



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 367 719**

51 Int. Cl.:

F01N 3/08 (2006.01)

F01N 3/24 (2006.01)

F01N 3/10 (2006.01)

F01N 3/28 (2006.01)

F02M 25/07 (2006.01)

B01D 53/94 (2006.01)

F01N 3/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **99926774 .3**

96 Fecha de presentación : **23.06.1999**

97 Número de publicación de la solicitud: **1106799**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.06.2001**

54

Título: **Dispositivo de purificación de la emisión del gas de escape de un motor de combustión interna.**

30

Prioridad: **23.06.1998 JP 10-175637**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
07.11.2011

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
07.11.2011

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**

ES 2 367 719 T3

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

ES 2 367 719 T3

DESCRIPCIÓN

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

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un dispositivo de purificación del gas de escape de un motor de combustión interna, de acuerdo con la reivindicación 1.

10 **Tipo de fundamento**

Es posible colocar un catalizador adecuado para la reducción de NO_x 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 NO_x en el gas de escape por el amoníaco generado por la solución acuosa de urea. Sin embargo, 15 en este caso la velocidad de purificación del NO_x 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 la cantidad de urea necesaria para reducir el NO_x mediante un índice de purificación de la NO_x de acuerdo con la temperatura del catalizador y para controlar la cantidad de alimentación de la solución acuosa de urea de manera que la cantidad de urea calculada es la alimentada. (ver Japanese Unexamined Utility Model Publication (Kokai) N° 3-129712).

No obstante, mientras se alimenta la urea, en la cantidad necesaria para reducir el NO_x con un índice de purificación de NO_x de acuerdo con la temperatura del catalizador, de esta forma, sin embargo, cuando la temperatura del catalizador no es tan elevada, la velocidad de purificación del NO_x 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 NO_x elevado. En particular, cuando la temperatura del catalizador no es tan elevada y la cantidad de NO_x en el gas 25 de escape es grande, como cuando el motor está acelerando desde un estado de funcionamiento de carga mínima, si la velocidad de purificación del NO_x es baja, el problema surgirá de una gran cantidad de NO_x que está siendo liberada a la atmósfera.

El documento WO 99/55446 A describe un método para la reducción de los NO_x en los gases de escape y forma 30 un fundamento previo intermedio según Art 54(3) EPC.

El documento WO-A-96/04980 revela un fundamento previo de un método de purificación de gases de escape usando un agente reductor que es introducido en los gases de escape de un motor de combustión interna a contracorriente de un convertidor catalítico desnitrificador. Este agente reductor es alimentado super-estequiométricamente durante la fase de arranque del motor y durante las fases de decrecimiento o mantenimiento de la temperatura de los gases de escape. Durante otros periodos de operación del motor, el agente reductor es alimentado sub-estequiométricamente.

El documento DE 43 15 278 A1 revela un fundamento previo de un método para la reducción de los NO_x mediante un agente reductor como el amoníaco.

El objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo de purificación de los gases de escape permitiendo que el índice de purificación de NO_x sea mayor.

El objeto se resuelve con un dispositivo de purificación de gases de escape que tenga la combinación de las características de la reivindicación 1. Posteriores desarrollos ventajosos del invento se definen en las reivindicaciones dependientes.

De acuerdo con el presente invento, se proporciona un dispositivo de purificación de gases de escape de un motor de combustión interna que dispone de un catalizador adecuado para la reducción de los NO_x de los gases de escape mediante amoníaco en presencia de un exceso de oxígeno en el conducto de escape del motor, el dispositivo consta de una alimentación, entendiéndose por alimentación un líquido que contiene un compuesto que genera amoníaco al catalizador, y consta de un control de alimentación para controlar la cantidad de alimentación del líquido, el catalizador almacena en su interior al menos parte del compuesto generador de amoníaco contenido en el líquido alimentado al catalizador y tiene la función de causar la liberación de amoníaco poco a poco desde el compuesto generador de amoníaco almacenado a lo largo del catalizador con el aumento de la temperatura del catalizador, y de reducir los NO_x en los gases de escape mediante la liberación de amoníaco, el consejo más adelante consta de la decisión, entendiéndose por decidir si la temperatura del catalizador está en un área de almacenamiento de compuesto generador de amoníaco que almacena el compuesto generador de amoníaco contenido en el líquido alimentado al catalizador dentro del catalizador y no libera casi nada de amoníaco del compuesto generador de amoníaco almacenado o si está en un área de liberación de amoníaco que origina que el amoníaco se libere poco a poco desde el compuesto generador de amoníaco, el control de alimentación significa que se alimente una suficiente cantidad de líquido al catalizador cuando la temperatura del catalizador está en el área de almacenamiento de compuesto generador de amoníaco, dicha suficiente cantidad de líquido necesita ser almacenada en el catalizador suficientemente por adelantado de compuesto generador de amoníaco para liberar la cantidad de amoníaco necesaria cuando la temperatura del catalizador llegue al 65 área de liberación de amoníaco.

ES 2 367 719 T3

Descripción breve de los dibujos

La figura 1 es una visión global de un motor de combustión interna.

5 La figura 2 es una visión del índice de purificación de NO_x .

La figura 3 es una visión de la concentración de amoníaco generada.

10 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 NO_x .

15 Las figuras 6A, 6B y 6C son visiones de la cantidad de urea del cociente equivalente =1 que es requerido para reducir el NO_x 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.

20 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.

25 La figura 14 es un diagrama de tiempos del proceso reductor de NO_x .

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 NO_x .

30 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.

35 Las figuras 20 a la figura 23 son visiones globales de motores de combustión interna que presentan varias configuraciones.

Mejor modo para trabajar la invención

40 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.

45 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 10 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.

50 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 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 NO_x adecuado para la reducción de NO_x en el gas de escape por el amoníaco en presencia de un exceso de oxígeno.

60 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.

65 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.

ES 2 367 719 T3

Por otro lado, se almacena un líquido que contiene un compuesto generador de amoníaco para generar amoníaco 35 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 21a través de un conducto de alimentación 31, una bomba de alimentación 32 y una válvula de control del flujo controlada electromagnéticamente 33.

5 Una unidad de control electrónica 40 comprende un ordenador digital equipado con un ROM (memoria solo de 40 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 AD47.

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 21a 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 NO_x . 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 NO_x . Se utiliza un catalizador $\text{V}_2\text{O}_5/\text{TiO}_2$ que comprende óxido de vanadio transportado en este soporte (en adelante se hace referencia al mismo como catalizador de óxido de titanio y vanadio) 5 o bien un catalizador $\text{Cu}/\text{ZSM5}$ 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 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ en el catalizador 22 (por ejemplo, $2 \text{NH}_3 + 2 \text{NO} + 1/2 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{N}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$). 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 la cantidad de urea en la cual el ratio equivalente de urea/ NO_x es la unidad. Nótese que un estado donde el ratio equivalente de urea/ NO_x sea la unidad será referido de aquí en adelante como un ratio equivalente =1.

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 ratio equivalente=1 para la cantidad de NO_x en el gas de escape cuando se cambia la temperatura T_i 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 ratio equivalente=1 con respecto a la cantidad de NO_x en el gas de escape, para todos los catalizadores 22, cuando la temperatura T_i del gas de escape que fluye en el catalizador 22 llega a ser de aproximadamente 350°C o más, la velocidad o el índice de purificación pasa a ser del 100% y a medida que la temperatura T_i 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 30 estado en que la temperatura del catalizador 22 se mantiene a 400°C. 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 400°C, si la urea es inyectada por el ratio equivalente=1, el índice de purificación de NO_x pasa a ser del 100%.

ES 2 367 719 T3

Por lo tanto, de las figuras 2 y 3, cuando la temperatura del catalizador 22 es superior a 350°C, si se inyecta una solución acuosa de urea de manera que la cantidad de urea para a ser el ratio equivalente=1 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 350°C, se inyecta una solución acuosa de urea de forma que la cantidad de urea pasa a ser el ratio equivalente=1 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 120°C 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 132°C, 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 132°C. Sin embargo, tal como se muestra en la figura 4 incluso si la temperatura Tc del catalizador 22 alcanza los 132°C, 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 132°C, 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 a 132°C, el biuret cambia a ácido cianúrico a aproximadamente 190°C, y el ácido cianúrico cambia a ácido cianico o ácido isocianico a aproximadamente 360°C. 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 catalizador 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 132°C y unos 350°C, 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 132°C y 350°C, 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 132°C y 350°C, 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 ratio equivalente=1 para la cantidad de NO_x 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 amoníaco no es tan grande.

Por lo tanto, cuando la temperatura Tc del catalizador 22 se mantiene a una temperatura constante entre unos 132°C y 350°C, incluso si se inyecta una solución acuosa de urea de manera que la cantidad de urea pase a ser el ratio equivalente=1 para la cantidad de NO_x en el gas de escape, tal como se muestra en la figura 2, la velocidad de purificación del NO_x 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 NO_x también aumenta gradualmente.

ES 2 367 719 T3

5 Cuando la temperatura Tc del catalizador 22 se mantiene a una temperatura constante entre unos 132°C y 350°C, 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 132°C y los 350°C, 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 ratio equivalente=1 requerido para reducir el NO_x en el gas de escape.

10 De esta forma, cuando la temperatura Tc del catalizador 22 no cambia mucho entre los 132°C y los 350°C, es posible incrementar la velocidad de purificación del NO_x inyectando una urea en una cantidad superior al ratio equivalente=1. 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 ratio equivalente=1, la velocidad de purificación no se puede incrementar.

15 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 escape 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 NO_x 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 ratio equivalente=1 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 NO_x incrementado y de acuerdo con ello no se puede obtener un índice de purificación elevado de NO_x.

20 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.

25 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 amoníaco, 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.

30 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 132°C, mientras que la región de liberación de amoníaco indica una región de temperaturas donde la temperatura Tc del catalizador 22 está entre los 132°C y los 350°C. Cuando la temperatura Tc del catalizador 22 es inferior a unos 132°C 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.

35 Por otro lado, cuando la temperatura Tc del catalizador 22 se sitúa entre los 132°C y 350°C, 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.

40 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_x en el gas de escape.

