



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 311 570**

51 Int. Cl.:  
**F01N 3/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02020230 .5**

96 Fecha de presentación : **10.09.2002**

97 Número de publicación de la solicitud: **1291498**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **12.03.2003**

54 Título: **Sistema de control de las emisiones de un motor de combustión interna.**

30 Prioridad: **11.09.2001 JP 2001-275399**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.02.2009**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.02.2009**

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

72 Inventor/es: **Ishiyama, Shinobu;  
Ohki, Hisashi;  
Hayashi, Kotaro;  
Magarida, Naofumi;  
Kobayashi, Masaaki;  
Shibata, Daisuke;  
Negami, Akihiko y  
Tahara, Jun**

74 Agente: **Isern Jara, Jaime**

ES 2 311 570 T3

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

**DESCRIPCIÓN**

Sistema de control de las emisiones de un motor de combustión interna.

**5 Antecedentes de la invención****1. Campo de la invención**

10 La invención se refiere a un sistema de control de las emisiones para motores de combustión interna capaces de realizar una combustión pobre en combustible, sistema que suministra un agente reductor a una parte de un sistema de escape del motor que está situado más arriba de un catalizador de NOx dispuesto en el mismo, promoviendo con ello la eliminación o la purificación de componentes perjudiciales contenidos en el gas de escape.

**2. Descripción de la técnica relacionada**

15 Un motor diesel o un motor de gasolina capaz de realizar una combustión pobre en combustible se hace trabajar en la mayor parte de la zona de funcionamiento o de conducción con una mezcla de aire-combustible que tiene una elevada relación aire-combustible (esto es, una atmósfera de bajo índice) suministrada a la combustión. En el motor de combustión interna de este tipo se dispone generalmente en un sistema de escape del motor un absorbente de NOx (o catalizador de NOx) capaz de absorber óxidos de nitrógeno (NOx) de una atmósfera de bajo índice.

25 En general, el catalizador de NOx tiene la propiedad de absorber NOx cuando la concentración de una sustancia reductora en el gas de escape es baja y de liberar NOx cuando la concentración de la sustancia reductora en el gas de escape es alta. Si la sustancia reductora, como un hidrocarburo (HC) u óxido de carbono (CO), se halla presente en el gas de escape, el NOx que se ha liberado del catalizador de NOx reacciona inmediatamente con la sustancia reductora, y por ello es reducido a nitrógeno (N<sub>2</sub>). Existe un límite para la cantidad de NOx que puede quedar retenida y almacenada en el catalizador de NOx y la cantidad límite puede llamarse "cantidad de saturación". Si el catalizador de NOx ha absorbido NOx hasta la cantidad límite, el catalizador deja de absorber más NOx aun cuando la concentración de la sustancia reductora en el gas de escape sea baja.

30 En vista de la situación antedicha, un sistema de control de las emisiones descrito en la patente japonesa n° 2845056 comprende una válvula de adición destinada a suministrar un agente reductor a un sistema de escape de un motor de combustión interna. Con la válvula de adición, el sistema de control de las emisiones realiza repetidamente un control para agregar el agente reductor en el gas de escape que circula por un catalizador de NOx a intervalos predeterminados antes de que la cantidad de NOx almacenado en el catalizador de NOx alcance un nivel predeterminado. Cuando el sistema de control de las emisiones suministra el agente reductor al sistema de escape por medio de la válvula de adición antes descrita, el agente reductor suministrado se pulveriza o difunde en una niebla y con ello aumenta la concentración de la sustancia reductora en el gas de escape. Como resultado, el NOx almacenado en el catalizador de NOx (que se denominará "NOx almacenado") se libera y el NOx liberado se reduce y elimina, mientras que al mismo tiempo la capacidad de almacenamiento de NOx en el catalizador de NOx se recupera.

40 Como se ha descrito antes, suministrando el agente reductor al sistema de escape por medio de la válvula de adición, la cantidad de sustancia reductora en el gas de escape que discurre hacia el catalizador de NOx puede incrementarse según convenga en los momentos deseados, y por ello la eficacia de purificación del gas de escape del catalizador de NOx puede mantenerse constantemente alta.

50 Con un sistema de control de las emisiones como el descrito en la publicación arriba indicada, el agente reductor suministrado al sistema de escape por medio de la válvula de adición se transfiere mientras se difunde en la forma de una niebla y actúa sobre el NOx almacenado cuando pasa a través del catalizador de NOx.

Asimismo, el anterior estado de la técnica según US 5.965.098 A describe un sistema de control de emisiones para un motor de combustión interna.

55 En este momento, sin embargo, sólo una parte del agente reductor en forma de niebla que alcanza el catalizador de NOx establece contacto con una superficie del catalizador y prácticamente actúa sobre el NOx almacenado. El resto del agente reductor pasa a través del catalizador sin reaccionar con el NOx almacenado y se libera como una parte en exceso en el lado situado más abajo del catalizador. Puede disponerse un catalizador de oxidación más abajo del catalizador de NOx para purificar (oxidar) la parte de exceso del agente reductor. Sin embargo, es difícil en la práctica purificar el agente reductor en exceso con el catalizador de oxidación, dado que el gas de escape en el que se difunde el agente reductor no contiene una cantidad suficientemente grande de oxígeno (a saber, el gas de escape como un conjunto en una atmósfera rica en combustible).

**Resumen de la invención**

65 Por consiguiente, un objeto de la invención, según la reivindicación 1, es proporcionar un sistema de control de las emisiones de un motor de combustión interna que permita un uso eficaz de la función purificadora de gases de un catalizador de NOx dispuesto en el sistema de escape del motor de combustión interna.

## ES 2 311 570 T3

Para conseguir el objeto antedicho, la invención, según la reivindicación 1, presenta un sistema de control de las emisiones de un motor de combustión interna que comprende (a) un catalizador de NOx dispuesto en el sistema de escape del motor de combustión interna y que tiene la propiedad de promover reacciones para reducir el NOx cuando una concentración de una sustancia reductora en el gas de escape llega a ser alta, y (b) medios para la adición de un agente reductor al gas de escape que circula por el catalizador de NOx hacia el sistema de escape. El sistema de control de emisiones incluye medios de control para regular los medios de adición del agente reductor en forma de gotitas al gas de escape.

El catalizador de NOx tiene la propiedad de absorber NOx cuando la concentración de la(s) sustancia(s) reductora(s) en el gas de escape es relativamente baja, y de liberar el NOx absorbido mientras promueve reacciones de reducción cuando la concentración de la(s) sustancia(s) reductora(s) en el gas de escape es relativamente alta.

El agente reductor en la forma de gotitas consiste en partículas líquidas de un tamaño de partícula entre 50  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ , y esas partículas de líquido están dispersas en forma de una niebla en el gas de escape. El diámetro de cada una de las partículas que constituyen el agente reductor se controla a un valor adecuado de modo que cada partícula que alcanza al catalizador de NOx se deposite sobre la superficie del mismo en un estado bruto. El tamaño de partícula adecuado puede diferir en función de las características físicas y químicas del agente reductor utilizado, la propiedad y estado del gas de escape y las características y estado del catalizador.

