temperatura del catalizador (22) es la temperatura del gas de escape que fluye en el catalizador (22).

5. Un dispositivo de purificación del gas de escape de un motor de combustión interna tal como se establece en la reivindicación 1, de forma que el medio de decisión (40) decide que la temperatura del catalizador (22) está en la región de almacenamiento del compuesto generador de amoníaco en el momento de arranque del motor.

6. Un dispositivo de purificación del gas de escape de un motor de combustión interna tal como se establece en la reivindicación 1, de forma que el medio de decisión (40) decide que la temperatura del catalizador (22) está en la región de almacenamiento del compuesto generador de amoníaco cuando una carga requerida del motor es inferior a una carga predeterminada.

7. Un dispositivo de purificación del gas de escape de un motor de combustión interna tal como se establece en la reivindicación 1, de forma que el medio de decisión (40) decide que la temperatura del catalizador (22) está en la región de almacenamiento del compuesto generador de amoníaco en el momento de desaceleración del motor.

8. Un dispositivo de purificación del gas de escape de un motor de combustión interna tal como se establece en la reivindicación 1, de forma que el medio de decisión (40) decide que la temperatura del catalizador (22) está en la región de liberación del amoníaco en el momento de aceleración del motor.

9. Un dispositivo de purificación del gas de escape de un motor de combustión interna tal como se establece en la reivindicación 1, donde dicho catalizador (22) produce inmediatamente amoníaco de dicho líquido justo cuando dicho líquido es inyectado en el catalizador (22) cuando la temperatura del catalizador (22) es mayor que una temperatura predeterminada y dicho medio de control controla la cantidad de líquido inyectado de manera que la cantidad de compuesto generador de amoníaco en el líquido pasa a ser el cociente equivalente =1 requerido para re-

ducir el NO_x en el gas de escape, cuando la temperatura del catalizador (22) es superior a la temperatura predeterminada.

10. Un dispositivo de purificación del gas de escape de un motor de combustión interna tal como se establece en la reivindicación 1, donde dicho medio de control de la inyección inyecta la cantidad de líquido necesaria para reducir el NO_x en el gas de escape que no puede ser reducida por el amoníaco liberado del catalizador (22).

11. Un dispositivo de purificación del gas de escape de un motor de combustión interna tal como se establece en la reivindicación 1, donde el líquido que contiene el compuesto generador de amoníaco está en la solución acuosa de urea.

12. Un dispositivo de purificación del gas de escape de un motor de combustión interna tal como se establece en la reivindicación 1, en la cual, cuando la temperatura de uno de los dos catalizadores (22) está en la región de almacenamiento del compuesto generador de amoníaco contenido en el líquido que se almacena en uno de los catalizadores (22) y el NO_x del gas de escape es reducido en ambos catalizadores (22) por el amoníaco liberado del compuesto generador de amoníaco almacenado en uno de esos catalizadores (22) cuando la temperatura de uno de dichos catalizadores (22) corresponde a la región de liberación de amoníaco.

Fig.1

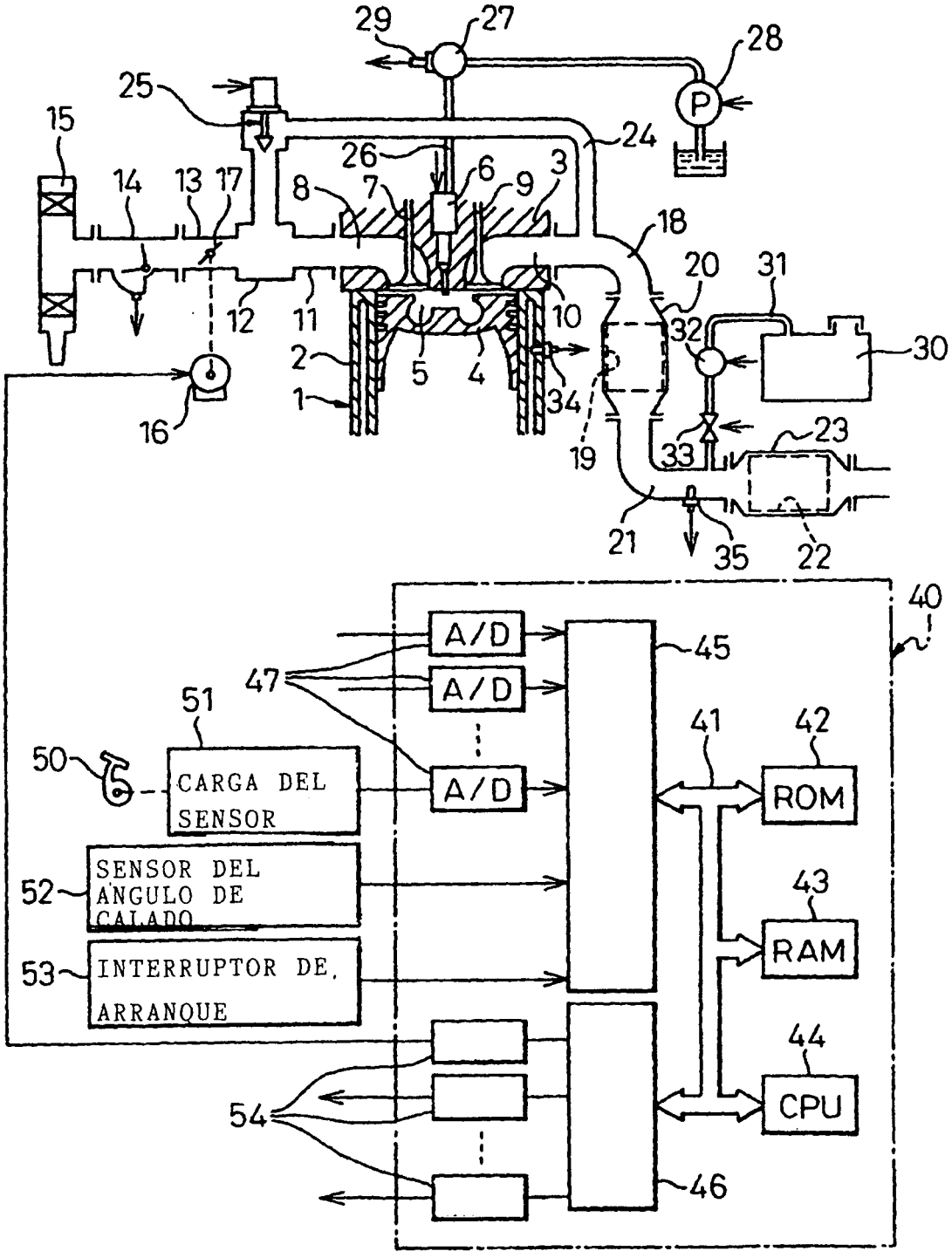

29
27
28
25
15
24
26
6
3
14
13
17
8
7
9
18
20
31
12
11
10
32
30
2
5
4
1
34
16
19
33
23
21
35
22
40
A/D
45
47
A/D
51
41
42
50
CARGA DEL SENSOR
A/D
ROM
SENSOR DEL ANGULO DE CALADO
52
43
RAM
53
INTERRUPTOR DE ARRANQUE
44
54
CPU
46

Fig.2

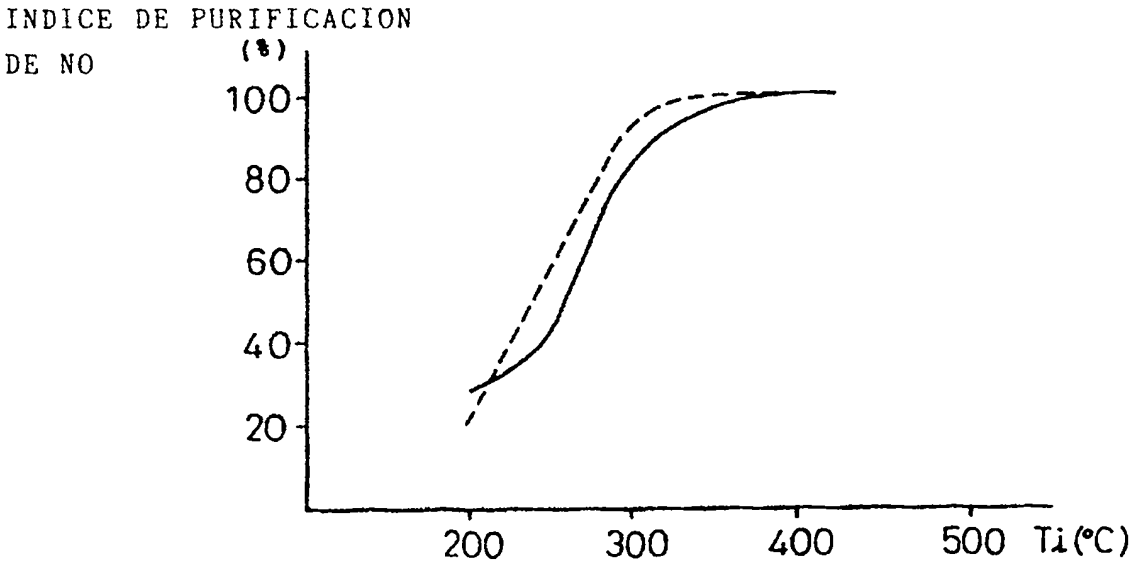

INDICE DE PURIFICACION
DE NO
(%)
100
80
60
40
20
200
300
400
500
Ti(°C)