ES 2 367 719 T3

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 NO_x en el gas de escape de la cámara de combustión 5, la temperatura T_c 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 ratio equivalente=1 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 NO_x en el gas de escape es pequeña y la temperatura T_c 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 a ser de dos a cuatro veces la cantidad de urea del ratio equivalente=1 de manera que la cantidad de urea inyectada pasa a ser superior que la cantidad de urea del ratio equivalente=1. 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 NO_x 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 T_c del catalizador 22 también aumenta y la temperatura T_c 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 NO_x 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 NO_x 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 T_c 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 ratio equivalente=1 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 T_c del catalizador 22 se mantiene por encima de los 350°C en un estado de funcionamiento de carga elevada. En este caso, si la temperatura T_c del catalizador 22 aumenta en la región de funcionamiento III, la cantidad de amoníaco 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 T_c del catalizador 22 excede los 350°C , 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 NO_x 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 ratio equivalente=1 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 T_c del catalizador 22 pasa a ser mayor de 350°C , la solución acuosa de urea se inyecta de manera que la cantidad de urea pasa a ser el ratio equivalente=1 de la cantidad de NO_x 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 T_c 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 ratio equivalente=1 para la cantidad de NO_x 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.

ES 2 367 719 T3

Si se inyecta más del ratio equivalente=1 de urea cuando la temperatura Tc del catalizador 22 es superior a unos 350°C, el amoníaco es descargado a la atmósfera. Por lo tanto, cuando la temperatura Tc del catalizador 22 es superior a 350°C, es necesario controlar la cantidad de solución acuosa de urea inyectada para adaptar con precisión el ratio equivalente=1.

5 Por otro lado, incluso cuando la temperatura Tc del catalizador 22 es inferior a unos 350°C, 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 10 190°C y los 350°C 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 ratio equivalente=1 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 15 de urea del ratio equivalente=1.

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 20 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 (NH₃ → NO). A continuación, este NO reacciona con el amoníaco restante para dar N₂ (NO+NH₃ → NO₂). Si se produce esta reacción sucesiva, el amoníaco restante ya no irá a parar a la atmósfera.

25 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.

30 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 35 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 ratio equivalente=1 para la cantidad de NO_x en el gas de escape pasa a ser una 40 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 ratio equivalente=1 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.

45 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 NO_x. 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 50 de NO_x y la cantidad Ga del aire de entrada, y la cantidad QE de urea por unidad de tiempo que proporciona el ratio equivalente=1 para la cantidad de NO_x 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 55 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 catali- 60 zador 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 NH₃ 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 65 catalizador 22. Por lo tanto, tal como se muestra en la figura 8B, el cociente NH₃ 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

ES 2 367 719 T3

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 T_i del gas de escape y de la cantidad G_a de aire de entrada.

5 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 T_i 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 G_a de aire de entrada. En esta configuración de la presente invención, cuando la temperatura T_c 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 T_i del gas de escape y la cantidad G_a 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 T_i del gas de escape detectada por el sensor de temperatura 35 es mayor que una temperatura predeterminada, por ejemplo, $350^\circ C$. Cuando T_i no es superior a $350^\circ C$, 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 $T_i < 350^\circ C$ 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 Q_E de urea del ratio equivalente=1 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 ratio equivalente=1, 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 T_i 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 Q_E de urea del ratio equivalente=1 que se va a inyectar por unidad de tiempo, de forma que se calcula la cantidad Q_E de urea ($=K.Q_E$) que realmente se inyectará por unidad de tiempo.

A continuación, en la etapa 204, un coeficiente de corrección C se multiplica por la cantidad Q_E 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 Q_E de inyección de urea se multiplica por el porcentaje de almacenamiento ST de urea, de manera que se calcula así la cantidad Q_{ST} de urea ($=Q_E.ST$) almacenada en el catalizador 22 por unidad de tiempo. Seguidamente, en la etapa 207, se calcula el cociente LEI de liberación de amoníaco a partir del mapa que aparece en la figura 8C. Seguidamente en la etapa 208, el cociente LEI 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 Q_{LE1} de amoníaco ($\Sigma QS.LE1$) liberada por unidad de tiempo. A continuación, la rutina avanza hasta la etapa 104 de la figura 10.

ES 2 367 719 T3

Por otro lado, cuando se determina en la etapa 200 que se ha fijado la señal de paro de la inyección, la rutina avanza 40 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 $T_i \leq 350^\circ\text{C}$ 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 ratio equivalente=1 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:

$$\Sigma\text{QS} = \Sigma\text{QS} + \text{QST} - \text{QLE}$$

A continuación, en la etapa 105, se determina si la cantidad de SQS del compuesto generador de amoníaco almacenada excede la cantidad máxima de almacenamiento MAX (fig. 5). Cuando $\Sigma\text{QS} > \text{MAX}$, 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 $\Sigma\text{QS} \leq \text{MAX}$, la rutina avanza hasta la etapa 106, donde se determina si ΣQS ha pasado a ser inferior a un cierto valor MIN ($< \text{MAX}$). Cuando $\Sigma\text{QS} < \text{MIN}$, 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 III, 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 ΣQSo . 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 ΣQSo del compuesto generador de amoníaco total almacenado en el catalizador 22 para calcular la cantidad QLE de amoníaco ($=\Sigma\text{QSo} \cdot \text{LE2}$) 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 calcular la cantidad QST de urea ($=\text{QE} \cdot \text{ST}$) 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 $T_i > 350^\circ\text{C}$, la rutina avanza hasta la etapa 112, donde la cantidad QE de urea del ratio equivalente=1 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 22 se hace cero. De esta forma, cuando $T_i > 350^\circ\text{C}$, 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 ratio equivalente=1, 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.

ES 2 367 719 T3

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 ratio equivalente=1 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 ratio equivalente=1 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 ($=QE+\Delta QE$). 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 ΔQE de urea se equipara a la cantidad QST almacenada en el catalizador 22 por unidad de tiempo. Seguidamente, en la etapa 310, el cociente LEI de liberación de amoníaco se calcula a partir del mapa que aparece en la figura 8C. Seguidamente, en la etapa 311, el cociente LEI de liberación se multiplica por la cantidad total ΔQS del compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22 para calcular la cantidad QLE de amoníaco ($=\Sigma QS.LE1$) 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 ΔQE 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 ratio equivalente=1.

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 T_i del gas de escape que fluye en el catalizador 22 es inferior a un valor predeterminado T_o , por ejemplo, $132^\circ C$, 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 T_i del gas de escape que fluye hacia el catalizador 22 es mayor a un valor predeterminado T_o , por ejemplo, $132^\circ C$, de la señal de salida del sensor de temperatura 35. Cuando $T_i > T_o$ la rutina avanza hasta la etapa 402, donde la cantidad QE de urea del ratio equivalente=1 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 ratio equivalente=1 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.

ES 2 367 719 T3

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 LEI de liberación de amoníaco a partir del mapa que se muestra en la figura 8C. Seguidamente, en la etapa 409, el cociente LEI de liberación se multiplica por la cantidad total Σ QS de compuesto generador de amoníaco almacenada en el catalizador 22 para calcular la cantidad QLE de amoníaco (= Σ QS.LEI) 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 $T_i \leq T_o$, 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 ratio equivalente=1. 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 suficientemente, 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 18 A, 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 65 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.

ES 2 367 719 T3

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 21a 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 150°C, 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 22a, 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 150°C y 250°C, 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 250°C, 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 250°C, 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 almace-

ES 2 367 719 T3

nado 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.

5 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.

10 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
15 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.

20 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
25 bien el amoníaco procedente del compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador 22 en el segundo convertidor catalítico 70.

Hasta aquí, el presente invento ha sido explicado tomando como ejemplo el caso de la utilización de una solución acuosa de urea como líquido que contiene un compuesto generador de amoníaco. En contraste con el invento, también
30 es posible utilizar otro compuesto que no sea la urea como compuesto generador de amoníaco y también es posible utilizar otra cosa que el agua como disolvente. Además, también es posible inyectar agua con amoníaco o un gas que contenga amoníaco junto con el líquido que contiene el compuesto generador de amoníaco en el conducto de escape. En este caso, el gas que contenga amoníaco debería generarse usando urea sólida.

35

40

45

50

55

60

65

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:

medios de alimentación (30, 31, 32, 33) para inyectar un líquido que contiene un compuesto generador de amoníaco en el catalizador (22), donde el líquido que contiene el compuesto generador de amoníaco es una solución acuosa de urea;

medios de control de inyección (40) para controlar la cantidad de inyección de líquido, el catalizador (22) almacena en su interior al menos parte del compuesto generador de amoníaco contenido en el líquido inyectado al catalizador (22) y tiene la función de originar la liberación de amoníaco poco a poco desde el compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador (22) junto con el incremento de la temperatura del catalizador y de reducir los NO_x en los gases de escape con el amoníaco liberado;

medios de decisión 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;

donde dichos medios de control de inyección (40) controlan la cantidad de inyección de líquido tal que, cuando el catalizador (22) está en la región de almacenamiento de compuesto generador de amoníaco y el motor de combustión interna está funcionando regularmente, la cantidad de líquido inyectado se hace más alta que la cantidad de líquido del ratio equivalente, mientras que,

cuando el catalizador (22) entra en la región de liberación de amoníaco y el motor es acelerado, la cantidad de líquido inyectado se reduce de la cantidad de líquido inyectado en la región de almacenamiento de compuesto generador de amoníaco, y cuando el motor de combustión interna está funcionando regularmente y el catalizador está en la región de liberación de amoníaco, la cantidad de líquido inyectado se hace más alta que la cantidad de líquido del ratio equivalente, donde,

si la temperatura del catalizador (22) supera una temperatura a la cual todo el líquido inyectado se descompone inmediatamente por el calor en amoníaco y el motor de combustión interna está funcionando regularmente, la cantidad de líquido inyectado en este caso es el ratio equivalente para la cantidad de NO_x en los gases 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 dicho medio de decisión 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.

3. 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).

4. 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 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.

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 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.

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 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.

7. Un dispositivo de purificación del gas de escape de un motor de combustión interna tal como se establece en la reivindicación 1, está provisto de un dispositivo de recirculación de los gases de escape (24, 25) para recircular el gas de escape en un conducto de admisión (11) y parar una acción de recirculación del gas de escape cuando se decida por los medios de decisión tal que la temperatura del catalizador (22) está en la región de almacenamiento de compuesto generador de amoníaco.