El sistema de control de las emisiones constituido como se ha descrito más arriba controla la difusión del agente reductor agregado al gas de escape de manera que el agente reductor forma una niebla relativamente espesa (o una atmósfera localmente rica) en el gas de escape, que entonces se transfiere al catalizador de NOx. El agente reductor que se ha transferido al catalizador de NOx se deposita relativamente rápido sobre la superficie del catalizador debido al diámetro relativamente grande de las partículas del agente reductor, de manera que se reduzca el NOx almacenado en el catalizador. Es decir, una parte principal del agente reductor agregado al gas de escape actúa eficazmente sobre el catalizador de NOx meramente sin pasar a través del mismo. Así, el sistema de control de emisiones requiere una cantidad mínima de agente reductor para reducir un NOx que se elimina, asegurando así un empleo de alto rendimiento del agente reductor.

Además, el sistema de control de las emisiones tal como se ha descrito arriba es capaz de formar una atmósfera local rica en combustible en el gas de escape, a la vez que mantiene a este último como un conjunto como una atmósfera de bajo índice de combustible (es decir, manteniendo baja la relación aire-combustible del gas de escape). Disponiendo un catalizador de oxidación que promueve la oxidación del agente reductor en una atmósfera de bajo índice en una posición situada más abajo del catalizador de NOx, se puede eliminar o purificar una parte en exceso del agente reductor que ha pasado a través del catalizador de NOx con gran seguridad.

Es preferible que las gotitas del agente reductor tengan un diámetro de partícula de 50  $\mu\text{m}$ . Estando así controlado el diámetro de partícula, el agente reductor agregado al gas de escape forma una atmósfera local rica en combustible, que es improbable de formarse si el agente reductor consiste en partículas líquidas pequeñas de un diámetro inferior a 10  $\mu\text{m}$ .

Preferentemente, el medio de control varía el diámetro de partícula de las gotitas del agente reductor en función de la temperatura del medio lecho del catalizador de NOx. En ese caso, el medio de control puede aumentar el diámetro de partícula de las gotitas del agente reductor a medida que aumenta la temperatura del catalizador de NOx.

La temperatura de medio lecho del catalizador de NOx y el diámetro de partícula del agente reductor en forma de gotitas son parámetros dominantes que determinan la probabilidad de deposición de las gotitas del agente reductor en la superficie del catalizador. Esto es, el agente reductor en la forma de gotitas es más probable de depositarse sobre la superficie del catalizador de NOx cuando el diámetro o tamaño de las partículas aumenta dentro de un intervalo predeterminado, y el agente reductor es menos probable de depositarse físicamente sobre la superficie del catalizador en la medida que la temperatura del lecho medio del catalizador de NOx aumenta. Así se establecen con facilidad las condiciones óptimas reduciendo y eliminando el NOx con la cantidad mínima de agente reductor aplicado al catalizador de NOx.

El medio de control puede variar el diámetro de partícula de las gotitas del agente reductor en función de la temperatura del gas de escape como un parámetro dominante que determina la probabilidad de difusión del agente reductor en el gas de escape, además de o en lugar del diámetro de partícula de las gotitas del agente reductor.

### 60 Breve descripción de los dibujos

Los anteriores y/o otros objetos, características y ventajas de la invención se pondrán mejor de manifiesto con la siguiente descripción de las realizaciones preferidas con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales se emplean los mismos números para representar elementos similares y en los que:

La fig. 1 es una vista que muestra esquemáticamente la estructura de un equipo de motor diesel que comprende un sistema de control de emisiones según una primera realización de la invención.

## ES 2 311 570 T3

La fig. 2 es un diagrama de flujos que muestra una rutina de control de adición de reducción realizada por el sistema de control de emisiones según la primera realización de la invención.

Las figs. 3A y 3B son diagramas de tiempos que muestran las variaciones de la relación aire-combustible con el tiempo cuando se realiza el control de adición de reducción, en que la relación aire-combustible se calcula en base a una señal de salida de un sensor de la relación aire-combustible situado más abajo de un catalizador.

La fig. 4 es un diagrama de flujo que muestra una rutina del control de adición de reducción efectuado por un sistema de control de emisión según una segunda realización de la invención, y

La fig. 5 es una gráfica que muestra una relación entre el diámetro de partícula de las gotitas del agente reductor y el rendimiento de la purificación.

### Descripción detallada de las realizaciones preferidas

#### Primera realización

Se describirá en detalle un sistema de control de las emisiones de un motor de combustión interna según una primera realización de la invención. En esa primera realización, el sistema de control de las emisiones se aplica a un sistema de motor diesel. Un motor de combustión interna (que se denominará simplemente "motor") 1 representado en la fig. 1 tiene la forma de un motor diesel de cuatro cilindros en línea que comprende un dispositivo de alimentación 10, cámaras de combustión 20, un dispositivo de admisión 30, un sistema de escape 40 y así otros, como principales componentes.

El dispositivo 10 de alimentación de combustible incluye una bomba de impulsión 11, una cámara común 12, válvulas de inyección de combustible 13, una válvula de cierre 14, una válvula de regulación 16, una válvula de adición de reducción 17, un paso de combustible al motor P1, un paso de combustible de adición P2 y otros componentes.

La bomba de alimentación 11 se destina a suministrar a alta presión el combustible procedente de un depósito (no representado) y a enviarlo a la cámara común 12 por medio del paso P1 de combustible al motor. La cámara común 12 funciona como un acumulador para mantener la alta presión del combustible suministrado por la bomba de alimentación 11 a un valor elevado predeterminado y distribuye el combustible acumulado a las válvulas de inyección 13. Cada una de estas últimas es una válvula electromagnética provista de un solenoide electro magnético (no representado) dispuesto en ella, y se controla para abrir según convenga para inyectar el combustible en una de las cámaras de combustión 20 correspondiente.

La bomba de combustible 11 envía una parte del combustible procedente del depósito a la válvula de adición de reducción 17 por medio del paso P2 de combustible de adición. En dicho paso P2 se disponen la válvula de corte 14 y la válvula de regulación 16 entre la bomba 11 y la válvula 17 de adición de reducción, de manera que la válvula de corte 14 se sitúa más próxima a la bomba de combustible 11 que la válvula de regulación 16. La válvula de corte 14 sirve para cortar el paso P2 de combustible de adición a fin de detener el suministro de combustible en caso de emergencia. La válvula de regulación 16 se activa para controlar la presión (presión de combustible) PG del combustible que se envía a la válvula 17 de adición de reducción. Al igual que las válvulas 13 de inyección de combustible, la válvula 17 de adición de reducción es una válvula electromagnética con un solenoide electromagnético (no representado) dispuesto en ella y se destina a suministrar una cantidad adecuada de combustible que sirve como reducción o agente reductor en una parte del dispositivo de escape 40 más arriba de un depósito 42 de catalizador en momentos apropiados.

El dispositivo de admisión 30 forma un paso (paso de entrada) del aire de admisión que se ha suministrar a cada una de las cámaras de combustión 20. Por otra parte, el dispositivo de escape 40 forma un paso (paso de expulsión) del gas de escape emitido por cada cámara de combustión 20.