Fig.3

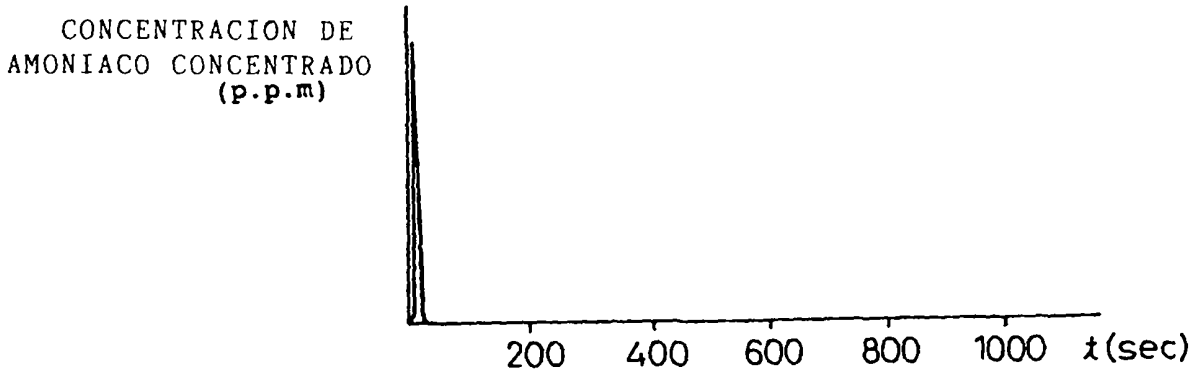

CONCENTRACION DE
AMONIACO CONCENTRADO
(p.p.m)
200
400
600
800
1000
t(sec)

Fig.4

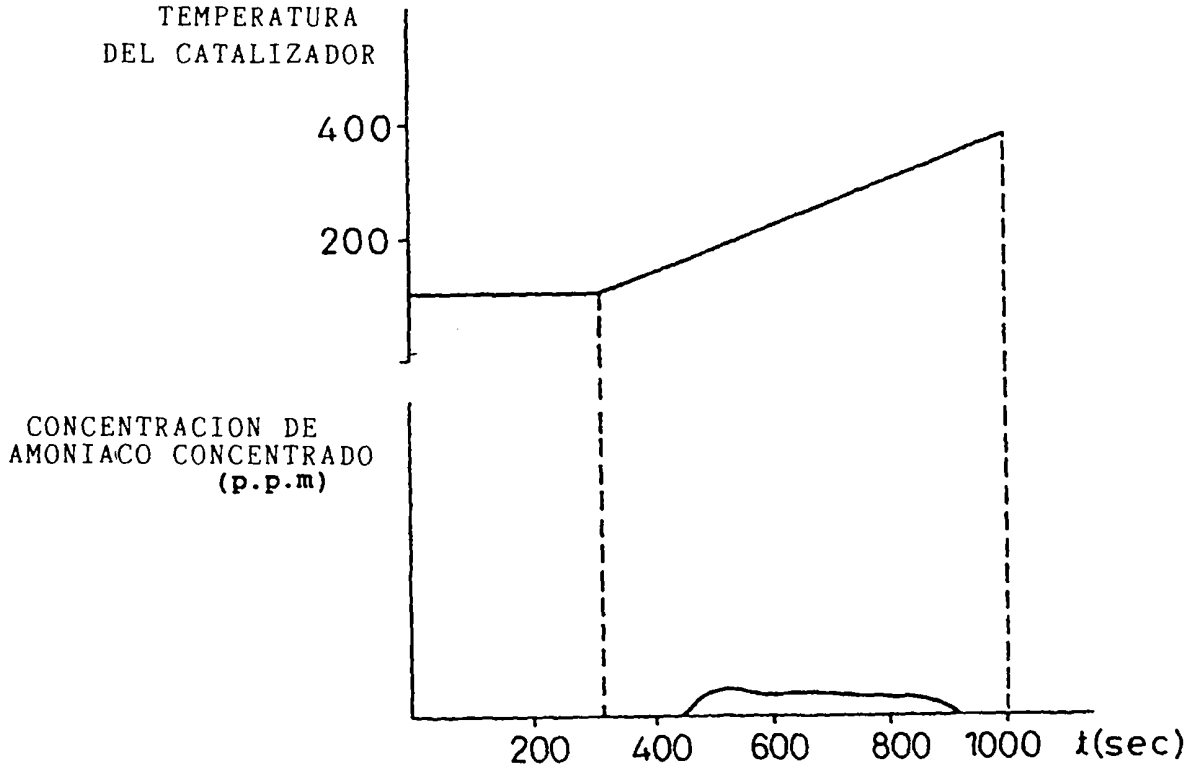

TEMPERATURA
DEL CATALIZADOR
400
200
CONCENTRACION DE
AMONIACO CONCENTRADO
(p.p.m)
200
400
600
800
1000
t(sec)

Fig.5

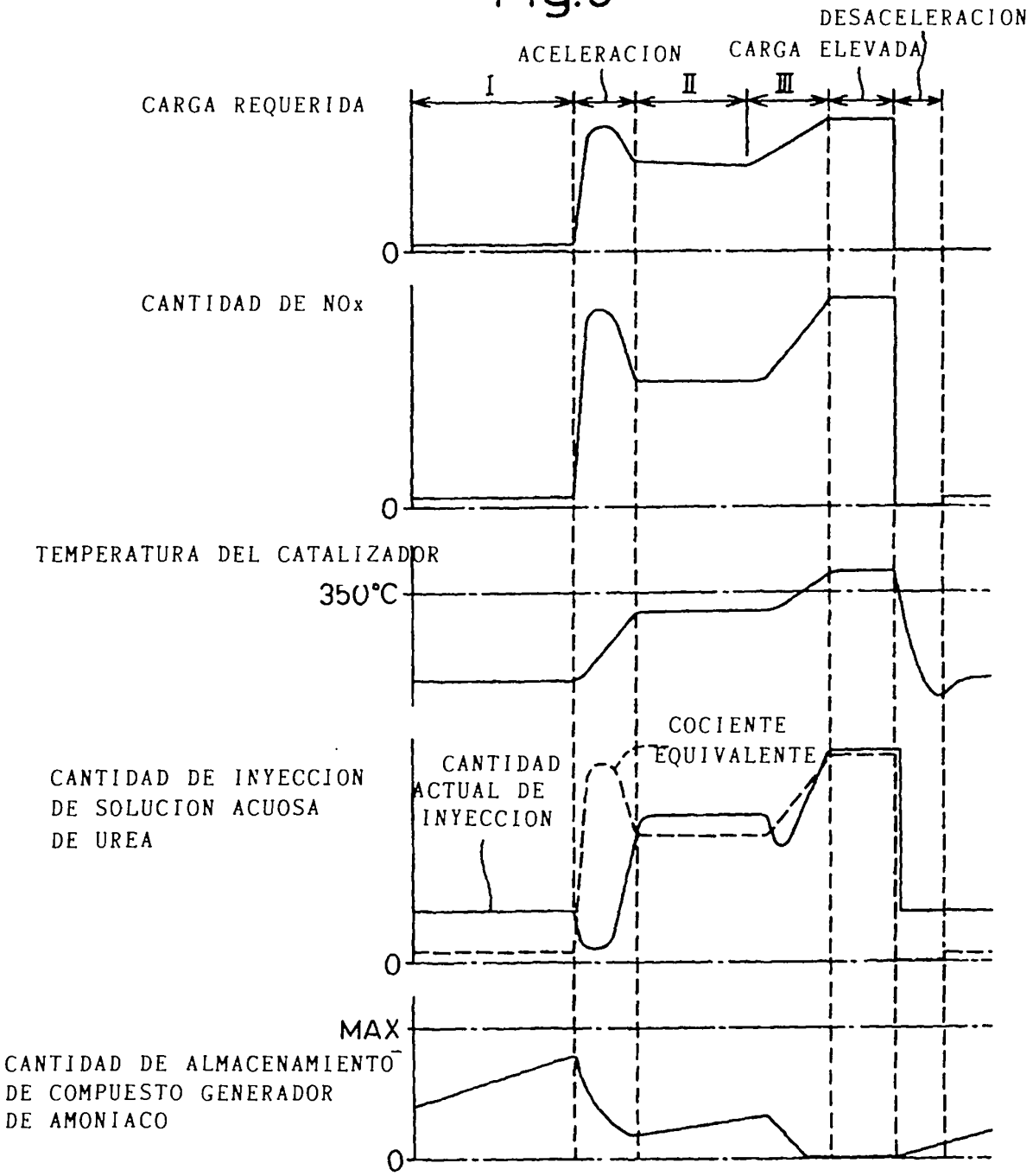

DESACELERACION
ACELERACION
CARGA ELEVADA
I
II
III
CARGA REQUERIDA
0
CANTIDAD DE NOx
0
TEMPERATURA DEL CATALIZADOR
350°C
COCIENTE EQUIVALENTE
CANTIDAD ACTUAL DE INYECCION
CANTIDAD DE INYECCION DE SOLUCION ACUOSA DE UREA
0
MAX
CANTIDAD DE ALMACENAMIENTO DE COMPUESTO GENERADOR DE AMONIACO
0