ES 2 367 719 T3

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 decide que la temperatura del catalizador (22) está en la región de liberación del amoníaco en el momento de aceleración del motor.
- 5 9. 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 control de inyección (40) inyecta continuamente el líquido.
- 10 10. Un dispositivo de purificación del gas de escape de un motor de combustión interna tal como se establece en la reivindicación 9, donde la cantidad de compuesto generador de amoníaco contenida en el líquido inyectado es mayor que el ratio equivalente =1 requerido para reducir el NO_x en el gas de escape.
- 15 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 medio de control de inyección (40) inyecta una cantidad predeterminada de líquido en pulsos en intervalos de tiempo.
- 20 12. Un dispositivo de purificación del gas de escape de un motor de combustión interna tal como se establece en la reivindicación 1, está provisto de medios de estimación para estimar la cantidad de compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador (22) y dicho medio de control de inyección (40) para la inyección de líquido cuando la cantidad estimada almacenada de compuesto generador de amoníaco supera una cantidad máxima predeterminada de almacenamiento.
- 25 13. Un dispositivo de purificación del gas de escape de un motor de combustión interna tal como se establece en la reivindicación 1, está provisto de medios de estimación para estimar la cantidad de compuesto generador de amoníaco almacenada en el catalizador (22) y estimar la cantidad de amoníaco liberado desde el compuesto generador de amoníaco almacenado en el catalizador (22) y dicho medio de control de inyección (40) inyecta la cantidad necesaria de líquido para reducir los NO_x en el gas de escape que no pueden ser reducidos por el amoníaco liberado desde el compuesto generador de amoníaco.
- 30 14. 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 catalizador inmediatamente produce amoníaco desde dicho líquido justo cuando dicho líquido es inyectado al catalizador (22) cuando la temperatura del catalizador (22) es superior a una temperatura predeterminada y dicho medio de control de inyección controla la cantidad de inyección de líquido de modo que la cantidad del compuesto generador de amoníaco en el líquido llega a ser el ratio equivalente =1 requerido para reducir los NO_x en el gas de escape cuando la temperatura del catalizador es más alta que una temperatura predeterminada.
- 35 15. 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 catalizador (22) está compuesto de un catalizador de zeolita de cobre.
- 40 16. 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 catalizador (22) está compuesto de un catalizador de vanadio titanio.
- 45 17. Un dispositivo de purificación del gas de escape de un motor de combustión interna tal como se establece en la reivindicación 16, está provisto de una capa de catalizador de zeolita además de una capa de catalizador de vanadio titanio.
- 50 18. 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 catalizador (22) está dispuesto en el conducto de escape del motor y el líquido es inyectado a contracorriente en el conducto de escape del motor de dicho catalizador (22).
- 55 19. 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 catalizador (22) está dispuesto en el conducto de escape del motor (18, 21) y otro catalizador (19) que tiene una función de oxidación está dispuesto en el conducto de escape del motor (18, 21) a contracorriente de dicho catalizador (22).
- 60 20. 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 catalizador está compuesto de un par de catalizadores (19, 22) dispuestos con un espacio entre ellos en el conducto de escape del motor (18, 21).
- 65 21. Un dispositivo de purificación del gas de escape de un motor de combustión interna tal como se establece en la reivindicación 1, en el cual, cuando la temperatura de uno del par de catalizadores (19, 22) dispuestos está en la región de almacenamiento de compuesto generador de amoníaco, el líquido es inyectado en uno de dicho par de catalizadores (19, 22) para causar el almacenamiento del líquido que contiene el compuesto generador de amoníaco en uno de dichos catalizadores (19, 22), y los NO_x de los gases de escape son reducidos en ambos catalizadores (19, 22) por el amoníaco liberado desde el compuesto generador de amoníaco almacenado en uno de dichos catalizadores (19, 22) cuando la temperatura de uno de dichos catalizadores (19, 22) alcanza la región de liberación de amoníaco.

