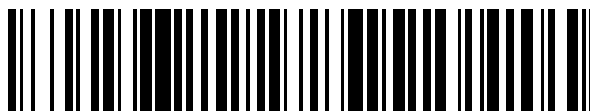


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 060**

51 Int. Cl.:

F01N 3/20 (2006.01)

F01N 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.02.2018** **E 18156153 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2019** **EP 3361063**

54 Título: **Motor de combustión interna y método para controlar un motor de combustión interna**

30 Prioridad:

10.02.2017 JP 2017022931

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

30.03.2020

73 Titular/es:

**TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA (100.0%)
1, Toyota-cho
Toyota-shi, Aichi, 471-8571, JP**

72 Inventor/es:

**SAITOH, HIROTAKA y
NISHIOKA, HIROMASA**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 751 060 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

Motor de combustión interna y método para controlar un motor de combustión interna

Antecedentes de la invención

1. Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un motor de combustión interna y a un método para controlar un motor de combustión interna.

2. Descripción de la técnica relacionada

10 Se conoce una técnica para suministrar aditivos a un catalizador de limpieza de gases de escape para mejorar su capacidad para limpiar gases de escape (por ejemplo, documentos DE 102016100754 A1 o WO 2008127671 A2 o US 2016186638 A1). A continuación en el presente documento, el tratamiento de suministro de aditivos a un catalizador de limpieza de gases de escape para mejorar su capacidad para limpiar gases de escape, como se describió anteriormente, se denomina tratamiento auxiliar. Como aditivos, se conocen hidrógeno y ozono, por ejemplo. Cuando se ejecuta este tratamiento auxiliar, puede mejorarse la capacidad para limpiar gases de escape aunque una temperatura baja en un catalizador de limpieza de gases de escape provoca una baja actividad del catalizador.

15 Por ejemplo, se conoce una técnica en la que el combustible se modifica para generar un gas reductor que contiene hidrógeno y monóxido de carbono, y el gas reductor se suministra a un catalizador de NOx para aumentar la velocidad de la reacción de reducción en el catalizador de NOx, mejorando así la capacidad para eliminar NOx del catalizador de NOx, particularmente a baja temperatura (por ejemplo, véase la publicación de solicitud de patente japonesa n.º 2009-162159) También se conoce una técnica de modificación de combustible en una mezcla de combustible y aire para generar hidrógeno (por ejemplo, véase la publicación de solicitud de patente japonesa n.º 2011-144055) Además, se sabe que el ozono se suministra para mejorar la eficiencia de almacenamiento de NOx de un catalizador de NOx a baja temperatura, y para mejorar la función de oxidación de un catalizador de oxidación (por ejemplo, véase la publicación de solicitud de patente japonesa n.º 2016-142206).

25 En un diagnóstico a bordo (OBD), cuando un sensor o similar detecta la capacidad para limpiar gases de escape en un catalizador de limpieza de gases de escape, lo que da como resultado un deterioro en la capacidad para limpiar gases de escape, superando un intervalo permisible, se diagnostica que el catalizador de limpieza de gases de escape es anómalo. Por ejemplo, se sabe que cuando un catalizador de tres vías o un catalizador de NOx de tipo de almacenamiento-reducción (catalizador NSR) está dispuesto en un conducto de escape aguas arriba de un catalizador de NOx de tipo de reducción selectiva (catalizador SCR) para cambiar una relación aire-combustible de los gases de escape desde una relación aire-combustible pobre mayor que una relación aire-combustible teórica hasta una relación aire-combustible rica menor que la relación aire-combustible teórica, la precisión del diagnóstico de anomalías mejora al provocar una reacción de desplazamiento de gas de agua en el catalizador de tres vías o en el catalizador NSR para ampliar la diferencia entre una diferencia de salida del sensor cuando el catalizador SCR es normal y una diferencia de salida del sensor cuando el catalizador SCR es anómalo (por ejemplo, véase la publicación de solicitud de patente japonesa n.º 2016-125391).

Compendio de la invención

40 El requisito de emisiones en cada país se ajusta año tras año, por lo que se desea detectar que un catalizador de limpieza de gases de escape es anómalo en el diagnóstico de anomalías del catalizador de limpieza de gases de escape, aunque el grado de deterioro sea todavía bajo. El diagnóstico de anomalías de un catalizador de limpieza de gases de escape a veces puede ejecutarse cada vez que un vehículo se desplaza. En tal caso, el diagnóstico de anomalías puede ejecutarse relativamente pronto tras encender un motor de combustión interna para ejecutar de manera fiable el diagnóstico de anomalías. En este momento, la temperatura de un catalizador de limpieza de gases de escape es relativamente baja, por lo que puede ejecutarse un tratamiento auxiliar. Incluso cuando el diagnóstico de anomalías de un catalizador de limpieza de gases de escape se deteriora hasta el punto de detectarse como anómalo, la ejecución del tratamiento auxiliar mejora la capacidad del catalizador de limpieza de gases de escape para limpiar gases de escape. Esto reduce la diferencia entre la capacidad para limpiar gases de escape cuando el catalizador de limpieza de gases de escape es normal y cuando es anómalo. Cuando se ejecuta el diagnóstico de anomalías de un catalizador de limpieza de gases de escape basándose en la capacidad para limpiar gases de escape en tal caso, puede proporcionarse un diagnóstico incorrecto. Es decir, cuando el tratamiento auxiliar se aplica a un catalizador de limpieza de gases de escape que tiene una anomalía para mejorar su capacidad para limpiar gases de escape, el catalizador de limpieza de gases de escape puede diagnosticarse incorrectamente como normal en el diagnóstico de anomalías del catalizador de limpieza de gases de escape.

La presente invención mejora la precisión de diagnóstico del diagnóstico de anomalías ejecutado cuando un catalizador de limpieza de gases de escape tiene una temperatura baja.

55 Un primer aspecto de la presente invención es un motor de combustión interna. El motor de combustión interna incluye: un catalizador de limpieza de gases de escape que se proporciona en un conducto de escape para limpiar gases de

5 escape; un detector de temperatura que detecta la temperatura del catalizador de limpieza de gases de escape; un dispositivo de suministro de aditivos que suministra aditivos al catalizador de limpieza de gases de escape, utilizándose los aditivos para mejorar la capacidad para limpiar gases de escape del catalizador de limpieza de gases de escape cuando la temperatura del catalizador de limpieza de gases de escape no es mayor que una temperatura predeterminada; y una unidad de control electrónico configurada para hacer que el dispositivo de suministro de aditivos suministre los aditivos al catalizador de limpieza de gases de escape cuando la temperatura del catalizador de limpieza de gases de escape, detectada por el detector de temperatura, no es mayor que la temperatura predeterminada. La unidad de control electrónico está configurada para ejecutar el diagnóstico de anomalías del catalizador de limpieza de gases de escape basándose en la capacidad para limpiar gases de escape del catalizador de limpieza de gases de escape. Cuando se ejecuta el diagnóstico de anomalías del catalizador de limpieza de gases de escape a una temperatura no mayor que a la temperatura predeterminada, la unidad de control electrónico está configurada para reducir la cantidad de los aditivos que han de suministrarse al catalizador de limpieza de gases de escape hasta menos de la cantidad de aditivos cuando no se ejecuta el diagnóstico de anomalías del catalizador de limpieza de gases de escape a una temperatura no mayor que la temperatura predeterminada.

15 Aunque un catalizador de limpieza de gases de escape tenga una temperatura baja, el suministro de aditivos al catalizador de limpieza de gases de escape permite mejorar la capacidad de limpieza del catalizador de limpieza de gases de escape. Es decir, cuando se suministra una cantidad suficiente de aditivos a un catalizador de limpieza de gases de escape a una temperatura no mayor que una temperatura predeterminada, la capacidad de limpieza del catalizador de limpieza de gases de escape puede mejorarse suficientemente. En este caso, la capacidad para limpiar gases de escape puede aumentarse lo suficiente independientemente de si el catalizador de limpieza de gases de escape es normal o anómalo. Esto reduce la diferencia entre la capacidad para limpiar gases de escape cuando el catalizador de limpieza de gases de escape es normal y cuando el catalizador de limpieza de gases de escape es anómalo. La temperatura predeterminada es un límite superior de una temperatura que provoca un cambio en la capacidad de limpieza del catalizador de limpieza de gases de escape debido a la cantidad de aditivos suministrados al catalizador de limpieza de gases de escape.

20 Con la configuración anterior, cuando se ejecuta el diagnóstico de anomalías de un catalizador de limpieza de gases de escape a una temperatura no mayor que una temperatura predeterminada, se reduce la cantidad de suministro de aditivos deteriorando la capacidad para limpiar gases de escape. Cuando se reduce la cantidad de suministro de aditivos, el grado de deterioro en la capacidad para limpiar gases de escape cuando un catalizador de limpieza de gases de escape es anómalo aumenta a más que cuando es normal. Es decir, la reducción en la cantidad de suministro de aditivos cuando se ejecuta el diagnóstico de anomalías aumenta la diferencia entre la capacidad para limpiar gases de escape cuando un catalizador de limpieza de gases de escape es normal y cuando es anómalo. Cuando el diagnóstico de anomalías se ejecuta en este tipo de estado, puede mejorarse la precisión del diagnóstico.

30 En el motor de combustión interna, la unidad de control electrónico puede configurarse para aumentar la cantidad de los aditivos que han de suministrarse al catalizador de limpieza de gases de escape cuando se completa el diagnóstico de anomalías del catalizador de limpieza de gases de escape para que sea mayor que cuando se ejecuta el diagnóstico de anomalías del catalizador de limpieza de gases de escape.

40 Con la configuración anterior, cuando se aumenta la cantidad de suministro de aditivos inmediatamente después de finalizar el diagnóstico de anomalías, la capacidad de limpieza de un catalizador de limpieza de gases de escape puede mejorarse inmediatamente.

45 En el motor de combustión interna, la unidad de control electrónico puede configurarse para ejecutar el diagnóstico de anomalías del catalizador de limpieza de gases de escape cuando la temperatura del catalizador de limpieza de gases de escape es menor que o igual a la temperatura predeterminada y es mayor que o igual a una temperatura límite inferior. La temperatura límite inferior puede ser un límite inferior de temperatura que provoca una diferencia entre la capacidad para limpiar gases de escape cuando el catalizador de limpieza de gases de escape es normal y la capacidad para limpiar gases de escape cuando el catalizador de limpieza de gases de escape es anómalo en el catalizador de limpieza de gases de escape que está a una temperatura menor que la temperatura predeterminada.

50 Cuando la temperatura del catalizador de limpieza de gases de escape es demasiado baja, la capacidad de limpieza del catalizador de limpieza de gases de escape se deteriora aunque el catalizador de limpieza de gases de escape sea normal. Esto reduce la diferencia entre la capacidad de limpieza del catalizador de limpieza de gases de escape cuando es normal y la capacidad de limpieza del catalizador de limpieza de gases de escape cuando es anómalo. Por lo tanto, la precisión del diagnóstico de anomalías puede deteriorarse. Con la configuración anterior, cuando el diagnóstico de anomalías se ejecuta a una temperatura límite inferior o más, se mejora la precisión del diagnóstico de anomalías. La temperatura límite inferior es un valor de límite inferior de la temperatura que provoca una diferencia entre la capacidad para limpiar gases de escape de un catalizador de limpieza de gases de escape cuando es normal y cuando es anómalo.

60 En el motor de combustión interna, la unidad de control electrónico puede configurarse para ejecutar el diagnóstico de anomalías del catalizador de limpieza de gases de escape cuando el catalizador de limpieza de gases de escape tiene una temperatura menor que o igual a la temperatura predeterminada y en el que la temperatura está más cerca de la temperatura límite inferior que de la temperatura predeterminada.