Fig.6A

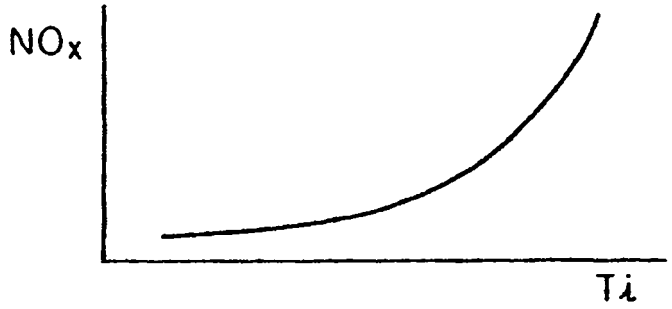


Fig.6B

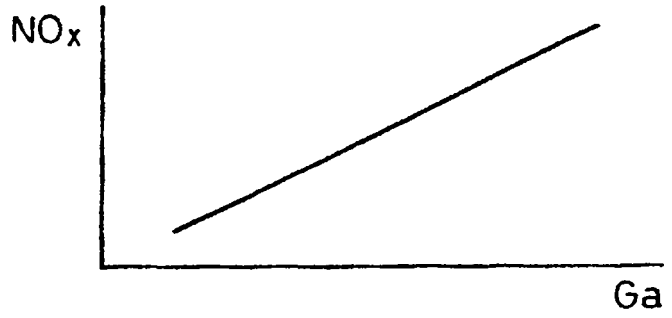


Fig.6C

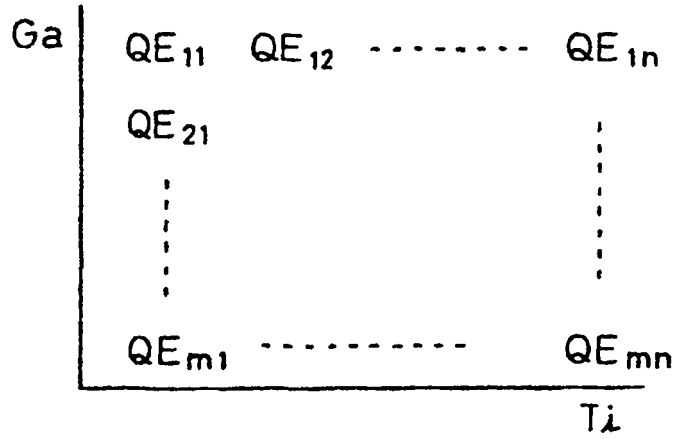


Fig.7

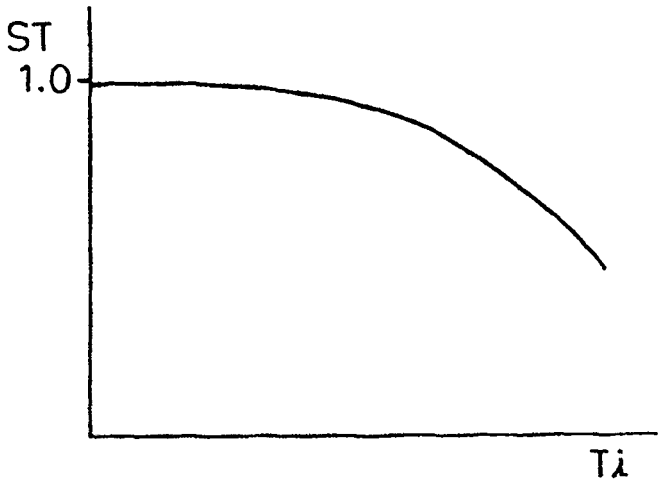


Fig.8A

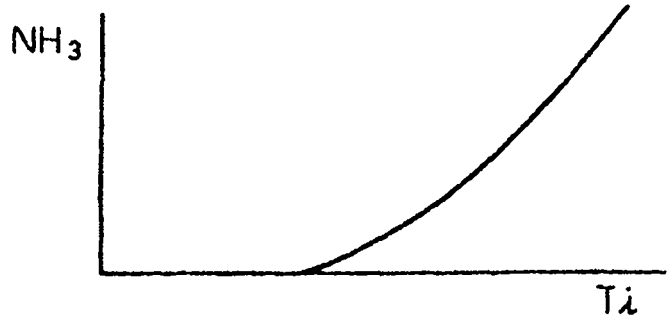


Fig.8B

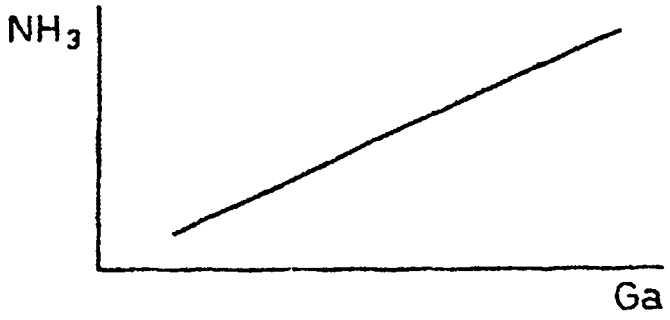


Fig.8C

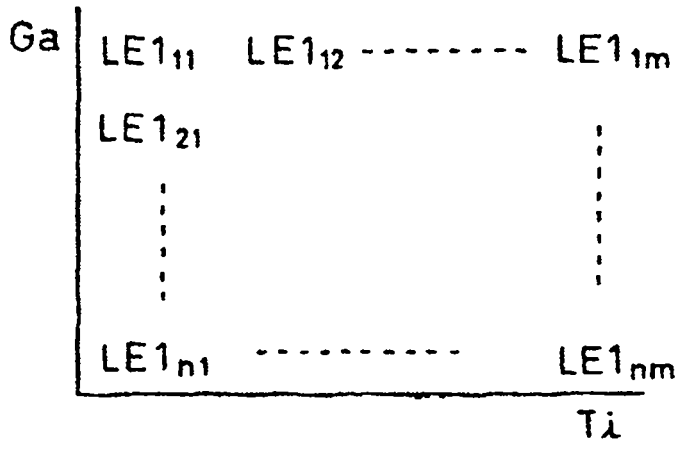


Fig.9A

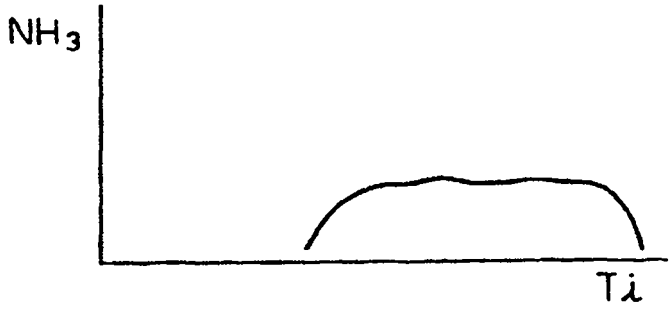


Fig.9B

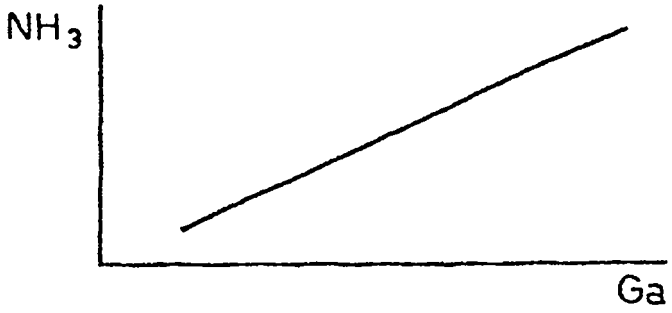


Fig.9C

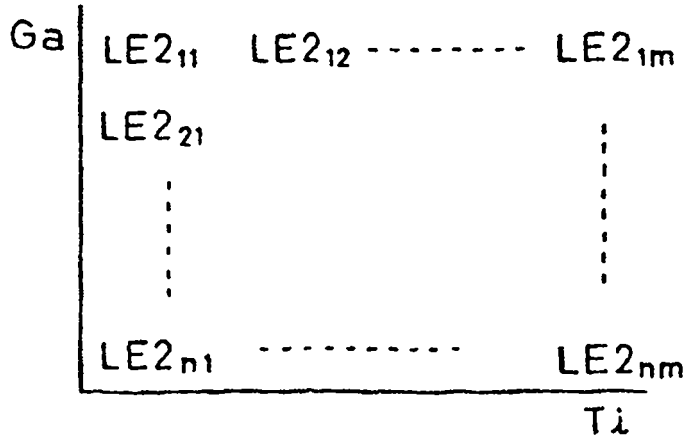


Fig.10

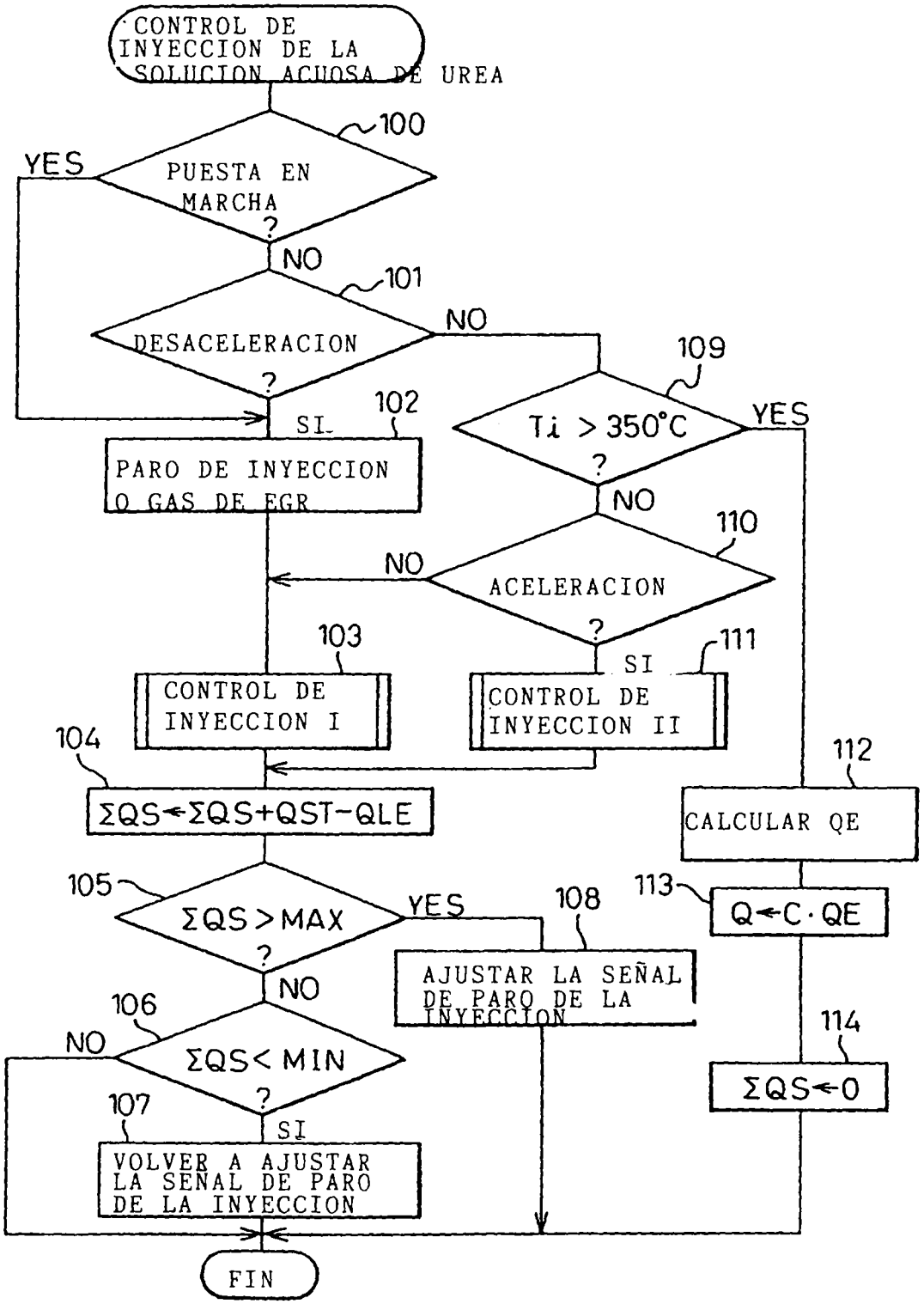

CONTROL DE INYECCION DE LA SOLUCION ACUOSA DE UREA
100
PUESTA EN MARCHA ?
YES
NO
101