Fig.1

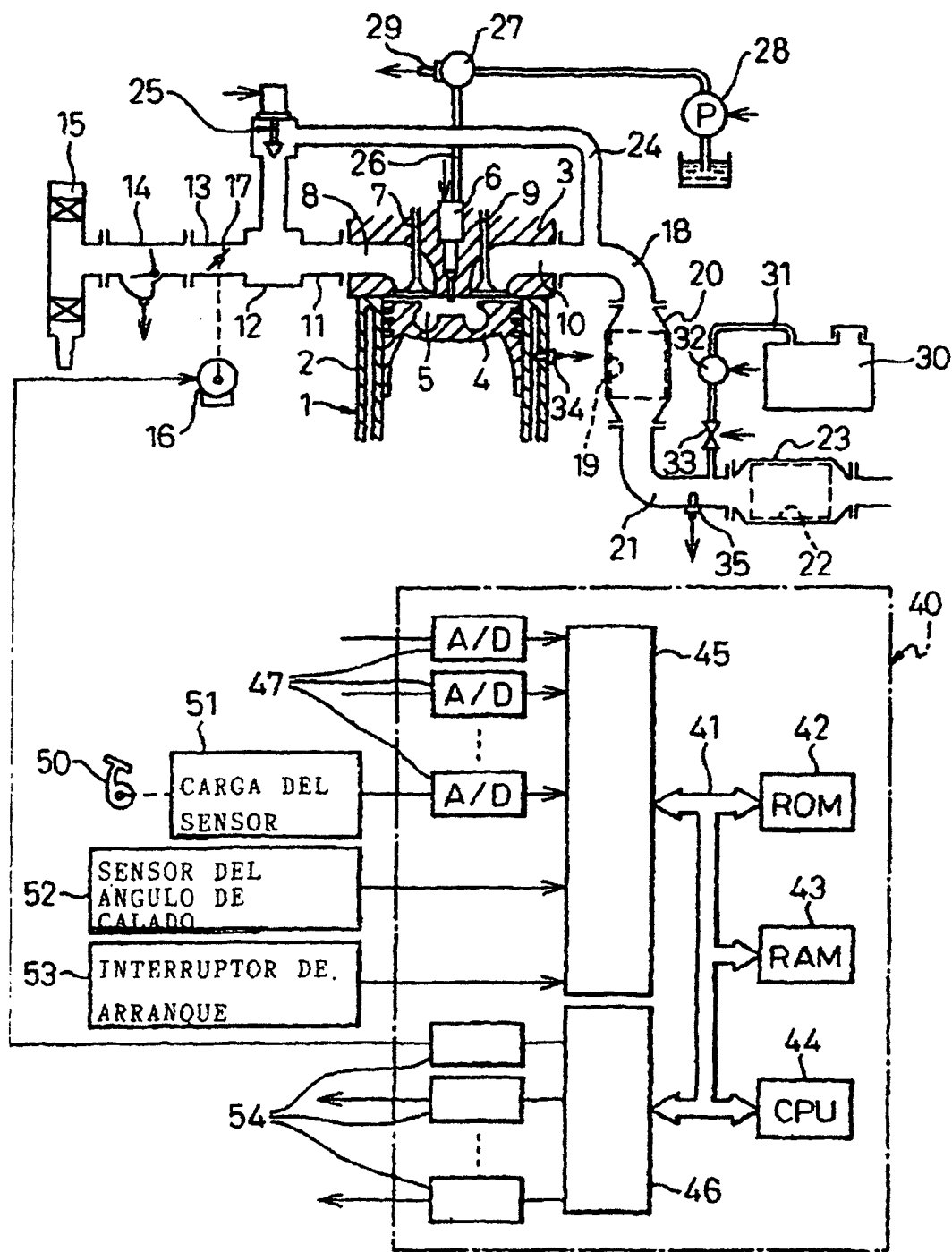


Fig.2

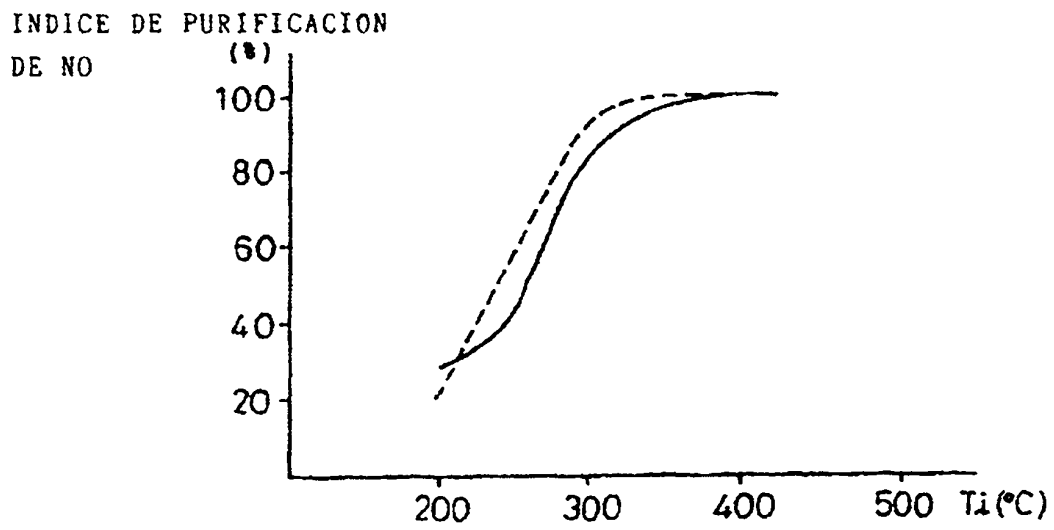


Fig.3

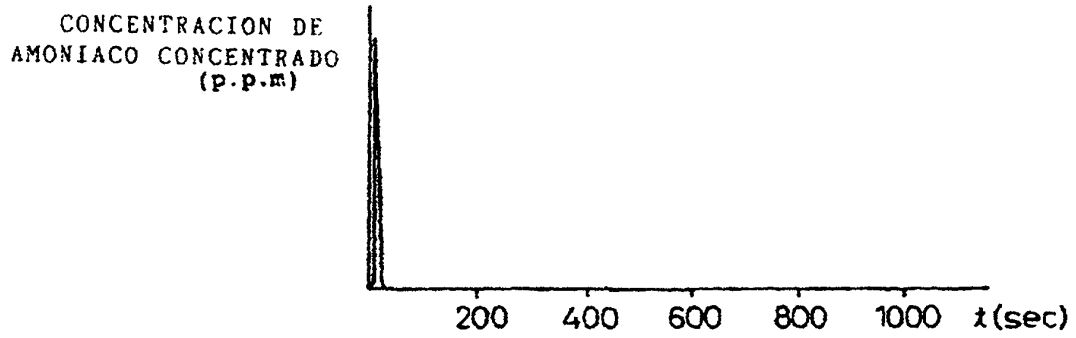


Fig.4

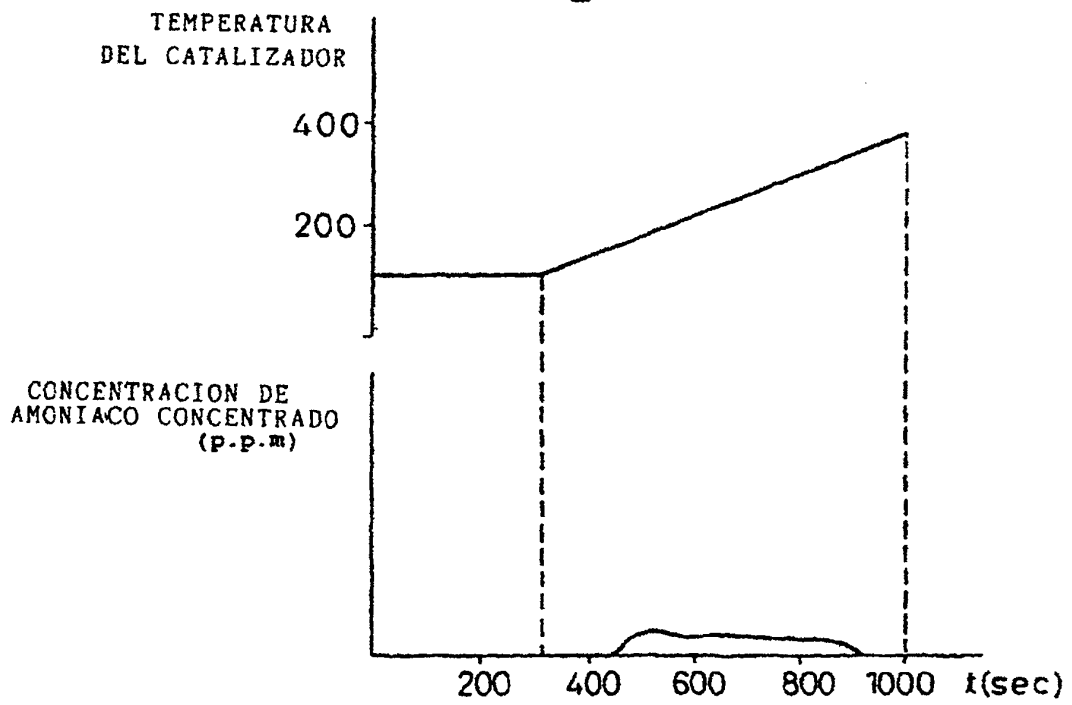


Fig.5

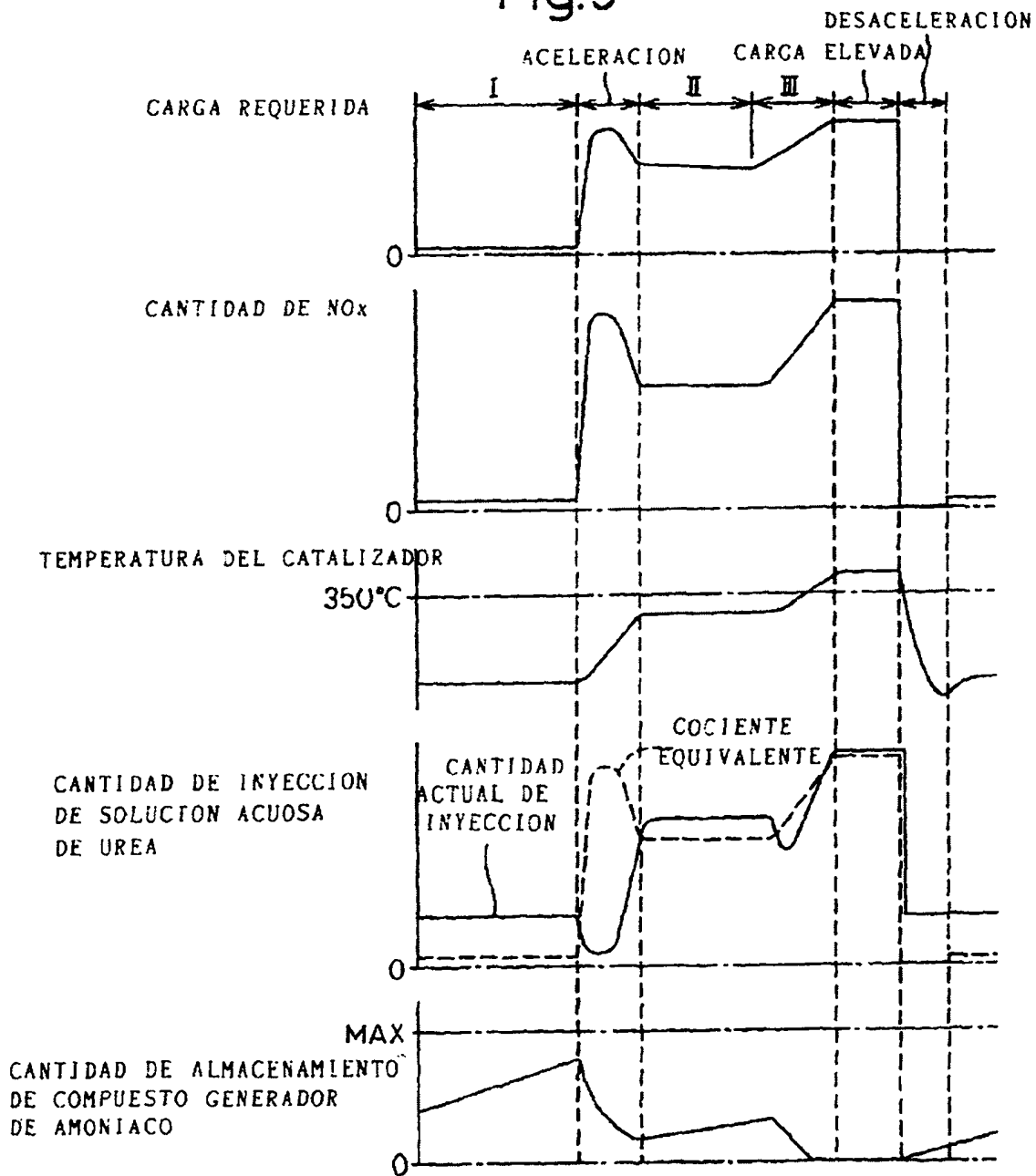


Fig.6A

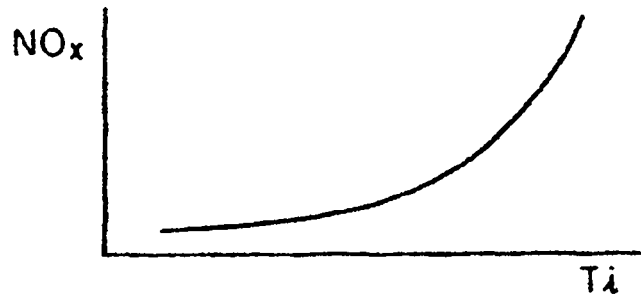


Fig.6B