Además, el motor 1 está provisto de un supercargador conocido (esto es, un turbocargador) 50. Este último incluye dos ruedas de turbina 52, 53 acopladas entre sí por medio de un eje 51. La rueda de turbina 52 (rueda de turbina de entrada) se expone al aire de entrada en el dispositivo de admisión 30, mientras que la rueda de turbina 53 (rueda de turbina de escape) se expone al gas de expulsión en el dispositivo de expulsión 40. El turbocargador 50 así constituido sirve para realizar la llamada sobrecarga para aumentar la presión del aire de admisión al hacer girar la rueda de turbina 52 del lado de la entrada, utilizando el flujo del gas de escape (presión del gas de escape) al cual se somete la rueda de turbina 53 del lado de la expulsión.

En el dispositivo de admisión 30, el aire de entrada que se ha calentado mientras era sobrecargado se enfría forzosamente en un interenfriador 31 dispuesto en el turbocargador 50. Más abajo del interenfriador 31 se dispone una válvula de regulación de paso 32. Esta última es una válvula de paso/no paso controlada electrónicamente, capaz de variar su abertura continuamente y funciona para regular (disminuir) la cantidad de suministro del aire de admisión reduciendo la sección del paso de circulación del aire de admisión en condiciones pre determinadas.

En el motor 1 se ha dispuesto también un paso 60 de re-circulación del gas de escape (paso EGR). Este último sirve como una derivación para comunicar partes situadas más arriba y más abajo de las cámaras de combustión 20 (partes del dispositivo de admisión 30 y del dispositivo de escape 40). Durante el funcionamiento del motor 1, una parte del

## ES 2 311 570 T3

gas de escape es devuelta al dispositivo de admisión 30 por medio del paso EGR 60 cuando conviene. El paso EGR 60 está provisto de una válvula EGR 61 que se controla electrónicamente para que se abra y se cierre continuamente o ininterrumpidamente y así es capaz de regular con flexibilidad la cantidad de gas de escape que circula por el paso EGR 60. Este último está provisto además de un enfriador EGR 62 que sirve para enfriar el gas de escape que pasa a través del paso EGR 60 mientras es recirculado.

Asimismo, el recipiente 42 del catalizador que aloja un catalizador de NOx del tipo almacenamiento-reducción (que se denominará simplemente "catalizador") está dispuesto más abajo de una parte del dispositivo de escape 40 con el cual comunican el propio dispositivo de escape 40 y el paso EGR60.

El catalizador 41 almacenado en el recipiente 42 de catalizador comprende (a) un soporte formado por ejemplo por alúmina ( $Al_2O_3$ ), (b) por lo menos un elemento portado sobre el soporte y escogido entre un metal alcalino como el potasio (K), el sodio (Na), el litio (Li) y el cesio (Cs), un metal alcalinotérreo como el bario (Ba) y el calcio (Ca) y un metal de tierras raras como el lantano (La) y el ytrio (Y), y (c) por lo menos un metal noble como el platino (Pt) también portado sobre el soporte.

El catalizador 41 se dispone para absorber NOx cuando en el gas de escape está presente mucho oxígeno y para reducir el NOx a  $NO_2$  o NO y expulsarlo a la atmósfera cuando en el gas de escape existe mucha sustancia reductora (por ejemplo un componente no quemado del combustible (HC)). El NOx que se ha expulsado tras ser reducido a  $NO_2$  o NO reacciona inmediatamente con el HC o CO contenido en el gas de escape para ser reducido después a  $N_2$ . Como resultado de reducir  $NO_2$  a NO, el HC o CO se oxida a  $H_2O$  o  $CO_2$ . En consecuencia, es posible purificar el gas de escape de HC, CO y NOx ajustando debidamente la concentración de oxígeno o componente de HC del gas de escape para ser introducido en el recipiente 42 del catalizador (catalizador 41).

Además, se instalan varios sensores en respectivas partes del motor 1. Cada uno de los sensores genera una señal indicativa de un estado del medio ambiente de la correspondiente parte o el estado de funcionamiento del motor 1.

Más concretamente, un sensor 70 de la presión de la cámara genera una señal de detección indicativa de la presión del combustible acumulado en la cámara común 12. Un sensor 71 de la presión del combustible genera una señal de detección indicativa de la presión PG (presión del combustible) del combustible que pasa a través del paso P2 de combustible de adición y que debe introducirse en la válvula 17 de adición de reductor por medio de la válvula de regulación 16. Se dispone un medidor 72 del flujo de aire en una parte del sistema de admisión 30 más arriba de la válvula de control 32 y genera una señal de detección indicativa de la cantidad Ga (cantidad de aire de admisión) del aire de admisión. Se dispone un sensor 73 de aire-combustible (A/F) en una parte del sistema de escape 40 más abajo del recipiente 42 del catalizador y que genera una señal de detección que varía continuamente de acuerdo con la concentración de oxígeno en el gas de escape. Se dispone también un sensor 74 de la temperatura del gas de escape en una parte del sistema de escape 40 más abajo del recipiente 42 del catalizador y que genera una señal de detección indicativa de la temperatura TEX del gas de escape. Asimismo, se dispone un sensor 75 de NOx en una parte del sistema de escape 40 más abajo del catalizador 41 y que genera una señal de detección que varía continuamente con la concentración CNOx de NOx en el gas de escape.

Además, hay un sensor 76 de la posición del acelerador asociado al pedal del acelerador (no representado) y que genera una señal de detección indicativa de la cantidad de depresión ACC del pedal del acelerador. Un sensor 77 del ángulo del eje se destina a generar una señal de detección (pulso) cada vez que un eje de salida (un árbol axial) del motor 1 gira un ángulo predeterminado. Cada uno de los sensores 70 a 77 está eléctricamente conectado a una unidad de control electrónico (ECU) 80.

La ECU 80 comprende una unidad central de tratamiento (CPU) 81, una memoria 82 de sólo lectura (ROM), una memoria 83 de acceso aleatorio (RAM), una RAM de soporte 84, un contador de tiempo 85, y así sucesivamente. Estos componentes 81 a 85, un circuito exterior de entrada 86 que incluye un convertidor A/D y un circuito exterior de salida 87 se hallan interconectados uno con otro mediante un bus direccional 88, formando así un circuito de cálculo lógico.

La ECU 80 así constituida está dispuesta para recibir señales de detección de los respectivos sensores por medio del circuito exterior de entrada y realizar controles básicos como el de la inyección de combustible del motor 1. Además, la ECU 80 realiza otros varios controles relacionados con el estado operativo del motor 1, incluyendo un control de adición de reducción para determinar el momento de agregar un agente reductor (por ej., combustible que sirve de agente reductor) y la cantidad de agente reductor a agregar.