5 Cuando se reduce la cantidad de aditivos, una temperatura más baja aumenta en mayor medida la diferencia entre la capacidad de limpieza de un catalizador de limpieza de gases de escape cuando el catalizador de limpieza de gases de escape es normal y la capacidad de limpieza de un catalizador de limpieza de gases de escape cuando el catalizador de limpieza de gases de escape es anómalo. Por lo tanto, dentro de un intervalo desde la temperatura límite inferior hasta la temperatura predeterminada, la diferencia entre la capacidad de limpieza de un catalizador de limpieza de gases de escape cuando es normal y la capacidad de limpieza de un catalizador de limpieza de gases de escape cuando es anómalo aumenta más a la temperatura más cerca de la temperatura límite inferior que de la temperatura más cerca de la temperatura predeterminada. Con la configuración anterior, cuando el diagnóstico de anomalías se ejecuta a una temperatura cerca de la temperatura límite inferior, se mejora la precisión del diagnóstico de anomalías.

10 En el motor de combustión interna, la unidad de control electrónico puede configurarse para detener el suministro de los aditivos al catalizador de limpieza de gases de escape cuando se ejecuta un diagnóstico anómalo del catalizador de limpieza de gases de escape con una temperatura menor que o igual a la temperatura predeterminada.

15 Un segundo aspecto de la presente invención es un método para controlar un motor de combustión interna. El motor de combustión interna incluye: un catalizador de limpieza de gases de escape que se proporciona en un conducto de escape para limpiar gases de escape; un detector de temperatura que detecta la temperatura del catalizador de limpieza de gases de escape; un dispositivo de suministro de aditivos que suministra aditivos al catalizador de limpieza de gases de escape, utilizándose los aditivos para mejorar la capacidad del catalizador de limpieza de gases de escape para limpiar gases de escape cuando la temperatura del catalizador de limpieza de gases de escape no es mayor que una temperatura predeterminada; y una unidad de control electrónico configurada para hacer que el dispositivo de suministro de aditivos suministre los aditivos al catalizador de limpieza de gases de escape cuando la temperatura del catalizador de limpieza de gases de escape, detectada por el detector de temperatura, no es mayor que la temperatura predeterminada. La unidad de control electrónico está configurada para ejecutar el diagnóstico de anomalías del catalizador de limpieza de gases de escape basándose en la capacidad del catalizador de limpieza de gases de escape para limpiar gases de escape. El método para controlar un motor de combustión interna incluye reducir, mediante la unidad de control electrónico, la cantidad de los aditivos que han de suministrarse al catalizador de limpieza de gases de escape cuando se ejecuta el diagnóstico de anomalías del catalizador de limpieza de gases de escape a una temperatura menor que o igual a la temperatura predeterminada, hasta menos de la cantidad de los mismos cuando no se ejecuta el diagnóstico de anomalías del catalizador de limpieza de gases de escape a una temperatura menor que o igual a la temperatura predeterminada.

20 Con la configuración anterior, cuando se ejecuta el diagnóstico de anomalías de un catalizador de limpieza de gases de escape a una temperatura menor que o igual a una temperatura predeterminada, se reduce la cantidad de aditivos deteriorando la capacidad para limpiar gases de escape. Cuando se reduce la cantidad de suministro de aditivos, el grado de deterioro en la capacidad para limpiar gases de escape cuando un catalizador de limpieza de gases de escape es anómalo aumenta a más que cuando el catalizador de limpieza de gases de escape es normal. Es decir, la reducción en la cantidad de suministro de aditivos cuando se ejecuta el diagnóstico de anomalías aumenta la diferencia entre la capacidad para limpiar gases de escape cuando un catalizador de limpieza de gases de escape es normal y la capacidad para limpiar gases de escape cuando la catálisis de limpieza de gases de escape es anómalo. Cuando el diagnóstico de anomalías se ejecuta en este tipo de estado, puede mejorarse la precisión del diagnóstico.

25 Con la presente invención, cuando se ejecuta el diagnóstico de anomalías de un catalizador de limpieza de gases de escape que tiene una temperatura baja, puede mejorarse la precisión del diagnóstico de anomalías.

Breve descripción de los dibujos

30 A continuación se describirán las características, ventajas y significado técnico e industrial de las realizaciones a modo de ejemplo de la invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los que los números similares indican elementos similares, y en los que:

la figura 1 ilustra una configuración esquemática de un motor de combustión interna según una realización 1 y un sistema de admisión y un sistema de escape del mismo;

la figura 2 es un gráfico que muestra la relación entre la temperatura y la tasa de eliminación de NOx de un catalizador SCR cuando no se ejecuta el tratamiento auxiliar;

50 la figura 3 es un gráfico que muestra la relación entre la temperatura y la tasa de eliminación de NOx de un catalizador SCR cuando se ejecuta el tratamiento auxiliar;

la figura 4 es una tabla que muestra las tasas de eliminación de NOx de un catalizador normal y un catalizador anómalo cuando se ejecuta el tratamiento auxiliar y cuando no se ejecuta;

55 la figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un flujo de diagnóstico de anomalías de un catalizador SCR según la realización 1;

la figura 6 es un diagrama de tiempo que ilustra diversos estados cuando se ejecuta el diagnóstico de anomalías según la realización 1;

la figura 7 ilustra una configuración esquemática de un motor de combustión interna según una realización 2 y un sistema de admisión y un sistema de escape del mismo;

5 la figura 8 es un diagrama de tiempo que ilustra la transición de la concentración de NOx (NOx interior) de los gases de escape que fluyen hacia el interior de un catalizador NSR y la concentración de NOx (NOx exterior) de los gases de escape que fluyen hacia el exterior del catalizador NSR cuando no se ejecuta el tratamiento auxiliar;

10 la figura 9 es un diagrama de tiempo que ilustra la transición de la concentración de NOx (NOx interior) de los gases de escape que fluyen hacia el interior un catalizador NSR y la concentración de NOx (NOx exterior) de los gases de escape que fluyen hacia el exterior del catalizador NSR cuando se ejecuta el tratamiento auxiliar;

la figura 10 es un gráfico que muestra la relación entre la temperatura y la tasa de eliminación de NOx en el momento de la reducción de NOx de un catalizador NSR cuando no se ejecuta el tratamiento auxiliar;

la figura 11 es un gráfico que muestra la relación entre la temperatura y la tasa de eliminación de NOx en el momento de la reducción de NOx de un catalizador NSR cuando se ejecuta el tratamiento auxiliar; y

15 la figura 12 es un diagrama de flujo que ilustra un flujo de diagnóstico de anomalías de un catalizador NSR según la realización 2.

Descripción detallada de realizaciones

20 A continuación en el presente documento, con referencia a los dibujos adjuntos, se describirá en detalle un modo para llevar a cabo la presente invención según realizaciones, por ejemplo. Si bien se describe el tamaño, el material y la forma de cada uno de los componentes, su colocación relativa y similares en las realizaciones, el alcance de la presente invención no pretende limitarse a ellos a menos que se especifique lo contrario.

25 La figura 1 ilustra una configuración esquemática de un motor de combustión interna según la presente realización y un sistema de admisión y un sistema de escape del mismo. Un motor 1 de combustión interna es un motor diesel para impulsar un vehículo. El motor 1 de combustión interna puede ser un motor de gasolina. El motor 1 de combustión interna está conectado a un conducto 2 de escape. El conducto 2 de escape está provisto de un catalizador 3 de NOx de tipo de reducción selectiva (a continuación en el presente documento denominado "catalizador 3 SCR") que reduce selectivamente el NOx en los gases de escape utilizando amoníaco como agente reductor. En la presente realización, el catalizador 3 SCR es un ejemplo de un catalizador de limpieza de gases de escape en la presente invención.

30 El conducto 2 de escape aguas arriba del catalizador 3 SCR está provisto de una válvula 4 de adición de urea que añade agua de urea, que es un precursor del amoníaco, a los gases de escape. El agua de urea añadida desde la válvula 4 de adición de urea se hidroliza para formar amoníaco que se adsorberá en el catalizador 3 SCR. El amoníaco se usa en el catalizador 3 SCR como agente reductor. En lugar de la válvula 4 de adición de urea, puede proporcionarse una válvula de adición de amoníaco que añade amoníaco a los gases de escape.

35 Además, el conducto 2 de escape aguas arriba del catalizador 3 SCR está provisto de una válvula 5 de adición de hidrógeno que añade hidrógeno (H₂) a los gases de escape. Por ejemplo, se sabe que cuando se añade hidrógeno a diversos catalizadores del sistema Ag usando Al₂O₃ y zeolita MFI como portadores, se mejora la eficiencia de reducción de NO. El hidrógeno puede generarse modificando el combustible del motor 1 de combustión interna, por ejemplo. Una técnica bien conocida está disponible para la modificación del combustible. En la presente realización, la válvula 5 de adición de hidrógeno es un ejemplo de un dispositivo de suministro de aditivos en la presente invención.

40 El conducto 2 de escape aguas arriba de la válvula 4 de adición de urea y la válvula 5 de adición de hidrógeno están provistas de un sensor 11 de NOx de lado aguas arriba que detecta la concentración de NOx de los gases de escape que fluyen hacia el interior del catalizador 3 SCR, un sensor 12 de relación aire-combustible que detecta una relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen hacia el interior del catalizador 3 SCR, y un sensor 13 de temperatura que detecta la temperatura de los gases de escape que fluyen hacia el interior del catalizador 3 SCR. El conducto 2 de escape aguas abajo del catalizador 3 SCR está provisto de un sensor 14 de NOx de lado aguas abajo que detecta la concentración de NOx de los gases de escape que fluyen hacia el exterior del catalizador 3 SCR.

45 El motor 1 de combustión interna incluye válvulas 6 de inyección de combustible para inyectar combustible en los cilindros correspondientes. El motor 1 de combustión interna también está conectado a un conducto 7 de admisión de aire. El conducto 7 de admisión de aire está provisto de un medidor 23 de flujo de aire que detecta la cantidad de aire de admisión del motor 1 de combustión interna.

50 El motor 1 de combustión interna incluye una unidad 10 de control electrónico (ECU). La ECU 10 controla el motor 1 de combustión interna, un dispositivo de limpieza de gases de escape y similares. La ECU 10 está conectada eléctricamente a un sensor 21 de posición de cigüeñal y a un sensor 22 de cantidad de funcionamiento del acelerador junto con el sensor 11 de NOx de lado aguas arriba, el sensor 12 de relación aire-combustible, el sensor 13 de

temperatura, el sensor 14 de NOx de lado aguas abajo y el medidor 23 de flujo de aire, descritos anteriormente, y se transmite un valor de salida de cada sensor a la ECU 10.

La ECU 10 puede captar las condiciones de funcionamiento del motor 1 de combustión interna, como la velocidad de rotación del motor basándose en la detección del sensor 21 de posición de cigüeñal, y la carga del motor basándose en la detección del sensor 22 de cantidad de funcionamiento del acelerador. En la presente realización, aunque el sensor 11 de NOx de lado aguas arriba puede detectar NOx en gases de escape que fluyen hacia el interior el catalizador 3 SCR, el NOx contenido en los gases de escape descargados del motor 1 de combustión interna (gases de escape antes de limpiarse por el catalizador 3 SCR, o los gases de escape que fluyen hacia el catalizador 3 SCR) también puede estimarse basándose en las condiciones de funcionamiento anteriores del motor 1 de combustión interna porque las condiciones de funcionamiento son relevantes para el NOx. La ECU 10 también puede estimar la temperatura del catalizador 3 SCR basándose en la temperatura de los gases de escape, detectada por el sensor 13 de temperatura. El sensor 13 de temperatura puede detectar la temperatura del catalizador 3 SCR en lugar de la temperatura de los gases de escape. En la presente realización, el sensor 13 de temperatura es un ejemplo de un detector de temperatura de la presente invención. Además, la ECU 10 puede calcular la tasa de flujo de los gases de escape basándose en el valor de detección del medidor 23 de flujo de aire y en la cantidad de combustible inyectado desde la válvula 6 de inyección de combustible. Por otra parte, la ECU 10 está conectada a la válvula 4 de adición de urea y la válvula 6 de inyección de combustible a través del cableado eléctrico, y por lo tanto la ECU 10 controla la válvula 4 de adición de urea y la válvula 6 de inyección de combustible.