DESACELERACION ?
NO
SI
102
PARO DE INYECCION O GAS DE EGR
109
Ti > 350°C ?
YES
NO
110
ACELERACION ?
NO
SI
111
103
CONTROL DE INYECCION I
CONTROL DE INYECCION II
104
ΣQS←ΣQS+QST-QLE
112
CALCULAR QE
105
ΣQS > MAX ?
YES
108
AJUSTAR LA SEÑAL DE PARO DE LA INYECCION
113
Q←C·QE
NO
106
ΣQS < MIN ?
NO
114
ΣQS←0
107
SI
VOLVER A AJUSTAR LA SEÑAL DE PARO DE LA INYECCION
FIN

Fig.11

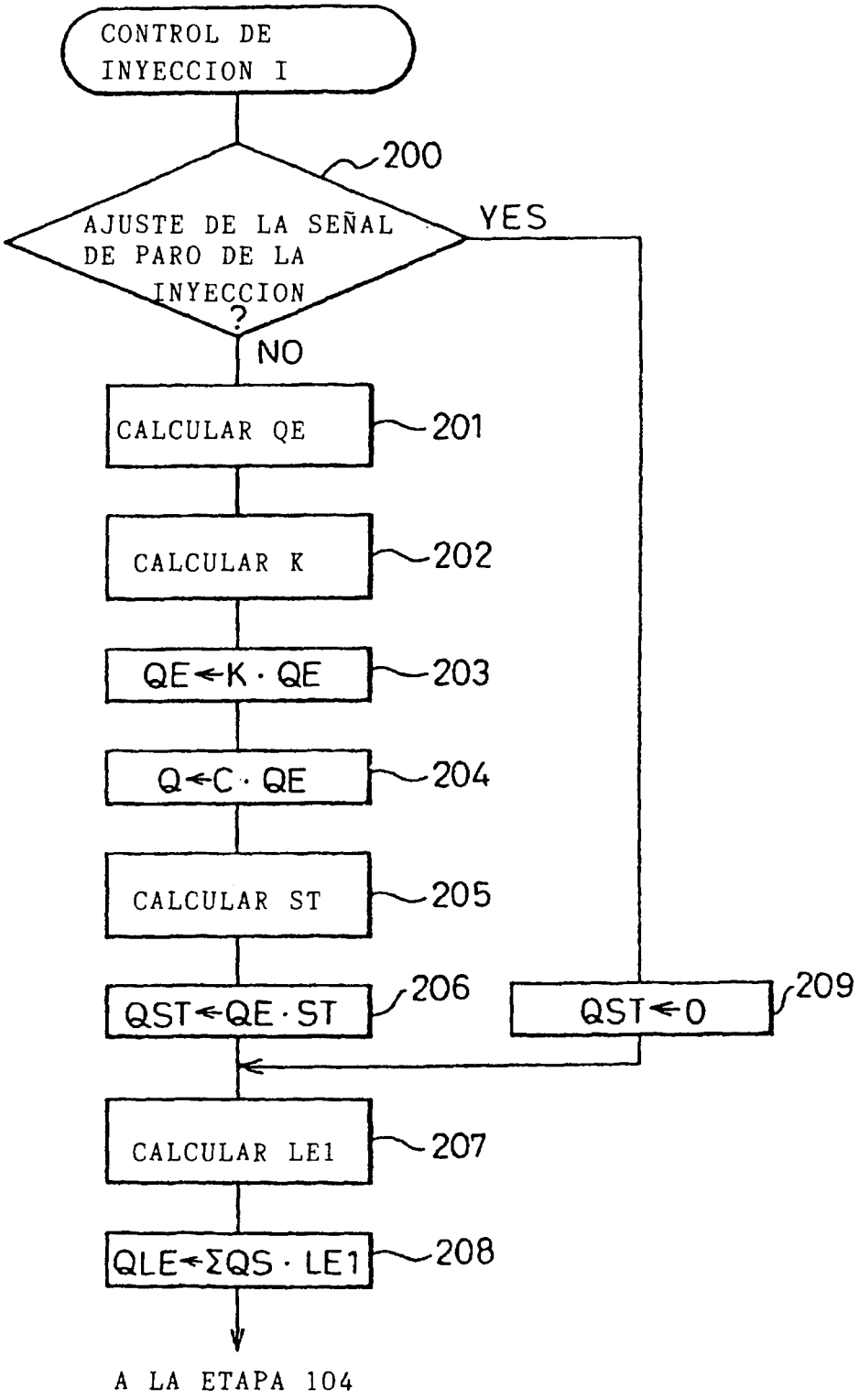

CONTROL DE INYECCION I
200
AJUSTE DE LA SEÑAL DE PARO DE LA INYECCION ?
YES
NO
CALCULAR QE
201
CALCULAR K
202
QE←K · QE
203
Q←C · QE
204
CALCULAR ST
205
QST←QE · ST
206
QST←0
209
CALCULAR LE1
207
QLE←ΣQS · LE1
208
A LA ETAPA 104