En una realización, el sistema de control de las emisiones del motor 1 está constituido por un sistema 10 de suministro de combustible, el catalizador 41 dispuesto en el sistema de escape 40, la ECU 80 que es operable para controlar las funciones del sistema de suministro de combustible 10 y el catalizador 41 y otras. Como se ha indicado antes, el sistema 10 de suministro de combustible sirve para agregar combustible en el sistema de escape 40 a través de la válvula 17 de adición de reducción, así como para suministrar combustible a los respectivos cilindros a través de las válvulas de inyección 13. Así, el antedicho control de adición de reducción se realiza mediante las operaciones de la ECU 80, la cual genera señales de mando relativas al control de adición de reductor, y los otros componentes que constituyen el sistema de control de las emisiones.

## ES 2 311 570 T3

Seguidamente se describirá con detalle el principio básico y el procedimiento del control de adición de reductor por el sistema de control de emisiones de la realización.

5 En los motores diesel, la concentración de oxígeno en las mezclas aire-combustible a quemar en las cámaras de combustión es alta en la mayoría de las zonas de trabajo de los motores.

Normalmente, la concentración de oxígeno de la mezcla aire-combustible antes de ser quemada en las cámaras de combustión se refleja directamente en la concentración de oxígeno en el gas de escape. Más concretamente, la concentración de oxígeno en la mezcla aire-combustible disminuye tras la combustión del mismo en una proporción correspondiente a la cantidad de oxígeno utilizada en la combustión. Cuando la concentración de oxígeno (relación aire-combustible) en la mezcla aire-combustible es alta, por consiguiente, la concentración de oxígeno en el gas de escape se hace alta de manera similar (es decir, la cantidad de agente reductor en el gas de escape disminuye). Como se ha indicado más arriba, el catalizador de NOx del tipo almacenamiento-reducción tiene la propiedad de absorber NOx cuando la concentración de oxígeno en el gas de escape es alta y de reducir el NOx a NO<sub>2</sub> o NO y liberar el NOx resultante cuando la concentración de oxígeno del gas de escape es baja (esto es, cuando la cantidad de agente reductor es grande). El catalizador de NOx, por tanto, continúa absorbiendo NOx en tanto que la concentración de oxígeno en el gas de escape es alta. Sin embargo, la cantidad de NOx que puede ser absorbida por el catalizador de NOx es limitada, como se ha indicado antes. En el caso de que el catalizador de NOx ha absorbido ya NOx hasta la cantidad límite, el NOx en el gas de escape no es absorbido por el catalizador, sino que pasa a través del recipiente del catalizador como tal, lo cual se traduce en un aumento de la concentración de NOx en el lado más abajo del catalizador 41.

A la vista de la situación anterior, en el motor 1 que comprende la válvula 17 de adición de reductor se añade, en los momentos apropiados, una cantidad de combustible que sirve de agente reductor a una parte del sistema de escape 40 situada más arriba del catalizador 41 por medio de la válvula 17 de adición de reductor, con el fin de disminuir temporalmente la cantidad de la(s) substancia(s) reductora(s) (es decir, HC) en el gas de escape. Con el combustible así agregado, el NOx que se ha absorbido en el catalizador 41 se reduce a NO<sub>2</sub> o NO y es expulsado del catalizador 41, con lo cual se recupera la capacidad de absorción del catalizador 41. En ese momento, el NO<sub>2</sub> o NO liberado se reduce inmediatamente a N<sub>2</sub> por reacción con HC o CO, como se ha indicado más arriba.

Mientras tanto, el agente reductor (combustible) añadido al sistema de escape 40 presenta diferentes comportamientos cuando se mueve en el sistema de escape 40 por bajo del catalizador 41 y produce diferentes efectos sobre el catalizador 41, según sea el estado del agente reductor cuando se agrega al sistema de escape 40. Por ejemplo, si las partículas del agente reductor esparcidas en el sistema de escape 40 a través de la válvula 17 de adición de reductor son de un tamaño inferior a 10 μm, el agente reductor agregado al sistema de escape 40 se difunde rápidamente en el gas de escape mientras es transferido al catalizador 41. Inversamente, si el agente reductor esparcido en el sistema de escape 40 a través de la válvula 17 de adición de reductor consiste en gotitas que tengan un diámetro de partícula de 10 o superior, se forma con las gotitas del gas de escape una niebla espesa (una atmósfera rica en combustible) que se enviará al recipiente 42 del catalizador. Debido al diámetro relativamente grande de las partículas, una mayoría del agente reductor se adhiere inmediatamente a las superficies del catalizador 41 cuando circula hacia el recipiente 42 del mismo. A saber, la mayor parte del agente reductor añadido al gas de escape actúa efectivamente sobre el catalizador 41 simplemente pasando a través de él. Así es posible reducir y eliminar el NOx del catalizador de NOx haciendo que una cantidad mínima de agente reductor actúe sobre el catalizador de NOx con alto rendimiento.

El sistema de control de las emisiones de la realización se dispone para controlar los respectivos componentes incluyendo el sistema de suministro de combustible 10, de manera que el agente reductor añadido al sistema de escape 40 por medio de la válvula 17 de adición de reductor forma una niebla constituida por partículas en forma de gotitas, cada una de las cuales tiene un diámetro entre 50 μm y 100 μm.

Con referencia ahora al diagrama de flujos de la fig. 2, se describirá en detalle un proceso o rutina del control de la adición de reducción realizado por el sistema de control de las emisiones de la realización.

La fig. 2 muestra una rutina del control de adición del reductor que se ejecuta para controlar la cantidad y tiempos de la adición de un agente reductor cuando éste se introduce en el sistema de escape 40. La ECU 80 inicia esa rutina al mismo tiempo que se pone en marcha el motor 1 y después ejecuta repetidamente la rutina a intervalos de tiempo predeterminados.

En la rutina, la ECU 80 determina primeramente en el paso S101 los estados operativos del motor 1 verificando los registros de la concentración CNOx de NOx y la temperatura TEX del gas de escape más abajo del catalizador 41, la velocidad del motor NE, la cantidad de depresión ACC del pedal del acelerador y así sucesivamente.

La ECU 80 determina a continuación en el paso S102 si los estados operativos del motor 1 obtenidos en el paso S101 satisfacen todas las condiciones para realizar la adición del agente reductor, incluyendo, por ejemplo, las siguientes condiciones (A1), (A2) y (A3).

(A1) El valor indicado por la señal de detección generada por el sensor 75 de NOx ha aumentado para ser mayor que un valor predeterminado. Cuando se satisface esta condición, significa que la cantidad de NOx almacenada en el catalizador 41 ha superado un valor predeterminado y por lo tanto se necesita liberar el NOx almacenado, reduciéndolo.

## ES 2 311 570 T3

(A2) La temperatura TEX del gas de escape es mayor que un valor predeterminado (por ej., 250°C). Esta condición se establece para asegurar que el catalizador 41 ha sido activado suficientemente.

(A3) Se determina el estado operativo del motor 1 para que sea adecuado para efectuar la adición del agente reductor en base a la velocidad NE del motor, la cantidad de depresión ACC del pedal del acelerador y así sucesivamente.

Si se cumplen las anteriores condiciones (A1) a (A3), la ECU 80 procede hasta el paso S103. Si no se cumple alguna las tres condiciones, por el contrario, la ECU termina la rutina enseguida.

En el paso S103, la magnitud de la apertura de la válvula 17 de adición de reductor se ajusta de modo que se añada una cantidad controlada del agente reductor al sistema de escape 40.