La ECU 10 provoca que el catalizador 3 SCR adsorba de manera preliminar amoníaco dentro de un intervalo que no excede la cantidad de adsorción saturada, y cuando el amoníaco adsorbido en el catalizador 3 SCR se reduce debido a la reducción de NOx, por ejemplo, la ECU 10 provoca el suministro de agua de urea adecuado para la cantidad reducida de amoníaco. En ese momento, la ECU 10 provoca que la válvula 4 de adición de urea añada agua de urea al catalizador 3 SCR de modo que la cantidad de adsorción de amoníaco se convierta en un valor objetivo de la cantidad de adsorción de amoníaco (a continuación en el presente documento, cantidad de adsorción objetivo) en el catalizador 3 SCR.

Cuando la temperatura del catalizador 3 SCR es igual a o menor que una primera temperatura predeterminada, la ECU 10 provoca que la válvula 5 de adición de hidrógeno añada hidrógeno al catalizador 3 SCR para ejecutar el tratamiento auxiliar. La primera temperatura predeterminada es un límite superior de una temperatura que provoca una diferencia en la capacidad de limpieza del catalizador 3 SCR según la cantidad de hidrógeno suministrado al catalizador 3 SCR. La cantidad de adición de hidrógeno en el tratamiento auxiliar (a continuación en el presente documento denominada la cantidad de adición auxiliar) se determina de tal manera que la tasa de eliminación de NOx en el catalizador 3 SCR esté dentro de un intervalo permisible. Cuando la temperatura del catalizador 3 SCR es igual a o menor que la primera temperatura predeterminada, una temperatura más baja deteriora la tasa de eliminación de NOx en mayor medida. Por lo tanto, la cantidad de adición auxiliar se determina teniendo en cuenta la temperatura del catalizador 3 SCR, de modo que cuando disminuye la temperatura del catalizador 3 SCR, aumenta la cantidad de adición auxiliar. La relación entre la temperatura del catalizador 3 SCR y la cantidad de adición auxiliar se adquiere de manera preliminar mediante experimentación, simulación o similar, y se almacena en la ECU 10. En la presente realización, la ECU 10 ejecuta el tratamiento auxiliar para servir como dispositivo de control en la presente invención. Además, en la presente realización, la primera temperatura predeterminada corresponde a una temperatura predeterminada en la presente invención.

La figura 2 es un gráfico que muestra la relación entre la temperatura y la tasa de eliminación de NOx del catalizador 3 SCR cuando no se ejecuta tratamiento auxiliar. Por otra parte, la figura 3 es un gráfico que muestra la relación entre la temperatura y la tasa de eliminación de NOx del catalizador 3 SCR cuando se ejecuta tratamiento auxiliar. Las líneas continuas indican que el catalizador 3 SCR está en un estado normal (en el caso de un catalizador normal), y las líneas discontinuas indican que el catalizador 3 SCR está en un estado anómalo (en el caso de un catalizador anómalo).

Como se muestra en la figura 2, cuando no se ejecuta el tratamiento auxiliar y la temperatura del catalizador 3 SCR es igual a o menor que la primera temperatura predeterminada, una temperatura más baja del catalizador 3 SCR reduce en mayor medida la tasa de eliminación de NOx en cada uno del catalizador normal y el catalizador anómalo. En este intervalo de temperatura, la tasa de eliminación de NOx puede disminuir por debajo de un intervalo permisible cuando no se ejecuta el tratamiento auxiliar. Por otra parte, como se muestra en la figura 3, incluso cuando la temperatura del catalizador 3 SCR es igual a o menor que la primera temperatura predeterminada, la ejecución del tratamiento auxiliar aumenta la tasa de eliminación de NOx en cada uno del catalizador normal y el catalizador anómalo. Como se describió anteriormente, el tratamiento auxiliar según la presente realización provoca un gran efecto cuando se aplica al catalizador 3 SCR que tiene una temperatura baja. Por lo tanto, el tratamiento auxiliar según la presente realización se ejecuta cuando la temperatura del catalizador 3 SCR es igual a o menor que la primera temperatura predeterminada. La primera temperatura predeterminada también puede denominarse el límite superior de la temperatura que provoca un cambio en la diferencia entre la tasa de eliminación de NOx de un catalizador normal y la tasa de eliminación de NOx de un catalizador anómalo, cuando se supone que el tratamiento auxiliar no se ejecuta.

La ECU 10 ejecuta un diagnóstico de anomalías del catalizador 3 SCR basándose en la tasa de eliminación de NOx del catalizador 3 SCR. La tasa de eliminación de NOx es la relación de la cantidad de NOx limpiado en el catalizador 3 SCR con respecto a la cantidad de NOx que fluye hacia el interior del catalizador 3 SCR. Cuando se supone que la

5 velocidad de flujo de los gases de escape en cada uno de los lados aguas arriba y aguas abajo del catalizador 3 SCR es igual, la tasa de eliminación de NOx puede ser la relación de la concentración de NOx de los gases de escape reducida en el catalizador 3 SCR al limpiarse con respecto a la concentración de NOx de los gases de escape que fluyen hacia el interior del catalizador 3 SCR. Por lo tanto, la tasa de eliminación de NOx puede calcularse mediante la siguiente expresión (1) utilizando valores de detección del sensor 11 de NOx de lado aguas arriba y el sensor 14 de NOx de lado aguas abajo.

$$\text{Tasa de eliminación de NOx} = ((\text{valor de detección del sensor 11 de NOx de lado aguas arriba}) - (\text{valor de detección del sensor 14 de NOx de lado aguas abajo})) / (\text{valor de detección del sensor 11 de NOx de lado aguas arriba}) \quad (1)$$

10 La ECU 10 diagnostica el catalizador 3 SCR como normal cuando la tasa de eliminación de NOx es no menor que un valor umbral de diagnóstico, y diagnostica el catalizador 3 SCR como anómalo cuando la tasa de eliminación de NOx es menor que el valor umbral de diagnóstico. El diagnóstico de anomalías del catalizador 3 SCR se ejecuta relativamente poco después de que se encienda el motor 1 de combustión interna. Por lo tanto, el diagnóstico de anomalías del catalizador 3 SCR se ejecuta cuando la temperatura del catalizador 3 SCR es igual a o menor que la primera temperatura predeterminada. Como se describió anteriormente, la posibilidad de diagnosticarse como anómalo aumenta al ejecutar el diagnóstico de anomalías del catalizador 3 SCR relativamente poco después de que se enciende el motor 1 de combustión interna.

15 Desgraciadamente, el intervalo de temperatura de ejecución del tratamiento auxiliar y el intervalo de temperatura de ejecución del diagnóstico de anomalías se superponen entre sí, de modo que el tratamiento auxiliar y el diagnóstico de anomalías pueden ejecutarse al mismo tiempo. Cuando se ejecuta el tratamiento auxiliar, la diferencia entre un catalizador normal y un catalizador anómalo en la tasa de eliminación de NOx disminuye relativamente como se muestra en la figura 3, y por lo tanto es difícil distinguir entre el catalizador normal y el catalizador anómalo basándose en la tasa de eliminación de NOx. Como resultado, cuando se ejecuta el diagnóstico de anomalías del catalizador 3 SCR, puede proporcionarse un diagnóstico incorrecto. En la presente realización, la cantidad de adición auxiliar cuando se ejecuta el diagnóstico de anomalías del catalizador 3 SCR se reduce hasta menos que cuando no se ejecuta el diagnóstico de anomalías del catalizador 3 SCR en las mismas condiciones. La reducción en la cantidad de adición auxiliar como se describió anteriormente también incluye reducir la cantidad de adición auxiliar a cero, o detener la adición de hidrógeno.

20 Cuando la temperatura del catalizador 3 SCR es igual a o menor que la primera temperatura predeterminada, la tasa de eliminación de NOx varía según la cantidad de adición auxiliar. Es decir, la tasa de eliminación de NOx aumenta a medida que aumenta la cantidad de adición auxiliar, hasta alcanzar la tasa de eliminación de NOx a la primera temperatura predeterminada. Por lo tanto, aunque la cantidad de adición auxiliar se reduce deteriorando la tasa de eliminación de NOx, la cantidad de deterioro en la tasa de eliminación de NOx en este momento en un catalizador anómalo es mayor que en un catalizador normal. Es decir, cuando la temperatura del catalizador 3 SCR es igual a o menor que la primera temperatura predeterminada, la reducción en la cantidad de adición auxiliar permite un aumento en la diferencia en la tasa de eliminación de NOx entre un catalizador normal y un catalizador anómalo. Esto permite distinguir fácilmente un catalizador normal y un catalizador anómalo basándose en las tasas de eliminación de NOx. Por lo tanto, puede mejorarse la precisión del diagnóstico de anomalías.

25 Cuando el catalizador 3 SCR tiene una temperatura demasiado baja, incluso un catalizador normal apenas puede eliminar el NOx. Esto elimina casi la diferencia entre un catalizador normal y un catalizador anómalo en la tasa de eliminación de NOx. Esto puede provocar un diagnóstico incorrecto en el diagnóstico de anomalías. Por lo tanto, el diagnóstico de anomalías del catalizador 3 SCR se ejecuta a una temperatura que permite eliminar el NOx en los gases de escape hasta cierto punto en un catalizador normal. Entonces, un valor de límite inferior de la temperatura del catalizador 3 SCR, que permite ejecutar el diagnóstico de anomalías, se indica como segunda temperatura predeterminada. Es decir, en la presente realización, el diagnóstico de anomalías del catalizador 3 SCR se ejecuta cuando el catalizador 3 SCR tiene una temperatura no menor que la segunda temperatura predeterminada y no mayor que la primera temperatura predeterminada. La segunda temperatura predeterminada es un valor de límite inferior de una temperatura que provoca una diferencia entre un catalizador normal y un catalizador anómalo en la capacidad para limpiar gases de escape. La segunda temperatura predeterminada puede ser un valor de límite inferior de una temperatura que provoca una diferencia suficientemente grande en la tasa de eliminación de NOx entre un catalizador normal y un catalizador anómalo, o puede ser un valor de límite inferior de una temperatura que provoca que la precisión del diagnóstico de anomalías esté dentro de un intervalo permisible, por ejemplo. En la presente realización, la segunda temperatura predeterminada corresponde a una temperatura límite inferior en la presente invención.

30 Como se muestra en la figura 2, cuando se reduce la cantidad de adición auxiliar, la diferencia entre un catalizador normal y un catalizador anómalo en la tasa de eliminación de NOx aumenta con la disminución de la temperatura hasta que la tasa de eliminación de NOx de un catalizador anómalo se hace cero, en un intervalo de temperatura igual a o menor que la primera temperatura predeterminada. Por lo tanto, la segunda temperatura predeterminada puede ser una temperatura que provoca que la tasa de eliminación de NOx de un catalizador anómalo sea sustancialmente cero, o puede estar cerca de esa temperatura, por ejemplo. Cuando se reduce la cantidad de adición auxiliar, la diferencia en la tasa de eliminación de NOx aumenta más cuando el diagnóstico de anomalías se ejecuta a una temperatura cerca de la segunda temperatura predeterminada que cuando el diagnóstico de anomalías se ejecuta a una temperatura cerca de la primera temperatura predeterminada, logrando así una alta precisión de diagnóstico de

anomalías Por lo tanto, el diagnóstico de anomalías puede ejecutarse a una temperatura más cerca de la segunda temperatura predeterminada que la primera temperatura predeterminada. Un intervalo de temperaturas a las cuales se ejecuta el diagnóstico de anomalías puede cambiarse según la precisión requerida del diagnóstico de anomalías.