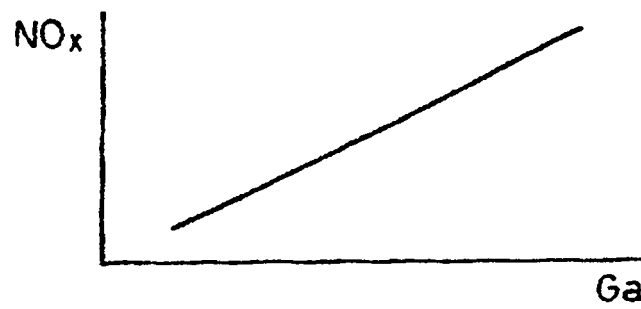


Fig.6C

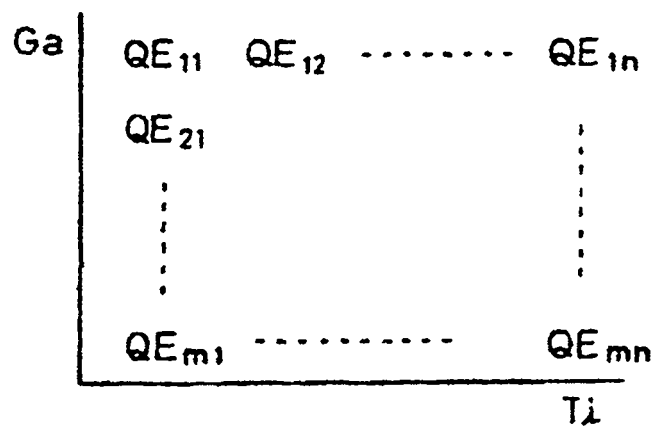


Fig.7

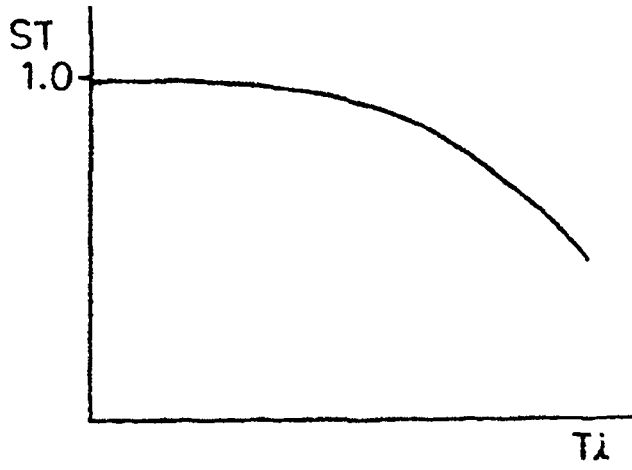


Fig.8A

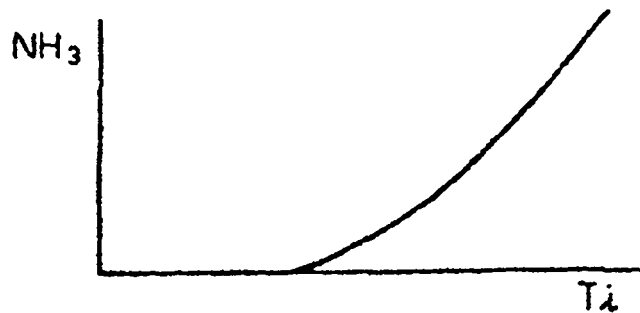


Fig.8B



Fig.8C

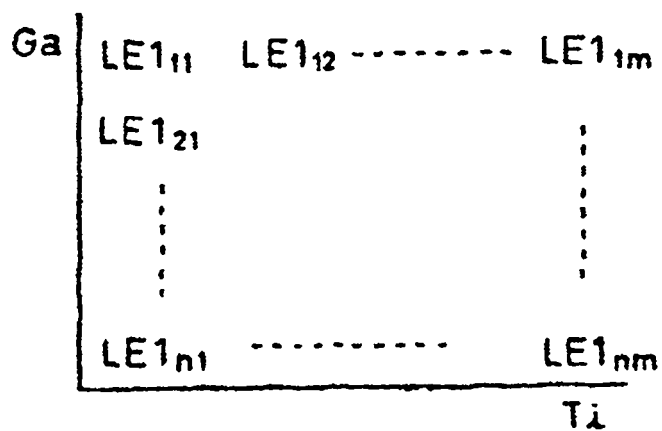


Fig.9A

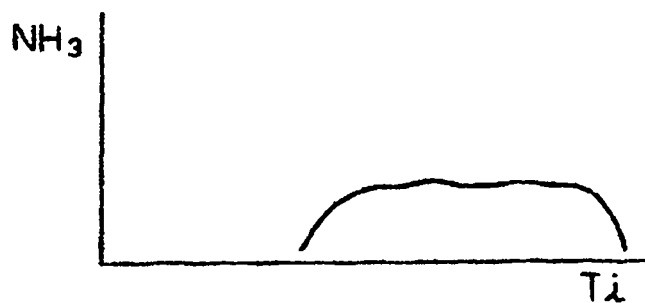


Fig.9B

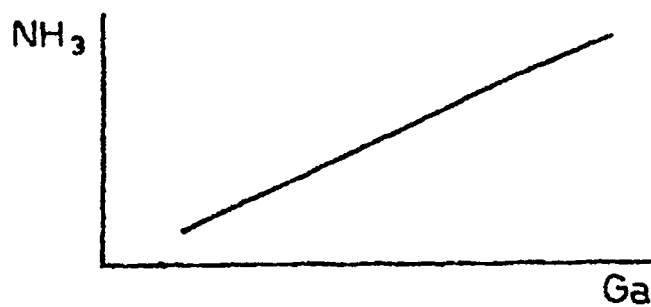