La cantidad Q de adición de combustible, que es una cantidad total de agente reductor suministrada al sistema de escape 40 por medio de la válvula 17, puede definirse básicamente como una función del tiempo T de apertura de la válvula (microsegundos, ms) y de la presión PG del combustible enviado a la válvula 17 de adición de reductor a través del paso P2 de combustible de adición durante el tiempo T de apertura de la válvula, representado por la siguiente expresión (1).

$$Q = f(T, PG) \quad (1)$$

A saber, la ECU 80 calcula el tiempo T de apertura de la válvula en base a la presión PG (presión del combustible) del combustible que circula a través del paso P2 de combustible de adición de manera que la cantidad del combustible suministrado al sistema de escape 40 se haga igual a la cantidad Q de adición de combustible determinada. Después se aplica una corriente continuamente o intermitentemente a la válvula 17 de adición de reductor en momentos predeterminados, de modo que la válvula 17 se controle para abrirse durante el tiempo total T (tiempo de apertura de la válvula) a fin de agregar el combustible de una manera determinada como se ha explicado más arriba.

En este momento, en el sistema de control de emisiones de la realización se ajusta la cantidad de apertura de la válvula de regulación 16 (esto es, se controla la presión PG del combustible) a fin de formar el agente reductor a una niebla constituida por gotitas cada una de las cuales sea de un diámetro de 50  $\mu\text{m}$  aproximadamente. Cuando debe aumentarse el diámetro de las partículas del agente reductor en forma de gotitas, se reduce la cantidad de abertura de la válvula de regulación 16 de modo que aumente la presión PG (esto es, la presión del combustible) del agente reductor.

Después del paso S103, la ECU 80 termina la rutina.

Las figs. 3A y 3B son diagramas de tiempo que muestran las variaciones de la relación aire-combustible con el tiempo cuando se agrega el agente reductor con el control de adición de reductor convencional (fig. 3A) y cuando el agente reductor se agrega con el control de adición de reductor de la realización (fig. 3B). Aquí, la relación aire-combustible se calcula a base de una señal de salida del sensor A/F 73 dispuesto más abajo del catalizador de NOx, y la relación aire-combustible se inscribe en el mismo eje de tiempos en los diagramas de tiempos de las figs. 3A y 3B. En los diagramas de tiempos, "ti" en el eje de tiempos de cada diagrama representa el momento de iniciar la adición del agente reductor.

Mientras tanto, se agrega la misma cantidad de agente reductor por unidad de tiempo en el control de la realización y en el control convencional.

Generalmente, cuando se añade un agente reductor al sistema de escape, la cantidad de un componente reductor en el gas de escape aumenta, en tanto que la cantidad de oxígeno disminuye. Como resultado, la relación aire-combustible determinada en base a la señal de salida del sensor NF 73 situado en el sistema de escape (que se denominará simplemente "relación aire-combustible") disminuye temporalmente (o se desplaza al lado rico en combustible).

Aquí, si se agrega el agente reductor en la forma de una niebla constituida por pequeñas partículas de líquido con un diámetro inferior a 10  $\mu$  para reducir el NOx almacenado con el control de adición convencional, la adición del agente reductor necesita continuarse durante el tiempo T1 predeterminado, con el fin de mantener la relación aire-combustible en un valor inferior al de la relación estequiométrica (o sea mantener una atmósfera rica en combustible) durante un cierto periodo de tiempo (ver fig. 3A).

Por el contrario, se ha confirmado por parte de los presentes inventores que, si con el control de adición del reductor según la realización se agrega el agente reductor en forma de una niebla constituida por gotitas cada una de las cuales tiene un diámetro relativamente grande, el NOx almacenado en el catalizador se reduce efectivamente en la medida suficiente aún si la adición del agente reductor continúa sólo durante un tiempo (T2) relativamente corto siendo la relación aire-combustible mayor que la relación estequiométrica (ver fig. 3B).

Además, de la comparación entre las variaciones de la relación aire-combustible con el tiempo con el control convencional de adición de reducción (fig. 3A) y las variaciones con el control de la realización (fig. 3B) resulta evidente que el grado o velocidad de variación de la relación aire-combustible hacia el lado rico en combustible desde el momento ti (punto de comienzo de la adición de reductor) con el control de la realización es mayor que con el

## ES 2 311 570 T3

control de la adición de reductor convencional. En otras palabras, el grado de variación de la relación aire-combustible en respuesta al establecimiento del control de adición de reductor es superior al del control de adición convencional.

5 Con el control de adición del reductor según la realización, el agente reductor agregado en el sistema de escape en forma de una niebla constituida por gotitas (partículas relativamente grandes) crea una atmósfera local rica en combustible en el gas de escape, la cual actúa directamente e instantáneamente sobre el catalizador, aun cuando la aparente cantidad de reducción de la relación aire-combustible parezca ser pequeña (esto es, la atmósfera alrededor de la atmósfera rica en combustible es pobre en combustible) con ese control. En consecuencia, es posible reducir y eliminar el NOx almacenado haciendo que una cantidad mínima de agente reductor actúe sobre el catalizador de NOx con gran rendimiento.

10 Aunque la atmósfera local rica en combustible se crea en el gas de escape bajo el control de adición de combustible de la realización según se ha descrito más arriba, la atmósfera alrededor de la atmósfera local rica en combustible se mantiene pobre en combustible. Si se dispone un catalizador de oxidación que promueva la oxidación del agente reductor en una atmósfera pobre en combustible más abajo del catalizador de NOx, resulta posible eliminar con seguridad y facilidad una parte remanente del agente reductor que haya pasado a través del catalizador de NOx.

15 Mientras tanto, el diámetro de partícula de las gotitas (agente reductor) usadas en el antedicho control de adición de reductor está entre  $50\ \mu\text{m}$  y  $100\ \mu\text{m}$  y más preferentemente es de  $50\ \mu\text{m}$ , aunque difiera en función de las características físicas y químicas del agente reductor utilizado, la propiedad y estado del gas de escape y las características y estado del catalizador 41.

### 25 Segunda realización

A continuación se describirá un sistema de control de las emisiones según una segunda realización de la invención. En lo que sigue se describirán principalmente las diferencias entre la segunda realización respecto a la primera.

30 El sistema de control de las emisiones de la segunda realización se emplea con un motor de combustión interna que tiene prácticamente la misma función y la misma constitución que el motor 1 de la primera realización. Por lo tanto, elementos del motor de combustión interna en que se emplea el sistema de control de las emisiones y elementos del sistema de control de emisiones que tengan cada uno la misma o equivalente función que en la primera realización se designarán con los mismos números y signos de referencia y no se describirán aquí con detalle.

35 El sistema de control de las emisiones de la segunda realización es diferente del de la primera en que el diámetro de partícula de las gotitas que forman una niebla del agente reductor suministrado a través de la válvula 17 de adición de reductor se modifica en función de la temperatura de lecho medio del catalizador 41 en el control de adición de reductor.

40 La fig. 4 es un diagrama de flujos que muestra la "rutina de control de adición de reductor" que se establece por la ECU 80 para controlar la cantidad y el tiempo de adición del agente reductor cuando éste se suministra al sistema de escape 40.