5 La figura 4 es una tabla que muestra las tasas de eliminación de NOx de un catalizador normal y un catalizador anómalo cuando se ejecuta y no se ejecuta el tratamiento auxiliar. La figura 4 muestra la tasa de eliminación de NOx del catalizador 3 SCR que tiene una temperatura de 200°C, por ejemplo. La temperatura de 200°C es no menor que la segunda temperatura predeterminada y no mayor que la primera temperatura predeterminada. Cuando se ejecuta el tratamiento auxiliar (“con tratamiento auxiliar” en la figura 4), la tasa de eliminación de NOx de un catalizador normal es del 95%, por ejemplo, y la tasa de eliminación de NOx de un catalizador anómalo es del 90%, por ejemplo. Por lo tanto, la diferencia entre el catalizador normal y el catalizador anómalo en la tasa de eliminación de NOx es del 5%.
 10 Por otra parte, cuando no se ejecuta el tratamiento auxiliar (“sin tratamiento auxiliar” en la figura 4), la tasa de eliminación de NOx de un catalizador normal es del 40%, por ejemplo, y la tasa de eliminación de NOx de un catalizador anómalo es del 20%, por ejemplo. Por lo tanto, cuando se ejecuta el tratamiento auxiliar, la tasa de eliminación de NOx aumenta en un 55% en un catalizador normal, por ejemplo, y la tasa de eliminación de NOx aumenta en un 70%
 15 en un catalizador anómalo. Como se describió anteriormente, el tratamiento auxiliar proporciona un efecto mayor al catalizador anómalo que al catalizador normal. Cuando no se ejecuta el tratamiento auxiliar, la diferencia entre un catalizador normal y un catalizador anómalo en la tasa de eliminación de NOx es del 20%, por ejemplo, y por lo tanto es mayor que la diferencia (5%) en la tasa de eliminación de NOx cuando se ejecuta el tratamiento auxiliar. Como se describió anteriormente, cuando el diagnóstico de anomalías se ejecuta en un estado con una gran diferencia entre un catalizador normal y un catalizador anómalo en la tasa de eliminación de NOx, puede mejorarse la precisión del diagnóstico de anomalías.

La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un flujo de diagnóstico de anomalías del catalizador 3 SCR según la presente realización. Este diagrama de flujo se ejecuta por la ECU 10 para cada momento predeterminado. La ECU 10 ejecuta por separado el tratamiento auxiliar desde el momento en que enciende el motor 1 de combustión interna hasta que la temperatura del catalizador 3 SCR alcanza la primera temperatura predeterminada.
 25

En la etapa S101, se determina si se cumplen las condiciones previas para ejecutar el diagnóstico de anomalías. Por ejemplo, las condiciones previas según la etapa S101 son las siguientes: el sensor 11 de NOx de lado aguas arriba y el sensor 14 de NOx de lado aguas abajo son normales; y el diagnóstico de anomalías del catalizador 3 SCR no se ejecuta después de encender el motor 1 de combustión interna. En la presente realización, el diagnóstico de anomalías del catalizador 3 SCR debe ejecutarse solo una vez cuando se hace funcionar el motor 1 de combustión interna. Es posible determinar si el sensor 11 de NOx de lado aguas arriba y el sensor 14 de NOx de lado aguas abajo son normales usando una técnica bien conocida. Cuando hay una determinación positiva en la etapa S101, el procesamiento avanza a la etapa S102. Por otra parte, cuando hay una determinación negativa en la etapa S101, finaliza el presente diagrama de flujo.
 30

En la etapa S102, se determina si se cumplen las condiciones para ejecutar el diagnóstico de anomalías. Las condiciones para ejecutar el diagnóstico de anomalías son las siguientes: el catalizador 3 SCR tiene una temperatura no menor que la segunda temperatura predeterminada y no mayor que la primera temperatura predeterminada; y el motor 1 de combustión interna está en funcionamiento estable, por ejemplo. Las condiciones para ejecutar el diagnóstico de anomalías pueden incluir además las siguientes: el catalizador 3 SCR tiene una temperatura más cerca de la segunda temperatura predeterminada que de la primera temperatura predeterminada. Cuando hay una determinación positiva en la etapa S102, el procesamiento avanza a la etapa S103. Por otra parte, cuando hay una determinación negativa en la etapa S102, finaliza el presente diagrama de flujo.
 40

En la etapa S103, se reduce la cantidad de adición auxiliar. La cantidad de reducción en este momento se adquiere de manera preliminar mediante experimentación, simulación o similar, de modo que un catalizador normal tiene una tasa de eliminación de NOx igual a o mayor que un valor umbral de diagnóstico, y un catalizador anómalo tiene una tasa de eliminación de NOx menor que el valor umbral de diagnóstico, y se almacena en la ECU 10. En la etapa S103, la cantidad de adición auxiliar puede reducirse a cero. Cuando finaliza el procesamiento en la etapa S103, el procesamiento avanza a la etapa S104.
 45

En la etapa S104, se calcula la tasa de eliminación de NOx del catalizador 3 SCR. La tasa de eliminación de NOx se calcula utilizando un valor de detección del sensor 11 de NOx de lado aguas arriba y un valor de detección del sensor 14 de NOx de lado aguas abajo después de que el procesamiento en la etapa S103 haya finalizado. Cuando finaliza el procesamiento en la etapa S104, el procesamiento avanza a la etapa S105.
 50

En la etapa S105, se determina si la tasa de eliminación de NOx del catalizador 3 SCR es igual a o mayor que un valor umbral de diagnóstico. El valor umbral de diagnóstico es la tasa de eliminación de NOx cuando se supone que el catalizador 3 SCR está en un límite entre un catalizador normal y un catalizador anómalo, y se establece según la temperatura del catalizador 3 SCR. La relación entre la temperatura del catalizador 3 SCR y el valor umbral de diagnóstico se adquiere de manera preliminar mediante experimentación, simulación o similar, y se almacena en la ECU 10. Cuando hay una determinación positiva en la etapa S105, el procesamiento avanza a la etapa S106, y el catalizador 3 SCR se diagnostica como normal. Por otra parte, cuando hay una determinación negativa en la etapa S105, el procesamiento avanza a la etapa S107, y el catalizador 3 SCR se diagnostica como anómalo.
 55
 60

5 Cuando finaliza el procesamiento en la etapa S106 o S107, el procesamiento avanza a la etapa S108. En la etapa S108, la cantidad de adición auxiliar se devuelve al valor antes de la reducción en la etapa S103. Cuando el tratamiento auxiliar se detiene en la etapa S103, el tratamiento auxiliar se reinicia en la etapa S108. Cuando finaliza el procesamiento en la etapa S108, finaliza el presente diagrama de flujo. Cuando finaliza el procesamiento en la etapa S108, el presente diagrama de flujo no se ejecuta durante un período hasta que el motor 1 de combustión interna se encienda a continuación. El presente diagrama de flujo puede ejecutarse varias veces.

10 La figura 6 es un diagrama de tiempo que ilustra diversos estados cuando se ejecuta el diagnóstico de anomalías según la presente realización. En orden desde arriba hacia abajo, se ilustra un estado de tratamiento auxiliar, un estado de condiciones previas para ejecutar el diagnóstico de anomalías según la etapa S101 y un estado de condiciones para ejecutar el diagnóstico de anomalías según la etapa S102. La figura 6 ilustra un caso en el que se detiene el tratamiento auxiliar durante el diagnóstico de anomalías.

15 El tratamiento auxiliar se ejecuta antes del momento indicado por T1. En el momento indicado por T1, se cumplen las condiciones previas para ejecutar el diagnóstico de anomalías (véase la etapa S101). Sin embargo, en el momento indicado por T1, no se cumplen las condiciones para ejecutar el diagnóstico de anomalías (véase la etapa S102). Por lo tanto, el diagnóstico de anomalías no puede ejecutarse, por lo que se mantiene un estado donde está ejecutándose el tratamiento auxiliar en T1. Entonces, en el momento indicado por T2, se cumplen las condiciones para ejecutar el diagnóstico de anomalías. El tratamiento auxiliar se ejecuta durante un período de tiempo desde T1 hasta T2, de modo que la capacidad de limpieza del catalizador 3 SCR sigue siendo alta. Durante el período de tiempo desde T2 hasta T3, se cumplen tanto las condiciones previas para ejecutar el diagnóstico de anomalías como las condiciones para ejecutar el diagnóstico de anomalías, de modo que el tratamiento auxiliar se interrumpe. Entonces, durante el período de tiempo desde T2 hasta T3, se ejecuta el diagnóstico de anomalías. El tratamiento auxiliar se detiene durante el período, de modo que la capacidad de limpieza del catalizador 3 SCR se deteriora. Además, aumenta la diferencia entre un catalizador normal y un catalizador anómalo en la tasa de eliminación de NOx. Cuando finaliza el diagnóstico de anomalías en el momento indicado por T3, se reinicia el tratamiento auxiliar. Como se describió anteriormente, el tratamiento auxiliar se inicia inmediatamente después de finalizar el diagnóstico de anomalías, de modo que la capacidad de limpieza de NOx del catalizador 3 SCR aumenta rápidamente. Esto permite evitar que el período de tiempo de deterioro de la tasa de eliminación de NOx se prolongue más de lo necesario.

Aunque el tratamiento auxiliar se ejecuta suministrando hidrógeno al catalizador 3 SCR en la presente realización, el tratamiento auxiliar puede ejecutarse suministrando ozono en lugar de hidrógeno.

30 Como se describió anteriormente, según la presente realización, incluso cuando el diagnóstico de anomalías se aplica al catalizador 3 SCR que tiene una temperatura baja, la precisión del diagnóstico puede mejorarse reduciendo la cantidad de adición auxiliar.

35 Aunque el tratamiento auxiliar se aplica al catalizador 3 SCR en la realización 1, el tratamiento auxiliar se aplica a un catalizador de NOx de tipo de almacenamiento-reducción (a continuación en el presente documento denominado catalizador NSR) en la presente realización. La figura 7 ilustra una configuración esquemática de un motor de combustión interna según la presente realización y un sistema de admisión y un sistema de escape del mismo. Se describirá principalmente las diferencias con la figura 1. Un motor 1 de combustión interna incluye un conducto 2 de escape que está provisto de un catalizador 30 NSR. Cuando la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen hacia el interior del catalizador 30 NSR es mayor que la relación aire-combustible teórica (a continuación en el presente documento denominada relación aire-combustible pobre) el catalizador 30 NSR almacena NOx en los gases de escape. Cuando la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen hacia el interior del catalizador 30 NSR es menor que la relación aire-combustible teórica (a continuación en el presente documento denominada relación aire-combustible rica), el catalizador 30 NSR descarga y reduce el NOx. El término "almacenar" se usa como término que incluye la adsorción temporal de NOx. En la presente realización, el catalizador 30 NSR corresponde a un catalizador de limpieza de gases de escape en la presente invención.