Fig.12

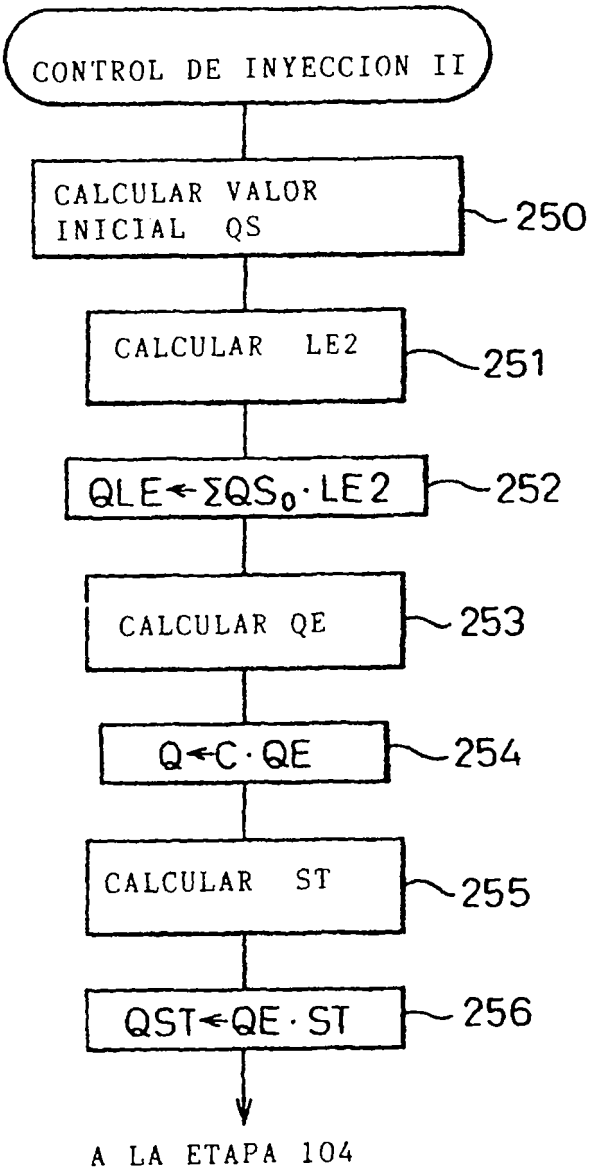

CONTROL DE INYECCION II
CALCULAR VALOR INICIAL QS
250
CALCULAR LE2
251
QLE←ΣQS0·LE2
252
CALCULAR QE
253
Q←C·QE
254
CALCULAR ST
255
QST←QE·ST
256
A LA ETAPA 104

Fig.13

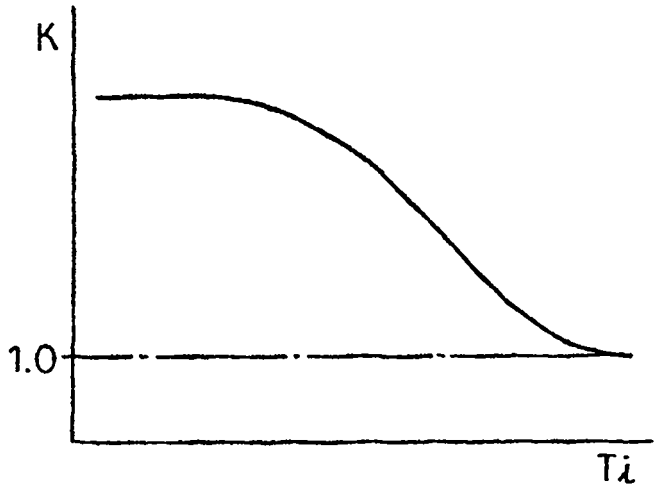


Fig.14

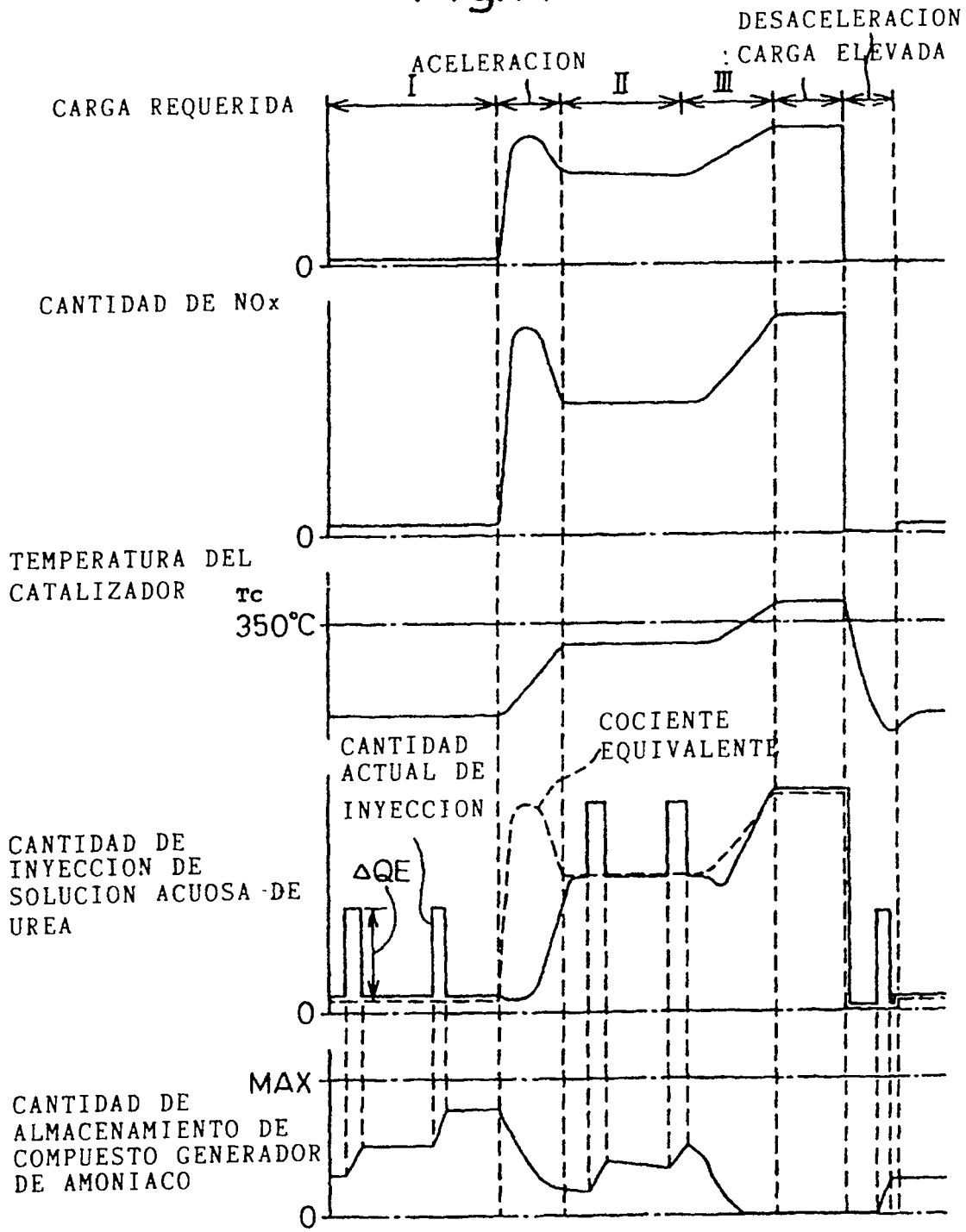

DESACELERACION
: CARGA ELEVADA
ACELERACION
I
II
III
CARGA REQUERIDA
0
CANTIDAD DE NOx
0
TEMPERATURA DEL CATALIZADOR
Tc
350°C
COCIENTE EQUIVALENTE
CANTIDAD ACTUAL DE INYECCION
ΔQE
CANTIDAD DE INYECCION DE SOLUCION ACUOSA DE UREA
0
MAX
CANTIDAD DE ALMACENAMIENTO DE COMPUESTO GENERADOR DE AMONIACO
0