45 Los procesos en el paso S201 y en el paso S202 de esta rutina son prácticamente los mismos o equivalentes a los del paso S101 y el paso S102 de la rutina de control de adición de reductor de la primera realización (fig. 2), respectivamente. En el paso S201, sin embargo, para determinar el estado de funcionamiento del motor 1 la ECU 80 verifica asimismo la temperatura de lecho medio del catalizador 41, así como todos los registros de la concentración CNOx de NOx y la temperatura TEX del gas de escape más abajo del catalizador 41, la velocidad NE del motor y la magnitud de la depresión ACC del pedal del acelerador. La temperatura de lecho medio del catalizador de NOx puede medirse realmente disponiendo un sensor de temperatura en el recipiente 42 del catalizador o bien puede estimarse en base a la temperatura TEX del gas de escape con referencia a otros parámetros, como la magnitud de la depresión ACC del pedal del acelerador.

50 A continuación, si se determina en el paso S202 que se satisfacen todas las condiciones para realizar la adición del agente reductor, la ECU determina en el paso 203 el diámetro de partícula de las gotitas del agente reductor que se ha de agregar, en base a la temperatura de lecho medio del catalizador 41 comprobada en el paso S201 como se ha descrito más arriba.

55 La fig. 5 es un gráfico que muestra una relación entre el diámetro de partícula de las gotitas del agente reductor que constituye una niebla y el rendimiento de la reducción de NOx (o rendimiento de eliminación de NOx) cuando se envía la niebla formada por las gotitas al sistema de escape 40 para reducir y eliminar el NOx almacenado en el catalizador. En la fig. 5, la curva definida por una línea seguida representa la relación establecida cuando la temperatura de lecho medio del catalizador 41 es relativamente baja (por ej.,  $250^\circ\text{C}$ ), mientras que la curva definida por una línea de trazos representa la relación establecida cuando la temperatura de lecho medio del catalizador 41 es relativamente alta (por ej.,  $400^\circ$ ). Como se deduce de la fig. 5, el diámetro de partícula de las gotitas que proporciona el rendimiento óptimo de la eliminación de NOx difiere según sea la temperatura de lecho medio del catalizador 41 (ver los puntos Q y R del gráfico de la fig. 5).

## ES 2 311 570 T3

En el sistema de control de las emisiones (ECU 80) de la realización, por lo tanto, se almacena, por ejemplo, en la ROM 52, un mapa que representa la relación entre el diámetro de partícula de las gotitas (agente reductor) que proporciona el rendimiento óptimo de eliminación de NOx y la temperatura de lecho medio del catalizador 41. En el paso S203, la ECU determina el diámetro de partícula de las gotitas de agente reductor usado en el control de adición con referencia al mapa así obtenido.

Seguidamente, la ECU 80 actúa para accionar la válvula 17 de adición de reductor y la válvula 16 de regulación a fin de suministrar una niebla consistente en gotitas del agente reductor que tengan el diámetro (determinado en el paso S203) en el sistema de escape 40 en el paso S204 de la misma manera que el paso S103 de la rutina de control de adición de reductor de la primera realización (fig. 2).

Después del paso S204, la ECU 80 termina la rutina.

Como se ha descrito antes, cuando el sistema de control de las emisiones de la realización reduce y elimina el NOx almacenado usando el agente reductor en forma de gotitas, el rendimiento de purificación del catalizador de NOx se optimiza en base a la relación entre los parámetros dominantes (el diámetro de partícula de las gotitas y la temperatura de reacción del catalizador) que determinan el rendimiento de purificación del catalizador de NOx. Así resulta posible asegurar constantemente un elevado rendimiento de la purificación del gas de escape, la cual se obtendría con el empleo del agente reductor en forma de gotitas, aunque se produzca un cambio en el estado del ambiente (tal como una temperatura) que afecte a la función del catalizador de NOx. Esta disposición es ventajosa en un motor de combustión interna en que se queme frecuentemente una atmósfera pobre en combustible y por lo tanto la temperatura del gas de escape varíe frecuentemente y considerablemente. En este tipo de motor, el sistema de control de las emisiones de la segunda realización proporciona un importante efecto realzador en términos de eliminación de NOx debido a la adición del agente reductor en forma de gotitas, en comparación con la primera realización.

Mientras tanto, puesto que el tamaño de partícula de las gotitas (agente reductor) a agregar por medio de la válvula 17 de adición de reductor se modifica según sea la temperatura de lecho medio del catalizador 41 en la segunda realización, el diámetro de partícula puede modificarse con la temperatura TEX del gas de escape en vez de la temperatura de lecho medio del catalizador 41 o bien con ambos factores, la temperatura de lecho medio y la temperatura TEX del gas de escape. Análogamente a la primera realización, el diámetro de partícula de las gotitas (agente reductor) puede aumentar a medida que se eleva la temperatura TEX del gas de escape.

Asimismo, cuando se emplea un combustible (es decir, un aceite ligero) en un motor diesel como agente reductor en las realizaciones arriba representadas, puede utilizarse otra substancia como la gasolina o el queroseno en el supuesto de que sirva como componente reductor que tenga una función de reducir el NOx y pueda existir en forma de gotitas en el gas de escape.

En cada una de las realizaciones representadas, el sistema de control de las emisiones se constituye de manera que una parte del combustible suministrado desde el depósito de combustible por la bomba de alimentación 11 para enviar el combustible desde el depósito al recinto común 12 se agregue en el sistema de escape 40. No obstante, la invención no se limita a esta disposición. Por ejemplo, puede disponerse un sistema de suministro independiente para suministrar combustible de adición procedente del depósito de combustible o de otra fuente de suministro de combustible (reductor).

Igualmente, mientras que el sistema de control de las emisiones se emplea en el motor diesel 1 de cuatro cilindros en línea como motor de combustión interna en cada una de las realizaciones ilustradas, el sistema de control de las emisiones de la invención puede también utilizarse adecuadamente en un motor de gasolina capaz de realizar una combustión pobre en combustible. Asimismo, en adición al motor de cuatro cilindros en línea, el sistema de control de las emisiones según la invención puede también emplearse en un motor de combustión interna con un número de cilindros diferente.

## REIVINDICACIONES

5 1. Un sistema de control de las emisiones de un motor (1) de combustión interna, que comprende un catalizador (41) absorbente del NOx dispuesto en un sistema de escape (40) del motor (1) de combustión interna y tiene la propiedad de promover reacciones para reducir el NOx cuando la concentración de una substancia reductora en el gas de escape se hace elevada, medios (14, 16, 17, P2) para agregar un agente reductor al gas de escape que circula hacia el catalizador absorbente (41) a través del sistema de escape, **caracterizado** por comprender medios de control (80) para controlar los medios (14, 16, 17, P2) de adición para agregar el agente reductor en forma de gotitas al gas de escape, y porque las gotitas del agente reductor tienen un tamaño de partícula comprendido en un intervalo entre 10 50  $\mu\text{m}$  y 100  $\mu\text{m}$ , y porque los medios (14, 16, 17, P2) de adición del reductor se hallan dispuestos de manera que las gotitas se adhieren a la superficie del catalizador (41) absorbente del NOx cuando circulan hacia un recipiente (42) del catalizador.