40 Cuando el motor 1 de combustión interna se hace funcionar con una relación aire-combustible rica, la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen hacia el interior del catalizador 30 NSR se convierte en una relación aire-combustible rica y combustible no quemado (HC, CO) que sirve como agente reductor se suministra al catalizador 30 NSR. Como se ilustra en la figura 7, puede proporcionarse una válvula 40 de adición de combustible para añadir combustible (HC) al motor 1 de combustión interna en el conducto 2 de escape aguas arriba del catalizador 30 NSR, de modo que el combustible que sirve como agente reductor pueda suministrarse al catalizador 30 NSR añadiendo combustible a los gases de escape a través de la válvula 40 de adición de combustible, mientras que la relación aire-combustible de los gases de escape que fluyen hacia el interior del catalizador 30 NSR se establece en una relación aire-combustible rica. La válvula 40 de adición de combustible está conectada a una ECU 10 a través del cableado eléctrico, de modo que la válvula 40 de adición de combustible está controlada por la ECU 10. A continuación en el presente documento, el siguiente suministro también se denomina suministro de combustible al catalizador 30 NSR: suministro de combustible no quemado al catalizador 30 NSR haciendo funcionar el motor 1 de combustión interna a una relación aire-combustible rica; y suministro de combustible al catalizador 30 NSR a través de la válvula 40 de adición de combustible.

En la presente realización, cuando la cantidad de almacenamiento de NOx del catalizador 30 NSR se convierte en la cantidad de almacenamiento predeterminada, se reduce el NOx almacenado en el catalizador 30 NSR. La cantidad de almacenamiento de NOx en el catalizador 30 NSR se calcula integrando un valor adquirido restando la cantidad de NOx que fluye hacia el exterior del catalizador 30 NSR y la cantidad de NOx reducida en el catalizador 30 NSR de la cantidad de NOx que fluye hacia el interior del catalizador 30 NSR, por ejemplo. La ECU 10 calcula la cantidad de almacenamiento de NOx del catalizador 30 NSR según sea necesario basándose en un valor de detección de cada uno de un sensor 11 de NOx de lado aguas arriba, un sensor 13 de temperatura, un sensor 14 de NOx de lado aguas abajo y un medidor 23 de flujo de aire, y una relación aire-combustible de los gases de escape. La cantidad de almacenamiento de NOx del catalizador 30 NSR puede calcularse mediante un método bien conocido.

La ECU 10 ejecuta el suministro de combustible al catalizador 30 NSR para reducir el NOx de la cantidad de almacenamiento predeterminada. Por lo tanto, la ECU 10 ejecuta el suministro de combustible al catalizador 30 NSR de tal manera que se suministra la cantidad de un agente reductor adecuada para una cantidad de almacenamiento de NOx del catalizador 30 NSR al catalizador 30 NSR.

Por otra parte, cuando se reduce el NOx almacenado en el catalizador 30 NSR que tiene una temperatura igual a o menor que una tercera temperatura predeterminada, la ECU 10 provoca que se añada hidrógeno al catalizador 30 NSR a través de una válvula 5 de adición de hidrógeno en lugar del suministro de combustible al mismo. Es decir, se suministra hidrógeno como agente reductor en lugar de HC y CO para reducir NOx. Como se describió anteriormente, el tratamiento auxiliar se ejecuta mediante la adición de hidrógeno a través de la válvula 5 de adición de hidrógeno. La tercera temperatura predeterminada es un límite superior de una temperatura que provoca que la capacidad del catalizador 30 NSR para limpiar gases de escape se mejore al suministrar hidrógeno. A continuación en el presente documento, el siguiente suministro también se denomina suministro de hidrógeno al catalizador 30 NSR: suministro de hidrógeno al catalizador 30 NSR a través de la válvula 5 de adición de hidrógeno. La ECU 10 ejecuta el suministro de hidrógeno al catalizador 30 NSR de manera que se suministra la cantidad de un agente reductor adecuada para una cantidad de almacenamiento de NOx del catalizador 30 NSR al catalizador 30 NSR. En la presente realización, la tercera temperatura predeterminada corresponde a una temperatura predeterminada en la presente invención.

El hidrógeno tiene un poder reductor mayor que el de cada uno de HC y CO, de modo que la capacidad de reducción del catalizador 30 NSR se mejora más ejecutando el suministro de hidrógeno al catalizador 30 NSR que ejecutando el suministro de combustible al catalizador 30 NSR. Por lo tanto, cuando el catalizador 30 NSR tiene una actividad baja debido a una temperatura baja, la reducción de NOx puede acelerarse ejecutando el suministro de hidrógeno al catalizador 30 NSR. Por otra parte, cuando el catalizador 30 NSR tiene una temperatura suficientemente alta, el NOx puede reducirse mediante el suministro de combustible al catalizador 30 NSR. Por lo tanto, la cantidad de consumo de energía para generar hidrógeno puede reducirse ejecutando el suministro de combustible al catalizador 30 NSR.

La figura 8 es un diagrama de tiempo que ilustra la transición de la concentración de NOx (NOx interior) de los gases de escape que fluyen hacia el interior del catalizador 30 NSR y la concentración de NOx (NOx exterior) de los gases de escape que fluyen hacia el exterior del catalizador 30 NSR cuando no se ejecuta el tratamiento auxiliar. La figura 8 es un diagrama de tiempo para reducir el NOx mediante el suministro de combustible al catalizador 30 NSR cuando la temperatura del catalizador 30 NSR es igual a o menor que la tercera temperatura predeterminada. Por otra parte, la figura 9 es un diagrama de tiempo que ilustra la transición de la concentración de NOx (NOx interior) de los gases de escape que fluyen hacia el interior del catalizador 30 NSR y la concentración de NOx (NOx exterior) de los gases de escape que salen del catalizador 30 NSR cuando se ejecuta el tratamiento auxiliar. La figura 9 es un diagrama de tiempo para reducir el NOx mediante el suministro de hidrógeno al catalizador 30 NSR cuando la temperatura del catalizador 30 NSR es igual a o menor que la tercera temperatura predeterminada. En las figuras 8 y 9, T11 es un momento en que la cantidad de almacenamiento de NOx del catalizador 30 NSR alcanza la cantidad de almacenamiento predeterminada, y es un momento en que se inicia el suministro de combustible al catalizador 30 NSR o el suministro de hidrógeno al catalizador 30 NSR para reducir NOx. Además, T2 es un momento en que finaliza el suministro de combustible al catalizador 30 NSR o el suministro de hidrógeno al catalizador 30 NSR. NOx interior cambia según las condiciones de funcionamiento del motor 1 de combustión interna.

Como puede verse comparando las figuras 8 y 9 entre sí, durante un período de tiempo desde T11 hasta T12, una concentración de NOx de los gases de escape que fluyen hacia el exterior del catalizador 30 NSR cuando se ejecuta el suministro de hidrógeno al catalizador 30 NSR es menor que cuando se ejecuta el suministro de combustible al catalizador 30 NSR. Por lo tanto, cuando el catalizador 30 NSR tiene una temperatura baja, la concentración de NOx de los gases de escape que fluyen hacia el exterior del catalizador 30 NSR disminuye hasta menos de la concentración de NOx de los gases de escape que fluyen hacia el interior del catalizador 30 NSR mediante la ejecución del tratamiento auxiliar. Cuando se calcula la tasa de eliminación de NOx según la expresión 1, puede decirse que la tasa de eliminación de NOx del catalizador 30 de NSR aumenta al ejecutar el tratamiento auxiliar.

La figura 10 es un gráfico que muestra la relación entre la temperatura del catalizador 30 NSR y la tasa de eliminación de NOx en el momento de la reducción de NOx cuando no se ejecuta el tratamiento auxiliar. Por otra parte, la figura 11 es un gráfico que muestra la relación entre la temperatura del catalizador 30 NSR y la tasa de eliminación de NOx en el momento de la reducción de NOx cuando se ejecuta el tratamiento auxiliar. Cada una de las líneas continuas indica que el catalizador 30 NSR está en un estado normal, y cada una de las líneas discontinuas indica que el catalizador 30 NSR está en un estado anómalo.

Como se muestra en la figura 10, cuando el tratamiento auxiliar no se ejecuta y la temperatura del catalizador 30 NSR es igual a o menor que la tercera temperatura predeterminada, una temperatura más baja del catalizador 30 NSR reduce la tasa de eliminación de NOx en mayor medida en cada uno del catalizador normal y el catalizador anómalo. Por otra parte, como se muestra en la figura 11, incluso cuando la temperatura del catalizador 30 NSR es igual a o menor que la primera temperatura predeterminada, la ejecución del tratamiento auxiliar aumenta la tasa de eliminación de NOx en cada uno del catalizador normal y el catalizador anómalo. Como se describió anteriormente, el tratamiento auxiliar según la presente realización provoca un efecto cuando se aplica al catalizador 30 NSR que tiene una temperatura igual a o menor que la tercera temperatura predeterminada. Por lo tanto, el tratamiento auxiliar según la presente realización se ejecuta cuando el catalizador 30 NSR tiene una temperatura igual a o menor que la tercera temperatura predeterminada. La tercera temperatura predeterminada también puede denominarse un límite superior de temperatura que provoca una diferencia entre un catalizador normal y un catalizador anómalo en la tasa de eliminación de NOx para disminuir con el aumento de la temperatura del catalizador 30 NSR, cuando se supone que el tratamiento auxiliar no se ejecuta.

La ECU 10 ejecuta el diagnóstico de anomalías del catalizador 30 NSR basándose en la capacidad de reducción de NOx del catalizador 30 NSR, o la capacidad para limpiar gases de escape. La capacidad de reducción de NOx del catalizador 30 NSR está asociada con la tasa de eliminación de NOx cuando se suministra un agente reductor al catalizador 30 NSR para reducir el NOx almacenado en el catalizador 30 NSR. La ECU 10 calcula la tasa de eliminación de NOx basándose en un valor de detección de cada uno del sensor 11 de NOx de lado aguas arriba y del sensor 14 de NOx de lado aguas abajo cuando se reduce el NOx almacenado en el catalizador 30 NSR. Entonces, la ECU 10 diagnostica el catalizador 30 NSR como normal cuando la tasa de eliminación de NOx es un valor umbral de diagnóstico o mayor, y diagnostica el catalizador 30 NSR como anómalo cuando la tasa de eliminación de NOx es menor que el valor umbral de diagnóstico. También en la presente realización, la oportunidad de diagnosticarse como anómalo aumenta al ejecutar el diagnóstico de anomalías del catalizador 30 NSR relativamente poco después de encenderse el motor 1 de combustión interna. Por lo tanto, el diagnóstico de anomalías del catalizador 30 NSR se ejecuta cuando la temperatura del catalizador 30 NSR es igual a o menor que la tercera temperatura predeterminada.

Desafortunadamente, cuando la temperatura del catalizador 30 NSR es igual a o menor que la tercera temperatura predeterminada, se ejecuta el tratamiento auxiliar. Cuando se ejecuta el tratamiento auxiliar, la diferencia entre un catalizador normal y un catalizador anómalo en la tasa de eliminación de NOx se vuelve relativamente pequeña y, por lo tanto, puede proporcionarse un diagnóstico incorrecto cuando se ejecuta el diagnóstico de anomalías del catalizador 30 NSR. Por lo tanto, en la presente realización, cuando se ejecuta el diagnóstico de anomalías del catalizador 30 NSR, se detiene el tratamiento auxiliar. Puede decirse que la cantidad de adición auxiliar se reduce a cero. En este momento, el suministro de hidrógeno al catalizador 30 NSR puede cambiarse al suministro de combustible al catalizador 30 NSR. Como se describió anteriormente, cuando se ejecuta el diagnóstico de anomalías del catalizador 30 NSR, la diferencia entre un catalizador normal y un catalizador anómalo en la tasa de eliminación de NOx aumenta al interrumpir el tratamiento auxiliar, lo que permite mejorar la precisión del diagnóstico de anomalías.