Fig.9C

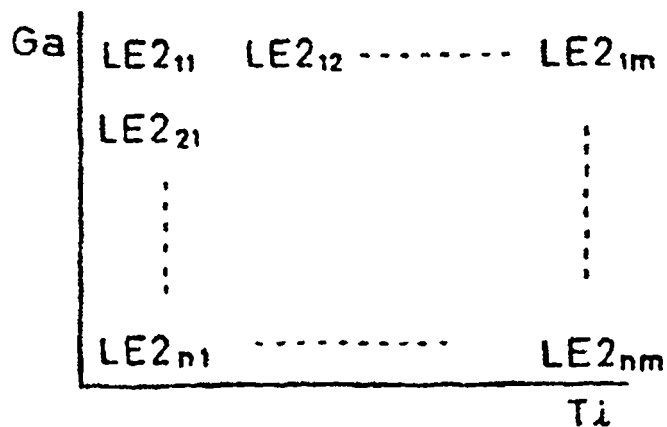


Fig.10

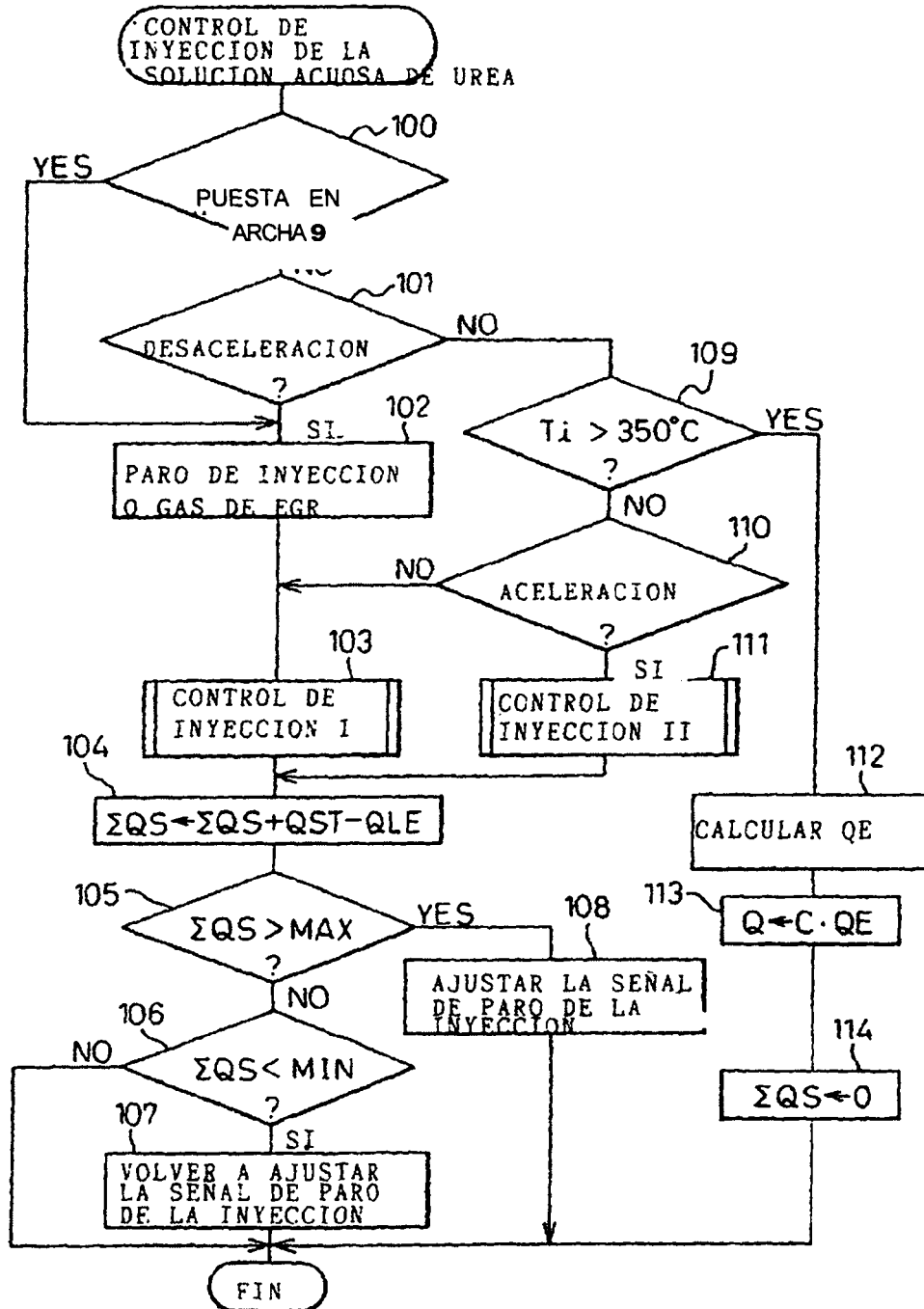


Fig.11

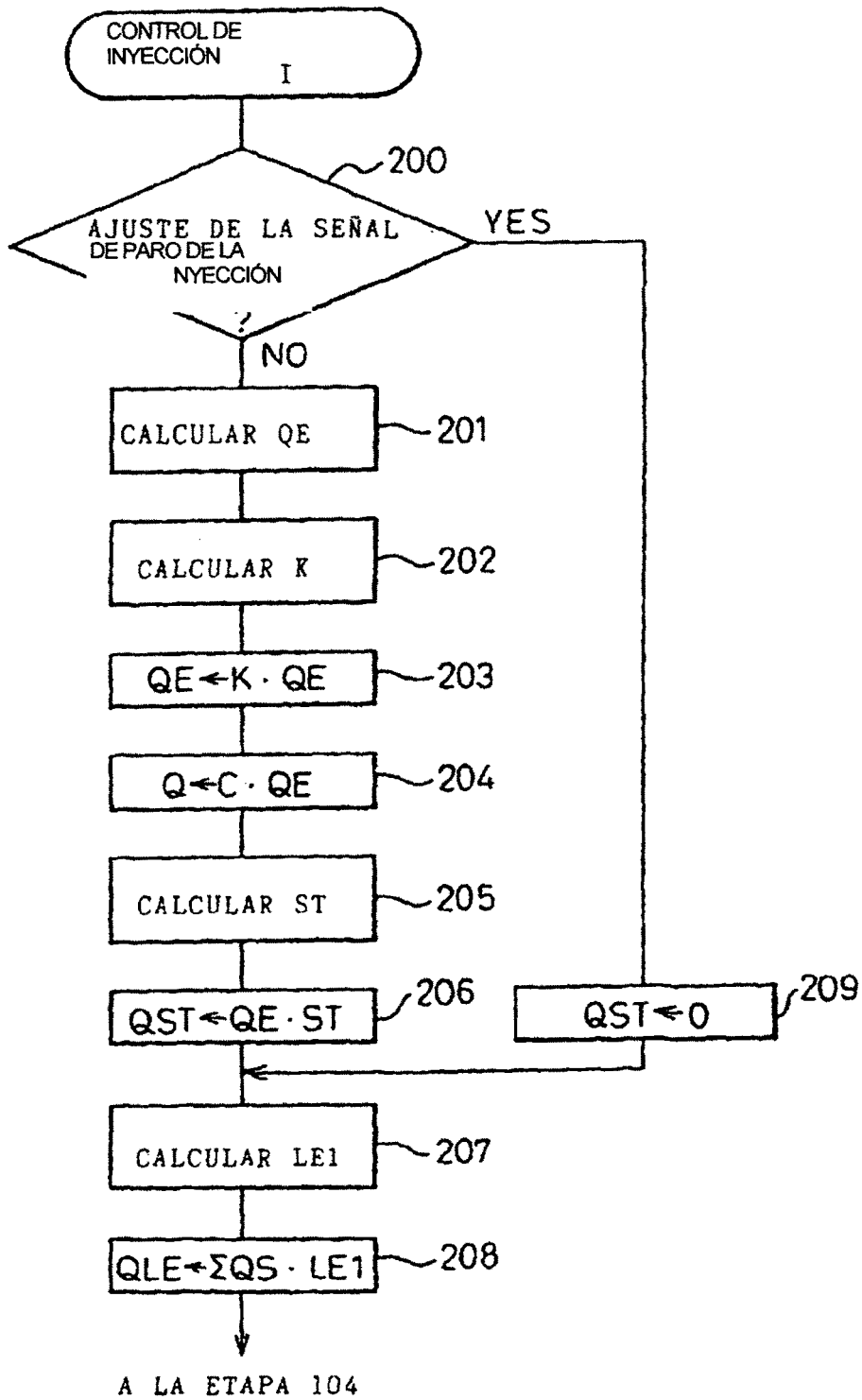


Fig.12

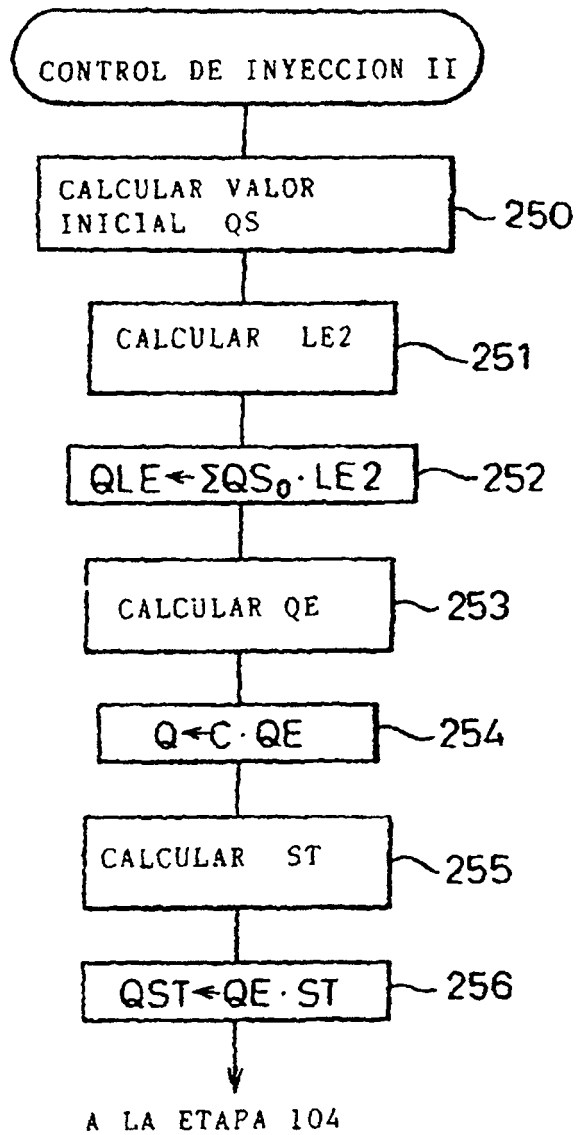


Fig.13

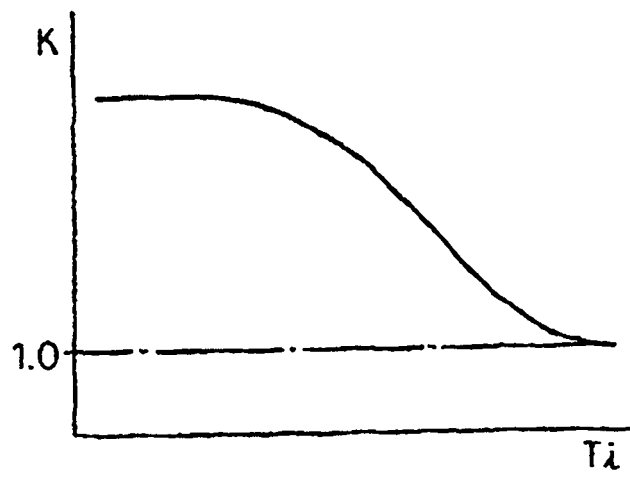


Fig.14

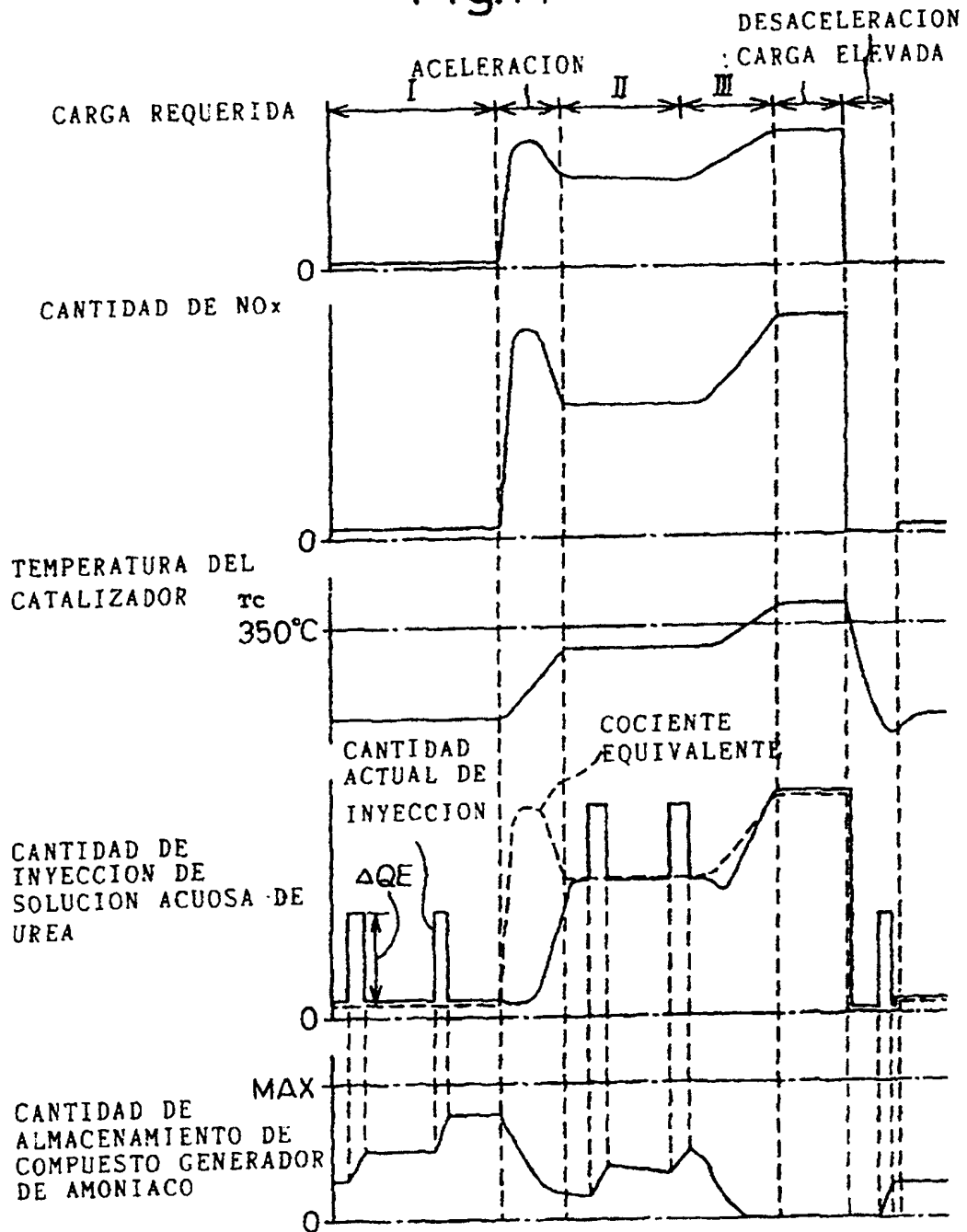


Fig.15