Fig.15

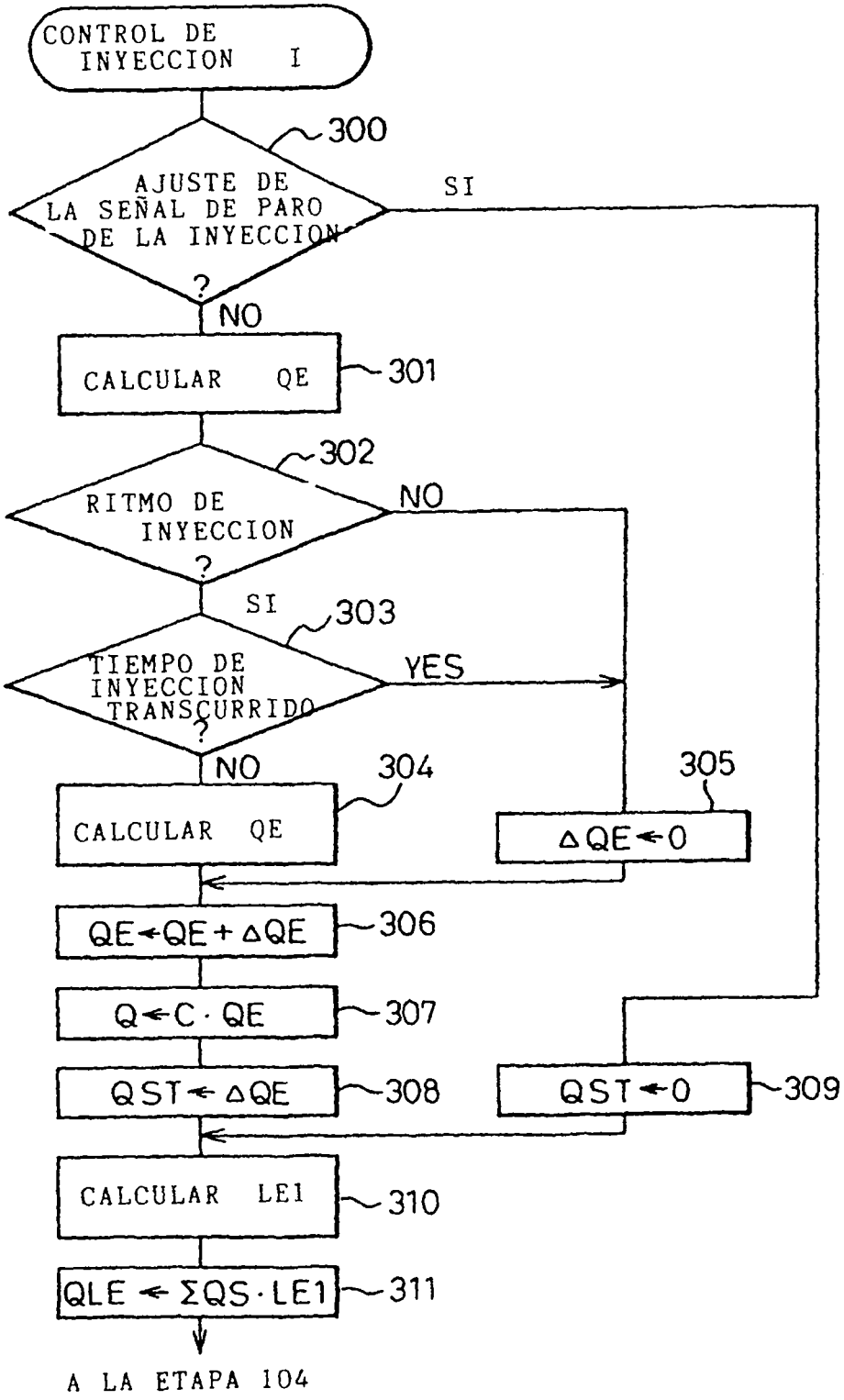

CONTROL DE INYECCION I
300
AJUSTE DE LA SEÑAL DE PARO DE LA INYECCION ?
SI
NO
CALCULAR QE
301
302
RITMO DE INYECCION ?
NO
SI
303
TIEMPO DE INYECCION TRANSCURRIDO ?
YES
NO
304
CALCULAR QE
305
ΔQE←0
QE←QE+ΔQE
306
Q←C·QE
307
QST←ΔQE
308
QST←0
309
CALCULAR LE1
310
QLE←ΣQS·LE1
311
A LA ETAPA 104

Fig.16

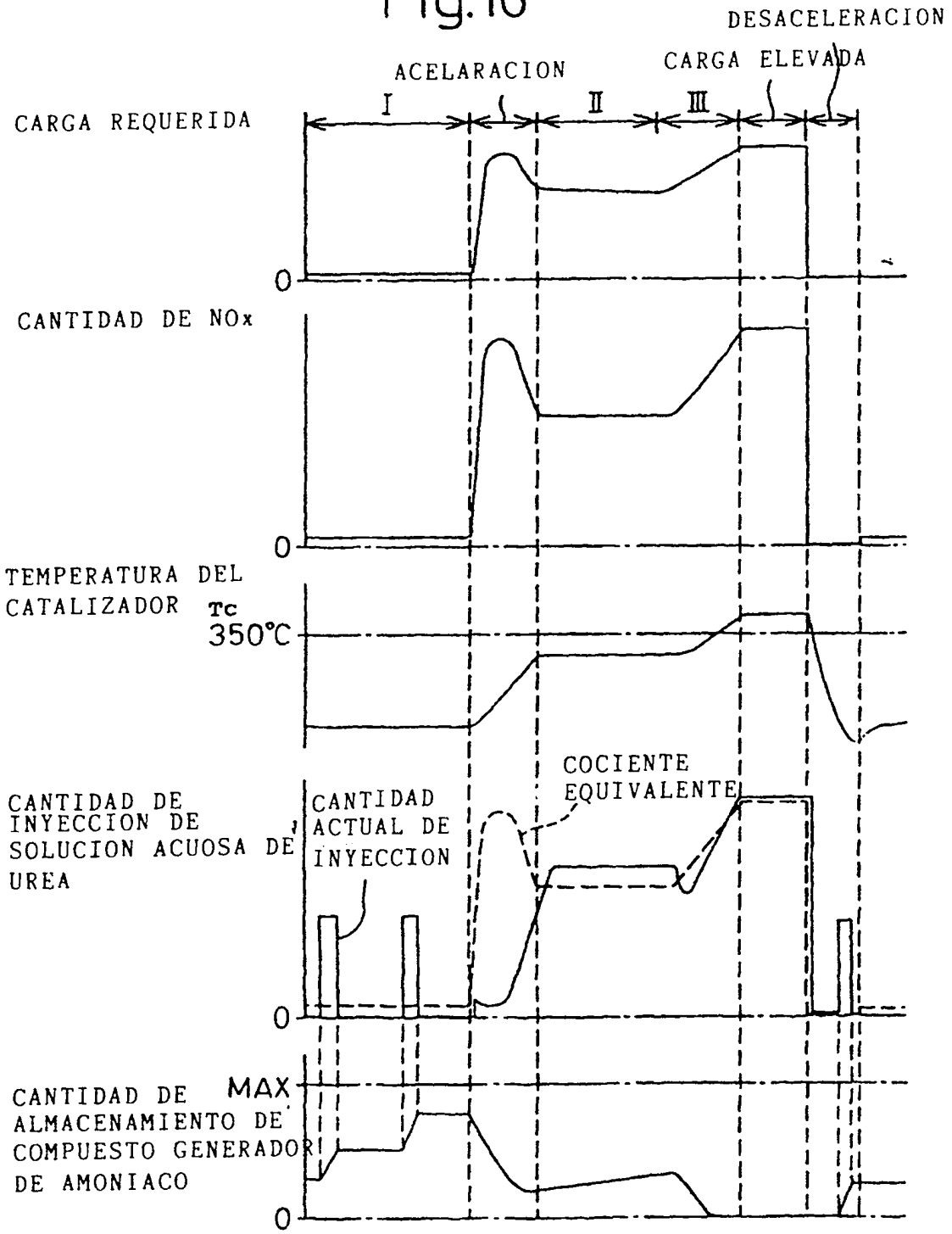

DESACELERACION
ACELARACION
CARGA ELEVADA
I
II
III
CARGA REQUERIDA
0
CANTIDAD DE NOx
0
TEMPERATURA DEL CATALIZADOR
Tc
350℃
COCIENTE EQUIVALENTE
CANTIDAD DE INYECCION DE SOLUCION ACUOSA DE UREA
CANTIDAD ACTUAL DE INYECCION
0
MAX
CANTIDAD DE ALMACENAMIENTO DE COMPUESTO GENERADOR DE AMONIACO
0