Cuando el catalizador 30 NSR tiene una temperatura demasiado baja, incluso un catalizador normal apenas puede eliminar el NOx. Esto elimina casi la diferencia entre un catalizador normal y un catalizador anómalo en la tasa de eliminación de NOx. Cuando el diagnóstico de anomalías se ejecuta en este estado, puede proporcionarse un diagnóstico incorrecto. Por lo tanto, el diagnóstico de anomalías del catalizador 30 NSR se ejecuta a una temperatura que permite que el NOx en los gases de escape se elimine en cierta medida en un catalizador normal. Entonces, un valor de límite inferior de la temperatura del catalizador 30 NSR, que permite ejecutar el diagnóstico de anomalías, se indica como una cuarta temperatura predeterminada. Es decir, en la presente realización, el diagnóstico de anomalías del catalizador 30 NSR se ejecuta cuando el catalizador 30 NSR tiene una temperatura no menor que la cuarta temperatura predeterminada y no mayor que la tercera temperatura predeterminada. La cuarta temperatura predeterminada es un valor de límite inferior de una temperatura que provoca una diferencia entre un catalizador normal y un catalizador anómalo en la capacidad para limpiar gases de escape. La cuarta temperatura predeterminada puede ser un valor de límite inferior de una temperatura que provoca una diferencia suficientemente grande entre un catalizador normal y un catalizador anómalo en la tasa de eliminación de NOx, o puede ser un valor de límite inferior de una temperatura que provoca que la precisión del diagnóstico de anomalías esté dentro de un intervalo permisible, por ejemplo. En la presente realización, la cuarta temperatura predeterminada corresponde a una temperatura límite inferior en la presente invención.

Cuando no se ejecuta el tratamiento auxiliar, o cuando la cantidad de adición auxiliar se establece a cero, la diferencia entre un catalizador normal y un catalizador anómalo en la tasa de eliminación de NOx aumenta con la disminución de la temperatura hasta que la tasa de eliminación de NOx de un catalizador anómalo se hace cero, en un intervalo de temperatura igual a o menor que la tercera temperatura predeterminada. Por lo tanto, la cuarta temperatura predeterminada puede ser una temperatura que provoca que la tasa de eliminación de NOx de un catalizador anómalo sea sustancialmente cero, o puede estar cerca de esa temperatura, por ejemplo. Cuando no se ejecuta el tratamiento auxiliar, la diferencia en la tasa de eliminación de NOx aumenta más cuando el diagnóstico de anomalías se ejecuta a una temperatura cerca de la cuarta temperatura predeterminada que cuando el diagnóstico de anomalías se ejecuta a una temperatura cerca de la tercera temperatura predeterminada, logrando así una alta precisión del diagnóstico de anomalías. Por lo tanto, el diagnóstico de anomalías puede ejecutarse a una temperatura más cerca de la cuarta temperatura predeterminada que de la tercera temperatura predeterminada. El intervalo de temperatura en que se ejecuta el diagnóstico de anomalías puede cambiarse según la precisión requerida del diagnóstico de anomalías.

La figura 12 es un diagrama de flujo que ilustra un flujo del diagnóstico de anomalías del catalizador 30 NSR según la presente realización. Este diagrama de flujo se ejecuta por la ECU 10 para cada momento predeterminado. La ECU 10 ejecuta por separado el tratamiento auxiliar desde el momento de arrancar el motor 1 de combustión interna hasta que la temperatura del catalizador 30 NSR alcanza la tercera temperatura predeterminada.

5 En la etapa S201, se determina si se cumplen las condiciones previas para ejecutar el diagnóstico de anomalías. Por ejemplo, las condiciones previas según la etapa S201 son las siguientes: el sensor 11 de NOx de lado aguas arriba y el sensor 14 de NOx de lado aguas abajo son normales; y el diagnóstico de anomalías del catalizador 30 NSR no se ejecuta después de encender el motor 1 de combustión interna. En la presente realización, el diagnóstico de anomalías del catalizador 30 NSR debe ejecutarse solo una vez cuando se hace funcionar el motor 1 de combustión interna. Es posible determinar si el sensor 11 de NOx de lado aguas arriba y el sensor 14 de NOx de lado aguas abajo son normales usando una técnica bien conocida. Cuando hay una determinación positiva en la etapa S201, el procesamiento avanza a la etapa S202. Por otra parte, cuando hay una determinación negativa en la etapa S201, finaliza el presente diagrama de flujo.

15 En la etapa S202, se determina si se cumplen las condiciones para ejecutar el diagnóstico de anomalías. Las condiciones para ejecutar el diagnóstico de anomalías son las siguientes: el catalizador 30 NSR tiene una temperatura no menor que la cuarta temperatura predeterminada y no mayor que la tercera temperatura predeterminada; y el motor 1 de combustión interna está en funcionamiento estable, por ejemplo. Las condiciones para ejecutar el diagnóstico de anomalías pueden incluir además las siguientes: el catalizador 30 NSR tiene una temperatura más cerca de la cuarta temperatura predeterminada que de la tercera temperatura predeterminada. Cuando hay una determinación positiva en la etapa S202, el procesamiento avanza a la etapa S203. Por otra parte, cuando hay una determinación negativa en la etapa S202, finaliza el presente diagrama de flujo.

20 En la etapa S203, se detiene el tratamiento auxiliar. En este momento, se detiene el suministro de hidrógeno al catalizador 30 NSR, y se inicia el suministro de combustible al catalizador 30 NSR. En la presente realización, el diagnóstico de anomalías se ejecuta basándose en la capacidad de reducción del catalizador 30 NSR, de modo que el suministro de combustible al catalizador 30 NSR se ejecuta para reducir el NOx incluso cuando se detiene el suministro de hidrógeno al catalizador 30 NSR. Cuando finaliza el procesamiento en la etapa S203, el procesamiento avanza a la etapa S204.

25 En la etapa S204, se calcula la tasa de eliminación de NOx del catalizador 30 NSR. La tasa de eliminación de NOx se calcula utilizando un valor de detección del sensor 11 de NOx de lado aguas arriba y un valor de detección del sensor 14 de NOx de lado aguas abajo después de que el procesamiento en la etapa S203 haya finalizado. Cuando finaliza el procesamiento en la etapa S204, el procesamiento avanza a la etapa S205.

30 En la etapa S205, se determina si la tasa de eliminación de NOx del catalizador 30 NSR es igual a o mayor que un valor umbral de diagnóstico. El valor umbral de diagnóstico es la tasa de eliminación de NOx cuando se supone que el catalizador 30 NSR está en un límite entre un catalizador normal y un catalizador anómalo, y se establece según la temperatura del catalizador 30 NSR. La relación entre la temperatura del catalizador 30 NSR y un valor umbral de diagnóstico se adquiere de manera preliminar mediante experimentación, simulación o similar, y se almacena en la ECU 10. Cuando hay una determinación positiva en la etapa S205, el procesamiento avanza a la etapa S206, y el catalizador 30 NSR se diagnostica como normal. Por otra parte, cuando hay una determinación negativa en la etapa S205, el procesamiento avanza a la etapa S207, y el catalizador 30 de NSR se diagnostica como anómalo.

35 Cuando finaliza el procesamiento en la etapa S206 o S207, el procesamiento avanza a la etapa S208. En la etapa S208, se reinicia el tratamiento auxiliar. Es decir, el suministro de combustible al catalizador 30 NSR se cambia al suministro de hidrógeno al catalizador 30 NSR. Cuando finaliza el procesamiento en la etapa S208, finaliza el presente diagrama de flujo. Cuando finaliza el procesamiento en la etapa S208, el presente diagrama de flujo no se ejecuta durante un período hasta que el motor 1 de combustión interna se encienda a continuación. El presente diagrama de flujo puede ejecutarse varias veces.

40 Como se describió anteriormente, según la presente realización, incluso cuando el diagnóstico de anomalías se aplica al catalizador 30 NSR que tiene una temperatura baja, la precisión del diagnóstico puede mejorarse deteniendo el tratamiento auxiliar.

REIVINDICACIONES

1. Motor (1) de combustión interna que comprende:
 - un catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape que se proporciona en un conducto (2) de escape en el que el catalizador de limpieza de gases de escape está configurado para limpiar gases de escape;
- 5 un detector (13) de temperatura configurado para detectar la temperatura del catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape;
 - un dispositivo (40) de suministro de aditivos configurado para suministrar aditivos al catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape, utilizándose los aditivos para mejorar la capacidad del catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape para limpiar gases de escape cuando la temperatura del catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape no es mayor que una temperatura predeterminada; y
- 10 una unidad (10) de control electrónico, en el que la unidad de control electrónico está configurada para hacer que el dispositivo (40) de suministro de aditivos suministre los aditivos al catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape cuando la temperatura del catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape, detectada por el detector (13) de temperatura, no es mayor que la temperatura predeterminada,
- 15 en el que la unidad (10) de control electrónico está configurada además para ejecutar el diagnóstico de anomalías del catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape basándose en la capacidad del aparato de limpieza de gases de escape para limpiar gases de escape del catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape, y
- 20 en el que la temperatura no es mayor que la temperatura predeterminada cuando se ejecuta el diagnóstico de anomalías del catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape,
- en el que la unidad (10) de control electrónico está configurada para reducir la cantidad de los aditivos suministrados al catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape hasta menos de la cantidad de los aditivos suministrados al catalizador de limpieza de gases de escape cuando no se ejecuta el diagnóstico de anomalías del catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape a una temperatura no mayor que la temperatura predeterminada.
- 25
2. Motor (1) de combustión interna según la reivindicación 1, en el que
 - la unidad (10) de control electrónico está configurada para aumentar la cantidad de los aditivos que han de suministrarse al catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape cuando se completa el diagnóstico de anomalías del catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape, en comparación con la cantidad suministrada cuando se ejecuta el diagnóstico de anomalías del catalizador de limpieza de gases de escape.
- 30
3. Motor (1) de combustión interna según la reivindicación 1 o 2, en el que
 - la unidad (10) de control electrónico está configurada para ejecutar el diagnóstico de anomalías del catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape cuando la temperatura del catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape es menor que o igual a la temperatura predeterminada y es mayor que o igual a una temperatura límite inferior, y
- 35
- la temperatura límite inferior es un límite inferior de una temperatura que provoca una diferencia entre la capacidad para limpiar gases de escape cuando el catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape es normal y cuando el catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape es anómalo en el catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape en el que la temperatura del catalizador de limpieza de gases de escape es menor que la temperatura predeterminada.
- 40
4. Motor (1) de combustión interna según la reivindicación 3, en el que
 - la unidad (10) de control electrónico está configurada para ejecutar el diagnóstico de anomalías del catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape cuando el catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape está a una temperatura que es menor que o igual a la temperatura predeterminada y está más cerca de la temperatura límite inferior que de la temperatura predeterminada.
- 45
5. Motor (1) de combustión interna según la reivindicación 1, en el que
 - la unidad (10) de control electrónico está configurada para detener el suministro de los aditivos al catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape cuando se ejecuta el diagnóstico de anomalías del catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape a una temperatura no mayor que la temperatura predeterminada.