15 2. El sistema de control de las emisiones de la reivindicación 1, **caracterizado** porque las gotitas del agente reductor tienen un diámetro de partícula de 50  $\mu\text{m}$ .

3. El sistema de control de las emisiones de la reivindicación 1, **caracterizado** porque el agente reductor se agrega bajo una atmósfera pobre en combustible.

20 4. El sistema de control de las emisiones de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque los medios (14, 16, 17, P2) de adición de reductor comprenden una válvula (17) de adición de reductor a través de la cual se agrega el agente reductor al gas de escape que circula por el catalizador (41) absorbente de NOx, y porque los medios de control (80) controlan el tiempo de apertura de la válvula (17) de adición de reductor en base a la presión del agente reductor aplicado a la válvula (17) de adición de reductor de manera que se consiga la adición de la cantidad requerida de agente reductor.

5. El sistema de control de las emisiones de la reivindicación 4, **caracterizado** porque los medios de control (80) controlan la presión del agente reductor, de manera que se consiga un tamaño de partícula de las gotitas deseado.

30 6. El sistema de control de las emisiones de la reivindicación 5, **caracterizado** porque los medios de control (80) reducen la presión del agente reductor de manera que se aumente el tamaño de partícula del agente reductor en forma de gotitas.

35 7. El sistema de control de las emisiones de las reivindicaciones 5 o 6, **caracterizado** porque los medios (14, 16, 17, P2) de adición de reductor comprenden una válvula de regulación (16) dispuesta en un paso de reductor entre un depósito de combustible y la válvula (17) de reducción de reductor, y porque los medios de control (80) ajustan la apertura de la válvula de regulación (16) para controlar la presión del agente reductor aplicado a la válvula de adición de reductor para conseguir el deseado tamaño de las gotitas.

40 8. El sistema de control de las emisiones de una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque los medios de control (80) modifican un diámetro de partícula de las gotitas del agente reductor en función de una temperatura del catalizador (41) absorbente del NOx.

45 9. El sistema de control de las emisiones de la reivindicación 8, **caracterizado** porque los medios de control (80) aumentan el diámetro de partícula de las gotitas del agente reductor cuando aumenta la temperatura del catalizador (41) absorbente del NOx.

50 10. El sistema de control de las emisiones de una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque los medios de control (80) modifican el diámetro de partícula de las gotitas del agente reductor en función de una temperatura del gas de escape.

55 11. El sistema de control de las emisiones de la reivindicación 10, **caracterizado** porque los medios de control (80) modifican el diámetro de partícula de las gotitas del agente reductor cuando aumenta la temperatura del gas de escape.

60 12. El sistema de control de las emisiones de una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado** porque el motor (1) de combustión interna comprende un motor diesel, y el agente reductor comprende un aceite ligero.

60

65

FIG. 1

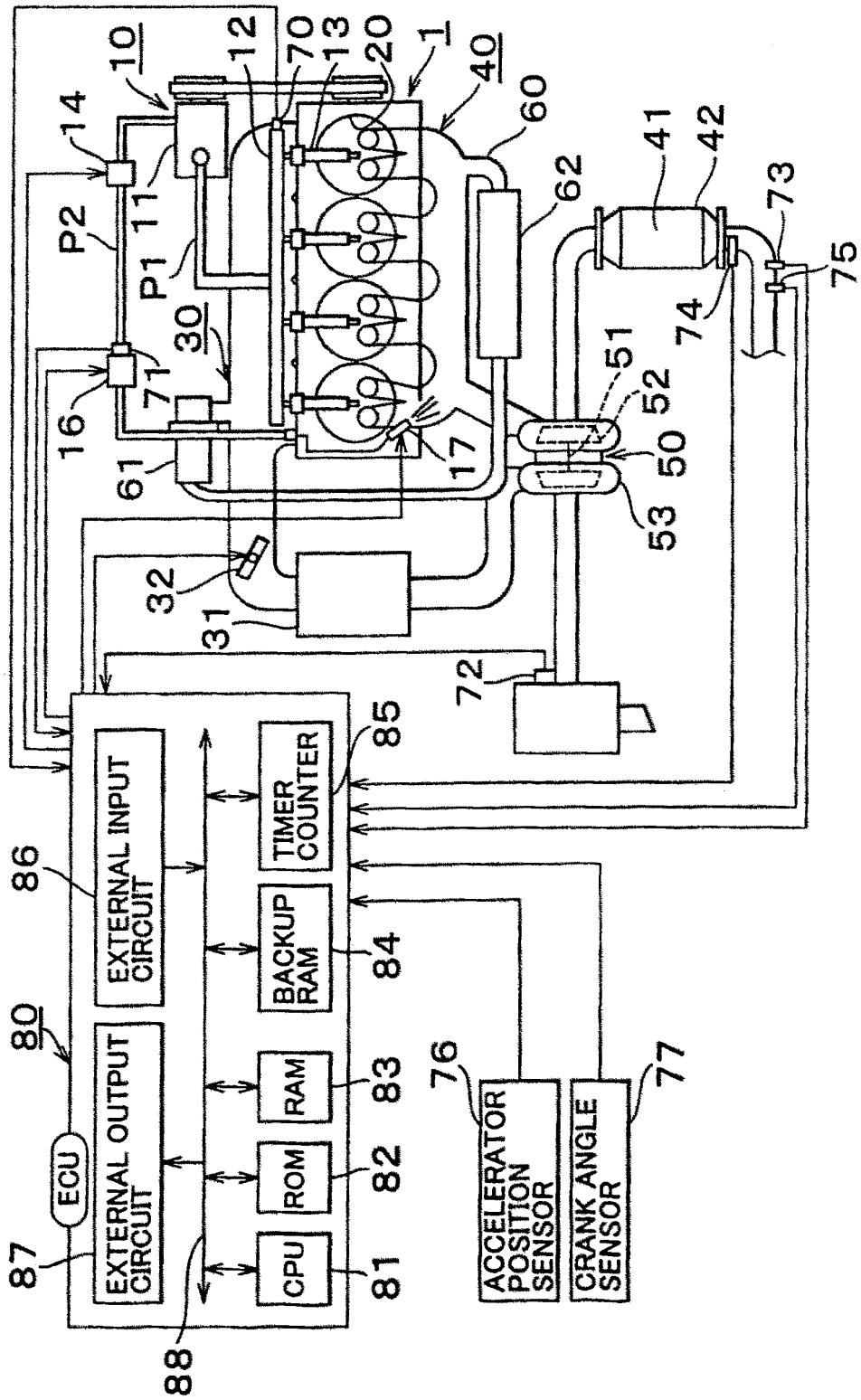
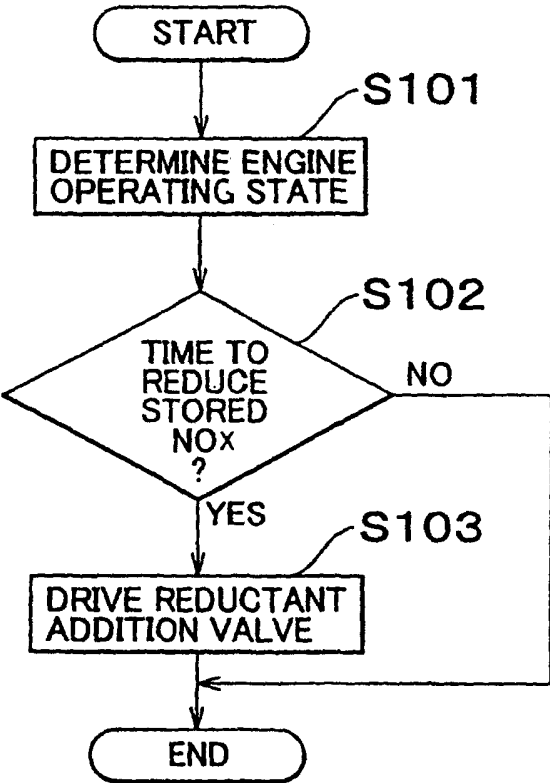
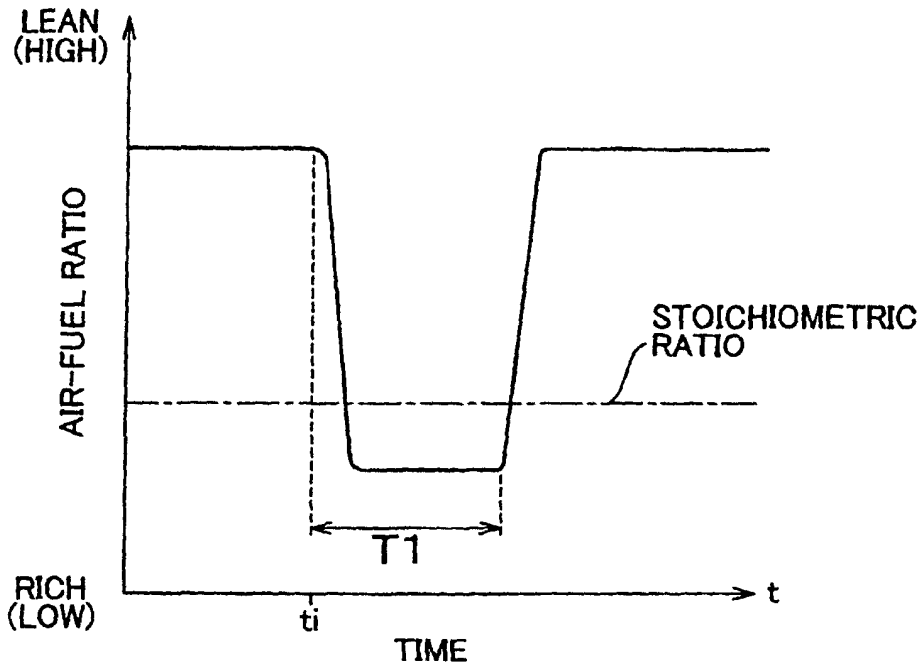