Fig.17

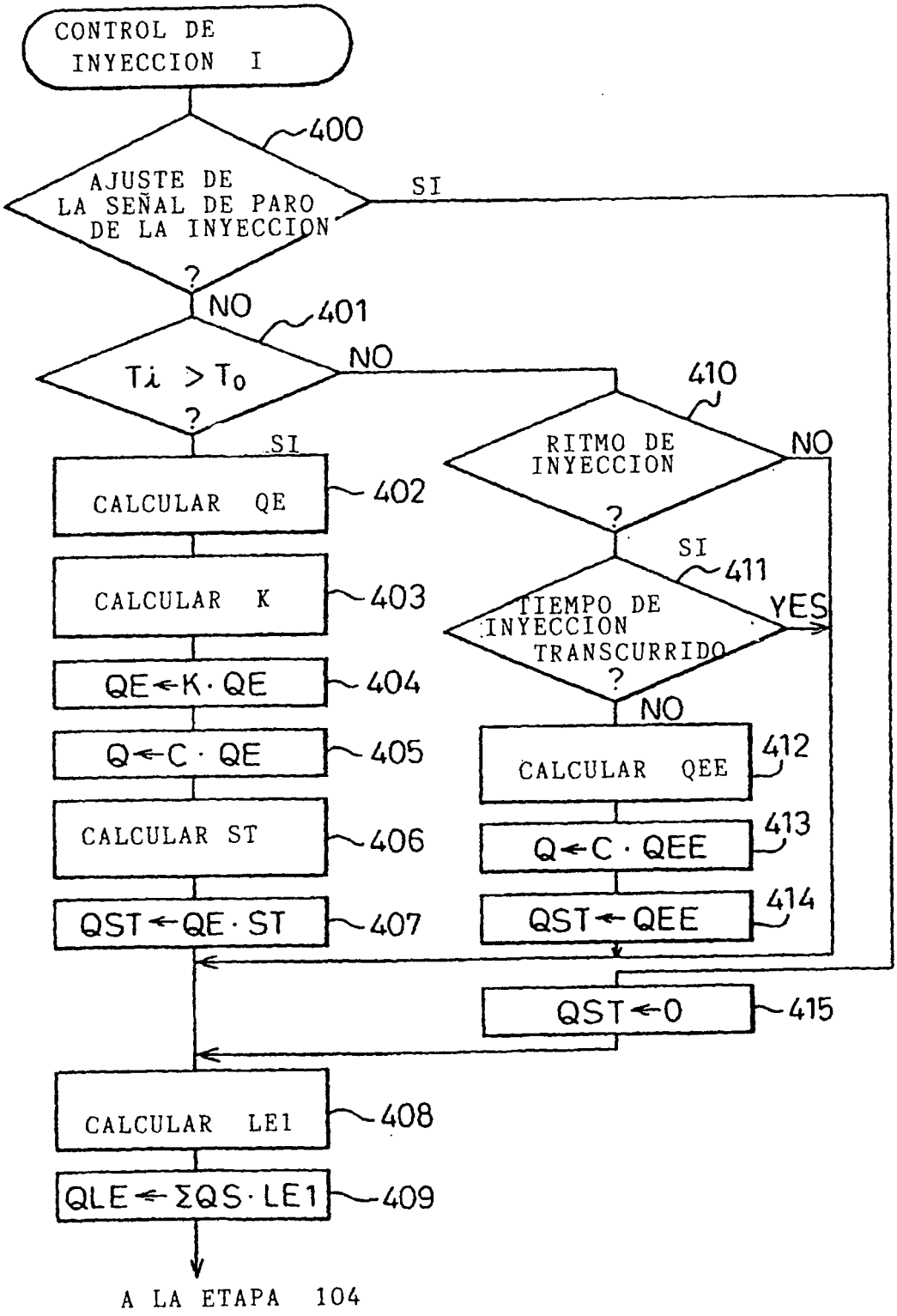

CONTROL DE INYECCION I
400
AJUSTE DE LA SEÑAL DE PARO DE LA INYECCION ?
SI
NO
401
Ti > To ?
NO
SI
410
RITMO DE INYECCION ?
NO
SI
411
TIEMPO DE INYECCION TRANSCURRIDO ?
YES
NO
CALCULAR QE
402
CALCULAR K
403
QE←K·QE
404
Q←C·QE
405
CALCULAR ST
406
QST←QE·ST
407
CALCULAR QEE
412
Q←C·QEE
413
QST←QEE
414
QST←0
415
CALCULAR LE1
408
QLE←ΣQS·LE1
409
A LA ETAPA 104