6. Método para controlar un motor (1) de combustión interna, incluyendo el motor (1) de combustión interna:
- un catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape que se proporciona en un conducto (2) de escape en el que el catalizador de limpieza de gases de escape está configurado para limpiar gases de escape;
- 5 un detector (13) de temperatura configurado para detectar la temperatura del catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape;
- un dispositivo (40) de suministro de aditivos configurado para suministrar aditivos al catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape, utilizándose los aditivos para mejorar la capacidad del catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape para limpiar gases de escape cuando la temperatura del catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape no es mayor que una temperatura predeterminada; y
- 10 una unidad (10) de control electrónico en el que la unidad de control electrónico está configurada para hacer que el dispositivo (40) de suministro de aditivos suministre los aditivos al catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape cuando la temperatura del catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape, detectado por el detector (13) de temperatura, no es mayor que la temperatura predeterminada,
- 15 en el que la unidad (10) de control electrónico está configurada además para ejecutar el diagnóstico de anomalías del catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape basándose en la capacidad del catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape para limpiar gases de escape,
- comprendiendo el método para controlar el motor (1) de combustión interna
- 20 reducir, mediante la unidad (10) de control electrónico, la cantidad de los aditivos que han de suministrarse al catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape cuando se ejecuta el diagnóstico de anomalías del catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape a una temperatura no mayor que la temperatura predeterminada, hasta menos de la cantidad de los aditivos que han de suministrarse al catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape cuando no se ejecuta el diagnóstico de anomalías del catalizador (3, 30) de limpieza de gases de escape a una temperatura no mayor que la temperatura predeterminada.

FIG. 1

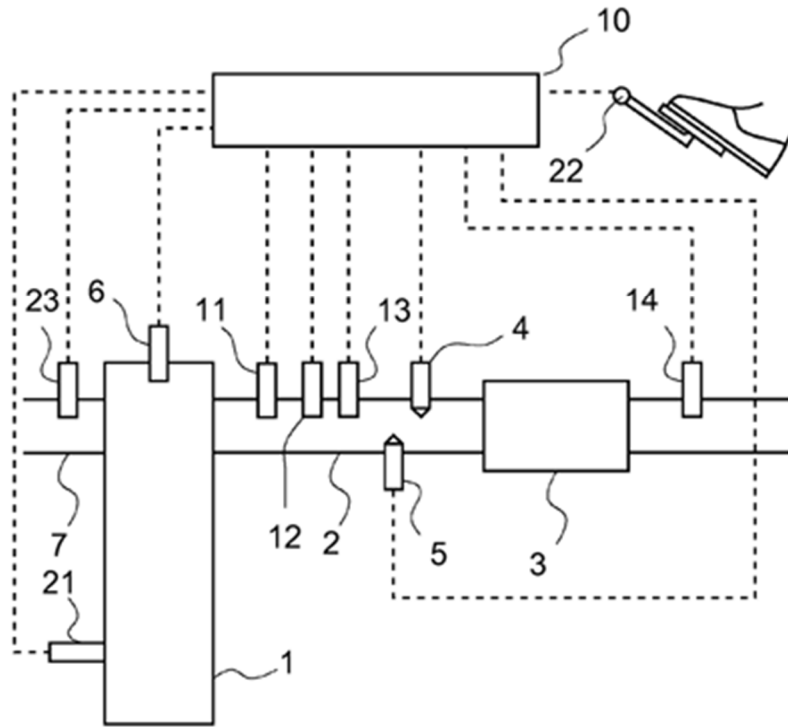


FIG. 2

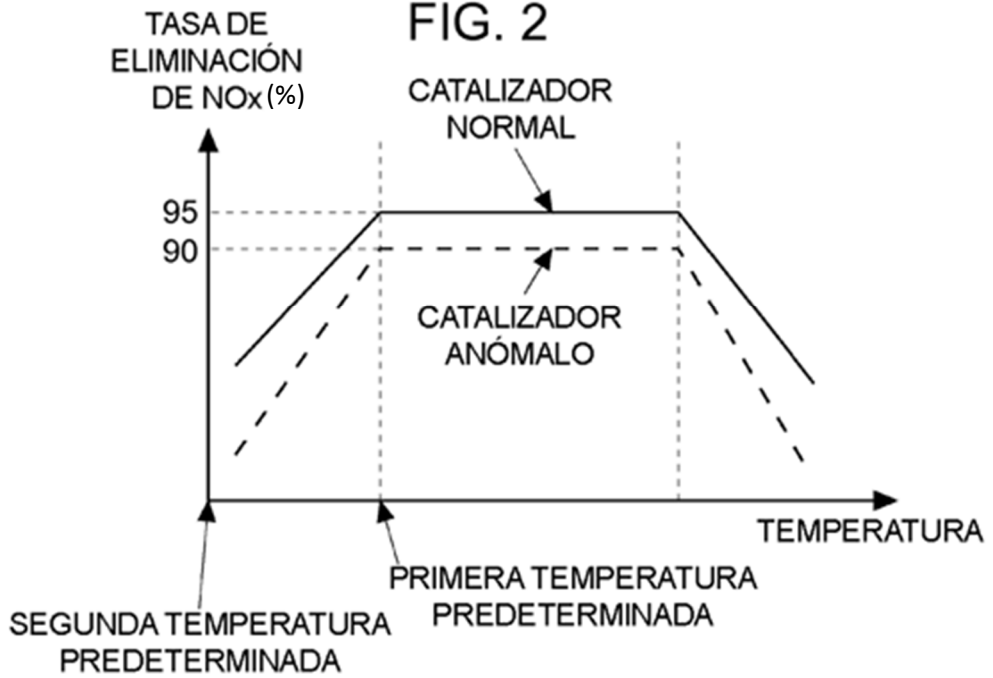


FIG. 3

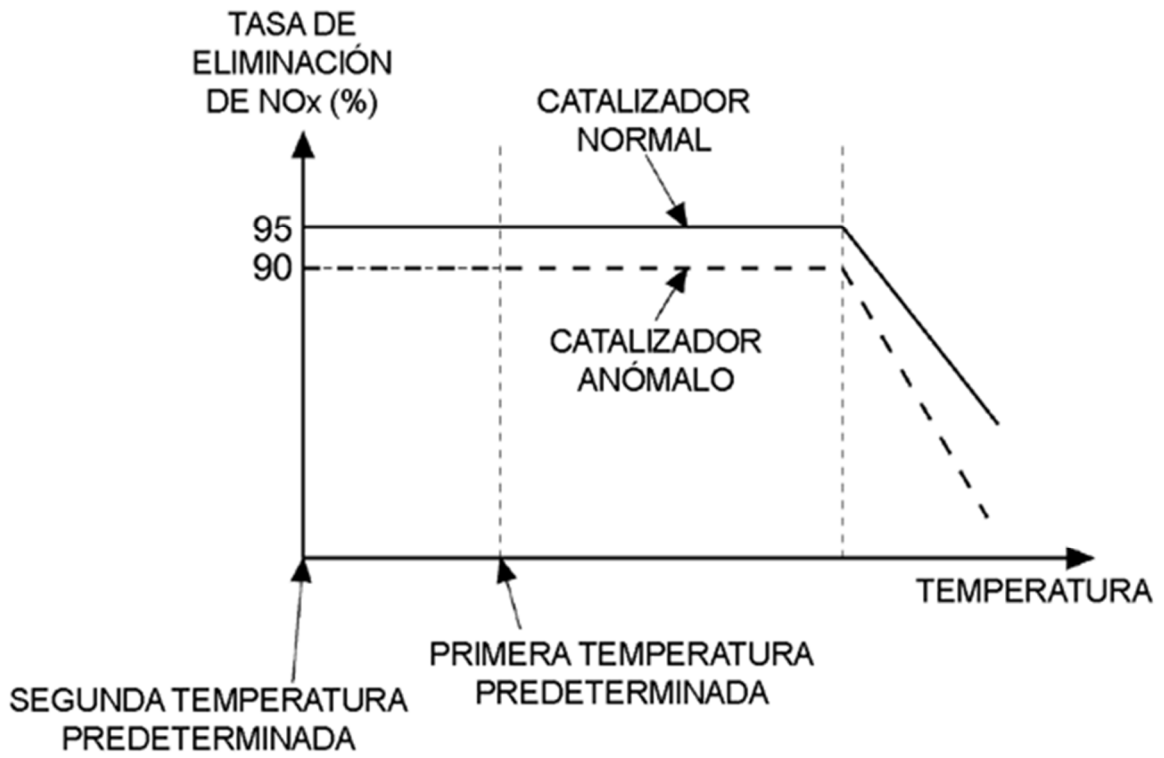


FIG. 4

	CATALIZADOR NORMAL	CATALIZADOR ANÓMALO	DIFERENCIA
CON TRATAMIENTO AUXILIAR	95%	90%	5%
SIN TRATAMIENTO AUXILIAR	40%	20%	20%
EFFECTO DE TRATAMIENTO AUXILIAR	55%	70%	—