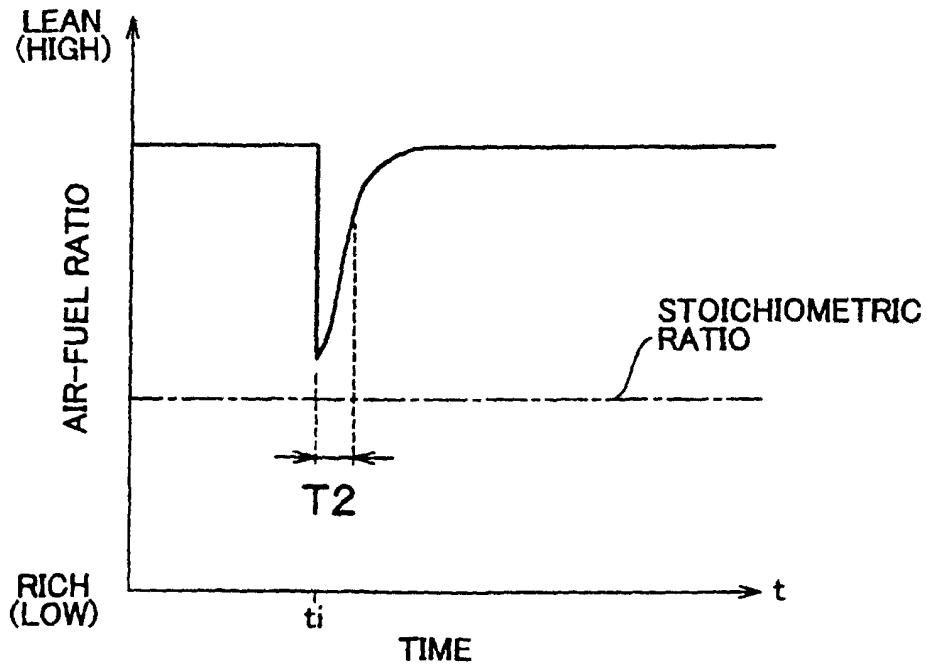
FIG. 2



# FIG. 3A



# FIG. 3B



# FIG. 4

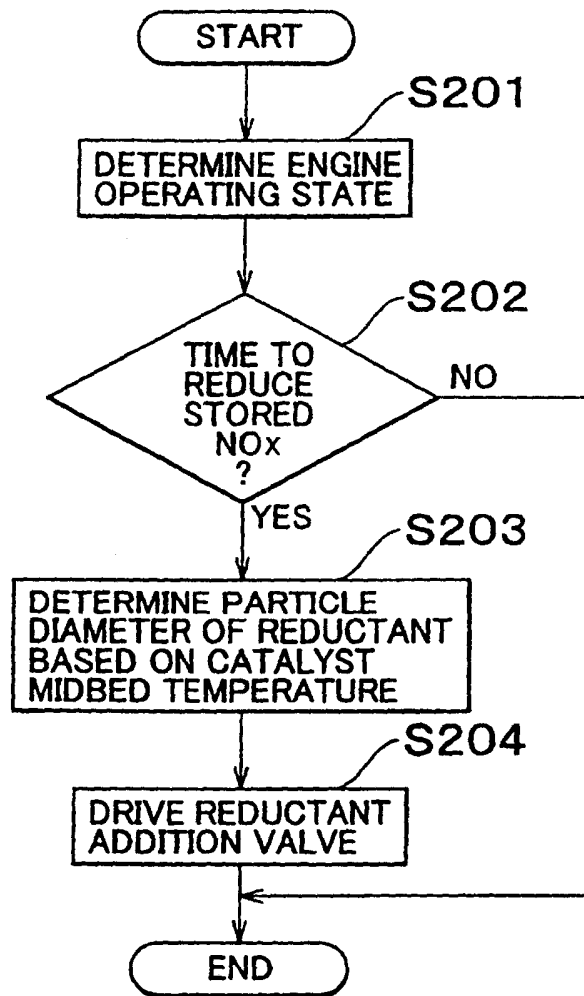


FIG. 5