Fig.18A

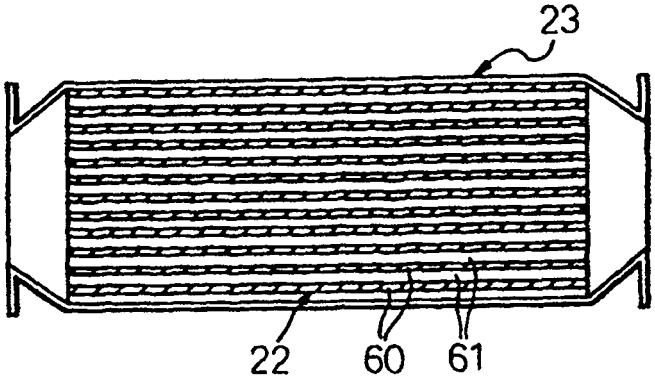


Fig.18B

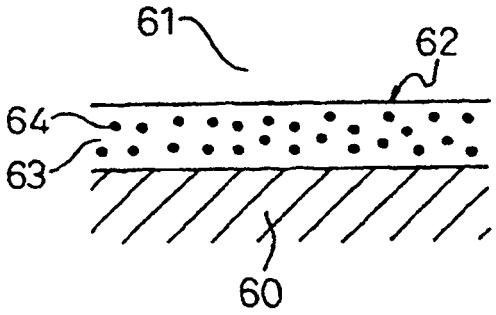


Fig.18C

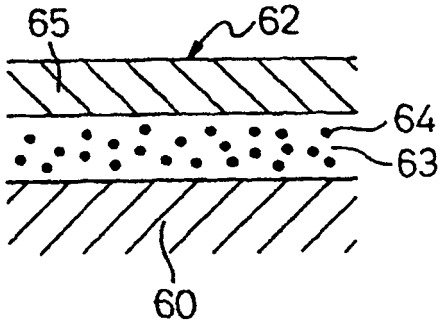


Fig.18D

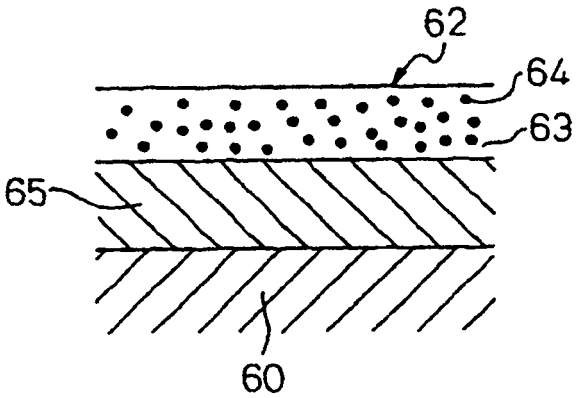


Fig.18E

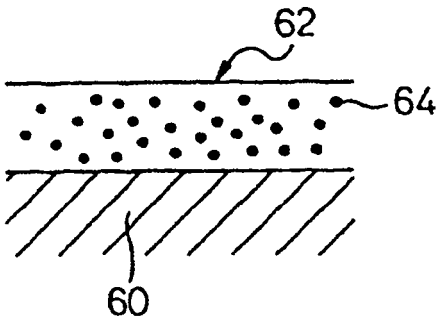


Fig.19A

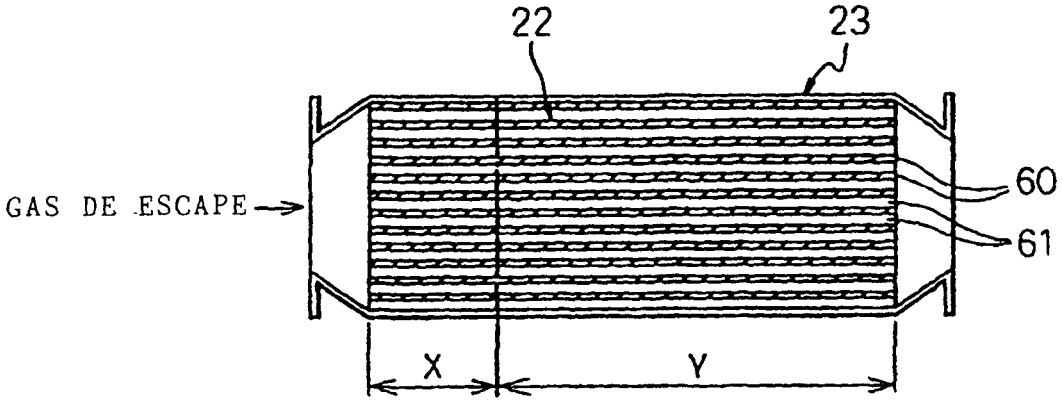


Fig.19B

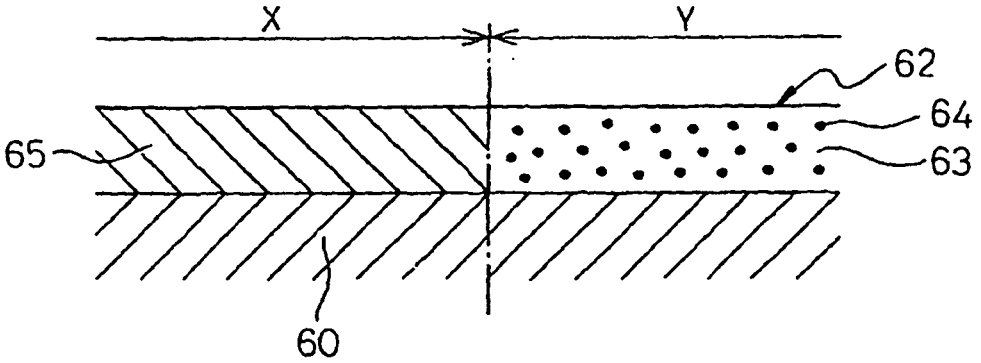


Fig.20

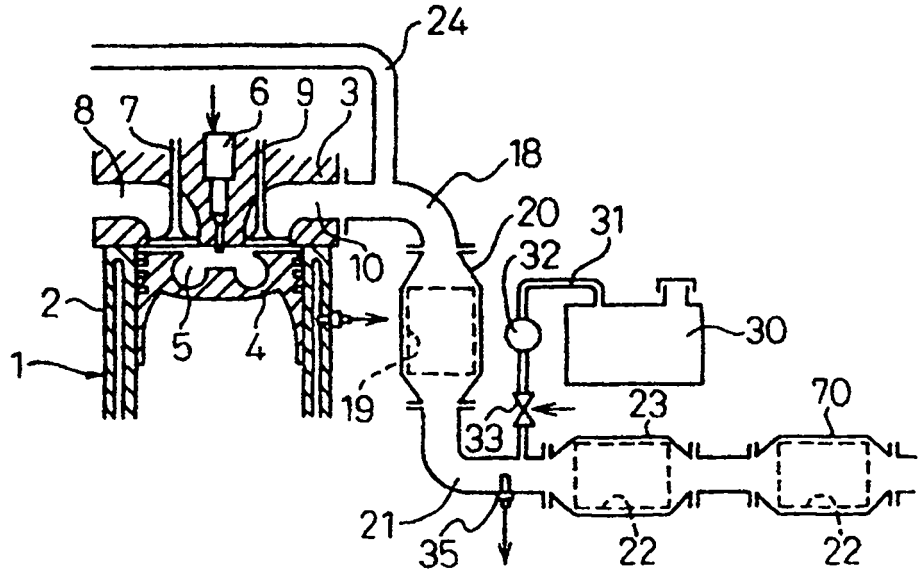

24
8
7
6
9
3
18
20
31
32
10
2
5
4
30
1
19
23
70
33
21
35
22
22

Fig.21

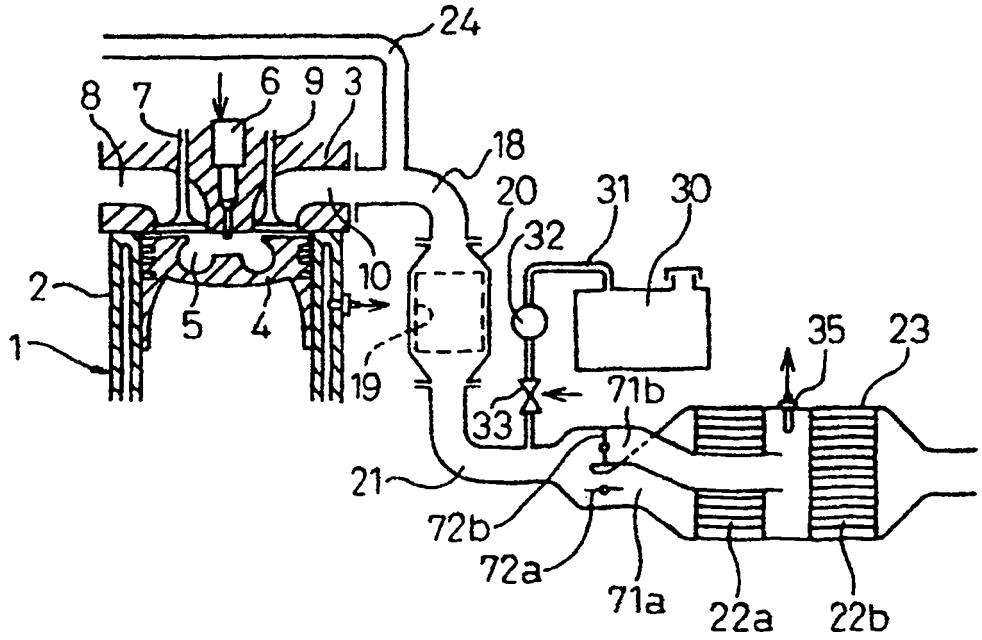

24
8
7
6
9
3
18
20
31
30
32
10
2
5
4
35
23
1
19
71b
33
21
72b
72a
71a
22a
22b

Fig.22

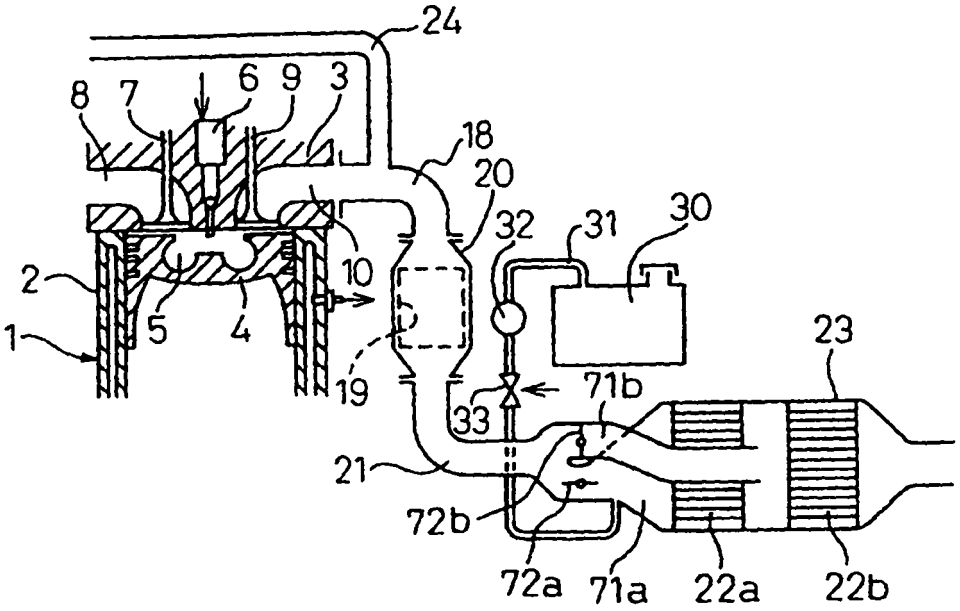
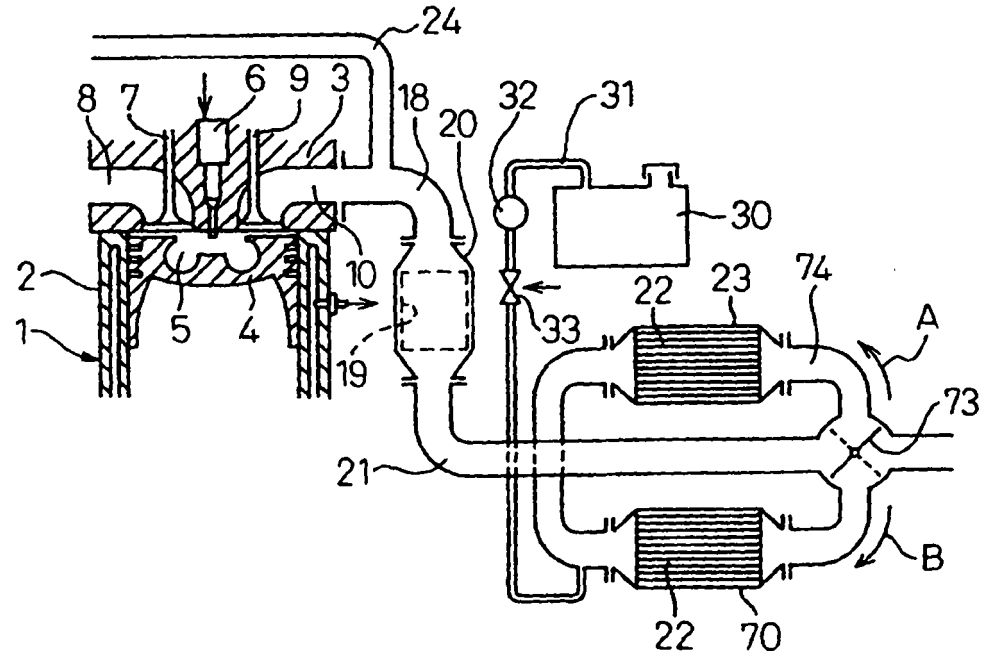

24
8
7
6
9
3
18
20
32
31
30
2
10
1
5
4
19
23
71b
33
21
72b
72a
71a
22a
22b

Fig.23


24
8
7
6
9
3
18
20
32
31
30
2
10
1
5
4
19
33
22
23
74
A
73
21
B
22
70