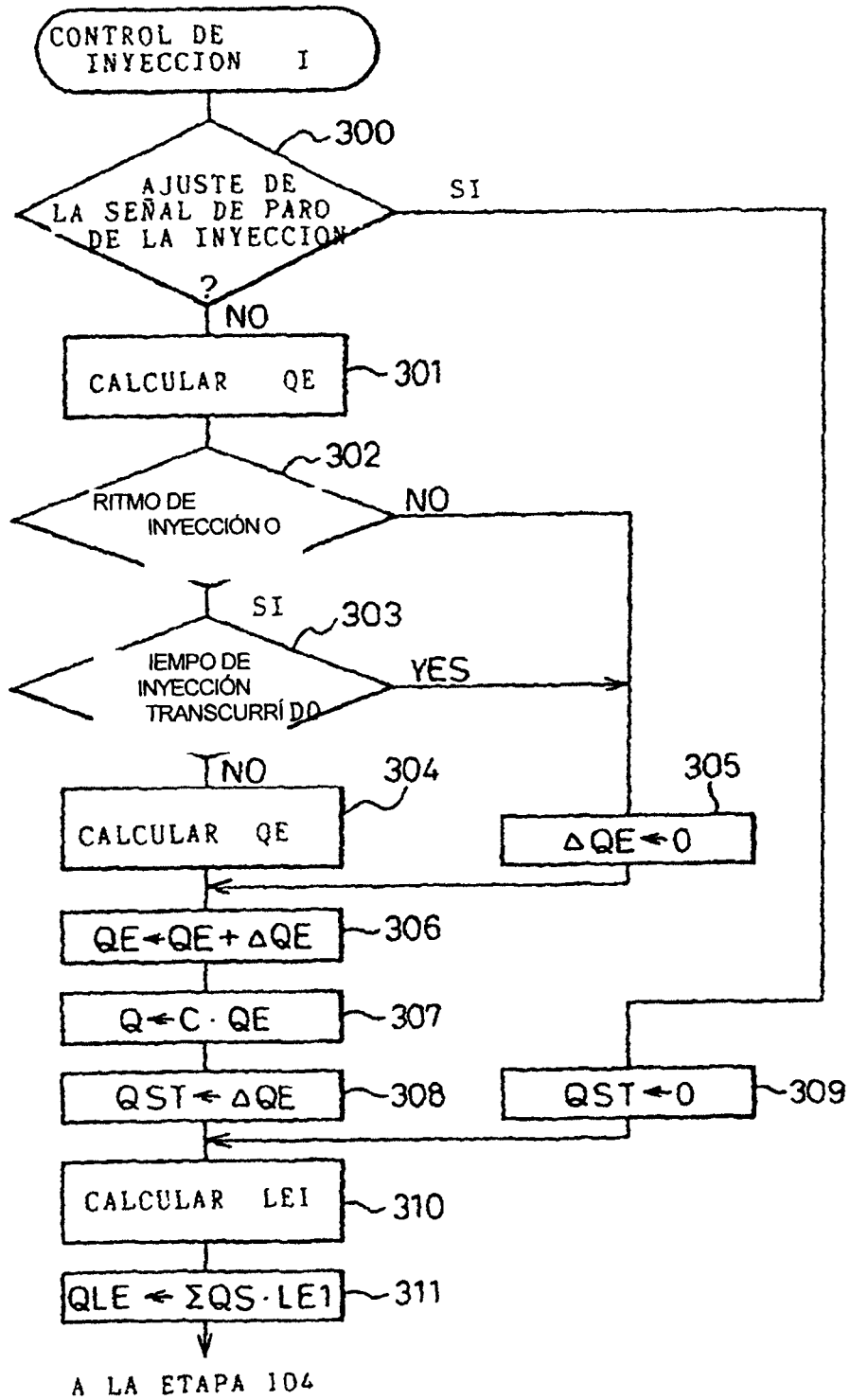


Fig.16

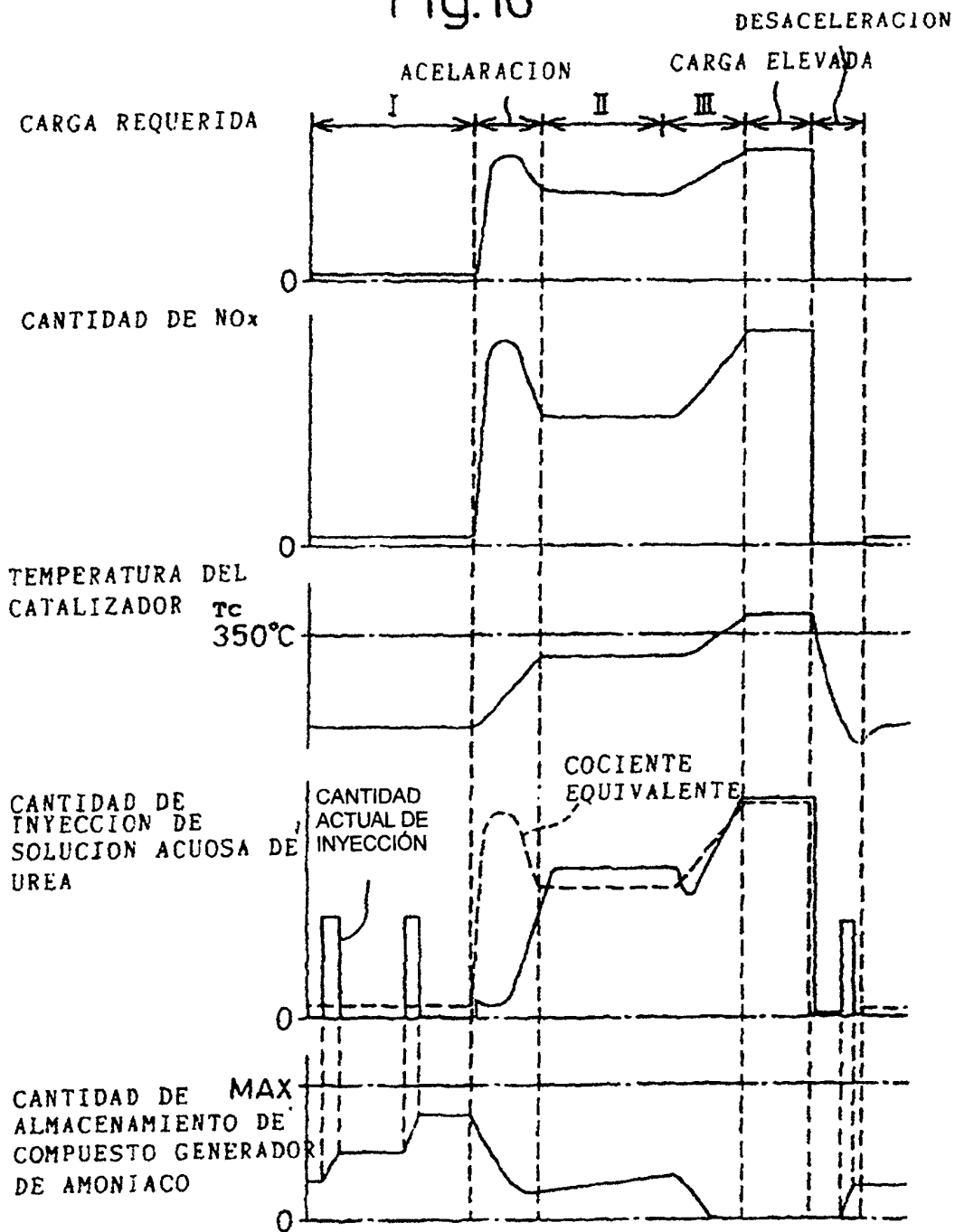


Fig.17

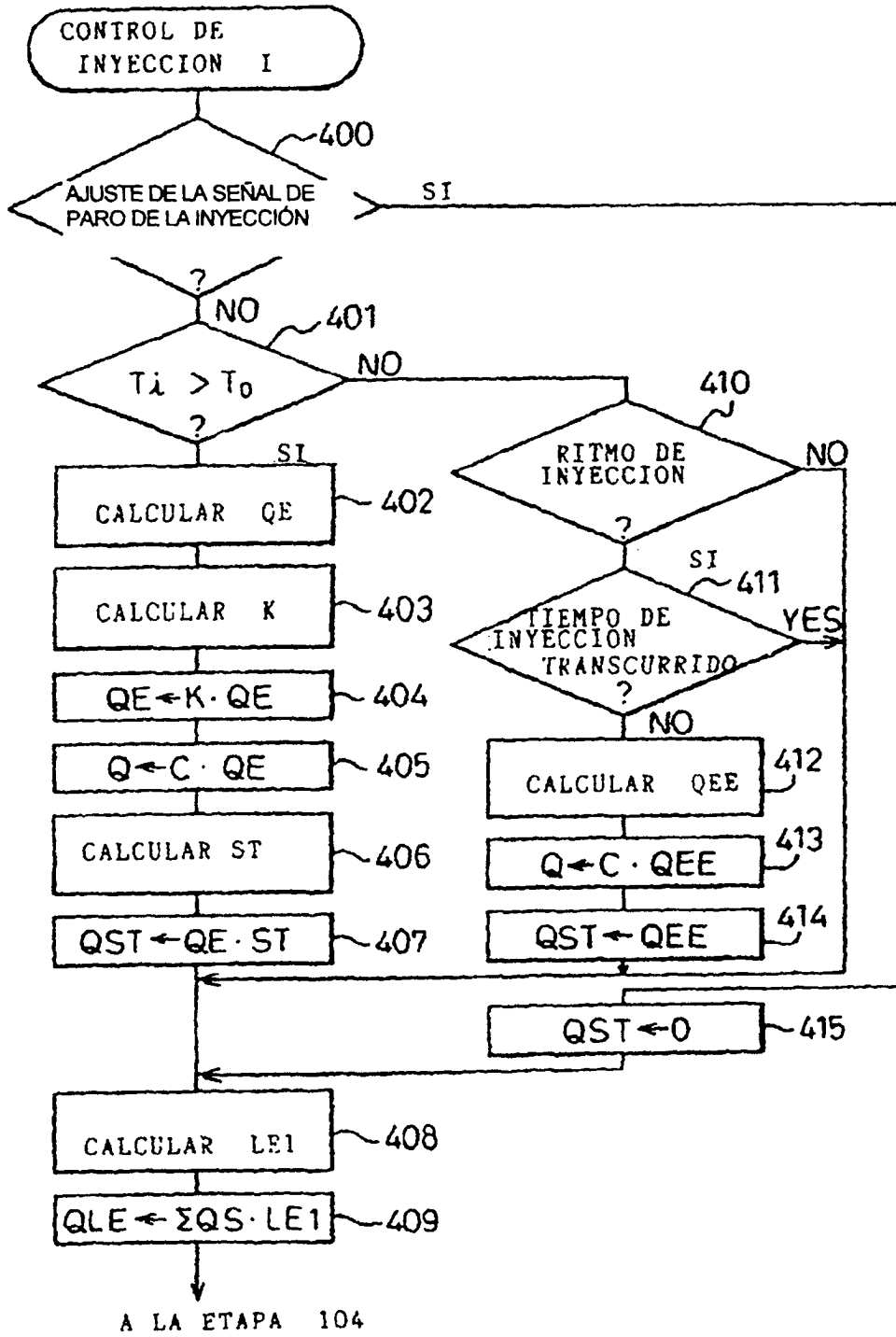


Fig.18A

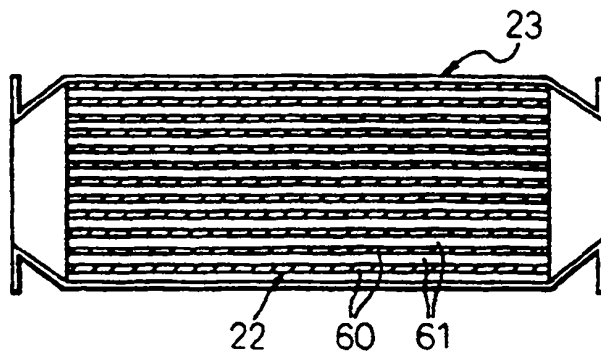


Fig.18B

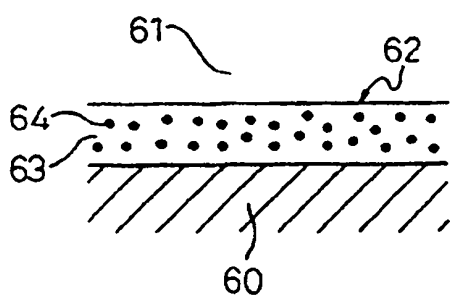


Fig.18C

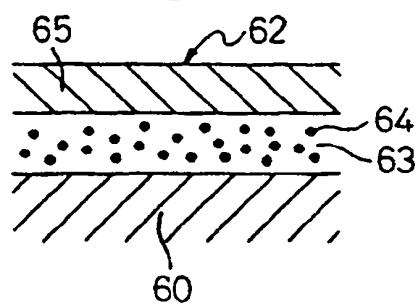


Fig.18D

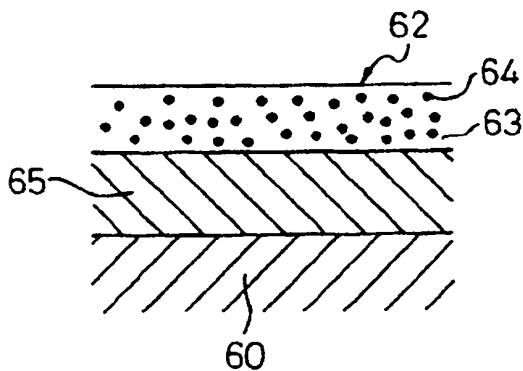