FIG. 5

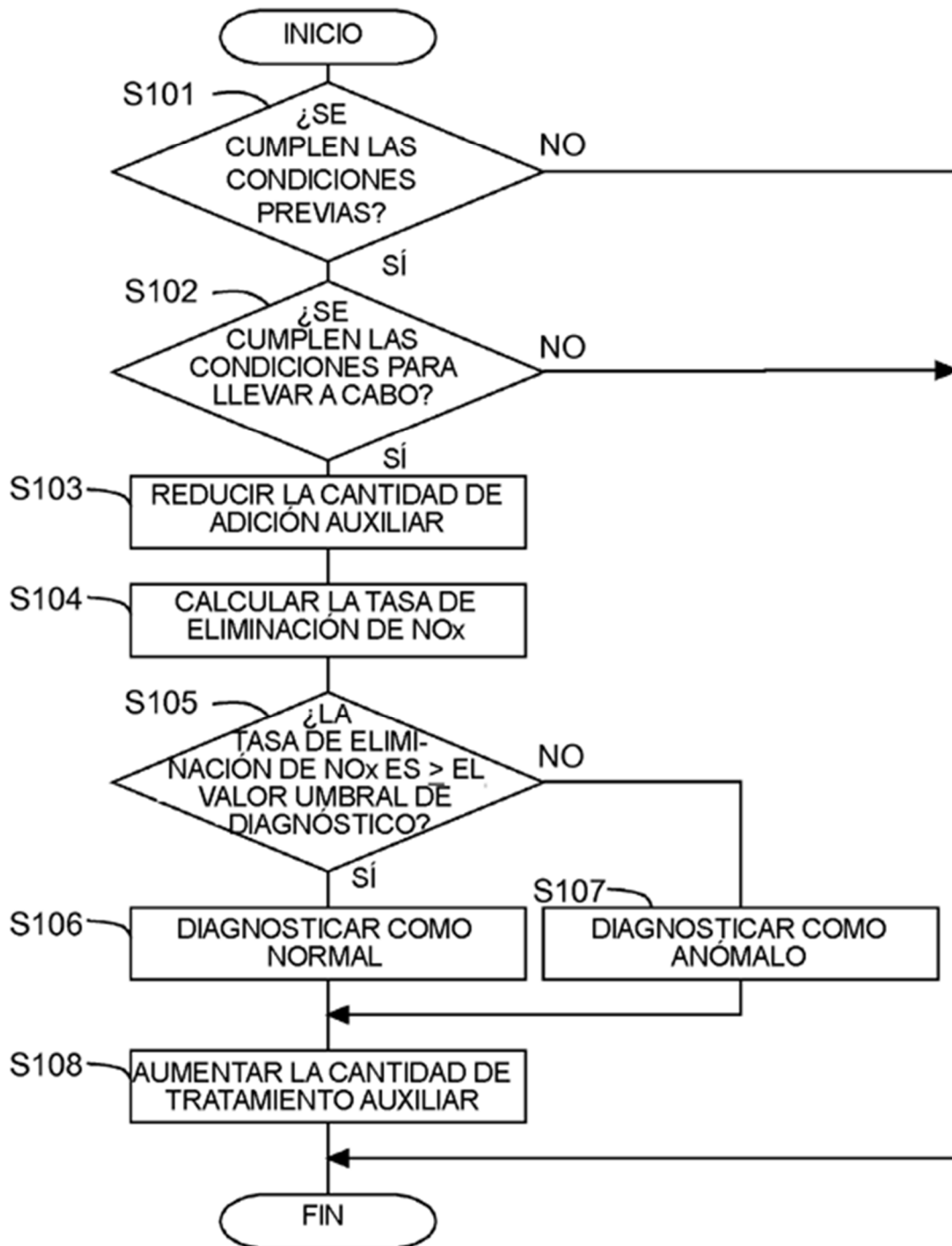


FIG. 6

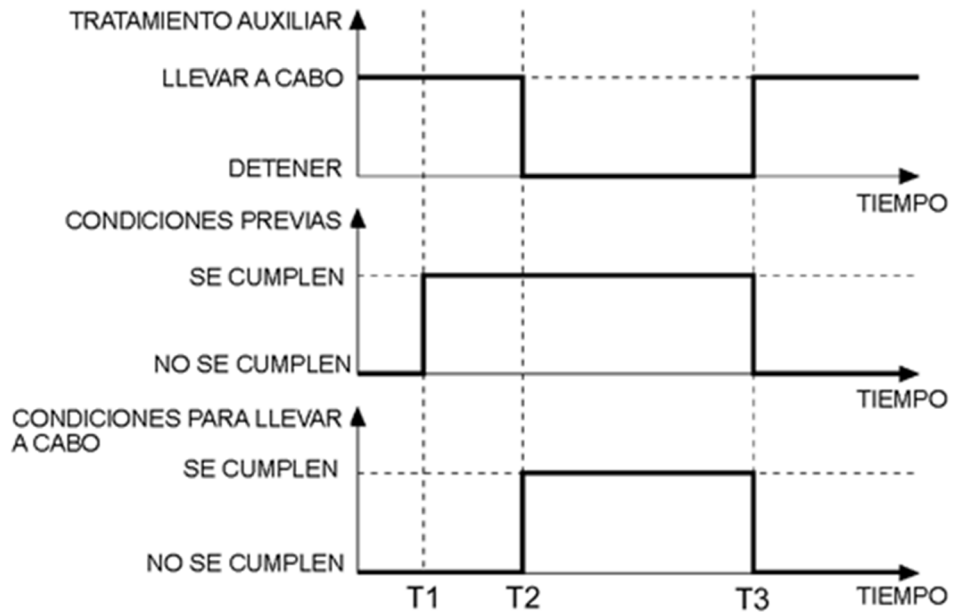


FIG. 7

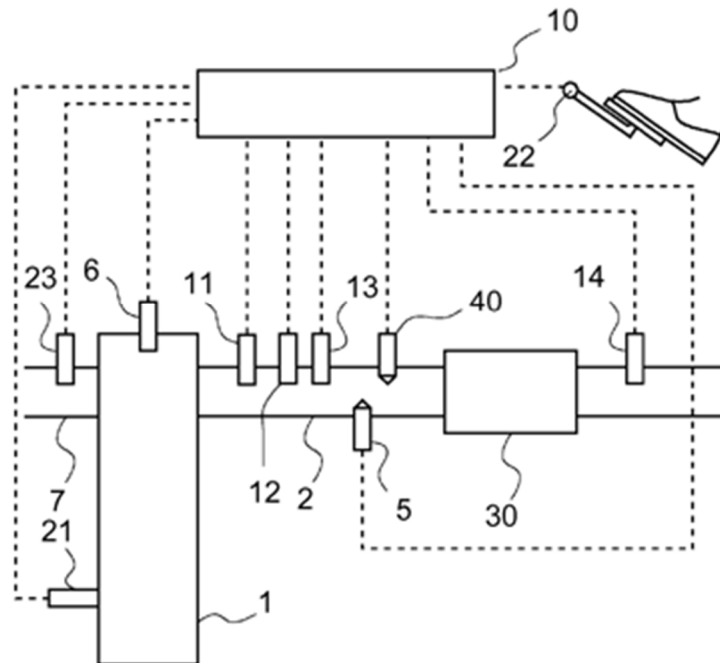


FIG. 8

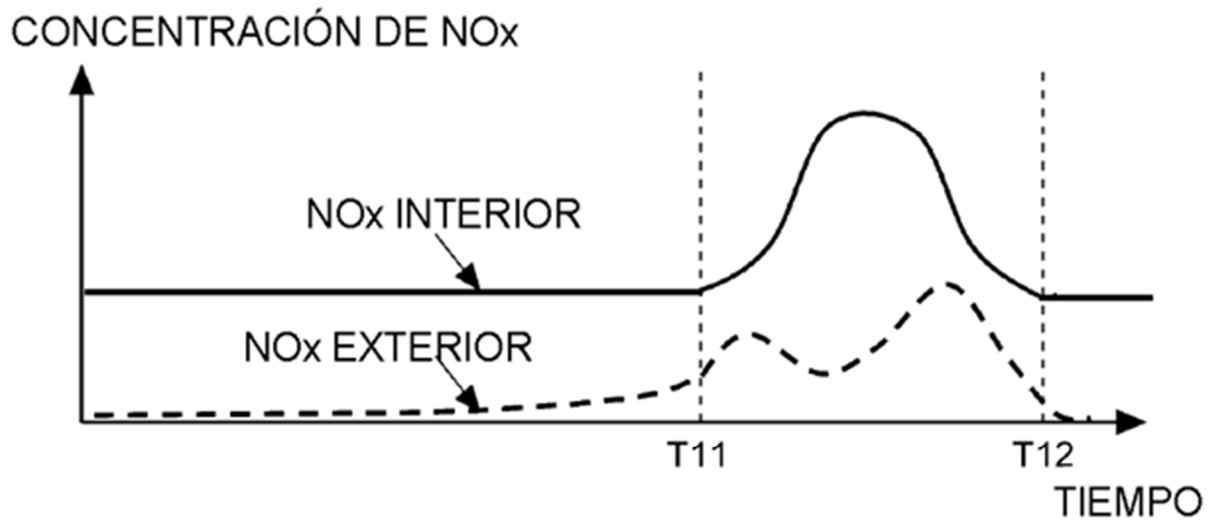


FIG. 9

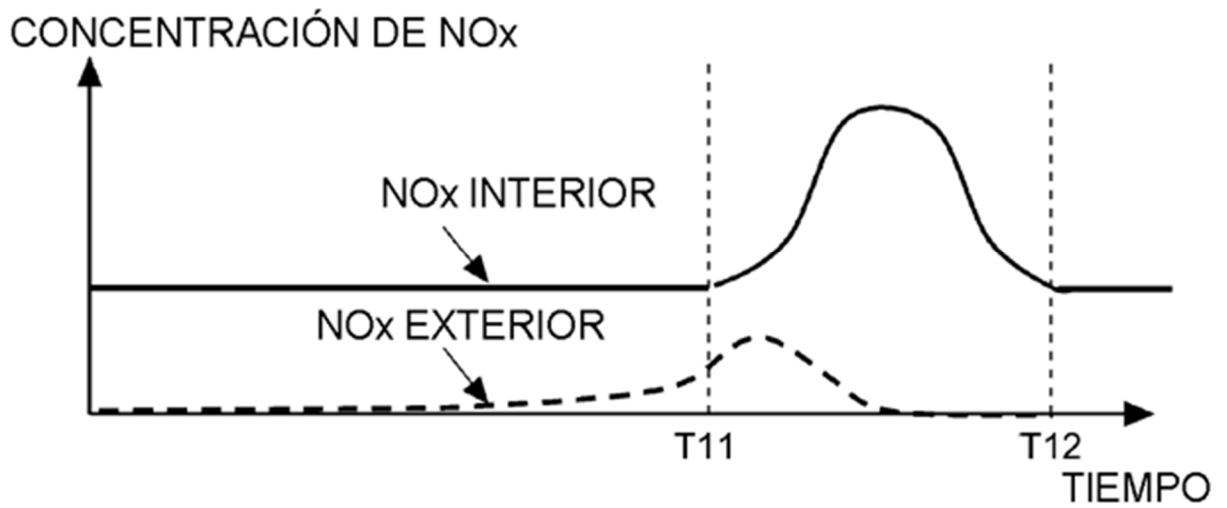


FIG. 10

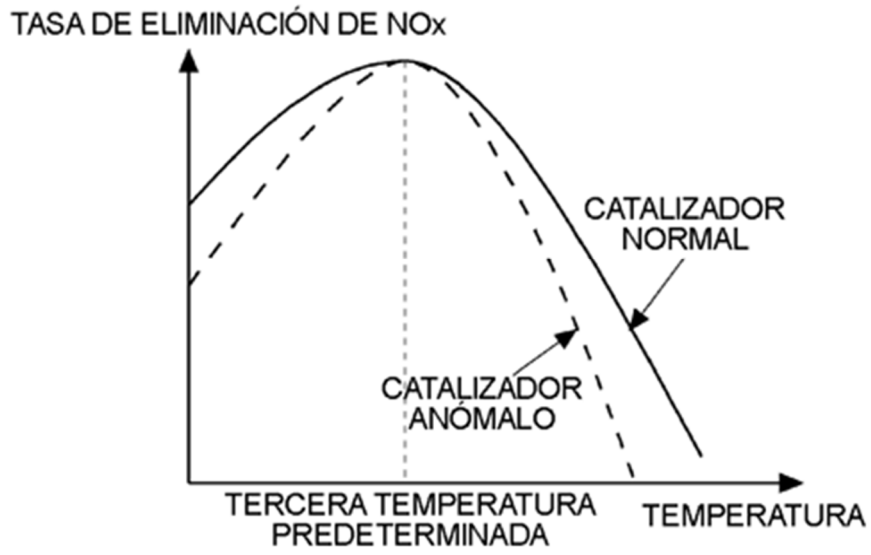


FIG. 11

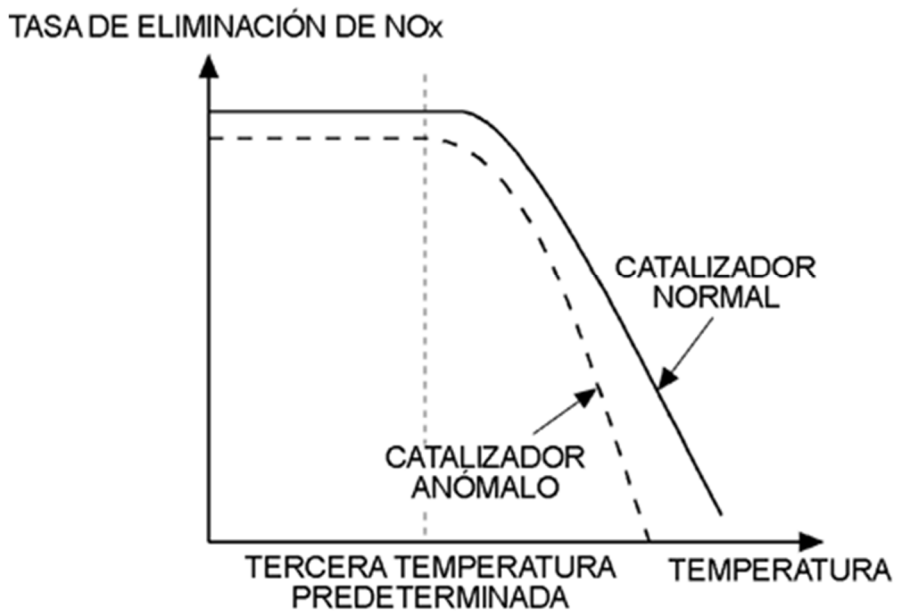


FIG. 12