Fig.18E

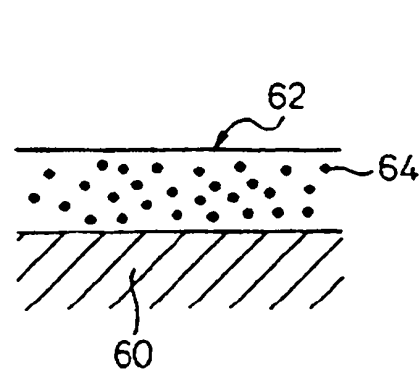


Fig.19A

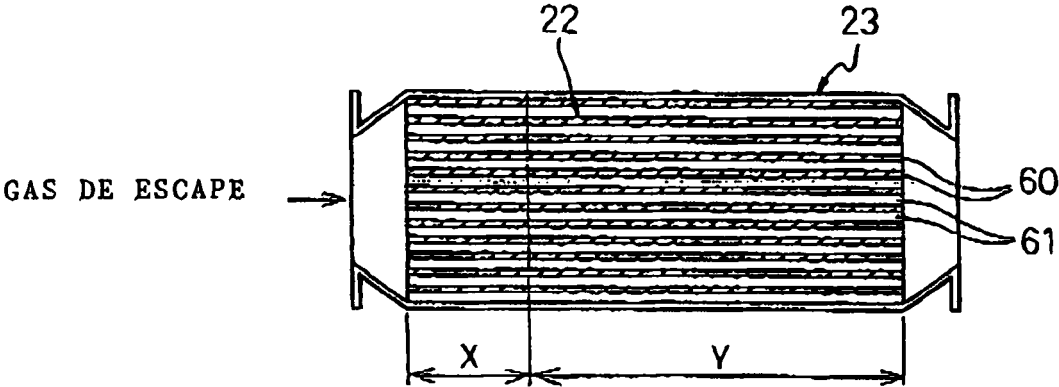


Fig.19B

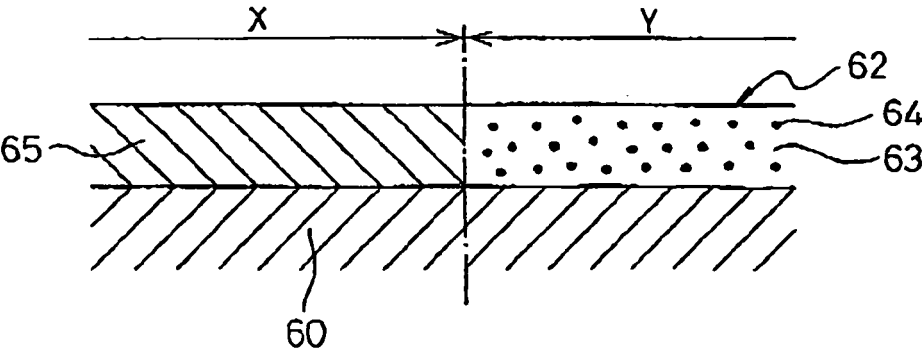


Fig.20

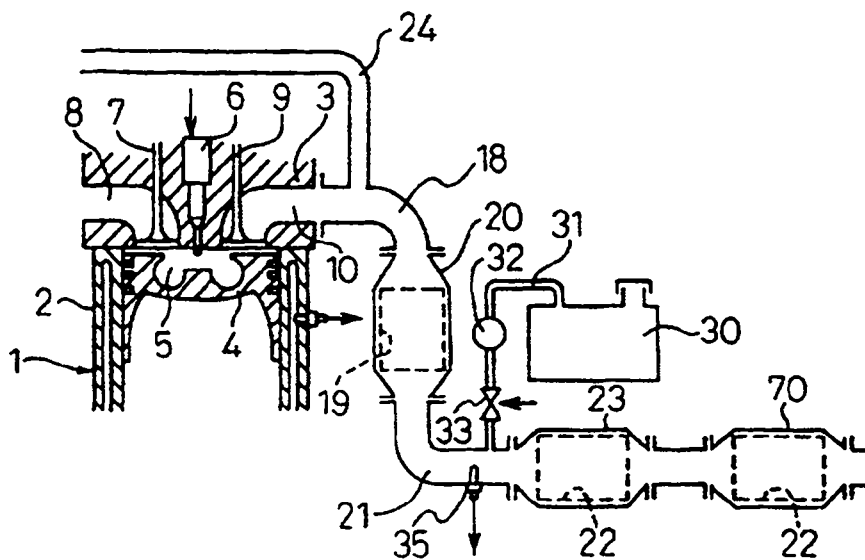


Fig.21

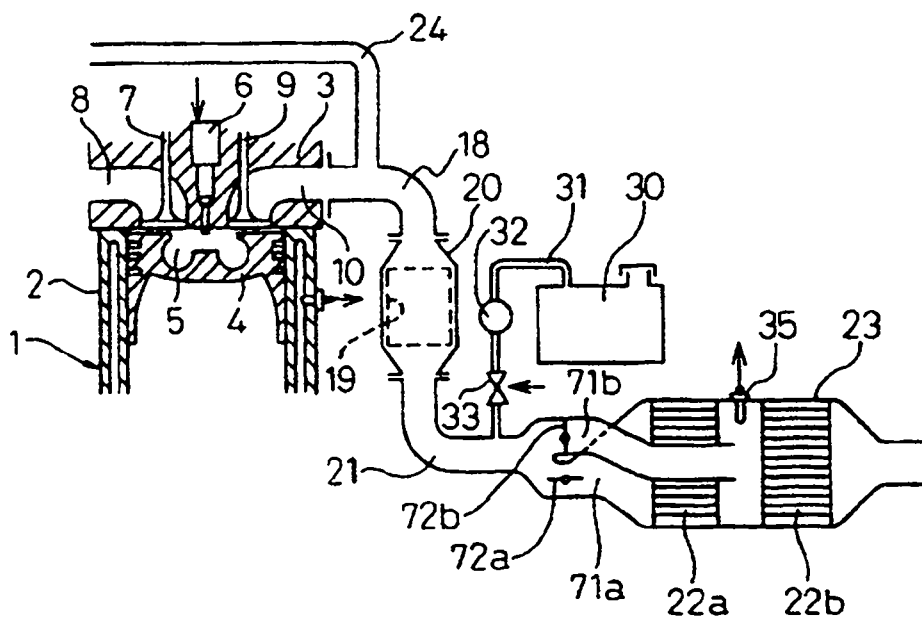


Fig.22

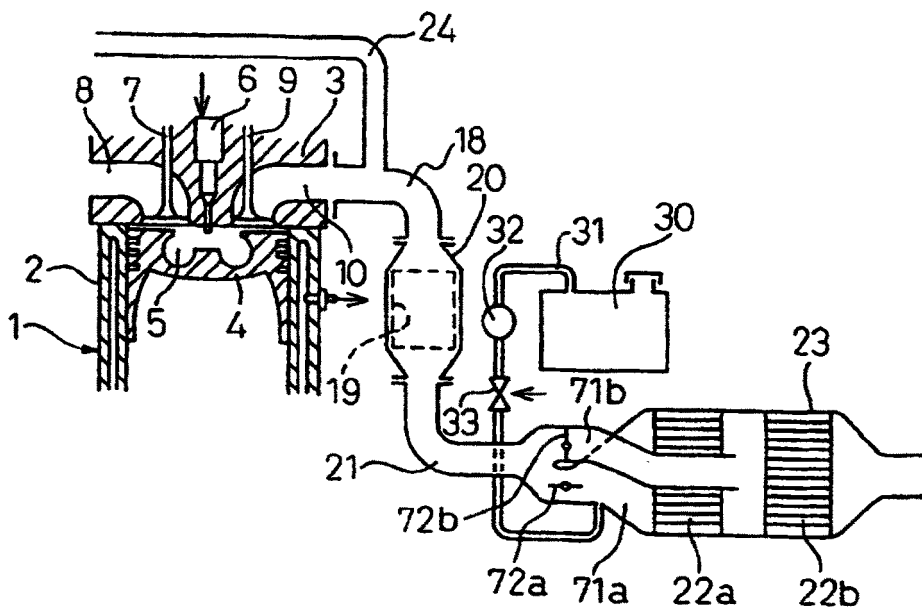


Fig.23

